Prosiding Seminar Nasional

TEKNOLOGI PEMUPUKAN DAN PEMULIHAN LAHAN TERDEGRADASI

Bogor, 29-30 Juni 2012

Penyunting: *I G. Putu Wigena, Neneng L. Nurida, Diah Setyorini, Husnain, Edi Husen, Erna Suryani*



Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Kementerian Pertanian
2013

PROSIDING SEMINAR NASIONAL

TEKNOLOGI PEMUPUKAN DAN PEMULIHAN LAHAN TERDEGRADASI

Bogor, 29-30 Juni 2012

BALAI BESAR PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SUMBERDAYA LAHAN PERTANIAN
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN
KEMENTERIAN PERTANIAN

2013

PROSIDING SEMINAR NASIONAL

TEKNOLOGI PEMUPUKAN DAN PEMULIHAN LAHAN TERDEGRADASI

Bogor, 29-30 Juni 2012

PENANGGUNGJAWAB:

Muhrizal Sarwani

PENYUNTING:

I G. Putu Wigena
Neneng L. Nurida
Diah Setyorini
Husnain
Edi Husen
Erna Suryani

REDAKSI PELAKSANA

Widhya Adhy
Emo Tarma
Erwan Mardi S.

Diterbitkan tahun 2013, oleh :

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian
Jl. Tentara Pelajar No. 12
Kampus Penelitian Pertanian, Cimanggu, Bogor 16114
Telp (0251) 8323012
Fax (0251) 8311256
e-mail : csar@indosat.net.id
http://bbsdlp.litbang.deptan.go.id

ISBN 978-602-8977-43-2

KATA PENGANTAR

Prosiding ini menyajikan makalah-makalah hasil Seminar Nasional Topik Khusus, yaitu tentang Teknologi Pemupukan dan Pemulihan Lahan Terdegradasi yang diselenggarakan oleh Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Penelitian (BBSDLP) pada tanggal 29-30 Juni 2012 di Auditorium BBSDLP. Makalah yang dipresentasikan dan dibahas dalam seminar merupakan hasil penelitian, ide-ide, pengalaman, maupun terobosan teknologi di bidang pemupukan dan pemulihan kesuburan tanah dari berbagai lembaga penelitian. Dalam seminar juga dibahas berbagai terobosan teknologi produksi pupuk seperti pupuk *slow release*, pembenah tanah *(soil conditioner)*, integrasi hara, pupuk organik, pupuk mikro, baik secara konvensional maupun dengan teknologi nano, encapsulasi, dan sebagainya yang sangat diperlukan saat ini. Pada topik pemulihan lahan dibahas aspek ketersediaan lahan subur yang terus makin menurun dan berbagai terobosan pemulihan lahan terdegradasi.

Atas selesainya penyusunan prosiding ini, pada kesempatan ini saya sampaikan penghargaan serta ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan kontribusi dan berpartisipasi dalam penyelenggaraan seminar, dan secara khusus ucapan terima kasih saya sampaikan kepada tim penyusun.

Semoga buku ini bermanfaat bagi kita semua.

Bogor, November 2012

Kepala Balai Besar Penelitian dan
Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian

Dr. Muhrizal Sarwani, M.Sc.
NIP. 19600329.198403.1.001

DAFTAR ISI

Halaman

KATA PENGANTAR i

DAFTAR ISI iii

RUMUSAN SEMINAR xi

MAKALAH UTAMA

1 Peranan Penelitian dan Pengembangan Pertanian pada Industri Pupuk Hayati (*Biofertilizer*)
Tualar Simarmata, Benny Joy, dan Nana Danapriatna 1

2 Degradasi Lahan di Indonesia (Dengan Referensi Kemungkinan Penggunaan "*Phytomining*" untuk Reklamasi Lahan Tambang)
Wani Hadi Utomo 15

3 Reklamasi Lahan-lahan Bekas Tambang: Beberapa Permasalahan Terkait Sifat-sifat Tanah dan Solusinya
Iskandar, Suwardi dan D. T. Suryaningtyas 29

4 Pemanfaatan Titonia (*Tithonia Diversifolia*) dan Bahan Alam Lain untuk Perbaikan Kesuburan Tanah dan Pemulihan Lahan Terdegradasi
Nurhajati Hakim 37

MAKALAH PENUNJANG

5 Aplikasi Pemetaan Tanah Digital untuk Pemetaan Sifat Tanah Menunjang Rekomendasi Pemupukan.
Yiyi Sulaeman, Hikmatullah, Didi Ardi S, Muhrizal Sarwani, Atang Sutandi, Baba Barus 73

6 Karakteristik dan Sebaran Lahan Sawah di Indonesia
Sofyan Ritung 83

7 Karakteristik dan Sebaran Lahan Sawah Terdegradasi di 8 Provinsi Sentra Produksi Padi
Anny Mulyani, Diah Setyorini, Sri Rochayati, dan Irsal Las 99

8 Teknologi Pencetakan Sawah pada Lahan Bekas Tambang Timah di Bangka Belitung
Djaja Subardja, Antonius Kasno, dan Sutono 111

9 Proyeksi Kebutuhan Pupuk Sektor Pertanian Melalui Pendekatan Sistem Dinamis
Irawan, Diah Setyorini, dan Sri Rochayati 123

Halaman

10 Metodologi Percepatan Pemetaan Status Hara Lahan Sawah
Sukarman, Diah Setyorini dan Sofyan Ritung 141

11 Kesuburan Tanah, Tipologi Lahan, dan Produktivitas Padi di Lahan Pasang Surut Kalimantan Tengah
Masganti, Nurmili Yuliani, dan Asmarhansyah 151

12 Rekomendasi Pemupukan Padi Sawah pada Lahan Cetak Sawah Baru (CSB) Program OPRM di Kabupaten Indragiri Hilir Provinsi Riau
Rathi Frima Zona, Nurhayati, Ali Jamil dan Jakoni 157

13 Pengaruh Pemupukan P terhadap Pertumbuhan dan Produktivitas Varietas Inpari 13 di Sawah Tadah Hujan Berstatus Hara P Rendah
Tota Suhendrata 165

14 Pengaruh Aplikasi Pupuk NPK terhadap Kehilangan Karbon pada Lahan Gambut yang Didrainase
Maswar 171

15 Pengaruh Aplikasi Urea Berlapis Arang Aktif terhadap Efisiensi Pemupukan N dan Produktivitas Padi
Indratin, Sri Wahyuni, dan Elizabeth .S. Harsanti 179

16 Status Hara dan Rekomendasi Pupuk Padi Sawah di Kabupaten Siak
Nurhayati1, Rathi Frima Zona1, Ali Jamil 187

17 Pengaruh Pupuk Pugam terhadap Pertumbuhan dan Produksi Kacang Tanah dalam Rotasi Jagung-Kacang Tanah
I GustiMade Subiksa 195

18 Respon Padi Gogo terhadap Pupuk Nitrogen dan Dolomit di Lahan Rawa Tipe Luapan C Kawasan PLG
Ani Susilawati dan Khairil Anwar 205

19 Distribusi Unsur Hara dan Perakaran pada Pola Pemupukan Kelapa Sawit di dalam Piringan di Kabupaten Muaro Jambi, Provinsi Jambi
Setiari Marwanto, Supiandi Sabiham, Untung Sudadi, Fahmuddin Agus 213

20 Pengaruh Silikat terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Padi Sawah pada Tanah Ultisol
Didi Ardi Suriadikarta dan Husnain 225

21 Pengelolaan Hara Silika pada Tanah Pertanian di Indonesia
Husnain, Sri Rochayati, dan Ibrahim Adamy 237

Halaman

22 Neraca Hara dan Produktivitas pada Usahatani Padi Sistem Konvensional , PTT, SRI, dan Semi Organik di Lahan Sawah Irigasi dengan Tingkat Kesuburan Rendah

Nurjaya, Ibrahim damy Sipahutar, dan Sri Rochayati 247

23 Pengelolaan Hara Nitrogen untuk Komoditas Sayuran Dataran Tinggi pada *Aquandic Dystrudepts* Karang Anyar-Jawa Tengah

Ladiyani Retno Widowati, Diah Setyorini, dan Stefaan De Neve 257

24 Pertumbuhan Pegagan (*Centella asiatica*) di Inceptisols dari Toposekuen Lereng Selatan Gunung Merapi pada Berbagai dosis Pupuk P

Agus Suprihatin, Abdul Syukur, Benito Heru Purwanto 267

25 Pengaruh Pemupukan NPK, Kapur dan Kompos Jerami terhadap Kesuburan Tanah, Pertumbuhan dan Hasil Padi Varietas Ciliwung yang ditanam pada Sawah Bukaan Baru

Sukristiyonubowo, Tagus Vadari, dan Kusumo Nugroho 277

26 Teknik Deionisasi Kapasitif pada Desalinasi dengan Zinc Oxide Nanorods

Setyono Hari Adi 289

27 Peluang Formulasi Pupuk Berteknologi Nano

Ladiyani Retno Widowati, Husnain, dan Wiwik Hartatik 307

28 Pemanfaatan Software Pengelolaan Hara Spesifik Lokasi (PHSL) dalam Penetuan Dosis Pemupukan NPK Padi Sawah Irigasi

Nurwulan Agustiani dan Sarlan Abdulrachman 317

29 Perbaikan Kualitas Lahan Bekas Tambang Timah Bangka Tengah Melalui Penggunaan Tanah Mineral dan Pupuk Organik

Asmarhansyah dan Djadja Subardja 325

30 Efek Spasial Pengurangan dampak Oksidasi di Lahan Rawa Pasang Surut Bertanah Sulfat Masam Tarantang, Kalimantan Selatan

Kusumo Nugroho 337

31 Pengaruh Jarak Tanam dan Jenis Pupuk terhadap Pertumbuhan, Produksi Silase dan Biji Pipilan Jagung Hibrida pada Inceptisols Dramaga

I G.M. Subiksa 349

32 Perbaikan Sifat Tanah dengan Dosis Abu Vulkanik pada Tanah Oxisol

Tia Rostaman, Antonius Kasno, dan Linca Anggria 357

33 Teknologi Pemulihan Lahan Bekas Tambang Timah untuk Pertanian di Bangka Belitung

Djadja Subardja, Antonius Kasno dan Erna Suryani 369

Halaman

34 Strategi Pemupukan Berbasis Agroekosistem: Optimalisasi Aliran Hara N Sistem Agro-Aquakultur di Lahan Rawa Pasang Surut

Ahmad Kurnain, Indah Riani, M. Mahbub, Meldia Septiana dan Anna M. Makalew 383

35 Reorientasi Daur Tebang Tegakan Jati untuk Meningkatkan Simpanan Air dan Menekan Degradasi Lahan

Kemal Wijaya dan B. Wisnu Widjajani 391

36 Adopsi Teknologi Pemupukan dan Penerapannya di Tingkat Petani Padi

Widyantoro dan Sarlan Abdulrachman 403

37 Sistem Usahatani Konservasi Tanah pada Pertanaman Kubis Dataran Tinggi

Deddy Erfandi, Umi Haryati dan Irawan 417

38 Alternatif Teknik Konservasi Tanah untuk Pertanaman Kubis di Dataran Tinggi Kerinci

Umi Haryati, Dedy Erfandi dan Yoyo Soelaeman 427

39 Degradasi Lahan Pesisir Akibat Cemaran Logam Berat Limbah Pabrik

Munawar[1] dan Purnomo Edi S 441

40 Teknologi Arang Aktif untuk Penanggulangan Pencemaran Residu Insektisida Klorpirifos di Lahan Sayuran Kubis

Sri Wahyuni, Indratin, dan Asep Nugraha Ardiwinata 449

41 Pola Sebaran Ruang Limbah Krom yang Berasal dari Industri Electroplating dan Teknologi Penurunan Konsentrasi

Sigit Yuli Jatmiko, Anik Hidayah, dan Dedi Nursyamsi 457

42 Pemberian Humat pada Tanah Tercemar untuk Menurunkan Logam Berat Cd dalam Beras

Mulyadi, Triyani Dewi dan Sigit Yuli Jatmiko 469

43 Penyebaran Logam Berat Pb dan Cd pada Lahan Pertanian di DAS Citarum Hulu, Kabupaten Bandung

Muhammad Hikmat dan Mulyadi 479

44 Sebaran Senyawa POPs Lindan pada Lahan Pertanian di Daerah Aliran Sungai (DAS) Citarum Hilir Kabupaten Karawang

Mulyadi, Harsanti dan Muhammad Hikmat 487

45 Bioremediasi Lahan Sulfat Masam melalui Pemanfaatan Bakteri Pereduksi Sulfat dengan Bahan Pembawa Substrat Organik

Mukhlis dan D. Nursyamsi 495

Halaman

46 Logam Berat Pb, Cc, Dan Cd pada Pupuk Organik di Kabupaten Bogor
Yulis Hindarwati, Arif Anshori, dan Indratin 509

47 Pelapisan Pupuk Urea dengan Arang Aktif yang Diperkaya dengan Mikroba Selektif untuk Menurunkan Residu Lindan dan Meningkatkan Efisiensi Pupuk Nitrogen
Sri Wahyuni, Sigit Yuli Jatmiko, dan Poniman 517

48 Analisis Sifat Kimia Tanah dan Potensi Tumbuhan Lokal sebagai Sumber Bahan Organik dalam Budidaya Jeruk Keprok Soe
Masria, Abdul Kadir Djaelani, Maria Klara Salli, Magfira Syarifuddin 529

49 Teknologi Produksi Pupuk Organik Pembawa Nutrisi Melalui Ekstraksi Basa Lemah dan Asam Organik serta Efeknya pada Tanaman
Wanti Mindari, Purnomo Edi Sasongko, dan Guntoro 539

50 Pemanfaatan Produk Samping Pertanian sebagai Pupuk Organik Berbahan Lokal di Kota Dumai Provinsi Riau
Nurhayati dan Achmad Saiful Alim 551

51 Efek Kombinasi Pupuk Organik (Serbuk dan Granul) dan Pupuk Anorganik pada Entisols untuk Tanaman Cabai dan Tomat
Nora Augustien, Wanti Mindari, Maroeto, dan Hadi Suhardjono 561

52 Pemanfaatan Pupuk Organik untuk Meningkatkan Kesuburan Tanah dan Kualitas Tanaman
Wiwik Hartatik dan Diah Setyorini 571

53 Pengaruh Pupuk Organik dari Berbagai Sumber Bahan Baku terhadap Pertumbuhan Jagung (*Zea Mays L.*)
Ibrahim Adamy, Husnain dan Rosmimik 583

54 Kontribusi Pupuk Organik (Kompos Jerami+Pupuk Bio) untuk Meningkatkan Efisiensi Pupuk Anorganik (N, P, K), Pertumbuhan dan Hasil Padi Varietas Ciherang dengan Teknologi Ipat-Bo
Tien Turmuktini, Betty Natalie, Hersanti, Yuyun Yuwariah, Benny Joy, dan Tualar Simarmata 591

55 Kajian Pemanfaatan Kompos Jerami terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai di Lahan Pasang Surut Kalimantan Tengah
Nurmili Yuliani, Asmarhansyah, dan R. S. Anggraini 601

56 Sebaran Fraksi Nitrogen Organik Tanah pada Perkebunan Kakao Rakyat di Jawa Timur dalam Hubungannya dengan Efisiensi Pemupukan Nitrogen
Niken Puspita Sari dan John Bako Baon 611

Halaman

57 Pemanfaatan Biomassa Gamal dan Kirinyu untuk Meningkatkan Ketersediaan Fosfor Pada Lahan Kering

Magfira Syarifuddin 621

58 Fraksi Bahan Organik Larut Air dan Peluang Pemanfaatannya sebagai Pembenah Tanah

Ai Dariah, Neneng Laila Nurida, dan Jubaedah 631

59 Alternatif Pemulihan Lahan Kering Masam Terdegradasi dengan Formula Pembenah Tanah Biochar di Typic Kanhapludults Lampung

Neneng Laila Nurida dan Achmad Rachman 639

60 Pengaruh Pemberian Pembenah Tanah terhadap Pelepasan Unsur Hara dan Emisi N_2O dari Tanah Gambut yang Ditanami Kelapa Sawit

A. Farida Orizae, R. Hidayat, Dedi Nursyamsi dan A. Hadi 649

61 Ameliorasi dan Pemupukan untuk Peningkatan Produktivitas Kedelai di Lahan Suboptimal

Wiwik Hartatik dan Septiyana 657

62 Pemanfaatan Pembenah Tanah untuk Pemulihan Tanah Terdegradasi yang Didominasi Fraksi Pasir dan Liat

Ai Dariah, Neneng Laila Nurida, dan Jubaedah 669

63 Peningkatan Produktivitas Kedelai pada Tanah Sulfat Masam Melalui Ameliorasi dan Pengunaan Varietas Toleran

Khairil Anwar, Koesrini dan Ani Susilawati 677

64 Ameliorasi dan Pemupukan di Lahan Rawa (Amelioration and Fertilization on Swamp Land)

Dedi Nursyamsi dan Muhammad Alwi 687

65 Identifikasi Mikroba Rhizosfer Tumbuhan Pioner di Lahan Bekas Penambangan Batubara Sebagai Bahan Bioremediasi

Susilawati dan Atyk Maryati 701

66 Potensi Pseudomonas Fluorescens Strain KTSS untuk Bio-Remediasi Merkuri pada Lahan Padi Sawah.

Laksmita Prima Santi, dan Didiek Hadjar Goenadi 709

67 Pengaruh Mikroba Konsorsia Tanah dalam Mendegradasi Insektisida Golongan Organoklorin di Dalam Tanah

Eman Sulaeman dan Asep Nugraha Ardiwinata 717

Halaman

68 Teknologi Pupuk Hayati untuk Efisiensi Pemupukan dan Keberlanjutan Sistem Produksi Pertanian

Rasti Saraswati 727

69 Penelitian Dekomposer Gulma Rawa dari Papain Guna Meningkatkan Hasil Padi > 25% di Lahan Pasang Surut

Suaidi Raihan 739

70 Kajian Sistem Kendali Mutu Pupuk Hayati Pra Komersialisasi

Edi Husen 749

DAFTAR PESERTA 758

JADUAL ACARA 763

RUMUSAN SEMINAR
Teknologi Pemupukan dan Pemulihan Lahan Terdegradasi
Bogor, 29 – 30 Juni 2012

Seminar Nasional "Teknologi Pemupukan dan pemulihan Lahan terdegradasi" dilaksanakan dalam rangka peringatan hari Krida pertanian ke 40 untuk menghimpun hasil-hasil penelitian terkini dan membahas berbagai pemikiran dan pengalaman berbagai lembaga penelitian dan praktisi yang terkait dengan teknologi pemupukan dan upaya pemulihan lahan terdegradasi. Hasil seminar nasional ini diharapkan dapat dijadikan sebagai bahan dalam menyusun kebijakan dan strategi perpupukan dan upaya optimalisasi lahan terdegradasi. Seminar dihadiri oleh sekitar 150 peserta dari kalangan peneliti, akademisi, praktisi, dan pengambil kebijakan dan dibuka oleh Kepala Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP). Sebanyak 75 makalah telah dibahas dalam seminar ini baik yang disajikan dalam presentasi oral maupun dalam bentuk poster. Rumusan seminar adalah sebagai berikut:

Kebijakan dan Strategi Perpupukan

1. Pengembangan industri pupuk di Indonesia menghadapi dua permasalahan penting yaitu ketersediaan bahan baku serta tingkat efisiensi kinerja pabrik pupuk. Dari enam jenis pupuk yang digunakan di Indonesia, lima jenis pupuk dapat diproduksi oleh PT. Pupuk Indonesia. Tiga diantaranya (Urea, SP-36 dan NPK) berbahan baku impor, sedangkan ZA dan pupuk organik diproduksi dari bahan baku lokal. Ketergantungan yang tinggi terhadap bahan baku impor, harga gas yang terus meningkat serta borosnya penggunaan energi pabrik Urea yang sudah tua menciptakan in-efisiensi yang besar dan berpengaruh terhadap tingginya harga pupuk. Untuk itu, diperlukan revitalisasi pabrik pupuk berupa pembangunan pabrik baru, negosiasi harga gas, serta optimalisasi kinerja pabrik.

2. Dalam upaya pemenuhan kebutuhan pangan nasional, peningkatan produktivitas lahan sawah menuju surplus 10 juta ton beras pada tahun 2014 merupakan sasaran utama yang harus dicapai. Terkait dengan itu, kebijakan pemerintah di bidang pupuk adalah pengembangan pemupukan berimbang_spesifik lokasi dan pemanfaatan penggunaan pupuk majemuk dan pupuk organik. Strategi yang ditempuh adalah : a) fasilitasi pemberian subsidi pupuk, melalui bantuan langsung (BLP) dan tidak langsung (bantuan APPO), (2) perbaikan mekanisme penyaluran pupuk bersubsidi dengan pola tertutup berbasis pada Rencana Definitif Kebutuhan Kelompok (RDKK), (3) revitalisasi penyuluhan inovasi teknologi pupuk dan pemupukan, baik secara struktural maupun fungsional, (4) penertiban penyediaan dan penyaluran

pupuk untuk pertanian melalui pendaftaran pupuk di Kementerian Pertanian serta (5) meningkatkan pengawasan ketersediaan dan penggunaan pupuk.

Dukungan Teknologi Pemupukan untuk Peningkatan Produksi Pertanian

3. Rekomendasi pemupukan padi sawah spesifik lokasi dapat didekati dengan berbagai metode/teknik. Penggunaan alat bantu seperti Peta Status Hara P dan K Lahan Sawah, Perangkat Uji Tanah Sawah (PUTS), uji tanah dengan analisis laboratorium, perangkat lunak Pengelolaan Hara Spesifik Lokasi (PHSL) yang sudah teruji dapat menentukan dosis pupuk yang lebih efektif dan efisien. Upaya penyempurnaan rekomendasi pemupukan spesifik lokasi perlu dipadukan dengan teknik pemetaan berbasis GIS yang dapat memetakan kondisi lahan sawah secara spasial dan up to date.
4. Sistem budidaya padi sawah System of Rice Intensification (SRI) merupakan salah satu sistem budidaya padi sawah yang dapat dikembangkan di lokasi lahan sawah irigasi yang mempunyai tingkat kesuburan tinggi. Untuk mendukung keberhasilan teknologi ini, diperlukan informasi spasial mengenai kesesuaian lahan untuk SRI.
5. Penggunaan pupuk an-organik harus disinergikan dengan pupuk organik dan atau hayati agar produktivitas tanah dan tanaman meningkat. Untuk masa mendatang, teknologi pemupukan perlu difokuskan pada aspek : 1) penyediaan bahan baku lokal pupuk anorganik untuk mengurangi ketergantungan impor, 2) teknik produksi yang efisien, 3) rekayasa formula sesuai kebutuhan seperti pemanfaatan teknologi nano, pengkayaan dengan unsur Silika, dan hara mikro, dan 4) pemanfatan bahan alami untuk pupuk organik dan hayati (Titonia, MOL dll) termasuk teknik produksi yang bersifat lokal (non pabrikasi)

Pemulihan Lahan Terdegradasi untuk Optimalisasi Lahan

6. Pada era otonomi daerah, kepedulian dan keberpihakan para pengambil kebijakan terhadap aspek lingkungan khususnya pemulihan lahan-lahan terdegradasi semakin berkurang,. Saat ini diperlukan perhatian dan komitmen masyarakat secara umum (civil society) untuk melakukan gerakan pemulihan lahan terdegradasi dengan tetap mengacu pada prinsip keadilan, keselarasan dan keamanan.
7. Lahan pertanian yang mengalami kemunduran kesehatan akibat tercemar limbah industri tambang (emas, timah, batu bara), dan agroindustri (pupuk dan peatisida) semakin meluas. Teknologi bio-remediasi dan phytomining menggunakan mikroba, bahan-bahan pengkelat senyawa toksik (arang aktif) atau tanaman akumulator

merupakan solusi ramah lingkungan yang prospektif untuk dikembangkan dimasa mendatang.

8. Teknologi pemulihan lahan sub optimal untuk berbagai agroekosistem (lahan sawah, lahan kering masam dan lahan rawa) dan berbagai komoditas (tanaman pangan, perkebunan dan hortikultura) sudah tersedia, namun aplikasinya masih bersifat parsial. Untuk meningkatkan ekskalasi penerapan teknologi tersebut, maka ke depan diperlukan informasi yang terkait dengan efek residu, dampaknya terhadap efisiensi pupuk anorganik, pemanfaatan sumberdaya lokal (tanaman pioneer, limbah pertanian, biochar dan agen hayati) dan menyusunnya dalam satu paket rekomendasi yang utuh dan terpadu.

Bogor, 30 Juni 2012

Tim Perumus

Peranan Penelitian dan Pengembangan Pertanian pada Industri Pupuk Hayati (*Biofertilizer*)

1

[1]Tualar Simarmata, [1]Benny Joy, dan [2]Nana Danapriatna

[1]Guru Besar Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran, Bandung
[2]Mahasiswa Program Pascasarjana Unpad dan Staf Fakultas Pertanian, Universitas Islam Bekasi

Abstrak. Penelitian dan pengembangan (litbang) merupakan fondasi dari industri pupuk hayati untuk menghasilkan produk (*biofertilizers*) yang efektif dan efisien dalam meningkatkan ketersediaan hara, efisiensi pemupukan dan produktivitas tanaman. Secara garis besar pupuk hayati terdiri dari kelompok (1) penambat N (simbiotik dan nonsimbiotik), (2) pemobilisasi P (*phosphate mobilizing biofertilizers*) meliputi mikroba pelarut P dan mikoriza, (3) sellulolitik atau organisme pengurai bahan organik (*Organic matter decomposer*), dan (4) kelompok PGPR (*plant growth promotingrhizobacteria*). Kontribusi pupuk hayati dalam mensubsitusi pupuk nitrogen pada tanaman legum dapat mencapai 70-90%, sedangkan pada tanaman non legum kontribusinya masih sekitar 25%. Ketersediaan P terfiksasi dalam mineral maupun yang terikat dalam senyawa organik berkaitan erat dengan aktivitas mikroba tanah (enzim tanah). Dekomposer berperan dalam mineralisasi bahan organik untuk menghasilkan hara makro, maupun hara mikro dan humus. Penelitian saat ini masih terfokus pada penerapan bioteknologi konvensional (tradisionil), yaitu dengan menjaring dan memperbanyak isolat-isolat unggul alami dari berbagai ekosistem dan pemanfaatan inokulan ganda (*inokulan majemuk*) yang multifungsi. Pengomposan berbagai limbah memerlukan dekomposer multifungsi untuk menghasilkan pupuk organik berkualitas prima (kandungan hara relatif tinggi, C/N < 25, humus tinggi, kandungan mikroba menguntungkan tinggi dan KTK tinggi) sehingga mampu mengurangi penggunaan pupuk anorganik dan meningkatkan kesuburan tanah (*soil health and soil quality*). Terobosan bioteknologi moderen diharapkan mampu menjadikan tanaman non legum mampu membentuk nodula ("*paranodule*") yang dapat menambat N_2 dari udara. Produksi pupuk hayati saat ini masih relatif sangat kecil dibandingkan dengan potensi permintaan (pasar). Pengembangan industri pupuk hayati yang didukung oleh tenaga ahli dari lembaga penelitian atau perguruan tinggi merupakan terobosan untuk menghasil pupuk hayati yang efektif dan efisien. Kunci sukses biofertilizers tergantung pada kemampuannya mensubsitusi pupuk anorganik, kualitas dan kestabilan produk, distribusi dan kemudahan mendapatkan produk dengan harga yang ekonomis.

Kata kunci: Pupuk hayati, penambat N, dekomposer, pelarut P, PGPR, mikoriza

PENDAHULUAN

Pengembangan pertanian menjadi suatu keharusan, baik melalui program ektensifikasi maupun intensifikasi untuk memenuhi kebutuhan pangan, sandang dan papan yang terus meningkat sejalan dengan kenaikan jumlah penduduk. Diperkirakan *doubling time* jumlah

penduduk di Indonesia hanya sekitar 40 tahun sehingga pada tahun 2050 jumlah penduduk di Indonesia akan mencapai sekitar 480 juta jiwa. Akibatnya, kebutuhan akan pangan dan produk pertanian, lahan pemukiman akan meningkat. Di lain pihak konversi lahan ke non pertanian terus meningkat (Suryana, 2008; BPS, 2010, Simarmata, 2011; Anomim, 2012). Konsekuensinya, pertanian intensif yang bertumpu pada penggunaan pupuk anorganik dan berbagai bahan kimia lainnya terus dikembangkan untuk meningkatkan produksi pangan dan produk pertanian lainnya (Anonim, 2011). Akibatnya, kebutuhan input (pupuk buatan, pestisida, bahan kimia lainnya) dan penggunaan energi yang tidak dapat diperbaharui (*nonrenewable energy*) terus meningkat (Simarmata, 2011, BPS, 2010).

Ketergantungan pada pupuk anorganik berkaitan langsung dengan terus meningkatnya harga pupuk dan biaya produksi. Di lain pihak, penggunaan pupuk anorganik secara intensif ternyata memberikan dampak terhadap penurunan kualitas dan kesehatan tanah (*soil quality and soil health*). Penggunaan pupuk anorganik yang berlebihan terutama nitrogen akan memacu perombakan bahan organik tanah dan penurunan kandungan C-organik. Kondisi saat ini, mengindikasikan bahwa kandungan karbon lahan kering maupun lahan basah telah menurun drastis dan sudah termasuk ketagori rendah-sangat rendah (<1,5%). Kajian terkini, menunjukkan bahwa 90% dari 70 juta ha lahan pertanian telah terdegradasi dengan signifikan, bahkan sudah dikategorikan sebagai lahan sakit dan kelelahan (*sick and fatigue soils*). Dari sekitar 7,8 juta ha lahan sawah (lahan sawah irigasi sekitar 6,9 juta ha dan 0,9 juta ha lahan sawah rawa/pasang surut), sekitar 5 juta hektar telah termasuk lahan sakit (Las, 2010; Anonim, 2011: Simarmata dan Joy, 2012).

Revitalisasi pemulihan dan peningkatan produktivitas lahan secara berkelanjutan dapat dilakukan dengan meningkatkan peranan pupuk hayati dalam (1) meningkatkan dan memfasilitasi ketersediaan hara, (2) menghasilkan pupuk organik beragen hayati, (3) mengurangi penggunaan pupuk anorganik dan bahan energy berbahan fosil, (4) memperbaiki kesehatan tanah dan meningkatkan produktivitas tanah maupun tanaman. Dalam arti sempit (*in strict sense*) pupuk hayati bukanlah pupuk yang langsung memberikan hara bagi tanaman, tetapi secara tidak langsung meningkatkan ketersediaan hara bagi tanaman (Boraste *et al*. 2009; Panda, 2011). Pupuk hayati (*biofertilizers*) didefinisikan sebagai berikut :

- *"Biofertilizer is microbial inoculants"can generally be definedas preparation containing live or latent cells ofefficient strains of nitrogen fixing, phosphate-solublising or cellulolytic microorganisms used forapplication to seeds, soil or composting areaswith the objective of increasing the number ofsuch microorganisms and accelerate thosemicrobial process which augment the availabilityof nutrients that can be easily assimilated byplants"* (Boraste *et al*. 2009).

- *Biofertilizer are natural and organic fertilizer that helps to keep in the soil with all the nutrients and live microorganisms required for the benefits of the plants* (Panda, 2011).
- *Biofertilizer is a material containing microorganism(s) added to a soil to directly or indirectly make certain essential elements available to plants for their nutrition.*
- *Biofertilizers are defined as preparations containing living cells or latent cells of efficient strains of microorganisms that help crop plants' uptake of nutrients by their interactions in the rhizosphere when applied through seed or soil* (http://agritech.tnau.ac.in/org_farm/ orgfarm_biofertilizers.html).
- *Biofertilizers (microbial nutrients) are the product containing living cell of different types of microorganism which have an ability to mobilise nutritionally important element from non useable to usable form through biological process* (Board, 2012).
- *Biofertilizer is a product that containsliving microorganisms, which exert direct or indirect beneficial effects onplant growth and crop yield through different mechanisms* (Fuentes-Ramirez and Caballero-Mellado, 2005:).
- *Biofertilizer is a product containing carrier based (solid or liquid) living micro-organisms which are agriculturally useful in terms of nitrogen fixation, phosphorus solubilization or nutrient mobilization, so as to increase the productivity of the soil and/or the crop* (The gazette of India, 2006 in Adholeya and Pant, 2007).

Pupuk hayati adalah inokulan berbahan aktif organisme hidup atau laten dalam bentuk cair atau padat yang memiliki kemampuan untuk memobilisasi, memfasilitasi dan meningkatkan ketersediaan hara tidak tersedia (N_2 hara terikat dalam mineral atau terikat dalam bentuk senyawa organik) menjadi bentuk tersedia melalui proses biologis. Dekomposer atau mikroba perombak dikategorikan sebagai pupuk hayati karena berperan aktif dalam mengubah hara tidak tersedia atau terikat dalam bentuk senyawa organik menjadi hara tersedia melalui proses mineralisasi atau dekomposisi. Kelompok pupuk hayati (*biofertilizers*) yang sangat potensial untuk pertanian terpadu berbasis organik (*environmentally friendly agiculture*), antara lain meliputi: penambat N (simbiotik dan nonsimbiotik), mikroba pelarut P, mikroba pelarut K, mikroba penghasil fitohormon pemacu tumbuh tanaman (*plant growth promoting rhizobacteria*), mikroba perombak bahan organik (*decomposer*) dan mikroba yang berperan sebagai agen hayati (Board, 2012, Singh dan Purohit 2011). Dibandingkan dengan pupuk anorganik (*chemical fertilizers*), pupuk hayati dapat berfungsi ganda (*multipurpose*) yaitu meningkatkan ketersediaan hara, menghasilkan pemacu tumbuh (PGPR), dan agen hayati yang dapat menekan pertumbuhan mikroba pathogen (Kloepper, 1993, Sharma *et al*. 2004, Sunita, 2010; Simarmata, 2011; Panda, 2011).

Kontribusi pupuk hayati di Indonesia tersebut masih relatif rendah dibandingkan potensinya. Potensi bakteri penambat N (simbiotik dan nonsimbiotik) dapat dimanfaatkan untuk mensuplai kebutuhan N tanaman hingga 75%, mikroba pelarut P (bakteri dan jamur) berperan penting dalam meningkatkan ketersediaan P hingga 50%. Kendala utama dalam pemanfaatan pupuk hayati berkaitan erat dengan: (1) keefektifan pupuk hayati tidak langsung terlihat, (2) ketersediaan pupuk hayati masih terbatas, (3) pengetahuan maupun pemahaman masih rendah. Pupuk hayati penambat nitrogen (*simbiotik maupun nonsimbiotik*) perlu mendapat perhatian khusus agar dapat meningkatkan ketersediaan nitrogen bagi tanaman. Bakteri pembentuk bintil akar (nodula) pada tanaman legum telah mampu mensuplai kebutuhan tanaman sekitar 75-90%, sedang yang nonsimbiotik umumnya sekitar 25% (Simanungkalit *et al*. 2006, Simarmata, 2011). Hingga saat ini teknologi yang dikembangkan masih terfokus pada teknologi tradisonil (*traditionally biotechnology*) untuk menjaring isolat unggul. Pemanfaatan bioteknologi moderen pada tanaman non legum mampu membentuk nodula yang dikenal dengan "*paranodule*" sehingga dapat meningkatkan kemampuan fiksasi N (Kennedy *et al*. 1992, 1997; Bruulsema, 2007).

Peranan penelitian dan pengembangan sangat menentukan dalam membangun industri pupuk hayati. Industri pupuk hayati memerlukan tenaga ahliyang spesifik (*highly qualified*) karena berkaitan dengan karakteristik pupuk hayati yang dinamis dan spesifik. Konsekuensinya perkembangan industri pupuk hayati di Indonesia sangat tergantung pada dukungan penelitian dan pengembangan untuk menghasilkan pupuk hayati, baik sebagai inokulan tunggal maupun pupuk hayati majemuk yang efektif dan efisien dalam meningkatkan ketersediaan hara, produktivitas tanah maupun tanaman. Aplikasi pupuk hayati penambat N simbiotik (*Bradyrhizobium japonicum*) pada tanaman kedelai sangat efektif untuk meningkatkan ketersediaan hara dan dapat mensubstitusi penggunaan pupuk anorganik hingga 75% (Saraswati *et al*. 1998; Simanungkalit *et al*. 2006). Oleh karena itu, industri pupuk hayati penghasil inokulan bakteri penambat N tersebut telah berkembang dengan baik dan penggunaan inokulan penambat N pada pertanaman legum menjadi sangat diperlukan untuk menekan biaya produksi (efisiensi usaha tani). Hasil penelitian terbaru memperlihatkan bahwa penggunaan pupuk hayati majemuk (konsorsium penambat N, pelarut P dan penghasil fitohormon) dapat mengurangi penggunaan pupuk anorganik dan meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman padi, jagung dan tanaman sayuran dengan signifikan (Simarmata *et al*. 2010; Singh and Purohit, 2011). Pupuk hayati cendawan mikoriza ternyata mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman. Cendawan mikoriza arbusklar (endomikoriza) dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman semusim maupun tanaman tahunan, sedangkan ektomikoriza umumnya hanya terdapat pada tanaman tahunan. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa bibit bermikoriza pada program penghijauan atau revegetasi areal tambang tumbuh lebih baik dibandingkan dengan bibit tanpa mikoriza (Setiadi, 2004; Sieverding, 1991; Brudrett, 1998 & 2008).

Terobosan teknologi untuk meningkatkan efektivitas maupun teknik produksi pupuk hayati dengan kualitas baik dan stabil sangat diperlukan dalam menunjang pengembangan pupuk hayati. Sebaliknya pengembangan industi pupuk hayati diperlukan untuk menunjang penelitian dan pengembangan. Percepatan pengembangan teknologi pupuk hayati memerlukan dukungan dari berbagai pihak atau pemangku kepentingan (swasta, pemerintah, dan sumber dana lainnya) untuk mengurangi ketergantungan pada pupuk anorganik dan mendukung pertanian terpadu berkelanjutan (*integrated sustainable agriculture*).

INDUSTRI PUPUK HAYATI DAN PROSPEKNYA

Pupuk hayati diperkirakan sudah dipergunakan sejak 5.000 tahun yang lalu untuk meningkatkan kesuburan dan pertumbuhan tanaman. Pada abad ke-19 Hellriegal dan Wilfarth membuktikan bahwa tanaman legum mampu menambat N dari udara. Selanjutnya, Beijerinck, pada tahun 1888 mengisolasi bakteri nodula (*Rhizobium*) dari akar tanaman legum. Pupuk hayati pertama yang dikomersialkan adalah rhizobia, yang oleh dua orang ilmuwan Jerman, F. Nobbe dan L. Hiltner, proses menginokulasi benih dengan biakan nutrisinya dipatenkan (Simanungkalit *et al.* 2006). Secara komersial dipasarkan di Amerika Serikat dengan nama dagang. Pupuk hayati berbahan aktif Azotobakter, dikenal dengan nama Azotobakterin pada tahun 1930-an dan 1940-an banyak digunakan di Uni Sovyet untuk meningkatkan produksi berbagai tanaman. Pupuk bakteri berbahan aktif pelarut P yang dikenal dengan nama fosfobakterin (bahan aktif *Bacillus megaterium)*digunakan secara luas di Eropa Timur. Penggunaan pupuk hayati secara komersial di Indonesia diawali dengan adanya program peningkatan produksi tanaman kedelai. Pembuatan inokulan rhizobia dimulai di Laboratorium Mikrobiologi, Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta sejak tahun 1981 untuk memenuhi keperluan petani transmigran (Jutono, 1982). Inokulan diberikan kepada petani dalam bentuk paket dalam proyek intensifikasi kedelai (Simanungkalit *et al*. 2006). Penggunaan inokulan ini dengan nama Legin sangat efektif dan mampu mensubstitusi pupuk urea hingga 75% (Saraswati *et al*. 1998). Sayangnya hingga saat ini produksi inokulan ini masih tergantung pada pesanan pemerintah (tergantung proyek) sehingga ketersediannya di pasar bebas relative terbatas. Diperkirakan dengan semakin meningkatnya harga pupuk urea, pengurangan subsidi dan meningkatnya kesadaran pertanian ramah lingkungan dapat mendorong pengembangan industri pupuk hayati (Simanungkalit, 2006, Husen *et al.* 2006; Ginting *et al.* 2006).

Produsen pupuk hayati di Indonesia sangat bervariasi dengan berbagai produk. Produk tersebut mengacu pada Permentan No. 70 tahun 2011. Perkembangannya sangat menggembirakan dan sudah diproduksi dalam bentuk pupuk hayati majemuk. Hanya saja data produksi maupun pasar masih belum tersedia. Data penggunaan pupuk hayati masih

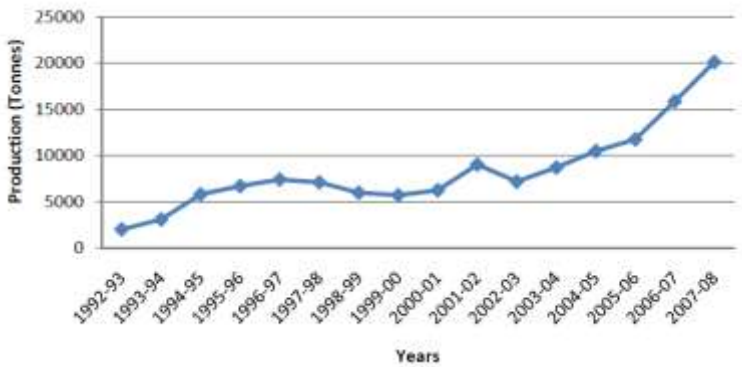
terfokus pada program pemerintah melalui proyek intensifikasi, khusus tanaman kedelai. Data memperlihatkan bahwa penggunaan pupuk hayati legin terus menurun, jika pada tahun 1990-an sudah digunakan sekitar 20 ton, saat ini hanya sekitar 2-5 ton. Perkembangan penggunaan inokulan Legin tiap tahun sejak tahun1981-1995 (Tabel 1) (Saraswati *et al*. 1998).

Tabel 1. Penggunaan inokulan Legin berbahan aktif penambat N symbiotik (*Bradyrhizobium japonicum*) diperkaya dengan bakteri pelarut fosfat

Tahun	Jumlah (ton)	Tahun	Jumlah (ton)
1981	7,5	1989	<1,0
1982	6,1	1990	< 1,0
1983	10,1	1991	15,0
1984	20,1	1992	15,0
1985	17,1	1993	1,0
1986	24,7	1994	<1,0
1987	13,0	1995	>2,0*
1988	< 1,0		

* perkiraan

Industri pupuk hayati di Indonesia umumnya masih termasuk kategori industri kecil-menengah berbasis teknologi bioteknologi tradisional. Dibandingkan dengan negara-negara di Asia (India, China, Jepang, Thailand), penggunaan pupuk hayati termasuk sangat rendah. India termasuk Negara yang memiliki perkembangan pesat dan menggunakan pupuk hayati dalam jumlah besar, yakni sekitar 20.000 – 25.000 $t.th^{-1}$ (Sunita, 2010) (Gambar 1), tetapi bila dibandingkan potensi kebutuhan penggunaan pupuk hayati tersebut masih termasuk sangat rendah (Tabel 2).



Gambar 1. Perkembangan dan pertumbuhan pupuk hayati di India (Bio-fertilizer Statisics, Fertilizers Association of India, 1992-2008).

Tabel 2. Produksi dan perkiraan potensi pasar pupuk hayati di India (Sing dan Purohit, 2011)

No.	Pupuk Hayati	Produksi (ton)*	Potensi Pasar (ton)
1	*Azotobacter*	3.360,8	162.610
2	*Azospirillum*	2.944,5	482.000
3	Rhizobium	2.825,9	35.730
4	Pelarut Fosfat	10.675,9	275.500
5	Lainnnya (PGPR, Dekomposer, BGA, dll)	18.821,	-
	BGA		267.720
	Azolla		20.380
	Total	38.932,7	1.243.940

Sumber : NCOF Annual Report 2008-2009

Kementerian Pertanian pada tahun 2010 meluncurkan program pemulihan kesuburan lahan sawah berkelanjutan (PKLSB) dengan memberi paket bantuan pupuk hayati berupa konsorsium pupuk hayati penambat N dan pelarut P dan mikroba perombak jerami (*dekomposer*) yang dikenal dengan program Biodekomposer di Provinsi (Jawa Barat, Banten, Jawa Tengah, Jawah Timur, DI Yogyakarta, Sulawesi Selatan, Sumatera Selatan dan Sumatera Barat). Program ini secara langsung dapat mendorong baik pengembangan industri pupuk hayati maupun penelitian tentang teknologi pupuk hayati di Indonesia. Bila pupuk hayati digunakan dengan dosis 400-2.000 g ha^{-1}, maka potensi pasar pupuk hayati di Indonesia sangat besar, baik untuk lahan kering maupun lahan sawah. Inokulan dapat diproduksi dalam bentuk padat maupun cair (*solid or liquid biofertlizers*).

Pupuk hayati yang sangat potensial untuk dikembangkan secara komersial di Indonesia antara lain adalah kelompok:

1. Penambat N simbiotik: (a) bakteri pembentuk nodula dengan tanaman legum: *Rizhobium, Sinorhizobium (Ensifer), Bradyrhizobium rhizobium*, (b) bakteri yang besimbiosis dengan tanaman Azolla, (c) bakteri pembentuk nodula pada batang (*stem nodulation bacteria*), (d) *blue green algae*, (d) bakteri penambat N nonsimbiotik (*Azotobacter* dan *Azospirillum*).
2. Mikroba pelarut fosfat dan pelarut kalium.
3. Mikroba penghasil fitohormon (PGPR) dan mikroba penghasil siderofor.
4. Cendawan mikoriza (endomikoriza dan ektomikoriza).
5. Mikroba perombak bahan organik (dekomposer).
6. Mikroba yang berperan ganda (multifungsi) yaitu sebagai penyedia hara, pemacu tumbuh, dan agen hayati.

Potensi pangsa pasar pupuk hayati di Indonesia relatif besar, baik untuk inokulan dalam bentuk tunggal maupun ganda. Estimasi potensi permintaan pupuk hayati disajikan pada Tabel 2, sedangkan potensi penggunaan mikroba pengurai (*decomposer*) disajikan pada Tabel 3. Perkiraan ini didasarkan potensi lahan pertanian atau luas areal untuk berbagai kelompok tanaman (Mulyani dan Agus, 2006; Anonim, 2011) dan potensi limbah pertanian. Bila dibandingkan dengan potensi permintaan pupuk hayati dengan kondisi eksis saat ini penggunaan pupuk hayati maupun dekomposer, peluang untuk mengembangkan industri pupuk hayati masih terbuka lebar. Belum berkembangnya pemanfaatan pupuk hayati di Indonesia berkaitan dengan (a) efektivitas pupuk hayati, (2) kurangnya informasi dan peranan pupuk hayati dalam meningkatkan produktivitas tanah maupun tanaman, (3) kemudahan dalam memperoleh produk dengan harga yang terjangkau. Bila pupuk hayati mampu mensubstitusi pupuk anorganik dan meningkatkan produksi dan keuntungan usaha tani dengan signifikan, dapat diharapkan bahwa penggunaannya secara massal akan terwujud.

Tabel 2. Estimasi potensi penggunaan pupuk hayati di Indonesia

No	Tanaman	Kebutuhan (t th^{-1})	Formulasi
1	Padi sawah	10.000 – 15.000	konsorsium BNF + MPF
2	Padi gogo	400 – 500	konsorsium BNF + MPF
3	Kacang kedelai	200 - 300	*Bradyrhizobium japonicum* + MPF
4	Kacang lainnya	100 - 200	Sinorhizoium + BPF
5	Jagung	3.000 – 5.000	Konsorsoium BNF + MPF
6	Tanaman sayuran	4.000 – 5.000	Konsorsoium BNF + MPF + agen hayati
7	Tanaman perkebunan	10.000 – 15.000	Konsorsoium BNF + MPF + Mikoriza + Agen Hayati
8	Tanaman HTI & reboisasi	5.000 – 10.000	Konsorsoium BNF + MPF + Mikoriza + agen hayati
9	Tanaman hias	1.000 – 2.000	Konsorsoium BNF + MPF + Mikoriza + agen hayati
	Total	33.700-52.900	

Catatan: (1) BNF = penambat nitrogen, MPF = mikroba pelarut fosfat, (2) perkiraan didasarkan pada luas areal dan menggunakan inokulan murni dengan dosis rendah

Tabel 3. Estimasi kebutuhan inokulan mikroba pengurai bahan organik (*decomposer*) di Indonesia

No	Kelompok limbah	Kebutuhan (t th^{-1})	Formulasi
1	Limbah pertanian (jerami, Jagung, dan lainnya)	50.000 – 100.000	Konsorsium dekomposer
2	Industri pertanian (kelapa sawit dan HTI)	30.000 – 50.000	Konsorsium dekomposer
3	Limbah organik perkotaan	50.000 – 100.000	Konsorsium dekomposer
	Total	130.000 – 250.000	

PENELITIAN MASA KINI DAN MASA DEPAN

Pengembangan industri pupuk hayati secara komersial sangat tergantung pada efektivitas dan kemampuan meningkatkan ketersediaan hara, dan mensubstitusi penggunaan pupuk anorganik. Pupuk hayati yang efektif dan mampu mengurangi penggunaan pupuk anorganik secara signifikan akan mempunyai peluang pasar yang baik. Pupuk hayati baik sebagai pupuk Bio maupun sebagai dekomposer berkaitan dengan aktivitas mikroba (*organisme*) yang dinamis dan berbasis bioteknologi. Selain itu, pupuk hayati banyak yang mampu berperan ganda atau multifungsi. Misalnya satu spesies mikroba tertentu dapat menambat N, menghasilkan fitohormon (PGPR), menghasilkan senyawa yang bersifat agen hayati (bio control agent), menghasilkan *siderofore* dan mampu menguraikan bahan organik (*decomposer*). Mikroba yang multifungsi tersebut diharapkan mampu meningkatkan manfaat dan efisiensi penggunaan pupuk hayati. Konsekuensinya, penelitian dan pengembangan merupakan kunci pokok untuk meningkatkan keefektifan dan keefisienan (Simanungkalit *et al*. 2006; Sing dan Purohit, 2011).

Fokus penelitian dan pengembangan pupuk hayati saat ini, masih pada bioteknologi konvensional (tradisional) yaitu dengan menjaring dan memperbanyak isolat-isolat unggul alami dan diproses menjadi inokulan, baik sebagai inokulan tunggal maupun inokulan ganda (majemuk). Penelitian formulasi dan bahan pembawa memegang peranan penting dalam meningkatkan viabilitas inokulan. Inokulan dalam bentuk dorman (*latent cell*), umumnya memiliki viabilitas yang relatif lama dibandingkan dengan inokulan aktif (sel hidup). Viabilitas inokulan berkaitan erat dengan komposisi media pembawa atau carrier, nutrisi, jumlah dan jenis bahan aktif, pengemasan dan penyimpanan. Hasil penelitian menunjukkan viabilitas dan masa efektif sangat bervariasi dari beberapa minggu hingga dua tahun. Dengan komposisi media dan teknologi yang efektif, viabilitas bahan aktif dalam pupuk hayati dapat bertahan hingga 2 tahun.

Hasil kajian menunjukkan bahwa bakteri pembentuk bintil (nodula akar) memiliki kemampuan dalam meningkatkan ketersediaan N dan mensubstitusi pupuk anorganik yang relatif besar. Aplikasi pupuk hayati Rhizobium (legin) mampu meningkatkan produksi tanaman kedelai dan mensubstitusi penggunaan pupuk nitrogen anorganik (urea) hingga 90%. Pupuk N hanya diperlukan sebagai *starter* pertumbuhan tanaman kedelai (Simanungkalit, 2000). Penggunaan inokulan pupuk hayati pada tanaman legume (pembentuk nodula akar), baik tanaman semusim (kacang kedelai, hijau, panjang, tunggak dan lainnya) maupun tanaman tahunan (Sengon, Akasia, dan lainnya) telah mampu mensubstitusi pupuk anorganik hingga 75-90%. Sejak tahun 1990 an, penelitian rekayasa genetika telah dilakukan agar tanaman non legum, khususnya kelompok graminea (padi dan jagung) agar mampu membentuk bintil akar (*paranodule*) yang efektif dalam menambat N dari udara (Kennedy *et al.* 1992; Kennedy *et al.* 1997; Bruulsema, 2007). Potensi pupuk hayati penambat N untuk memanfaatkan N_2 (78% N_2 di udara) dengan

teknologi ramah lingkungan sangat besar. Kontribusi penambat N nonsimbiotik masih relatif kecil yakni sekitar 25- 50 kg N ha^{-1} sehingga kemampuannya untuk mensubstitusi pupuk anorganik masih relatif kecil, yakni sekitar 25%. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih intensif untuk meningkatkan kemampuannya sehingga mampu mengurangi penggunaan pupuk anorganik N 50% hingga 75%. Penambat N nonsimbiotik umumnya bersifat heterotrof (memerlukan bahan organik sebagai sumber energi) sehingga efektivitasnya sangat tergantung pada ketersediaan atau pasokan bahan organik dalam tanah. Konsekuensinya, aplikasi pupuk organik yang miskin bahan organik umumnya tidak efektif.

Cadangan hara makro maupun hara mikro sebagian besar terdapat dalam bentuk mineral dan bahan organik. Pasokan hara yang bersifat dapat diperbaharui adalah yang berada dalam bentuk senyawa organik (bahan organik). Fokus penelitian untuk meningkatkan kelarutan hara yang terikat dalam mineral maupun dalam bahan organik memiliki prospek yang baik. Pemanfaatan konsorsium mikroba pengurai (dekomposer) yang berperan ganda (multifungsi) sangat potensial untuk dikembangkan. Inokulan yang dapat mempercepat dekomposisi, meningkatkan ketersediaan hara dan menghasilkan senyawa bioaktif yang dapat menekan pertumbuhan pathogen (*biocontrol agent substances*) diperlukan untuk meningkatkan kesehatan tanah dan produktivitas tanaman. Oleh karena itu, inokulan dekomposer yang baik setidak-tidaknya mampu (1) mempercepat proses pengkomposan, (2) meningkatkan kualitas pupuk organik (kandungan hara, KTK, organisme menguntungkan, kandungan humus) dan menekan pertumbuhan dan perkembangan pathogen. Pada dasarnya, pupuk organik atau kompos yang mengandung dekomposer dan mikroba menguntungkan (*beneficial microbe*) di dalam tanah dapat berperan ganda (*multifungsi)* yaitu menguraikan bahan organik, membentuk humus (humus formation) dan menekan pathogen tanah (*soil born diseases*). Aplikasi pupuk organik merupakan kunci sukses pemulihan lahan terdegradasi atau lahan suboptimal (Simarmata dan Joy, 2012).

Fokus penelitian dan upaya untuk meningkatkan efektivitas dan peranan penggunaan pupuk hayati untuk meningkatkan produktivitas tanah dan tanaman secara berkelanjutan, antara lain adalah sebagai berikut:

1. Seleksi mikroba yang efektif meningkatkan ketersediaan hara dan produktivitas tanaman, baik yang bersifat spesifik maupun non spesifik sehingga mampu mengurangi penggunaan pupuk anorganik secara signifikan.
2. Formulasi inokulan majemuk yang efektif untuk meningkatkan ketersediaan hara, kesehatan tanah maupun kesehatan tanaman.
3. Kajian untuk meningkatkan daya adaptasi dan persistensi inokulan pupuk hayati sehingga mampu tumbuh maupun berkembang dan mampu mendominasi rhizosfir

tanaman dalam kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan (*stressful conditions*).

4. Penelitian rekayasa genetika sehingga tanaman non legum mampu membentuk nodula yang efektif menambat nitrogen dari udara.
5. Mengembangkan sistem produksi yang baik untuk menjamin kualitas dan efektivitas bahan aktif (mikroba) di lapangan.
6. Sosialisasi untuk meningkatkan pengetahuan para penyuluh, petani dan berbagai pihak dalam pemanfaatan pupuk hayati.
7. Pengaturan dan regulasi untuk menjamim pengendalian kualitas dan peredaran pupuk hayati (*establishment of "Bio-fertilizer Act" andstrict regulation for quality control in markets and application*).

DAFTAR PUSTAKA

Adholeya, A. and D. Pant. 2007. Biofertilizers: Are they here to stay. Biotech News, Vol. II. 2007. http://biotechnews.gov.in/allpdf/5th_edition_eng.pdf.

Anonim. 2011. Rencana Strategis (Renstra) Direktorat Jenderal Tanaman Pangan Tahun 2010-2014. Direktorat Jenderal Tanaman Pangan, 2011.

Anonim. 2012. Laporan Kinerja Kementerian PertanianTahun 2011. Kementerian Pertaniantahun 2012.

Anonim. 2012. Pedoman Umum Pelaksanaan Pengembangan hortikultura Tahun 2012. Kementerian Pertanian Direktorat Jenderal Hortikultura 2011

Board, N. 2012. The complete Technology Book on: Biofertilizers and Organic Farming. Niir Project Consultansy Services. 2010-2014 106-E, Kamla Nagar, Delhi-110007 (India). ISBN: 978-93-81039-07-6.

Boraste, A., K.K. Vamsi, A. Jhadav, Y. Khairnar, N. Gupta, S. Trivedi, P. Patil, G. Gupta, M. Gupta, A.K. Mujapara, and B. Joshi. 2009. Biofertilizers: A novel tool for agriculture. International Journal of Microbiology Research, ISSN: 0975-5276, Volume 1, Issue 2, 2009, pp. 23-31.

BPS. 2010. Production of Food Crops. http://www.bps.go.id/65tahun/Boklet_ Agustus_2010. pdf.

Bruulsema, T.W. Will Biotechology Replace Nitrogen Fertilizer? 2007. IPNI. http://www. ipni.net/publication/bettercrops.nsf/0/AD840CC77765C732852579800081D5C7/$ FILE/Better%20Crops%202007-2%20p32.pdf.

Fuentes-Ramirez and Caballero-Mellado. 2005. Bacterial Biofertilizers: in Z.A. Siddiqui (ed.), PGPR: Biocontrol and Biofertilization, 143-172.©2005 Springer, Dordrecht,

The Netherlands. http://www.bashanfoundation.org/caballero/caballerobiofertili.pdf.

Ginting, R.C.B., R. Saraswati, dan E. Husen. 2006. Mikroorganisme pelarut fosfat. *Dalam* Simanungkalit, R.D.M., D.A. Suriadikarta, R. Saraswati, D. Setyorini, dan W. Hartatik (*Eds*.). Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Hal. 141-158. BBSDLP. http://balittanah.litbang.deptan.go.id/dokumentasi/juknis/pupuk%20organik.pdf.

Husen, E., R. Saraswati, dan R.D. Hastuti. 2006. Rizobakteri pemacu tumbuh tanaman. *Dalam* Simanungkalit, R.D.M., D.A. Suriadikarta, R. Saraswati, D. Setyorini, dan W. Hartatik (*Eds*.). Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Hal. 191-201. BBSDLP. http://balittanah.litbang.deptan.go.id/dokumentasi/juknis/pupuk%20organik.pdf

Jutono. 1982. The application of Rhizobium-inoculant on soybean in Indonesia. Ilmu Pert. (Agric. Sci.) 3(5): 215-222.

Kennedy, I.R., Lily L. Pereg-Gerk, C.Wood, R. Deaker, K.Gilchrist, and S. Katupitiya. 1997. Biological nitrogen fixation in non-leguminous field crops: Facilitating theevolution of an effective association between Azospirillum and wheat. Plant and Soil 194: 65-79, 1997. 65. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.

Kennedy, I.R. and Y.S. Tchan. 1992. Biological nitrogen fixation in non-leguminous field crops: Recent advances. Plant and Soil 141: 93-118, 1992.© 1992 Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.

Kloepper, J.W. 1993. Plant growth-promoting rhizobacteria as biologicalcontrol agents. p. 255-274. *In* F. Blaine Metting, Jr. (Ed.). Soil Microbiology Ecology, Applications in Agricultural and EnvironmentalManagement. Marcel Dekker, Inc., New York.

Las, I. 2010. Program Pemulihan Kesuburan Tanah pada Lahan Sawah Berkelanjutan. Balai Penelitian Tanah. Kementerian Pertanian.

Mulyani, A and F. Agus. 2006. Potensi Lahan Mendukung Revitalisasi Pertanian. http://balittanah.litbang.deptan.go.id/dokumentasi/prosiding/mflp2006/ani.pdf.

Panda, H. 2011. Manufacture of Biofertilizer and Organic Farming. Asia Pacific Business Press Inc. ISBN: 9788178331461.

Saraswati, R., D.H. Goenadi, D.S. Damardjati, N. Sunarlim, R.D.M. Simanungkalit, dan D. Suparyani. 1998. Pengembangan Rhizo-plus untuk Meningkatkan Produksi, Efisiensi Pemupukan Menunjang Keberlanjutan Sistem Produksi Kedelai. Laporan Akhir Penelitian Riset Unggulan Kemitraan I Tahun (1995/1996-1997-1998). Balai Penelitian Bioteknologi Tanaman Pangan.

Setiadi, Y. 2004. Arbuscular mycorrhizal inoculum production. *Dalam* Prosiding: Teknologi Produksi dan Pemanfaatan Inokulan Endo-Ektomikoriza untuk Pertanian, Perkebunan dan Kehutanan (Simarmata, T., Arief D.H., Surmani Y. Hindersah R., Azirin A., dan A.M. Kalay. Eds.). Asosiasi Mikoriza Jawa Barat. ISBN 979-98255-0-4.

Sharma, R.A., K.L. Totawat, S.R. Maloo, and L.L. Somani. 2004. Biofertilizer Technology. Udaipur Agrotech Publishing Academy. ISBN 81-85680-90-6.

Sieverding, E. 1991. Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agrosystems. Schriftenreiher der GTZ No. 224. Eschborn, Germany.

Simanungkalit, R.D.M. 2006. Cendawan Mikoriza Arbuskuler. 2006. *Dalam* Simanungkalit, R.D.M., D.A. Suriadikarta, R. Saraswati, D. Setyorini, dan W. Hartatik (*Eds*.). Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Hal. 159-190. BBSDLP. http://balittanah.litbang.deptan.go.id/dokumentasi/juknis/pupuk%20organik.pdf.

Simanungkalit, R.D.M., R. Saraswati, R.D. Hastuti, dan E. Husen. 2006 . Bakteri Penambat Nitrogen. *Dalam* Simanungkalit, R.D.M., D.A. Suriadikarta, R. Saraswati, D. Setyorini, dan W. Hartatik (*Eds*.). Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Hal. 113-140. BBSDLP. http://balittanah.litbang.deptan.go.id/dokumentasi/juknis/pupuk%20organik.pdf.

Simanungkalit, R.D.M. 2006. Prospek pupuk organik dan pupuk hayati di Indonesia. *Dalam* Simanungkalit, R.D.M., D.A. Suriadikarta, R. Saraswati, D. Setyorini, dan W. Hartatik (Eds). Pupuk Organik danPupuk Hayati. Hal 265-272. BBSDLP. http://balittanah.litbang.deptan.go.id/dokumentasi/juknis/pupuk%20organik.pdf.

Simarmata, T. 2011. Biofertilizers for Sustainable Agriculture Practices In Indonesia. Paper and Handout for Visiting Lecturer from 17th to 21st of October 2011 at Department for Crop Science-Crop Production Systems in the Tropics-Georg-August University Göttingen, Germany.

Simarmata, T. 2011. Restoring and Management of Soil Health for A Sustainable Agriculture and Food Security in the Tropics (Indonesia). Paper and Handout for Visiting Lecturer from 17th to 21st of October 2011 at Department for Crop Science-Crop Production Systems in the Tropics-Georg-August University Göttingen, Germany.

Simarmata, T. dan B. Joy, 2012. Teknologi Pemulihan Kesehatan dan Peningkatan Produktivitas Lahan Suboptimal untuk Mempercepat Pencapaian Kedaulatan Pangan di Indonesia. Makalah pada Workshop Konsorsium Lahan Suboptimal tanggal 23-24 Februari 2012 di Palembang.

Singh, T and S.S. Purohit. 2011. Biofertilizers Technology. Agrobios (India). ISBN. 13:978-81-7754-382-7.

Sunita S. 2010. S and T on bio-fertilizers. http://www.nistads.res.in/indiasnt2010-11/T5_Rural/S&T%20on%20bio-fertilizers.pdf.

Suryana, A. 2008. Sustainable Food Security Development in Indonesia:Policies and Its Policies Implementation. Presented at High-level Regional Policy Dialogue. Organized by UN-ESCAP and Government of Indonesia. Bali, 9-10 December 2008. http://www.unescap.org/LDCCU/Meetings/HighLevel-RPD-food-fuel-crisis/Paper-Presentations/C2-FoodSecurity/ASuryana-DOA-Indonesia-Food Security.pdf.

Degradasi Lahan di Indonesia (dengan Referensi Kemungkinan Penggunaan "*Phytomining*" untuk Reklamasi Lahan Tambang)

2

Wani Hadi Utomo

International Research Centre for Degraded and Minining Land, Universitas Brawijaya, Malang

Abstrak. Areal lahan terdegradasi di Indonesia telah mencapai luasan yang sangat mengkhawatirkan. Lahan yang telah berada dalam kondisi terdegradasi dan sangat terdegradasi mencapai 30 juta ha atau sekitar 16% dari luas total daratan Indonesia, dan angka ini menjadi lebih luas jika lahan yang dalam kondisi agak kritis dimasukkan sebagai lahan terdegradasi, maka areal lahan terdegradasi menjadi 77,8 juta ha atau sekitar 40% dari luas daratan Indonesia. Penyebab degradasi lahan dimulai dengan tidak terkontrolnya konversi hutan, kemudian diikuti dengan penggunaan lahan yang tidak sesuai dan pengelolaan lahan yang kuang tepat. Intensifikasi pertanian. Kegiatan pertambangan telah memberi sumbangan yang sangat besar terhadap terjadinya degradasi lahan, demikian pula halnya dengan kegiatan industri. Berbagai teknik pemulihan lahan terdegradasi telah tersedia. Walau demikian, tidak ada teknologi yang berlaku untuk semua kondisi degradasi dan lingkungan. Masing-masing teknologi hanya berlaku untuk kondisi tertentu. Untuk pemulihan lahan bekas tambang, teknologi *phytomining* mempunyai prospek yang positif untuk dikembangkan sebagai teknologi pemulihan lahan tambang rakyat. Penyebab kekurang berhasilan pencegahan degradasi lahan dan pemulihan lahan degradasi sangat kompleks, dimulai dari lemahnya perundang undangan, lemahnya komitmen pengambil kebijakan dan pelaksana kebijakan, lemahnya penegakan hukum, dan lemahnya komitmen masyarakat terhadap pencegahan degradasi lahan dan pemulihan lahan terdegradasi. Kondisi ini diperparah dimasa otonomi (yang kurang bertanggung jawab) ini, dimana sumberdaya alam dikuras secara berlebihan untuk berbagai kegiatan politik. Kebijakan yang diambil para pemegang kekuasaan sering tidak pro pada pelestarian daya dukung sumber daya alam.

Kata kunci: Konversi lahan, lahan kritis, erosi, intensifikasi, tambang

PENDAHULUAN

"30 Juta Hektar Lahan Indonesia Terdegradasi", demikian pernyataan Dr. Hari Santoso, Dirjen Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Perhutanan Sosial Kementerian Kehutanan yang disampaikan pada UNCCD Asia-Fasific Regional Consultation Meeting Preparatory to COP-10 di Bali pada 14 September 2011 (*http://www.tn-babul.org /index.php?option= com_content&view=article&id=346*). Kenyataan ini menunjukkan angka yang memprihatinkan. Kendati begitu, ia menilai itu bukan hal aneh, lanjutnya.

Memprihatinkan, jelas. Tidak aneh, menurut penulis sebenarnya ya aneh, tetapi memang kenyataannya tidak aneh. Memprihatinkan karena, jika angka tersebut benar,

berarti sekitar 16% (30 juta ha dari 1,92 juta km^2) daratan Indonesia berada dalam kondisi terdegradasi. Jika ke dalam luasan tersebut dimasukkan lahan yang berada dalam kondisi agak ktiris, total luas lahan kritis di Indonesia mencapai 77,8 juta ha maka berarti sudah 40,5% daratan Indonesia dalam keadaan terdegradasi. Memprihatinkan karena, adanya lahan terdegradasi mempunyai akibat negative yang sangat luas jangkauan dan sebarannya. Lahan terdegradasi bukan saja merupakan lahan yang tidak produktif di bidang pertanian, tetapi juga akan menimbulkan sejumlah bencana, mulai dari kekeringan, banjir, tanah longsor, sampai pemanasan global. Akibat negatif adanya lahan terdegradasi tidak hanya dirasakan di lokasi di mana lahan terdegradasi berada, tetapi menyebar sangat jauh dan sangat luas. Lahan terdegradasi di Puncak, banjirnya sampai Jakarta, dan pemanasan global dirasakan juga di Eropa.

Aneh, karena luas lahan terdegradasi di Indonesia selalu bertambah luas; jika pada tahun 1968 pada waktu penulis baru menjadi mahasiswa dilaporkan luas lahan terdegradasi di Indonesia 20 juta ha, tahun sembilan puluhan sekitar 40 juta ha, dan pada tahun 2008 mencapai 77,8 ha. Padahal setiap tahun dilaporkan berbagai cerita keberhasilan berbagai program rehabilitasi lahan dan koservasi tanah. Setiap tahun juga diberikan penghargaan, baik kepada perorangan atau lembaga. Tidak aneh, memang itulah kenyataannya.

Mengingat besarnya keragaman penyebab degradasi lahan, macam degradasi lahan, dan kondisi lingkungan dimana lahan terdegradasi tersebut, maka penulis tidak dapat memberikan rekomendasi rehabilitasi lahan secara nasional. Teknologi yang digunakan tentunya harus disesuaikan dengan kondisi setempat, baik fisik maupun sosial ekonomis. Pada kesempatan ini penulis mengulangi lagi pertanyaan Dr. Abdurachman Adi yang dimuat Tabloid Sinar Tani bulan Juni 2003: Walau demikian, dalam makalah ini, penulis tidak akan berdiskusi siapa yang bertanggung jawab terhadap terjadinya degradasi lahan, tetapi hanya sekedar mengingatkan betapa lemahnya komitmen kita terhadap upaya pelestarian daya dukung sumberbaya lahan sehingga luasan dan intensitas lahan di Indonesia terus meningkat. Demikian juga, karena setisp teknologi pemulihan lahan terdegradasi mempunyai kelebihan dan kekurangan serta hanya cocok untuk kondisi tertentu, penulis tidak dapat memenuhi permintaan panitia untuk memberikan rekomendasi Pada makalah ini penulis juga membahas agak rinci teknologi *phytomining,* yang merupakan salah satu teknologi pemulihan lahan terdegradasi oleh aktivitas tambang.

DEGRADASI LAHAN

Istilah lahan (*land*) sengaja digunakan dalam makalah ini, karena mempunyai arti yang lebih luas dari pada sekedar tanah (*soil*). Walaupun didalam prakteknya penggunaan kedua istilah tersebut sering tumpang tindih, tetapi tidak menjadi masalah, karena saling

melengkapi. Jika proses degradasi lahan dapat diberi arti sama dengan kerusakan lahan, maka mengacu pada peraturan pemerintah No. 150 Tahun 2000 tentang pengendalian kerusakan tanah untuk produksi biomassa, yang dimaksud dengan kerusakan lahan adalah berubahnya sifat lahan, dalam hal ini penurunan kualitas lahan, yang melampaui kriteria baku karusakan lahan. Selanjutnya jika lahan terdegradasi dapat diberi pengertian sama dengan lahan kritis, maka degradasi lahan dapat diberi definisi sebagai lahan yang telah mengalami penurunan kualitas sehingga tidak mampu menjalankan fungsinya. Definisi ini mirip dengan definisi degradasi tanah yang diberikan oleh FAO, yang menyatakan bahwa degradasi tanah adalah hasil satu atau lebih proses terjadinya penurunan kemampuan tanah secara aktual maupun potensial untuk memproduksi barang dan jasa.

Pada dasarnya degradasi lahan disebabkan karena adanya penggunaan dan/atau pengelolaan lahan yang kurang tepat. Degradasi lahan biasanya dimulai dengan adanya konversi (alih fungsi) penggunaan lahan, dari lahan hutan untuk keperluan lain. Berdasarkan data Departemen kehutanan, sampai tahun 2003 terjadi alih fungsi lahan kehutanan sebesar 1,6 juta ha per tahun. Perhitungan yang dilakukan oleh Verchot *et al*. (2008) menunjukkan bahwa pada tahun 2006 luas hutan di Indonesia (termasuk hutan rakyat) tinggal 98,5 juta ha, dan dalam kurun waktu 2003 -2006 terjadi penggundulan hutan 1,19 juta ha per tahun sehingga diperkirakan pada tahun 2020 luas hutan di Indonesia tinggal 82 juta ha.

Pada lahan pertanian, degradasi lahan terjadi karena adanya erosi tanah yang dipercepat, penggunaan mesin mesin pertanian, pemakaian bahan kimia pertanian yang berlebihan dan tidak bertanggung jawab. Berbagai hasil penelitian telah menunjukkan bahwa laju erosi lahan pertanian di Indonesia telah melampaui laju erosi diperbolehkan. Data yang dikemukakan Dr. Abdurachman Adi menunjukkan bahwa di Jawa Barat, laju erosi di DAS Cimanuk, mencapai 5,2 mm tahun^{-1}, mencakup areal 332 ribu hektar. Dan di Citayam, pada lahan tanaman pangan berlereng 14%, laju erosinya 25 mm tahun^{-1}; Di Putat, Jawa Tengah, laju erosi 15 mm tahun^{-1}, dan di Punung, Jawa Timur, sekitar 14 mm tahun^{-1}; keduanya pada lahan tanaman pangan berlereng 9-10%; Di Lampung, ditemukan laju erosi 3 mm tahun^{-1}, pada lahan tanaman pangan berlereng 3,5%; Di Baturaja pada lahan berlereng 14%, laju erosi mencapai 4,6 mm tahun^{-1}, walaupun jerami padi dan jagung dikembalikan sebagai mulsa. Erosi pada lahan pertanian dipercepat dengan adanya alih fungsi dari lahan pertanian menjadi luas sawah di Jawa pada tahun 1977 mencapai 3,742 juta hektar, kemudian menurun menjadi hanya 3,247 juta hektar pada tahun 1998. Belum terhitung konversi lahan pertanian darat ke non pertanian yang juga terjadi cukup cepat.

Pada peruntukan pertambangan degradasi lahan terjadi karena adanya penambangan yang tidak bertanggung jawab; dalam hal ini menggunakan teknik tidak tepat, penanganan dan pembuangan limbah tidak mengikuti aturan dan tidak bertanggung

jawab terhadap reklamasi dan rehabilitasi pasca tambang. Memang sulit untuk mendapatkan data luas lahan yang mengalami degradasi, tetapi masih segar dalam ingatan kita (yang tidak mengalami sendiri) bencana lumpur Lapindo yang sampai saat ini belum terselesaikan. Jaringan Advokasi Tambang (http://www.lenteratimur.com) mencatat bahwa hampir 34% daratan Indonesia telah dikuasai perusahaan pertambangan melalui 10,235 izin pertambangan mineral dan batubara (minerba). Sebagai contoh kecil, sekitar 71 persen dari wilayah Samarinda kini menjadi konsesi berbagai perusahaan pertambangan. Kasus lainnya, sekitar 55% dari 86.769 hektar luas Pulau Kabaena di Sulawesi Tenggara sudah dikapling untuk pertambangan; sekitar 27% dari 4.800 hektar luas Pulau Bangka dikapling oleh PT. Mikgro Metal Perdana, di Pulau Lembata 72,32 persen dari luas pulau akan ditambang oleh PT. Merukh Enterprise. Bahkan menurut catatan Jaringan Advokasi Tambang, banyak kasus di mana luas konsesi melebih luasan pulau, seperti yang terjadi Pulau Sebuku dengan luas 24.555 hektar terdapat izin pertambangan seluas 26.000 ha. yang dikuasai oleh PT. Bahari Cakrawala Sebuku dan PT. Sebuku Iron Lateritic Ores (SILO).

Hal serupa juga terjadi pada hutan Indonesia. Setidaknya, 3,97 juta hektar kawasan lindung telah diizinkan untuk ditambang. Simak juga pernyataan Manajer Advokasi Jaringan Advokasi Tambang (Jatam), Siti Maimunah:" Saat ini, lahan kontrak karya pertambangan di kawasan hutan lindung mencapai 17,669 juta hektare (ha) atau 37,5 persen dari total luas lahan kontrak karya seluas 47,059 ha. Selanjutnya dikatakan bahwa kontribusi sektor pertambangan terhadap kerusakan hutan di Indonesia yang semula mencapai 10%, kemudian melaju hingga mencapai dua juta ha per tahun (http:// perpustakaan.bappenas.go.id/lontar/file?file=digital/blob/F16832/17.htm). Dari catatan Jatam, luas kawasan hutan yang berpeluang untuk kegiatan penambangan mencapai 61 persen atau sekitar 84.757.000 ha dari luas keseluruhan hutan di Indonesia. Berdasarkan catatan Tata Guna Hutan Kesepakatan/Rencana Tata Ruang Wilayah Provinsi (TGHK/ RTRWP) tahun 2002, luas kawasan hutan Indonesia secara menyeluruh adalah 139.429.694 ha. Di Indonesia, sebagian besar pertambangan dilakukan dengan sistim penambangan terbuka. Sebagai contoh kecil saja, menurut laporan Jatam (2012) di Bangka Belitung, lebih dari seribu kolong tambang timah dibiarkan tak diurus. Di Samarinda, Kalimantan Timur, ada 150 lubang tambang, dimana dua di antaranya telah menyebabkan lima anak tewas tenggelam pada 2011. Coba bayangkan bagaimana wajah Kalimantan 25 tahun yang akan datang. Ambil contoh saja.

Kegiatan pertambangan tidak hanya menyebabkan degradasi lahan berupa kerusakan bentang lahan, atau rendahnya kandungan bahan organik tanah (Siswanto *et al*. 2012), tetapi juga karena adanya pencemaran logam berat. Hasil pengamatan penulis dan kawan-kawan di Sekotong, Kabupaten Lombok Barat, NTB, menunjukkan adanya residu Hg pada lahan sawah dan tanaman padi yang melampaui ambang batas (Anderson *et al.* 2012). Hasil pengamatan serupa telah dikemukakan oleh Dr. Abdurachman Adi (2003) di

Jawa Barat, di mana kadar Hg pada lanah lapisan atas di sekitar lokasi tambang bervariasi dari 2,3 ppm s/d 6,7 ppm, jauh lebih tinggi dari batas ambang (<1 ppm), sedang kadar Hg dalam beras disekitar lokasi tambang berkisar dari 0,25 ppm s/d 0,43 ppm, lagi-lagi lebih tinggi dari ambang batasnya (0.05 ppm). Terjadinya kerusakan pada sungai karena adanya pencemaran telah dikemukakan oleh Jatam (Tabel 1)

Tabel 1. Beberapa sungai rusak dan tercemar oleh pertambangan

Sungai	Provinsi	Perusahaan	Keterangan
Sungai Tiku	Sumatera Selatan	PT. Barisan Tropical Mining	Logam berat
Sungai Akjwa	Papua	PT. Freeport Indonesia	Tailing
Sungai Kelian	Kalimantan Timur	PT. Kelian Eqoturial Mining	Logam berat
Sungai Mure Manawing	Kalimantan Tengah	PT. Indo Muro Kencana	Logam berat
Sungai Biu & Samurangau	Kalimantan Timur	PT. Kideco Jaya Agung	Keruh, pendangkalan
Sungai Sangatta	Kalimantan Timur	PT. Kaltim Prima Coal	Kerusakan hulu Sungai
Sungai Matangkarang, Kanibung, Daeng Setuju	Kalimantan Selatan	PT. Bahari Cakrawala Sebuku	Pengalihan badan sungai
Sungai Salajuan	Kalimantan Selatan	PT. Arutmin Indonesia	Air sungai jadi hitam
Sungai Balangan	Kalimantan Selatan	PT. Adaro Indonesia	Meluapnya settling pond
Sungai Cokrokembang	Jawa Timur	PT. Gemilang Limpa Internusa	Logam berat

Sumber : Jaringan Advokasi Tambang (http://www.lenteratimur.com)

Pengembangan sektor industri juga dapat menjadi penyebab degradasi lahan dikarenakan adanya limbah cair, gas dan padatan yang mungkin berbahaya bagi lingkungan. Dampak yang ditimbulkan dapat berupa gas buang seperti belerang dioksida (SO_2) akan menyebabkan terjadinya hujan asam yang sangat merusak lahan. Disamping itu, limbah cair industri dapat mengandung beberapa logam berat beracun (Pb, Ni, Cd, Hg) sehingga menyebabkan degradasi lahan karena pencemaran. Degradasi lahan juga dapat terjadi secara alami, misalnya proses penggurunan, salinisasi, dan kebakaran hutan. Kebakaran hutan seringkali terjadi di Indonesia, data menunjukkan bahwa luas kebakaran hutan pada tahun 2002 sebesar 35.496 ha (Dephut, 2003). Kebakaran hutan, disamping menyebabkan lahan terbuka sehingga meningkatkan resiko erosi, juga menyebabkan terjadinya penurunan Ca_{dd} dan meningkatkan kejenuhan Al.

Degradasi lahan karena pencemaran bahan kimia bukan monopoli kegiatan industri dan pertambangan, tetapi juga karena aktifitas pertanian terutama karena adanya penggunaan pestisida dan pupuk anorganik yang berlebihan seperti yang dikemukakan Abdurachaman Adi (2003), antara lain adanya residu parakuat (0,0016 - 0,0025 ppm), oksadiazon (0,0011 - 0,0023 ppm) dan 2,4-D (0,0014 - 0,0025 ppm) yang ditemukan pada tanah sawah hampir di seluruh Provinsi Jawa Barat, adanya residu glifosat (0,0009 - 0,0012 ppm) di Kab. Ciamis. Majalengaka, dan Serang. Hal yang sama juga dijumpai di tanah sawah di Jawa Tengah, DIY dan Jawa Timur. Adanya pencemaran Pb dan Cd juga

telah diamati di areal persawahan Kabupaten Karawang, Jawa Barat dan daerah penghasil bawang merah di Brebes, Jawa tengah.

Seperti telah dibahas di muka, jika lahan kritis dapat diberi arti dengan lahan terdegrasi, maka berdasarkan tingkat kerusakannya, degradasi lahan dapat dikelompokkan menjadi 3 tingkatan, yaitu: (1) agak kritis, (2) kritis dan (3) sangat kritis. Metode penetapan dan pengelompokkan lahan kritis telah ditetapkan dalam SK Direktur RLKT No. 118/V/RLKT-3/199. Memang, kriteria yang dibuat lebih banyak didasarkan pada peruntukan produksi biomassa, tetapi dengan variabel penutupan lahan (diantara 4 variable yang lain), kriteria tersebut dapat juga digunakan untuk peruntukan lainnya, termasuk pertambangan Balai Litbang Kehutanan (2008) mengemukakan terdapat 77,8 juta lahan kritis, dengan rincian 47,6 juta ha tergolong agak tritis, 23,3 juta ha tergolong kritis, dan 6,9 juta ha tergolong sangat kritis, dan tersebar diseluruh provinsi di Indonesia (Table 2).

Tabel 2. Sebaran lahan terdegradasi di Indonsesia

No.	Provinsi	Sangat kritis/sangat terdegradasi	Kritis/ terdegradasi	Agak kritis/agak terdegradasi	Jumlah
		..... ha			
1	Aceh	1.205.241	395.68	67.343	1.668.264
2	Sumatera Utara	3.256.903	1.526.958	434.767	5.218.628
3	Riau	4.701.516	2.306.658	108.355	7.116.530
4	Kep. Riau				
5	Sumatera Barat	1.601.638	239.433	169.598	1.470.670
6	Jambi	1.586.684	614.116	4.774	2.205.575
7	Bengkulu	708.934	545.218	163.729	1.417.883
8	Sumatera Selatan	1.580,908	2.085.364	739.484	4.405.757
9	Bangka Belitung	95.756	261.615	314.842	672.213
10	Lampung	1.197.984	329.055	186.408	1.723.447
11	Banten	67.112	51.981	90.425	209.518
12	DKI Jakarta				
13	Jawa Barat	248.245	140.894	19.487	408.626
14	Jawa Tengah	685.547	233.299	28.225	947.071
15	DI Yogyakarta	94.064	43.548	1.111	138.723
16	Jawa Timur	1.008.648	533.841	247.114	1.789.604
17	Kalimantan Barat	8.203.886	1.840.181	16.123	10.060.191
18	Kalimantan Tengah	2.972.566	1.939.143	1.267.743	6.179.453
19	Kalimantan Timur	8.526.149	1.015.615	38.074	9.579.839
20	Kalimantan Selatan	1.531.973	511.82	54.77	2.098.564
21	Sulawesi Utara	471.155	229.225	28.039	728.421
22	Gorontalo	426.276	202.789	62.987	682.054
23	Sulawesi Tengah	206.797	113.179	103.308	423.284

No.	Provinsi	Sangat kritis/sangat terdegradasi	Kritis/ terdegradasi	Agak kritis/agak terdegradasi	Jumlah
		..... ha			
24	Sulawesi Tenggara	1.520.034	919.467	365.133	2.804.635
25	Sulawesi Selatan	993.567	245.319	330.936	1.569.813
26	Sulawesi Barat				
27	Bali	114.231	51.639	4.281	170.151
28	Nusa Tenggara Barat	547.557	236.898	68.833	853.288
29	Nusa tenggara Timur	1.171.955	2.234.587	985.223	4.391.767
30	Maluku Utara	166.388	259.359	292.391	717.138
31	Maluku	1.073.577	488.315	123.904	1.685.797
32	Papua	1.695.594	2.659.383	311.015	4.575.393
33	Papua Barat	579.19	1.041.638	263.131	1.883.960
	Jumlah	47.610.080	23.306.333	6.890.566	77.806.880

(Jika ada penjumlahan kurang tepat disebabkan ada pembulatan angka pada masing-masing kriteria)

TEKNOLOGI PEMULIHAN LAHAN TERDEGRADASI

Pemulihan lahan terdegradasi selalu memerlukan biaya yang mahal dan waktu yang lama. Oleh karena itu pencegahan, atau paling tidak usaha untuk memperkecil kemungkinan terjadinya degradasi lahan selalu lebih dianjurkan dari pada pemulihan. Penyebab, macam dan kondisi lingkungan di mana lahan terdegradasi tersebut berada sangat beragam, oleh karena itu tidak mungkin merakit teknologi pemulihan lahan terdegradasi yang universal, berlaku untuk semua macam degradasi.

Jika degradasi terjadi karena kerusakan bentang lahan, tentu saja teknologi yang dikembangkan (pada umumnya terjadi karena aktivitas tambang). Pertama, harus bersifat pengembalian bentang lahan (jika diperlukan dengan penambahan lapisan tanah atas), baru dilakukan aktivitas berikutnya, yang meliputi perbaikan sifat tanah (misalnya pengkayaan bahan organik, penambahan bahan amandemen lainnya, dan penambahan hara) kemudian diikuti dengan penanaman kembali. Jika degradasi yang terjadi bersifat pemiskinan (pada umumnya terjadi karena erosi), maka teknologi pemulihan yang dikembangkan harus bersifat pengkayaan baik bahan organik maupun unsure hara, dan pada kondisi tertentu mungkin juga memerlukan penambahan bahan amandemen. Demikian pula jika degradasi bersifat pencemaran, maka teknologi yang dkembangkan harus mampu membersihkan atau paling tidak menetralisir bahan pencemar. Teknologi untuk pemulihan pencemaran dapat baik secara fisik, kimia, maupun biologi, termasuk penggunaan tanaman yang dikenal dengan istilah "*phyto remediasi*".

Berbagai teknologi rehabilitasi dan reklamasi lahan terdegradasi serta remediasi bahan pencemar telah banyak dikembangkan. Tetapi perlu diingat bahwa setiap teknologi pasti mempunyai keunggulan dan kekurangan, serta hanya cocok untuk kondisi

lingkungan tertentu. Jadi tidak ada teknologi yang bersifat universal dan dalam arti dapat diterapkan pada semua kondisi. Mungkin prinsip dasarnya dapat diterapkan di berbagai kondisi lingkungan, tetapi kegiatan rincinya akan berbeda. Pada ruang yang terbatas ini, tidak mungkin penulis dapat membahas berbagai teknologi tersebut, oleh karena itu pembahasan hanya akan dipusatkan pada "Kemungkinan penggunaaan teknologi *phyto-mining* untuk rehabilitasi lahan bekas tambang"

Yang di maksud dengan *phytomining* adalah penggunaan tanaman untuk menambang logam. Pada dasarnya teknologi ini adalah *phytoremediasi* dengan tujuan khusus. Pada *phytoremediasi* tujuan utama kegiatan adalah membersihkan bahan pencemar, tanpa memperhatikan hasil ekonomis. Dalam *phytomining*, memang pembersihan bahan pencemar tetap menjadi tujuan, tetapi teknologi ini juga memberi hasil ekonomis berupa logam yang diabsorbsi tanaman. Diharapkan hasil logam yang diperoleh tanaman dapat memberi pendapatan pada pelaksana *phytomining*, atau paling tidak hasil ekonomis logam yang diabsorbsi tanaman dapat digunakan untuk membiayai remediasi. Dengan demikian, teknologi *phytomining* akan sangat cocok untuk pemulihan lahan tambang rakyat (*artsanal mining*).

Teknologi *phytomining* berasal dari ide Prof. Brooks dari Massey University, New Zealand (Brooks *et al*. 1998), dan kemudian dikembangkan oleh Chris Anderson, yang tidak lain adalah mahasiswa Prof. Brooks (Anderson *et al*. 1998; 1999; 2005). Boeminathan *et al*. (2003) telah mencoba teknologi *phytomining* untuk logam nikel, dan hasilnya cukup menggembirakan. Komersialisasi ide kemampuan tanaman untuk mengabsorbsi logam berat telah dibahas oleh Angle *et al.* (2001) dan Angle dan Linacre, (2005). Anderson *et al*. (1999; 2005) secara intensif telah mengembangkan penggunaan teknologi *phytomining* untuk remediasi pencemaran logam Hg pada lahan tambang emas.

Teknologi *phytomining* dimulai dengan menanam tanaman yang mampu mengabsorbsi logam dalam jumlah tinggi dan kemudian menyimpan di dalam jaringan tanaman tanpa menyebabkan tanaman tersebut mengalami keracunan (tanaman *hypperaccumulator*), dan setelah tanaman tersebut dipanen diikuti dengan ekstraksi logam dari tanaman. Walaupun mekanisme bagaimana suatu spesies tanaman bisa menjadi *hyperaccumulator* belum banyak dipahami, beberapa peneliti telah memperoleh spesies tanaman yang potensial untuk dijadikan penambang berbagai macam logam, antara lain nickel, cobalt, dan thalium (Anderson *et al*. 1999; Brooks *et al.* 1998, 2001; Chaney *et al.* 2007; Nicks and Chambers, 1995; Robinson *et al*. 1997,). Beberapa tanaman yang telah diidentifikasi sebagai tanaman hyperaccumulator Ni adalah *Streptanthus polygaloides*, yang telah digunakan untuk menambang Ni dari tanah "serpentine" (Nicks and Chambers, 1995). Anderson *et al*. (1999) mengidentifikasi bahwa tanaman *Alyssum bertolonii*, dan *Berkheya coddii* mempunyai potensi untuk digunakan dalam *phytomining* Ni. Hasil penelitian pendahuluan penulis di Sekotong, Lombok Barat menunjukkan bahwa tanaman

ubikayu (*Manihot esculenta* Cranz) mampu mengadsorpsi dan menyimpan emas di dalam jaringan tanaman dalam jumlah yang cukup menjanjikan. Untuk membantu tanaman mengadsorpsi logam berat dapat digunakan bahan amandemen (Robinson *et al*. 1999). Hal ini dilakukan untuk mempertinggi kelarutan logam tersebut, sebagai contoh pemberian cyanide untuk mendorong absorbsi logam emas oleh tanaman. Adanya jasad mikro tanah, semacam mycorhiza pada lahan bekas tambang tentunya juga akan dapat membantu absorbsi logam berat oleh tanaman (Prasetyo *et al.* 2010).

Teknologi untuk mengekstrak logam dari tanaman juga telah dikembangkan oleh banyak peneliti; pada dasarnya meliputi pengabuan biomassa tanaman kemudian diikuti dengan *"smelting" atau "smelting/roasting/sintering"*(Anderson *et al.* 1999; Brooks *et al.* 1998; Nicks and Chambers, 1995).

Sampai akhir abad ke dua puluh, pengembangan teknologi *phytomining* terutama terpusat pada logam nickel. Hal ini disebabkan karena Ni merupakan salah satu logam yang mempunyai pangsa pasar tinggi dan banyak negara (a.l. Australia, Canada, Rusia, Brazil) yang mempunyai area luas yang mempunyai cadangan nickel konsentrasi rendah. Walaupun Ni merupakan salah satu logam yang sangat beracun bagi tanaman, karena pada konsentrasi yang relatif tinngi logam ini akan sangat mengganggu metabolisme tanaman, terutama fotosintesis dan fungsi membran tetapi hal ini tidak terjadi pada tanaman hyperaccumulator Ni, dari beberapa hasil penelitian tanaman hyperaccumulator Ni masih dapat berphotosyntesis normal pada konsentrasi Ni tinggi, diatas 0,1% daun kering (Baker *et al.* 1994). Anderson *et al*. (2005) sangat menganjurkan penggunaan *phytomining* untuk pemulihan lahan tambang artisanal. Harris *et al.* (2009) Pengkajian kemungkinan penggunaan teknologi *phytomining* untuk logam menambang emas di Australia telah dilakukan oleh. Review dan kemungkinan perbaikan teknologi *phytomining* telah dipublikasi oleh Chaney *et al.* (2007).

MENGAPA PEMULIHAN LAHAN TERDEGRADASI KURANG BERHASIL

Dari bahasan yang telah disampaikan pada butir 1.2. dapat dikemukakan bahwa permasalahan lahan terdegradasi di Indonesia sudah sedemikian seriusnya baik ditinjau dari luasan, intensitas maupun akibat negatifnya. Berbagai upaya, termasuk penyusunan perundang-undangan, telah dilakukan. Walaupun demikian hasilnya masih sangat mengecewakan, bukan saja kita tidak dapat mengurangi luasan lahan terdegradasi, tetapi areal lahan terdegradasi justru semakin luas. Kembali kepada pertanyaan Dr. Abdulrachman Adi: "siapakah yang bertanggung-jawab atas kerusakan lahan dan keracunan pangan yang dihasilkan? Siapakah yang harus melaksanakan rehabilitasi tanah terdegradasi, dan siapakah yang harus mengendalikan proses degradasi tanah?"

Dr. Abdurachman Adi mengatakan: ”Tampaknya masalah 'penanggung-jawab' tidak sederhana, karena berbagai pihak turut terlibat dalam proses degradasi. Upaya rehabilitasi tanah rusak dan pengendalian proses degradasi memerlukan komitmen dan koordinasi berbagai instansi, di antaranya Dep. Pertanian, Deperindag, Dep. Kehutanan, Dep. Energi dan Sumberdaya Mineral, Dep. Kesehatan, POM, dan Pemerintah Daerah”. Selanjutnya Dr. Abdulrachman Adi mengusulkan pembentukan Kelompok Kerja atau Komisi Nasional yang menangani Rehabilitasi Tanah dan Pengendalian Degradasi untuk dapat mengatasi masalah ini. Mungkin pembentukan suatu badan atau Komisi Nasional yang bertanggungjawab terhadap pencegahan dan pemulihan degradasi lahan memang diperlukan, tetapi yang lebih penting adalah komitmen kita semua, baik pembuat undang-undang, eksekutif, penegak hukum, maupun masyarakat. Nampaknya komitmen kita semua terhadap upaya pencegahan degradasi lahan dan apa lagi pemulihan lahan terdegradasi.

Banyak pihak yang menggunakan alasan kurangnya atau lemahnya undang-undang dan peraturan yang menyebabkan proses degradasi lahan berlangsung terus menerus. Mungkin hal ini ada benarnya, tetapi hendaknya hal ini jangan dijadian alasan untuk tidak melakukan upaya pencegahan degradasi lahan dan/atau pemulihan lahan terdegradasi. Kewajiban mencegah degradasi lahan telah diamanatkan sejak keluarnya UU No. 5 tahun 1960 (yang kemudian dikenal dengan UUPA), yaitu (pasal 5): ”Memelihara tanah, termasuk menambah kesuburannya serta mencegah kerusakannya adalah kewajiban tiap-tiap orang, badan hukum atau instansi yang mempunyai hubungan hukum dengan tanah itu, dengan memperhatikan pihak yang ekonomis lemah”.

Kebijakan pemulihan lahan bekas tambang, yang disebut reklamasi dan didefinisikan sebagai kegiatan yang bertujuan memperbaiki atau menata kegunaan lahan yang terganggu sebagai akibat kegiatan usaha pertambangan umum, agar dapat berfungsi dan berdayaguna sesuai dengan peruntukkannya telah diatur dalam : (a) UU No. 11/1967, tentang Ketentuan-Ketentuan Pokok Pertambangan; (b) PP No. 32/1969, tentang Pelaksanaan UU No. 11/1967 tentang Ketentuan-Ketentuan Pokok Pertambangan; (c) PP No. 75/2001, tentang Perubahan Kedua Atas PP No. 32/1969.; (d) Kepmen Pertambangan dan Energi No. 1211.K/1995, tentang Pecegahan dan Penanggulangan Perusakan dan Pencemaran Lingkungan Pada Kegiatan Pertambangan Umum; KepDirjen PU No. 336/1996, tentang Jaminan Reklamasi. Memang, UU No. 11 tahun 1967 mengandung kelemahan karena tidak mengatur secara jelas dan rinci cara lingkungan wilayah pertambangan harus dikelola. Ketentuan reklamasi yang diatur dalam pasal 30 hanya mewajibkan penambang melakukan reklamasi lahan bekas galian dimana pemegang kuasa pertambangan yang bersangkutan diwajibkan mengembalikan tanah sedemikian rupa, sehingga tidak menimbulkan bahaya penyakit atau bahaya bagi masyarakat sekitarnya. Sedangkan pemulihan diserahkan kepada alam. Undang-undang ini tidak mengatur soal sanksi apabila hal ini dilanggar. Baru beberapa tahun kemudian adanya sanksi diatur,

itupun dalam UU yang berbeda, yaitu UU Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup (Undang-Undang No. 4 Tahun 1982) pasal 20 dan 22 yang menyatakan bahwa pelaku perusakan dan atau pencemaran lingkungan hidup dapat dikenai sanksi pidana selain diharuskan membayar ganti rugi kepada rakyat yang terugikan dan kepada negara untuk pemulihan kembali lingkungan yang rusak atau tercemar.

Sebenarnya sudah banyak Undang-Undang yang mengatur pengendalian degradasi lahan dan pemulihan lahan terdegradasi. Hasil diskusi dalam pertemuan Nasional Pengutamaan Lingkungan Hidup dalam Perencanaan Pembangunan Daerah yang diadakan Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup yang diselenggarakan pada tanggal 23 Maret 2009 (Harian Kompas, 24-3-2009) menyimpulkan bahwa sampai tahun 2009 sudah 12 undang-undang telah diterbitkan terkait dengan pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan. Tapi sayang diantara keduabelas UU tersebut tidak konsisten substansinya. Memang (paling tidak dalam konsideransnya) hampir semua UU tersebut mengacu pada Pasal 33 UUD, tetapi orientasinya saling berbeda. Ditinjau dari aspek orientasi, ada yang prorakyat, prokapital, dan ada juga yang mengombinasikan keduanya. Ditemukan ada UU yang semangatnya konservasi, ada pula yang eksploitasi, atau keduanya menyatu. Kalau tujuannya untuk sebesar-besarnya kemakmuran rakyat, sesuai pasal 33 UUD 45 seharusnya akses bagi rakyat diutamakan, faktanya, ada beberapa contoh UU yang berpotensi menyimpang dari memakmurkan rakyat, berpotensi meminggirkan hak masyarakat adat, membatasi akses publik, propemodal, dan tidak sepenuhnya menjunjung HAM. Termasuk dalam hal ini adalah Undang-undang itu antara lain UU Nomor 11 Tahun 1967 tentang Ketentuan Pokok Pertambangan, UU No 41/1999 tentang Kehutanan, UU No 22/2001 tentang Minyak dan Gas Bumi, serta UU No 31/2004 tentang Perikanan. Dr. Ernan Rustiadi, pengajar Institut Pertanian Bogor (IPB), sebagai salah satu pembicara dalam diskusi tersebut menyatakan bahwa dengan model pengelolaan SDA seperti sekarang yang cenderung bermuara pada swasta, maka kerusakan dan habisnya sumber daya hanya soal waktu.

Setelah reformasi, dengaan berlakunya sistim otonomi (yang kurang bertanggung jawab), pengelolaan sumberdaya lahan menjadi lebih berantakan. Sumberdaya lahan, terutama pertambangan dan kehutanan sapi perah untuk mendanai kegiatan politik, mulai pemilu bupati/wali kota, gubernur, hingga presiden. Banyak sekali kebijakan yang mempercepat degradasi lahan. Demikian juga dalam setiap pelanggaran terhadap undang-undang yang ada, efektifitas pelaksanaan sanksi atas sejumlah pelanggaran pasal-pasal di atas perlu dipertanyakan. Sejumlah pencemaran atau perusakan lingkungan yang membuat hak-hak orang atau masyarakat yang hidup di sekitar daerah penambangan menjadi terganggu tidak mendapat sanksi yang sewajarnya Berbagai kasus pencemaran dalam dunia pertambangan hingga kini tidak terselesaikan dengan baik. Sangat disadari komitmen penghormatan dan perlindungan lingkungan hidup yang dianut oleh pemerintah saat ini hanya sekedar *internasional public relation*. Sebagai contoh kecil, menurut

catatan JATAM sepanjang 2008-2012 di Kalimantan Timur terdapat sembilan kasus tambang penting yang mandek justru saat ditangani Kepolisian Kalimantan Timur. Salah satu kasus tersebut adalah yang melibatkan salah satu bupati di Kaltim yang dimulai dari adanya tumpang tindih pemberian izin.

KESIMPULAN

Areal lahan terdegradasi di Indonesia telah mencapai luasan yang sangat mengkhawatirkan. Dengan menggunakan data Departemen Kehutanan tahun 2008, lahan yang telah berada dalam kondisi terdegradasi dan sangat terdegradasi mencapai 30 juta ha atau sekitar 16% dari luas total daratan Indonesia. Jika lahan yang dalam kondisi agak kritis (agak terdegradasi) dimasukkan sebagai lahan terdegradasi, maka areal lahan terdegradasi di Indonesia telah mencapai 77,8 juta ha atau sekitar 40% dari total luas daratan Indonesia. Penyebab degradasi lahan dimulai dengan tidak terkontrolnya konversi hutan, kemudian diikuti dengan penggunaan lahan yang tidak sesuai dan pengelolaan lahan yang kurang tepat. Intensifikasi pertanian, dengan adanya penggunaan mesin-mesin pertanian dan bahan kimia yang berlebihan mempercepat terjadinya degradasi pada lahan pertanian.

Kegiatan pertambangan telah memberi sumbangan yang sangat besar terhadap degradasi lahan, baik karena adanya perubahan bentang lahan, maupun pencemaran. Kegiatan industri juga mempunyai sumbangan yang signifikan terhadap terjadinya degradasi lahan di Indonesia, terutama karena adanya pencemaran logam berat.

Berbagai teknik pemulihan lahan terdegradasi telah tersedia. Walau demikian, tidak ada teknologi yang universal, dalam arti berlaku untuk semua kondisi degradasi dan lingkungan. Masing-masing teknologi mempunyai keunggulan dan kelemahan, sehingga hanya berlaku untuk kondisi tertentu. Untuk pemulihan lahan bekas tambang, teknologi *phytomoning* mempunyai prospek yang positif untuk dikembangkan.

Penyebab kekurang berhasilan pencegahan degradasi lahan dan pemulihan lahan degradasi sangat kompleks, dimulai dari lemahnya perundang undangan, lemahnya komitmen pengambil kebijakan dan pelaksana kebijakan, lemahnya penegakan hukum, dan lemahnya komitmen masyarakat terhadap pencegahan degradasi lahan dan pemulihan lahan terdegradasi. Kondisi ini diperparah dimasa otonomi (yang kurang bertanggung jawab) ini, dimana sumberdaya alam dikuras secara berlebihan untuk berbagai kegiatan politik. Kebijakan yang diambil para pemegang kekuasaan sering tidak pro pada pelestarian daya dukung sumber daya alam.

DAFTAR PUSTAKA

Adi, A. 2003. Degradasi Tanah Pertanian Indonesia Tanggung Jawab Siapa? Tabloid Sinar Tani, 11 Juni 2003. http://www.sinar tani-online.co.id. 29 Maret 2009.

Anderson, C.W.N., R.R. Brooks, R.B. Stewart, and R. Simcock. 1998. Harvesting a crop of gold in plants. Nature 395: 553–554.

Anderson, C.W.N., R.R. Brooks, A. Chiarucci, C.J. LaCoste, M. Leblanc, B.H. Robinson, R. Simcock, and R.B. Stewart. 1999. Phytomining for nickel, thallium, and gold. Journal of Geochemical Exploration, 67: 407-415.

Anderson, C.W.N., D.B. Krisnayanti, W.H. Utomo, X. Feng, H. Handayanto, N. Mudarisna, H. Ikram, and Sustiyah. 2012. Artisanal gold mining on Lombok and Sumbawa Islands, West Nusa Tenggara Province, Indonesia: Background environmental study and novel strategy for tailings management. IDRF Research Report, CT File: GRA/347/7 NZ Aid, Welington, New Zealand.

Anderson, C., F. Moreno, and J. Meech. 2005. A field demonstration of gold phyto-extraction technology. Minerals Engineering, 18: 385-392.

Angle, J.S. and N.A. Linacre. 2005. Metal phytoextraction: A Survey of Potential Risks. International Journal of Phytoremediation 7: 241 – 254.

Angle, R.S., R.L. Chaney, A.J.M. Baker, Y. Li, R. Reeves, V. Volk, R. Roserberg, R. Brewer, S. Burke, and J. Nelkin. 2001. Developing commercial phytoextraction technologies: Practical consideration. South African Journal of Science 97: 619-623.

Baker, A.J.M., S.P. McGrath, C.M.D. Sidoli, and R.D. Reeves. 1994. The possibility of in situ heavy metal decontamination of polluted soils using crops of metal-accumulating plants. Resources, Conserv. Recycling 11: 41-49.

Boeminathan, R., N.M. Saha-Chaudhury, V. Sahajwalla, and P.M. Doran. 2003. Production of nickel bio-ore from hyperaccumulator plant biomass: Applications in phytomining. Biotechnology and Bioengineering 86: 243 -250.

Brooks, RR, M.F. Chambers, L.J. Nicks, B.H. Robinson. 1998. Phytomining. trends in plant science 3: 359-62.

Chaney, R.L., J.S. Angle, C.L. Broadhurst, C.A. Peters, R.V. Tappero, and D.L. Sparks. 2007. Improved understanding of hyperaccumulation yields commercial phytoextraction and phytomining technologies. J. Environ. Qual. 36:1429-1443.

Harris, A.T., K. Naidoo, J. Nokes, T. Walker, F. Orton. 2009. Indicative assessment of the feasibility of Ni and Au phytomining in Australia. Journal of Cleaner Production 17: 194-200.

Nicks, L.J. and M.F. Chambers. 1995. Farming for metals, Mining Environ. Mgt: 15-18 September.

Prasetyo, B., B.D. Krisnayanti, W.H. Utomo, and C.W.N. Anderson. 2010. Rehabilitation of artisanal gold mining land in West Lombok, Indonesia. 2. Arbuscular mycorrhiza status of tailings and surrounding soils. J. Agric. Sci., 2: 202-209.

Robinson, B.H., R.R. Brooks, A.W. Howes, J.H. Kirkman, P.E.H. Gregg. 1997. The potential of the high-biomass nickel hyperaccumulator Berkheya coddii for phytoremediation and phytomining. Journal of Geochemical Exploration 60:115-26.

Robinson, B.H., R.R. Brooks, and B.E. Clothier. 1999. Soil amendments affecting nickel and cobalt uptake by Berkheya coddii: potential use for phytomining and phytoremediation. Annals of Botany 84:689-94.

Siswanto, B, B.D. Krisnayanti, W.H. Utomo, C.W.N. Anderson. 2012. Rehabilitation of artisanal gold mining land in West Lombok. 1. Characteristization of overburden and the surrounding soils.

Verchot, L.V., E. Petkova, K. Obidzinski, S. Atmadja, E.L. Yuliani, A. Dermawan, D. Murdiyarso, and S. Amira. 2008. Mengurangi laju emisi kehutanan di Indonesia. CIFOR, Bogor, Indonesia. Diakses dari http://www.cifor.org/publications/pdf_files/Books/BVerchot0101i.pdf, pada 22 Juni 2012.

Reklamasi Lahan-lahan Bekas Tambang: Beberapa Permasalahan Terkait Sifat-Sifat Tanah dan Solusinya

3

Iskandar, Suwardi, dan D.T. Suryaningtyas

Pusat Studi Reklamasi Tambang, LPPM-IPB, Kampus IPB Baranang Siang, Bogor. e-mail : issi_iskandar@ipb.ac.id; reklatam_ipb@ipb.ac.id

Abstrak. Reklamasi lahan-lahan bekas tambang, khususnya untuk tujuan revegetasi, menghadapi berbagai permasalahan, seperti lereng tidak stabil, erosi dan sedimentasi, tanah-tanah miskin unsur hara, tanah-tanah pucuk yang tipis atau tidak ada sama sekali, keterbatasan bahan amelioran, ketersediaan air tawar, iklim mikro yang belum tercipta, pembentukan air asam tambang, logam-logam berat, dan lain-lain. Permasalahan yang dihadapi tersebut berbeda-beda untuk jenis-jenis tambang mineral dan batubara, serta tambang terbuka dan tambang bawah permukaan. Umumnya perusahaan-perusahaan tambang skala menengah ke atas berusaha semaksimal mungkin melakukan kegiatan reklamasi sesuai dengan aturan. Penggunaan mulsa tanaman, pemupukan dengan NPK, penambahan kompos pada lubang tanam, perawatan tanaman adalah praktek-praktek yang biasa dilakukan. Namun demikian beberapa kegiatan reklamasi dapat menghambat pencapaian keberhasilan reklamasi secara maksimal, seperti *landscaping* berlebihan yang menyebabkan tanah menjadi sangat padat, pengapuran yang membatasi ketersediaan unsur-unsur mikro, dan timbulnya sifat hidrofobi pada penggunaan kompos pada kondisi kering. Penggunaan bahan amelioran harus tepat jenis dan dosis agar dapat memperbaiki sifat-sifat tanah dan meningkatkan pertumbuhan tanaman reklamasi.

Kata kunci : Hidrofobi, kompos, lahan bekas tambang, reklamasi, sifat-sifat tanah

Abstract. *Ex-mined land reclamation, especially for revegetation purposes, are facing some problems, such as slope instability, erosion and sedimentation, soil infertility, top soil and limitation of soil ameliorants, limited fresh water availability, microclimate unsuitability, acid mine drainage development, heavy metals solubility, etc. These problems are different between minerals and coal mine as well as surface and underground mine. Medium and large scale mining companies generally do maximum efforts to reclaim their ex-mined land according to regulation. Application of mulch, fertilization of NPK, addition of compost and plant cultivation are commonly done. However, some activities in reclamation can reduce reclamation achievement maximally, such as exessive landscaping that causes soil compaction, liming that can decrease micro nutrients availability, and hydrophobisity in compost application that reduces water holding capacity. Application of soil amendment should be followed by accurate in selecting kinds and calculating their dosages for improvement of soil properties and increasing their growth of plant reclamation.*

Keywords *: Hydrophobisity, compost, ex-mined land, reclamation, soil properties*

PENDAHULUAN

Lahan bekas tambang memiliki karakteristik topografi dan hidrologi yang berbeda-beda tergantung kepada jenis bahan tambang dan cara penambangannya. Kondisi lahan bekas tambang batubara berbeda dibandingkan dengan lahan bekas tambang mineral, seperti emas dan tembaga serta bauksit, timah dan nikel. Demikian pula dengan cara penambangan, yaitu tambang terbuka dan tambang bawah tanah. Perbedaan tersebut membawa konsekuensi kepada berbagai permasalahan yang dihadapi dalam melakukan reklamasi lahan-lahan bekas tambang. Masalah yang muncul yang menyangkut teknis reklamasi dapat berupa kesuburan tanah yang sangat rendah, erosi dan sedimentasi yang tinggi, tanah pucuk kurang atau tidak tersedia, munculnya air asam tambang, lereng-lereng yang curam, air untuk menyiram kurang atau tidak tersedia, iklim mikro belum sesuai, pemilihan jenis tanaman, dan lain-lain. Semua permasalahan tersebut perlu diatasi agar diperoleh tingkat keberhasilan reklamasi yang tinggi.

Perusahaan-perusahaan tambang skala menengah ke atas umumnya telah mengetahui bagaimana cara mengatasi permasalahan reklamasi yang dihadapi meskipun beberapa diantaranya belum maksimal. Penggunaan kompos, pemupukan dengan NPK dan pemberian kapur untuk memperbaiki kesuburan tanah, penggunaan mulsa vegetatif dan pembuatan teras bangku atau guludan untuk mengurangi erosi, penanganan air asam tambang (AAT) dengan kapur atau metoda lahan basah adalah praktek-praktek dalam kegiatan reklamasi yang sudah biasa dilaksanakan (Iskandar *et al*. 2011; Zipper *et al*. 2011).

Secara teknis usaha reklamasi lahan bekas tambang dimulai dengan kegiatan *recontouring*, *regrading* atau *resloping* dari lubang-lubang bekas tambang. Hal ini dilakukan agar diperoleh suatu bentuk wilayah dengan kemiringan lereng yang stabil. Pembuatan saluran-saluran drainase dan bangunan-bangunan konservasi disiapkan pada tahap ini. Untuk mencapai tujuan tersebut, lubang tambang ditutup dengan berbagai material yang dikupas pada saat ekskavasi awal lubang tambang. Selanjutnya bagian permukaan lahan hasil *landscaping* ditaburi atau ditutup kembali dengan "tanah pucuk" (*top soil*) yang umumnya memiliki sifat kimia-fisik tidak subur.

Setelah tanah sebagai media tumbuh tanaman disiapkan dengan baik, maka kegiatan selanjutnya adalah revegetasi, baik dengan tanaman asli lokal, tanaman kehutanan introduksi, ataupun tanaman lainnya yang dinilai akan bermanfaat untuk mempercepat dan meningkatkan keberhasilan usaha reklamasi. Untuk mensiasati kondisi iklim mikro yang belum sesuai, reklamasi biasanya diawali dengan menanam tanaman-tanaman pioner cepat tumbuh yang mampu beradaptasi dengan cepat, seperti sengon (*Paraserianthes falcataria*), akasia *(Acasia mangium)*, lamtoro *(Leucaena glauca)*, turi (*Sesbania grandiflora*), gamal (*Gliricidia sepium*), jabon *(Anthocephalus*

cadamba), dan lain-lain. Setelah tanaman ini cukup tinggi dan tajuknya sudah cukup rapat, maka tanaman lokal seperti sungkai, ulin, meranti, gaharu dapat ditanam. Revegetasi juga umumnya dibarengi dengan menanam tanaman penutup tanah yang cepat berkembang, yaitu agar tanah terlindungi dari bahaya erosi dan meningkatkan kadar bahan organik tanah secara merata.

Tujuan dari tulisan ini adalah untuk membahas beberapa permasalahan yang dijumpai dalam reklamasi lahan-lahan bekas tambang, khususnya yang terkait dengan sifat-sifat tanah serta pemanfaatan bahan amelioran untuk memperbaiki sifat-sifat tanah.

FAKTOR-FAKTOR PEMBATAS KEBERHASILAN REVEGETASI LAHAN BEKAS TAMBANG

Dalam Lampiran V Pedoman Penilaian Kriteria Keberhasilan Reklamasi, Peraturan Menteri Energi dan Sumberdaya Mineral No. 18 Tahun 2008, reklamasi yang mengarah kepada revegetasi lahan bekas tambang dinilai dari berbagai aspek, yaitu penataan lahan yang berkaitan dengan pekerjaan sipil, persiapan lahan untuk dapat ditanami sesuai perencanaan, dan teknik penanaman.

Keberhasilan revegetasi pada lahan bekas tambang sangat ditentukan oleh banyak hal, diantaranya adalah: (1) aspek penataan lansekap, (2) kesuburan media tanam, dan (3) penanaman dan perawatan tanaman. Penataan lansekap sangat berkaitan dengan aspek konservasi tanah dan air serta rencana penggunaan lahan bekas tambang. Sementara itu dalam kesuburan media sangat ditentukan oleh sifat-sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Tidak kalah penting adalah aspek penanaman dan perawatan tanaman.

Aspek penataan lansekap

Reklamasi lahan bekas tambang dimulai dengan penataan lahan yang menyangkut *recounturing/regrading/resloping* lubang bekas tambang dan pembuatan saluran-saluran drainase untuk memperoleh bentuk wilayah dengan kemiringan stabil. Untuk memperoleh lereng yang stabil ini digunakan alat-alat berat secara intensif. Burger dan Zipper (2002) menyatakan bahwa seringkali target yang ingin dicapai pada tahun pertama dari proses ini adalah lahan dengan kemiringan landai yang permukaannya rata serta ditumbuhi dengan vegetasi yang lebat. Sayangnya akibat grading yang berlebihan reklamasi lahan cara ini sering menghasilkan tanah-tanah dengan tingkat kepadatan tinggi (Gambar 1). Dampak dari pemadatan tanah ini adalah pertumbuhan akar terganggu, sirkulasi udara dan air terganggu, laju aliran permukaan meningkat dan laju infiltrasi berkurang. Oleh sebab itu, pada lahan-lahan reklamasi, tanaman berumur sama pada daerah-daerah sisi lereng umumnya memiliki pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan tanaman pada daerah

datar. Salah satu penyebab utamanya adalah tanah di daerah datar lebih padat dibandingkan tanah di daerah sisi lereng.



Gambar 1. Pemadatan tanah akibat penggunaan alat-alat berat yang berlebihan

Untuk menghindari pemadatan yang berlebihan tersebut maka jika memungkinkan gunakan bulldozer kecil dalam kegiatan grading dan batasi lalulintas hanya pada daerah tertentu. Tanah yang terlanjur padat akibat lalulintas alat-alat berat harus digemburkan kembali dengan menggunakan excavator, minimal pada jalur tanam atau lubang tanam (Gambar 2, 3, dan 4).



Gambar 2. Penggemburan kembali tanah padat dengan *excavator*



Gambar 3. Pembuatan lubang tanam



Gambar 4. Pemberian bahan organik

Aspek kesuburan media tanam

Aspek kesuburan media tanam dapat dikelompokkan menjadi kesuburan fisik, kimia, dan biologi. Ketiga aspek kesuburan tersebut secara bersama-sama berperan dalam mempengaruhi kualitas media tanam. Seperti diketahui bahwa lokasi-lokasi tambang di Indonesia umumnya berada pada tanah-tanah yang tidak subur. Oleh karena itu, perbaikan kualitas media tanam khususnya pada tanah lapisan atas perlu dilakukan untuk meningkatkan keberhasilan revegetasi. Pemberian bahan organik merupakan kunci pokok perbaikan lapisan atas.

Kesuburan fisik. Perkembangan akar tanaman akan terjamin apabila tanah memiliki sirkulasi air dan udara yang baik. Sirkulasi yang baik akan terjadi apabila tanah memiliki konsistensi yang gembur dan struktur tanah yang telah berkembang. Konsistensi gembur umumnya dimiliki oleh tanah-tanah yang memiliki kandungan bahan organik tinggi. Diakui bahwa pemberian bahan organik atau kompos ke dalam tanah atau lubang tanam dengan dosis tinggi untuk meningkatkan kegemburan tanah seringkali sulit dipenuhi karena ketiadaan bahan. Oleh sebab itu, penggunaan senyawa pengganti bahan organik, seperti senyawa humat dapat dilakukan. Selain itu perlu juga diantisipasi munculnya sifat hidrofobi dari tanah ataupun penggunaan bahan organik pada kondisi kering (Gambar 5). Hal ini akan menyebabkan akar tanaman kekurangan air meskipun tanaman disiram. Sebagai solusinya sebaiknya media tanam adalah campuran antara kompos dengan tanah yang kandungan kleinya tinggi.

Kesuburan kimia. Kesuburan kimia terkait dengan ketersediaan unsur-unsur hara dan tingkat kemasaman tanah yang optimum untuk pertumbuhan tanaman. Untuk meningkatkan keberhasilan revegetasi, seringkali ditaburkan tanah pucuk setebal 50-100 cm ke atas lahan bekas tambang yang sudah ditata dengan asumsi bahwa tanah pucuk tersebut merupakan tanah yang subur secara kimia dan fisik. Pada kenyataannya, tanah pucuk untuk reklamasi adalah tanah yang sangat tidak subur, seperti dicerminkan oleh kandungan bahan organik yang umumnya sangat rendah dengan struktur tanah yang sudah

rusak sehingga mudah sekali padat. Perbaikan kesuburan kimia terhadap tanah pucuk dapat dilakukan dengan kombinasi penggunaan kompos dan pupuk dasar yang biasa digunakan. Ardiyanto (2009) memperlihatkan bahwa penggunaan senyawa humat sebagai pengganti kompos terlihat nyata memperbaiki performa tanaman penutup tanah (Gambar 6).



Gambar 5. Dalam kondisi kering tanah bisa tetap kering beberapa saat meskipun disiram (Pusdi Reklatam, 2012)



Gambar 6. Perbaikan kualitas tanah pucuk. Tanaman *Mucuna* sp. pada petak kontrol (kiri), *Mucuna* sp. pada petak hasil perbaikan dengan senyawa humat (kanan)

Kesuburan biologi. Kesuburan biologi menyangkut aktivitas mikrobiologi dalam tanah yang dilakukan oleh berbagai mikro/mesofauna/-flora. Berbagai parameter sifat fisik dan kimia tanah seringkali tidak dapat menggambarkan adanya perubahan kualitas

tanah setelah reklamasi. Tabel 1 memberikan contoh bagaimana rumput signal yang digunakan sebagai *land cover crop* dan sumber bahan organik di areal reklamasi Kathryn mempengaruhi kesuburan biologi pada lahan reklamasi dibandingkan dengan areal reklamasi harapan yang tidak ditanami rumput signal.

Tabel 1. Pengaruh rumput signal terhadap beberapa sifat fisik, kimia dan biologi tanah di areal reklamasi PT. INCO, Sorowako*

Lokasi	Bobot isi ($g\ cm^{-3}$)**	Kemantapan agregat	C-organik (%)	P-tersedia (ppm)	Total mikrob	Total fungi	Respirasi ($mg\ CO_2\ kg\ tnh^{-1}\ hari^{-1}$)	C-mic ($\mu g\ g^{-1}$)
					SPK $gram^{-1}$			
Kathryn	1,56	Kurang stabil	1,51	4,93	$9,4x10^7$	$50,4x10^3$	5,43	1.004,2
Harapan	1,57	Agak stabil	0,09	5,67	$8,3x10^7$	$30,5x10^3$	4,97	347,2

*) Sumber: Perdana (2009)
**) Contoh tanah diambil pada kedalaman 0-30 cm untuk bobot isi dan kemantapan agregat, 0-10 cm untuk parameter lainnya

PENUTUP

Kegiatan penambangan terutama tambang terbuka akan menyebabkan kerusakan lahan baik secara fisik, kimia, dan biologi. Kegiatan reklamasi lahan bekas tambang harus dilakukan untuk mengurangi dampak lingkungan sekaligus mengembalikan lahan ke kondisi seperti semula. Penggunaan bahan amelioran yang tepat seperti kompos, kapur, bahan humat dan pupuk akan mempercepat pemulihan lahan dan pertumbuhan tanaman revegetasi.

DAFTAR PUSTAKA

Ardiyanto, A.E. 2009. Pengaruh Pemberian Bahan Amelioran Senyawa Humat, Bahan Organik dan Kapur Terhadap Pertumbuhan Koro Benguk (*Mucuna prurirens*) pada Lahan Bekas Tambang Batubara Tambang Batulicin Kalimantan Selatan. Skripsi Dept. Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, IPB.

Burger, A and C.E. Zipper. 2002. How to restore forests on surfce-mined land. Reclamation Guidelines for Surface Mined Land in Southwest Virginia. Virginia Cooperative Extention. Publication 460-123.

Iskandar, Sujatmiko, and R.S. Gautama. 2011. Acid Mine Drainage Management in Indonesian Mines. Paper presented at 7th Australian Workshop on AMD held in Darwin on June 21-24, 2011.

Perdana, Y.I. 2009. Karakteristik tanah pada lahan bekas tambang yang ditanami rumput signal (*Brachiaria decumbens* Stapf.) di PT International Nickel

Indonesia, Sorowako, Sulawesi Selatan. Skripsi Dept. Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, IPB.

Pusdi Reklatam. 2012. Identifikasi dan Rekomendasi Perbaikan Pertumbuhan Tanaman Reklamasi di Lahan Bekas Tambang Pasir Besi PT. Antam, Kutoarjo.

Zipper, E., J. Skousen, and C. Jage. 2011. Passive treatment of acid-mine drainage. Reclamation Guidelines for Surface Mined Land in Southwest Virginia. Virginia Cooperative Extention. Publication 460-133.

Pemanfaatan Titonia (*Tithonia Diversifolia*) dan Bahan Alam Lain untuk Perbaikan Kesuburan Tanah dan Pemulihan Lahan Terdegradasi

4

Nurhajati Hakim

Fakultas Pertanian Universitas Andalas, Padang

Abstrak. Penelitian tentang pemanfaatan Titonia bersama kapur sebagai bahan alam guna memperbaiki dan meningkatkan kesuburan tanah masam yang miskin, serta pemulihan tanah terdegradasi untuk berbagai jenis tanaman pertanian telah dilakukan di lapangan, di rumah kaca, dan di laboratorium selama 10 tahun (2002-2012). Tujuannya adalah untuk mengetahui sifat dan ciri Titonia yang menguntungkan sebagai pupuk organik, menemukan teknik budidaya dan pemanfaatannya sebagai pupuk bersama kapur, serta menentukan kemampuannya dalam mengurangi aplikasi pupuk sintetik untuk tanaman pertanian pada tanah masam yang miskin, serta lahan terdegradasi. Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa Titonia memenuhi syarat untuk dijadikan pupuk hijau atau sebagai pupuk organik. Ciri dan sifat Titonia yang menguntungkan meliputi akar tunggang yang dalam, bercabang banyak dan terinfeksi mikoriza. Di samping itu, pada rizosfirnya ditemukan bakteri *Azobacter, Azospirillum,* serta jamur dan bakteri pelarut fosfat, sehingga mampu menambat dan menambang hara yang banyak. Batangnya lembut, bercabang banyak, dan berdaun sukulen, sehingga menghasilkan bahan organik yang banyak dan mudah lapuk. Kadar haranya cukup tinggi yaitu 2,10-3,92% N; 1,64-2,82% K; 0,33-0,56% P; 0,24-1,80% Ca; dan 0,28-0,87% Mg untuk tajuk berdaun hijau 70 cm teratas, dengan C/N sekitar 20, dan lignin sekitar 10%. Titonia dapat tumbuh baik mulai dari pinggir laut (2 m dpl) sampai ke pergunungan (>1.000m dpl). Titonia dapat dibudidayakan dengan bahan perbanyakan berupa stek batang atau biji, dengan jarak tanam 50cm x 50cm pada lebar baris tanam 1m, dengan pola baris sebagai pagar lorong yang berjarak 5m, atau sebagai pagar kebun setiap 10m x 10m (2.000 m baris ha^{-1}), dan dapat dipangkas setiap 2 bulan. Dengan teknik budidaya tersebut Titonia mampu menghasilkan bahan organik kering sekitar 6,65 ton, 185 kg N, dan 186 kg K ha^{-1} $tahun^{-1}$ (2.000 m baris tanam ha^{-1}). Pangkasan Titonia dapat digunakan langsung sebagai pupuk hijau, atau dikomposkan terlebih dahulu. Pemanfaatan Titonia bersama kapur dapat memperbaiki dan meningkatkan kesuburan tanah masam yang miskin, serta memulihkan lahan terdegradasi, sehingga mampu mengurangi aplikasi pupuk sintetik hingga 50% dari kebutuhan tanaman peetanian (hortikultura, pangan, dan perkebunan).

PENDAHULUAN

Lebih daripada 63% dari luas tanah di Asia Tenggara dan Fasifik, adalah tanah masam, sedangkan di Indonesia tanah masam menduduki >70% luas lahan yang ada. Tanah masam di dunia didominasi oleh Ultisols (864 juta ha) dan Oxisols (727 juta ha) atau sekitar 40% dari luas tanah masam dunia (Uexkull and Muter, 1995). Berbeda halnya

dengan Indonesia yang mempunyai tanah masam dominan Ultisols (Podsolik Merah Kuning) sekitar 45,794 juta ha, atau sekitar 24,3%.

Berhubung tanah masam Ultisols umumnya terletak pada topografi miring, maka sebagai tanah tersebut telah tererosi cukup berat (terdegradasi). Berdasarkan hasil kajian yang cukup lama, ternyata masalah tanah masam dan miskin ini dapat diatasi dengan pemanfaatan bahan alam seperti kapur dan bahan organik. Dengan teknologi pengapuran yang diiringi pemupukan yang cukup, serta penambahan bahan organik, kesuburan tanah masam dapat diperbaiki dan ditingkatkan (Adams and Pearson, 1967; Abruna *et al.* 1970; Kamprath, 1970; Santoso dan Al-Djabri, 1976; Farina *et al.* 1980; Hakim, 1982, 1984, 1985; Hakim *et al.* 1989, Setijono, 1982; Rumawas, 1984; Balittan Sukarami,1984). Dari berbagai hasil penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa teknologi pengapuran terpadu (kapur + bahan organik + pupuk sintetik) dapat meningkatkan produksi tana man pangan 50% sampai 400%, tergantung tingkat kemasaman dan kesuburan tanah masam tersebut.

Peranan pupuk sangat menentukan hasil pertanian. Berhasilnya Indonesia berswasembada beras pada tahun 1984 setelah 20 tahun menerapkan program BIMAS, adalah salah satu bukti dari peranan besar penggunaan pupuk sintetik. Pengapuran lebih berperan untuk mengendalikan masalah kemasaman tanah dan keracunan Al, sedangkan miskin hara hanya dapat diatasi dengan pemupukan. Akan tetapi, setelah subsidi pemerintah dikurangi untuk pengadaan kapur dan pupuk sintetik ternyata penggunaan kapur dan pupuk sintetik menjadi mahal, sehingga menimbulkan masalah di kalangan petani yang modalnya memang terbatas. Apalagi belakangan ini harga pupuk sintetik terus melonjak, dan kadang-kadang langka di pasar, sehingga petani betul-betul kesulitan. Oleh karena itu, bahan alam alternatif harus dicari untuk mengurangi penggunaan kapur dan pupuk sintetik, tanpa menurunkan produksi pertanian.

Dari berbagai hasil penelitian diketahui, bahwa bahan organik di samping sebagai sumber unsur hara (pupuk) juga dapat meningkatkan pH dan menurunkan kejenuhan Al (Hakim, 1982, 1984; Hakim dan Helal, 1999, 2000). Di samping itu, bahan organik juga menyumbangkan vitamin dan zat tumbuh yang mampu memacu pertumbuhan tanaman, dan dapat membantu pelarutan unsur P yang sering tidak larut dalam tanah masam (Bradly dan Sieling 1953; Hakim, 2002 b). Oleh karena itu, penggunaan bahan organik akan dapat mengurangi penggunaan kapur dan pupuk sintetik, serta memacu pertumbuhan tanaman.

Namun, pengadaan bahan organik dalam jumlah banyak tidaklah mudah dan tidak murah (Hakim *et al.* 1994, 1999). Salah satu sumber bahan organik yang dapat dihasilkan dengan mudah dan langsung di lahan pertanian adalah pupuk hijau, sehingga relatif murah. Pupuk hijau yang sudah populer adalah famili legum (kekacangan). Penelitian mengenai budidaya dan pemanfaatan pupuk hijau sudah cukup banyak dan memberikan hasil yang cukup memuaskan (Hakim, 1982; Evensen and Yost, 1986; Sri Adiningsih *et*

al. 1986). Akan tetapi, pupuk hijau dari famili legum ternyata tidak mampu tumbuh baik pada tanah masam dan miskin, apalagi pada lahan yang sudah terdegradasi. Oleh karena itu, sumber pupuk hijau yang mudah dan murah dihasilkan insitu pada tanah masam yang miskin atau terdegradasi perlu dicari.

Titonia (*Tithonia diversifolia*) atau bunga pahit, tergolong famili Asteraceae yang biasanya tumbuh bagus di pinggir-pingir saluran air, di tebing-tebing sungai dan di pinggir-pinggir jalan, tampaknya berpeluang besar untuk dijadikan sebagai sumber pupuk hijau *in situ*. Titonia adalah sebangsa gulma yang dapat tumbuh sangat bagus di sembarang tanah, mengandung unsur hara yang tinggi, terutama N dan K, yaitu sekitar 3,5% N, 0,38% P, dan 4,1% K (Jama *et al*. 2000). Akan tetapi, tanaman ini belum dibudidayakan dan belum banyak dimanfaatkan sebagai penyubur tanah di Indonesia. Jama *et al*. (2000) melaporkan bahwa Titonia sudah menyebar di Amerika Tengah dan Selatan, di Afrika dan Asia, tetapi penggunaan Titonia sebagai sumber bahan organik atau pupuk hijau belum banyak dikenal. Sanchez dan Jama (2000) yang meneliti di Afrika melaporkan bahwa tanaman jagung yang dipupuk dengan Titonia sebagai sumber N menghasilkan biji jagung yang lebih tinggi daripada dengan Urea. ICRAF (1998) melaporkan pula bahwa tanaman jagung yang dipupuk dengan Titonia sebagai sumber N tidak memerlukan tambahan pupuk K.

Di Indonesia, Hakim (2002 a) telah melakukan penelitian pendahuluan dan melaporkan bahwa Titonia ditemukan tumbuh subur di tebing-tebing sungai, di pingir-pinggir jalan hampir di sepanjang jalan di Sumatera Barat dan di kebun-kebun terlantar, tetapi belum dimanfaatkan sebagai pupuk. Ia juga melaporkan bahwa pangkasan Titonia 70 cm teratas di Sumatera Barat mengandung unsur hara yang cukup tinggi, terutama N dan K. Dari hasil penelitian berikutnya, Hakim *et al*. (2003) menyimpulkan bahwa Titonia dapat menggantikan sekitar 50% kebutuhan N dan K pupuk sintetik untuk tanaman cabai dan tomat, dan sampai 76% untuk tanaman jahe. Mereka juga melaporkan bahwa Titonia dapat meningkatkan pH dan menurunkan kejenuhan Al, disamping meningkatkan kandungan hara terutama N dan K tanah. Hasil penelitian Rita Hayati *et al*. (2003) juga menunjukkan hal yang hampir sama, bahwa penggunaan Titonia dapat menurunkan kejenuhan Al dan dapat mengurangi kebutuhan N dan K untuk tanaman melon hingga 80%. Hasil yang relatif serupa juga dilaporkan Eddiwal *et al*. (2003) bahwa Titonia dapat mengurangi kebutuhan N dan K pupuk sintetik untuk tanaman pisang abaca hingga 75% pada Ultisols yang tererosi. Hakim dan Agustian (2003, 2004, dan 2005) melaporkan bahwa Titonia dapat dibudidayakan dan dimanfaatkan untuk mengurangi kemasaman tanah dan mengurangi kebutuhan N dan K pupuk sintetik 25% hingga 50% bagi tanaman pertanian seperti cabai, jahe, dan jagung pada Ultisols. Dari hasil penelitian Supriyadi (2003) diketahui pula bahwa Titonia juga dapat dijadikan sumber unsur P bagi tanaman jagung pada Andisols.

Berdasarkan hasil-hasil penelitian tersebut dapat dinyatakan bahwa penggunaan Titonia sebagai pupuk organik sangat menjanjikan bagi usaha pertanian berkelanjutan pada tanah masam yang miskin, terutama pada Ultisols. Hasil-hasil penelitian selama sepuluh tahun terakhir akan dikemukakan secara ringkas berikut ini.

SIFAT DAN CIRI TITONIA SEBAGAI PUPUK ORGANIK

Titonia (*Tithonia diversifolia*) adalah tumbuhan semak (gulma) famili Asteraceae yang diduga berasal dari Meksiko, sehingga dikenal sebagai bunga matahari Meksiko atau *Mexican sunflower* (Jama *et al*. 2000). Di Jawa Timur dikenal sebagai "paitan" (Supriyadi 2003). Di Sumatera Barat dikenal sebagai "Bunga pahit" karena daunnya sangat pahit, dan dapat tumbuh bagus mulai dari pinggir laut (2 m dpl) sampai ke pergunungan (>1.000 m dpl). Titonia merupakan tumbuhan semak yang bercabang sangat banyak, berbatang lembut dan agak kecil, tumbuh sangat cepat setelah dipangkas, sehingga dalam waktu yang singkat dapat membentuk semak yang lebat. Titonia dapat memperbanyak diri secara vegetatif dan generatif (Hakim, 2002b).

Berdasarkan hasil penelitian selama 4 tahun Hakim (2002), Hakim dan Agustian (2003, 2004, dan 2005) menyimpulkan bahwa gulma Titonia memenuhi syarat sebagai pupuk hijau penghasil bahan organik dan unsur hara (pupuk alternatif) untuk pertanian berkelanjutan pada tanah masam. Kesimpulan tersebut diambil berdasarkan sifat dan ciri Titonia yang menguntungkan. Titonia mempunyai akar tunggang yang dalam dengan cabang yang banyak dan terinfeksi mikoriza, sehingga berkemampuan besar dalam menambang hara dari lapisan tanah yang lebih dalam dan lebih luas. Batang lembut dengan anatomi menyerupai legum, sehingga mudah lapuk, dan bertunas (bercabang) sangat banyak (111-157 cabang m^{-2}) sehingga menghasilkan bahan organik yang banyak (Tabel 1). Di samping akarnya terinfeksi mikoriza, Hakim *et al*. (2007) menemukan pada rizosfir Titonia sejumlah mikroba seperti Azotobacter, Azospirillum, serta jamur dan bakteri pelarut fosfat dan penghasil fito hormon. Temuan tersebut telah mampu menjawab pertanyaan, kenapa Titonia mengandung unsur hara yang tinggi. Ternyata sejumlah mikroba tersebut telah berperan dalam menghasilkan hara yang tinggi dalam Titonia, terutama N dan K (Tabel 2).

Dengan demikian, dapat dihitung bahwa reinokulasi dengan agen hayati dapat meningkatkan kadar N sekitar 0,8-1,4%, sedangkan kadar K meningkat 0,4-1,7%. Peningkatan kadar hara N dan K tersebut sangat berarti dalam meningkatkan bahan organik dan hasil hara dari Titonia . Kadar hara 3-3,6% N dan 2,3-3,6 % K yang diperoleh pada percobaan ini hampir sama dengan kadar hara Titonia yang tumbuh subur secara alami di berbagai daerah di Sumatera Barat, seperti pada Tabel 3 (Hakim, 2003). Pada Tabel 3 dapat dinyatakan bahwa unsur hara yang tinggi dalam Titonia adalah N dan K. Untuk tajuk berdaun hijau 70 cm teratas pada umur sekitar 2 bulan setelah pemangkasan

kadar N beragam dari 2,10% sampai 3,92% dengan rerata 3,02%, kadar K 1,64-2,82% dengan rerata 2,30%, kadar P 0,33-0,56% dengan rerata 0,40%, kadar Ca 0,24-1,80% dengan rerata 0,60%, sedangkan Mg 0,28-0,87% dengan rerata 0,51%.

Tabel 1. Parameter vegetatif Titonia dari berbagai lokasi di Sumatera Barat, dengan perkiraan umur 1,5-2 bulan setelah dipangkas (Hakim dan Agustian, 2003)

No	Lokasi	Jumlah cabang m^{-2}	Tinggi tanaman (cm)	Bobot segar (kg m^{-2})		Bobot kering (kg m^{-2})	
				Btg.atas[1]	Btg.bawah[2]	Btg.atas	Btg.bawah
1	Padang	127	95	3,65	1,20	0.547	0,156
2	Padang Panjang	131	92	3,35	3,23	0,456	0,547
3	Bukittinggi[3]	157	77	1,45	-	0,189	-
4	Payakumbuh	111	116	2,57	4,00	0,382	0,840
5	Tanah Datar	166	113	4,97	2,50	0,631	0,350
6	Solok	150	99	3,70	3,05	0,525	0,627
Rerata		118	99	3,28	2,80	0,455	0.504

Keterangan : 1) Tajuk berdaun hijau sepanjang 60-70 cm dari pucuk, 2) Batang yang tidak berdaun lagi atau berdaun mati, 3) Umur muda sekali, sehingga seluruh batang masih berdaun hijau.

Tabel 2. Kadar hara N dan K Titonia yang dipengaruhi oleh reinokulasi berbagai bateri (Hakim *et al.* 2007)

Kode	Jenis bakteri yang direinokulasikan pada rizosfir Titonia	Kadar hara (%)	
		Nitrogen (N)	Kalium (K)
A	Tanpa reinokulasi (kontrol)	2,175	1,850
B	Bakteri pelarut fosfat (bpf)	3,450	2,845
C	Azotobacter (Azot)	3,605	3,555
D	Azospirillum (Azos)	3,185	2,280
E	Bakteri penghasil fito hormon (bph)	3,360	2,925
F	bpf+Azot	3,175	2,910
G	bpf +Azos	3,350	3,295
H	bpf + bph	3,320	2,925
I	bpf+Azot+Azos	3,070	3,005
J	bpf+Azot+Azos+bph	3,135	3,245

Hakim dan Agustian (2004) melaporkan bahwa secara fisika Titonia memiliki kadar air 400-500% dari berat kering, kadar lignin 10,2% (tidak begitu tinggi), dengan C/N 21,94% (juga tidak begitu tinggi). Dengan ciri tersebut diharapkan pangkasan Titonia akan cepat melapuk, sehingga dapat memperbaiki sifat kimia tanah dengan cepat.

Daun Titonia bercangap lima, lembut dan sukulen, berbulu halus di permukaannya, tersusun berhadapan selang seling, dengan rasa sangat pahit. Sepanjang sekitar 70cm teratas mempunyai daun hijau 11-17 helai. Pada umur 2 bulan jumlah daun per rumpun beragam dari 200-400 helai. Bunga kuning seperti bunga matahari tetapi lebih kecil dengan jumlah sekitar 36 kuntum per batang. Biji kecil dan panjang, tersusun di tengah

mahkota bunga, dengan jumlah sekitar 119 biji per kuntum, sehingga menghasilkan biji yang sangat banyak. Biji cukup ringan (0,3 g per kuntum), sehingga mudah diterbangkan angin. Sangat mudah tumbuh setelah dipangkas. Jika tidak dipangkas, maka Titonia akan rebah ketika berbunga lebat, dan seperti mati ketika biji mengering pada musim kering (Juli-Agustus). Daun yang mati dan biji yang mengering akan jatuh insitu. Kemudian pada musim hujan, Titonia yang rebah bertunas kembali, dan biji yang jatuhpun tumbuh, sehingga merupakan gulma tahunan yang hidup secara berkelanjutan (Hakim dan Agustian, 2003).

Tabel 3. Kadar hara Titonia pada umur sekitar 2 bulan setelah pemangkasan dari berbagai lokasi di Sumatera Barat (Hakim dan Agustian, 2003)

No.	Lokasi	Hara tajuk berdaun hijau 70 cm teratas				
		N	P	K	Ca	Mg
1.	Padang	……..……..…… % ……..……..……				
	Airtawar	2,10	0,43	2,13	0,31	0,28
	Kep. Koto	2,24	0,38	2,51	0,81	0,58
2.	Pdg. Panjang					
	Malibo Anai	3,08	0,28	2,82	0,46	0,42
	Lbh. Anai	2,80	0,30	2,40	0,39	0,40
	Koto Baru	3,08	0,35	2,12	0,24	0,38
	Batipuh	2,98	0,56	2,66	0,24	0,58
3.	Bukittinggi					
	Baso	3,92	0,44	2,51	0,39	0,53
4.	Payakumbuh					
	Bt. Ampa	2,52	0,33	2,13	1,80	0,37
	Piladang	2,80	0,35	1,80	0,24	0,54
5.	Tanah Datar					
	Simabur	3,08	0,47	2,40	1,51	0,87
	Cubadak	2,80	0,46	2,28	0,39	0,58
	Rambatan	3,50	0,43	2,44	0,81	0,71
6.	Solok					
	Tj.Bingkung	3,50	0,33	1,64	0,39	0,51
	Sukarami	3,22	0,41	2,31	0,39	0,32
	Rerata	3,02	0,40	2,30	0,60	0,51
	Gliricidia sp.	3,02	0,22	1,23	0,24	0,30

TEKNIK BUDIDAYA TITONIA

Jarak tanam titonia dan pemupukan

Jika Titonia diangkut dari tempat lain ke lahan usaha tani, maka akan membutuhkan biaya transportasi yang besar karena Titonia dibutuhkan dalam jumlah yang besar. Oleh karena itu, Titonia harus dibudidayakan di lahan usaha tani. Faktor pertama yang perlu dipelajari dalam teknik budidaya Titonia adalah jarak tanam dan

pemupukan. Hakim dan Agustian (2004) telah menemukan jarak tanam yang lebih tepat adalah 50 cm x 50 cm pada lebar baris tanam 100 cm dengan parameter penentu hasil bobot kering serta hara N dan K (Tabel 4, 5, dan 6).

Tabel 4. Pengaruh jarak tanam dan *input* pupuk terhadap bobot kering Titonia pada Ultisols selama 4 bulan pengamatan (Hakim dan Agustian (2004)

Input pupuk	Jarak tanam (cm)			Pengaruh utama pupuk
	50x50	50x75	50x100	
Bobot kering (kg.3m^{-2}) Pemangkasan I (2 bulan setelah tanam bibit)				
P0	0,306	0,152	0,122	0,193 ^{b}
P1	0,435	0,377	0,343	0,385 ^{a}
P2	0,591	0,506	0,354	0,489 ^{a}
Pengaruh utama Jarak tanam	0,444 ^{A}	0,350 ^{B}	0,273 ^{B}	
Bobot kering (kg.3m^{-2}) Pemangkasan II (2 bulan setelah pangkas I)				
P0	0,713	0,427	0,480	0,540 ^{b}
P1	1,637	1,369	1,000	1,335 ^{a}
P2	1,850	1,666	1,470	1,662 a
Pengaruh utama Jarak tanam	1,400^{A}	1,154 ^{AB}	0,984 ^{B}	
Total bobot kering (kg.3m^{-2}) 2 kali pemangkasan selama 4bulan pengamatan				
P0	1,019	0,579	0,602	0,733
P1	2,072	1,746	1,343	1,720
P2	2,441	2,172	1,824	2,151

Catatan: Angka dengan superskrip huruf kecil berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata pada taraf BNT 5%. Angka dengan superskrip huruf besar berbeda pada baris yang sama berbeda nyata pada taraf BNT 5% .

Pada Tabel 4 tampak bahwa jarak tanam 50 cm x 50 cm memberikan hasil bobot kering Titonia tertinggi, dan berbeda nyata dengan hasil pada jarak tanam 100 cm x 50 cm, tetapi tidak berbeda nyata dengan jarak tanaman 75 cm x 50 cm, baik pada pemangkasan I maupun pemangkasan II. Di lain pihak, pengaruh pemberian pupuk tetap meningkatkan bobot kering Titonia secara nyata pada kedua periode pemangkasan. Akan tetapi, peningkatan takaran pupuk dari P1 ke P2 juga tidak nyata meningkatkan bobot kering Titonia. Lebih tingginya bobot kering Titonia akibat jarak tanam 50 cm x 50 cm dibandingkan dengan jarak tanam yang lain adalah karena populasi tanaman yang lebih banyak. Pada perlakuan tersebut populasi tanaman adalah 12 rumpun 3m^{-2}, sedangkan pada jarak tanam 100 cm x 50 cm hanya 6 rumpun, dan pada jarak tanam 75 cm x 50 cm sebanyak 8 rumpun. Pada Tabel 5 dan 6 tampak bahwa peningkatan takaran pupuk dari dari Po ke P1 dan ke P2, meningkatkan hasil N dan K secara nyata. Oleh karena itu, takaran pupuk P2 layak direkomendasikan untuk pemupukan satu kali saja pada awal penanaman Titonia yaitu 10g N, 1g P, 10g K, 1g Mg, dan 2 kg pupuk kandang per meter baris tanam.

Tabel 5. Pengaruh jarak tanam dan *input* pupuk terhadap hasil N Titonia pada Ultisols selama 4 bulan pengamatan (Hakim dan Agustian, 2004)

Input pupuk	Jarak tanam (cm)			Pengaruh utama pupuk
	50x50	50x75	50x100	
Hasil N ($g.3m^{-2}$) Pemangkasan I (2 bulan setelah tanam bibit)				
P0	8,90 ^{Ac}	4,40 ^{Ac}	3,65 ^{Ab}	5,65 ^{c}
P1	14,23 ^{Ab}	13,60 ^{Ab}	10,90 ^{Aa}	12,91 ^{b}
P2	16,80 ^{Ba}	23,12 ^{Aa}	12,27 ^{Ba}	17,40 ^{a}
Pengaruh utama Jarak tanam	13,31 ^{A}	13,71 ^{A}	8,94 ^{A}	
Hasil N ($g.3m^{-2}$) Pemangkasan II (2 bulan setelah pangkas I)				
P0	7,40	4,43	4,78	5,54 ^{c}
P1	19,37	14,75	12,75	15,62 ^{b}
P2	23,21	20,69	20,67	21,52 ^{a}
Pengaruh utama Jarak tanam	16,66 ^{A}	13,29 ^{B}	12,73 ^{B}	
Total Hasil N ($g.3m^{-2}$) 2 kali Pemangkasan selama 4 bulan pengamatan				
P0	16,30	8,83	8,43	11,19
P1	33,60	28,35	23,65	28,53
P2	40,01	43,81	32,94	38,92

Catatan: Angka dengan superskrip huruf kecil berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata pada taraf BNT 5%. Angka dengan superskrip huruf besar berbeda pada baris yang sama berbeda nyata pada taraf BNT 5% .

Tabel 6. Pengaruh jarak tanam dan *input* pupuk terhadap hasil K Titonia pada Ultisols selama 4 bulan pengamatan (Hakim dan Agustian, 2004)

Input pupuk	Jarak tanam (cm)			Pengaruh utama pupuk
	50x50	50x75	50x100	
Hasil K ($g.3m^{-2}$) Pemangkasan I (2 bulan setelah tanam bibit)				
P0	4,07	2,16	1,86	2,70 ^{c}
P1	6,88	5,88	6,28	6,35 ^{b}
P2	8,94	9,36	7,32	8,54 ^{a}
Pengaruh utama Jarak tanam	6,63 ^{A}	5,80^{A}	5,15^{A}	
Hasil K ($g.3m^{-2}$) Pemangkasan II (2 bulan setelah pangkas I)				
P0	11,93	6,23	6,67	8,34 ^{c}
P1	27,86	20,24	16,43	21,51 ^{b}
P2	31,70	28,65	28,37	29,58 ^{a}
Pengaruh utama Jarak tanam	23,83 ^{A}	18,27 ^{A}	17,22 ^{A}	
Total Hasil K ($g.3m^{-2}$) 2 kali Pemangkasan selama 4 bulan pengamatan				
P0	16,00	8,39	8,53	11,04
P1	34,74	26,12	22,71	27,86
P2	40,64	38,01	35,69	38,12

Catatan: Angka dengan superskrip huruf kecil berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata pada taraf BNT 5%. Angka dengan superskrip huruf besar berbeda pada baris yang sama berbeda nyata pada taraf BNT 5%.

Pola baris tanam dan periode pangkas

Selanjutnya Hakim dan Agustian (2004 dan 2005) menggunakan jarak tanam 50 cm x 50 cm dan takaran pupuk P2 tersebut dalam meneliti pola baris tanam yang tepat untuk memperoleh hasil bobot kering, serta hara N dan K yang tinggi. Hasil percobaan tahun II dan III di lapangan disajikan pada Tabel 7. Pada Tabel 7. tampak bahwa Titonia mempunyai kemampuan yang sangat besar dalam menghasilkan bahan organik. Pola I dan II menghasilkan bahan kering yang lebih tinggi daripada Pola III. Ditinjau dari umur pangkas, ternyata periode pangkas setiap 2 bulan memberikan hasil tertinggi. Dengan Pola I dan II yang dipangkas setiap 2 bulan dihasilkan bahan kering sekitar 6,6-6,8 t ha^{-1} $tahun^{-1}$. Titonia yang ditanam dengan pola II berupa pagar kebun 10 x 10 m atau pagar lorong yang berjarak 5 m (1.900-2.000 m baris tanam ha^{-1}) yang dipangkas setiap 2 bulan mampu menghasilkan N dan K yang jauh lebih tinggi, diikuti oleh Pola I berupa pagar lorong (2000 m baris tanam ha^{-1}) dengan hasil sekitar 150-240 kg N dan 156-245 kg K untuk 6 kali pemangkasan dalam satu tahun.

Pada hal pupuk yang diberikan hanya satu kali saja pada awal tanam sebanyak 20 kg N, 2 kg P, 20 kg K, 2 kg Mg dan 4 ton pupuk kandang ha^{-1} . Berarti jumlah pupuk tersebut hanya sekitar 10% dari N dan K yang dapat dihasilkan dalam setahun. Oleh karena itu, Titonia layak dibudidayakan sebagai penghasil bahan organik dan unsure hara secara berkelanjutan.

Tabel 7. Pengaruh pola baris tanam dan periode pangkas terhadap bobot kering dan hasil hara Titonia pada tanah Ultisols selama satu tahun pengamatan (Hakim dan Agustian, 2005)

Pola baris tanam	Periode pangkas (bulan)			Pengaruh utama (PU) Pola baris tanam
	2 (6 kali pangkas)	3 (4 kali pangkas)	4 (3 kali pangkas)	
Bobot kering pangkasan (t 0,2 ha^{-1} $tahun^{-1}$)				
Pola I (pagar lorong jarak 5m)	6,584 ^{Aa}	4,652 ^{Ba}	6,543 ^{Aa}	5,926 ^{a}
Pola II (pagar kebun 10mx10m	6,842 ^{Aa}	3,460 ^{Ca}	4,923 ^{Bb}	5,075 ^{ab}
Pola III(tanam rapat 1/5 lahan)	6,506 ^{Aa}	3,188 ^{Ba}	3,117 ^{Bc}	4,270 ^{b}
PU periode pangkas	6,644 ^{A}	3,767 ^{B}	4,861 ^{B}	
Hasil N (kg 0,2 ha^{-1} $tahun^{-1}$)				
Pola I (pagar lorong jarak 5m)	149,946 ^{Ab}	65,360 ^{Bb}	120,444 ^{Aa}	111,917 ^{ab}
Pola II (pagar kebun 10mx10m	239,599 ^{Aa}	92,204 ^{Ba}	108,045 ^{Ba}	146,616 ^{a}
Pola III(tanam rapat 1/5 lahan)	165,353 ^{Ab}	57,952 ^{Bb}	33,232 ^{Bb}	85,512 ^{b}
PU periode pangkas	184,966 ^{A}	71,840 ^{B}	87,240 ^{B}	
Hasil K (kg 0,2 ha^{-1} $tahun^{-1}$)				
Pola I (pagar lorong jarak 5m)	155,520 ^{Ab}	88,560 ^{Bb}		
Pola II (pagar kebun 10mx10m	245,100 ^{Aa}	126,840 ^{Ba}		
Pola III(tanam rapat 1/5 lahan)	157,560 ^{Ab}	54,160 ^{Bb}		
PU periode pangkas	186,060 ^{A}	89,840 ^{B}		

Catatan: Angka dengan superskrip huruf kecil berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata pada taraf BNT 5%. Angka dengan superskrip huruf besar berbeda pada baris yang sama berbeda nyata pada taraf BNT 5%

Dari Tabel 7 tampak bahwa Titonia mempunyai kemampuan yang besar dalam menghasilkan bahan organik, serta hara N dan K yang menunjukkan kemampuan akarnya yang sangat besar dalam menambat dan menambang hara dari lapisan yang lebih dalam. Kemampuan tersebut didukung oleh dalam dan lebarnya penyebaran akar Titonia dan terinfeksinya akar oleh mikoriza. Tingginya hasil N mungkin bukan hanya memanfaatkan N yang ada dalam tanah, tetapi ada kemungkinan ditopang oleh keberadaan mikroba penambat N non simbiosis pada akar Titonia seperti Azotobacter dan Azospirillum.

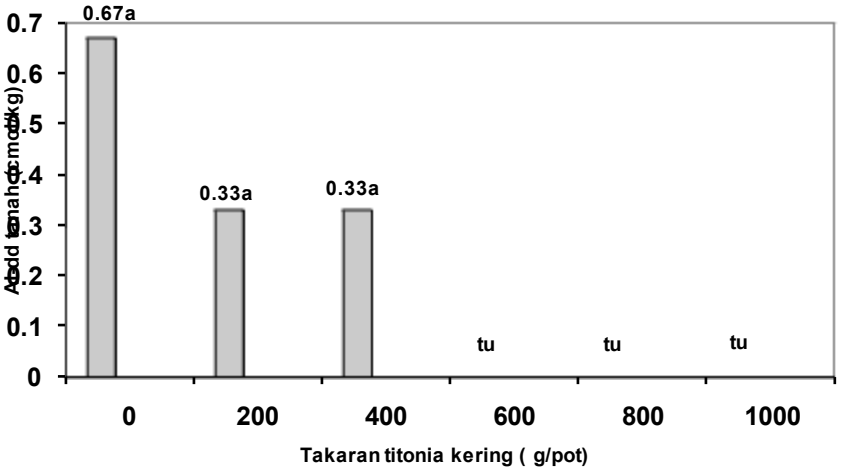
Berdasarkan hasil budidaya tersebut, dapat disimpulkan bahwa Titonia mempunyai kemampuan yang sangat besar dalam menghasilkan unsur hara. Di Kenya, Titonia yang ditanam sebagai pagar pembatas kebun selebar 1m dapat menghasilkan bahan kering sekitar 1kg/m/tahun. Bila sepertiga dari lahan 1 ha ditanami Titonia, maka akan dihasilkan sekitar 90 kg N, 10 kg P, dan 108 kg K. Berarti hasil N dan K Titonia yang dibudidayakan pada tanah masam yang miskin (Ultisols) di Sumatera Barat jauh lebih besar daripada di Kenya. Lebih tingginya hasil biomas kering, serta N dan K Titonia pada Ultisols Limau Manis Sumatera Barat ini dapat disebabkan oleh curah hujan yang tinggi (5500 mm per tahun), sehingga air cukup untuk pertumbuhan Titonia sepanjang tahun.

TITONIA UNTUK MEMPERBAIKI KESUBURAN TANAH DAN MENINGKATKAN HASIL TANAMAN

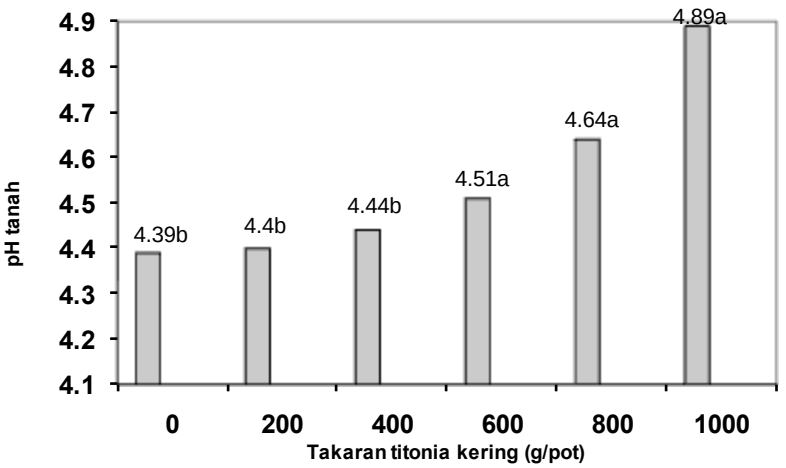
Dari serangkaian penelitian tentang pemanfaatan Titonia bersama kapur untuk memperbaiki kesuburan tanah dapat disimpulkan, bahwa Titonia mampu memperbaiki dan meningkatkan kesuburan tanah masam yang miskin berupa penurunan kandungan dan kejenuhan A-dd tanah, serta peningkatan pH dan kadar hara tanah, terutama N dan K. Beberapa hasil penelitian tersebut disajikan berikut ini.

Perbaikan kesuburan tanah untuk melon

Rita Hayati *et al.* (2003) telah mencoba menggunakan Titonia untuk mengganti kebutuhan N dan K pupuk sintetik untuk tanaman melon pada Ultisols yang miskin mulai dari 20%, 40%, 60%, 80% sampai 100%. Berdasarkan kadar hara Titonia yang digunakan sebesar 2,4% N dan 2,4% K maka dibutuhkan Titonia kering sebanyak 200 g, 400 g, 600 g, 800 g, dan 1000 g per tanaman (20 kg tanah pot^{-1}). Pada Gambar 1 tampak bahwa pemberian Titonia kering sebanyak 600 g, 800 g dan 1000 g pot^{-1} (20 kg tanah) yang akan ditanami melon mampu menurunkan Al-dd dari 0,7 cmol kg^{-1} sampai tidak terukur rendahnya (tu). Penurunan Al-dd tersebut diiringi oleh peningkatan pH sekitar 0,5 satuan, atau meningkat dari 4,5 menjadi 4,9 (Gambar 2).

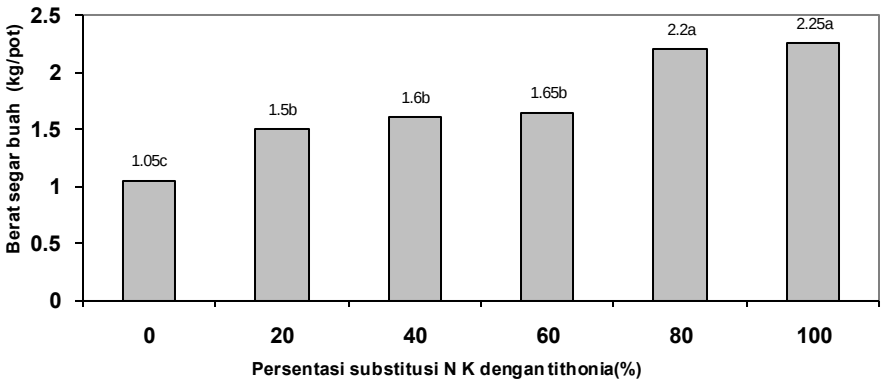


Gambar 1. Kandungan Al-dd Ultisols setelah diinkubasi dengan Titonia (Rita Hayati *et al*. 2003)



Gambar 2. Nilai pH Ultisols setelah diinkubasi dengan Titonia (Rita Hayati, 2003)

Perbaikan dan peningkatan kesuburan tanah tersebut telah mampu memberikan hasil buah melon yang cukup bagus (Gambar 3). Berdasarkan Gambar 3 dapat disimpulkan bahwa penggunaan Titonia kering dapat menggantikan NK pupuk sintetik hingga 100%. Berat buah melon yang dipupuk 100% dengan NK pupuk sintetik hanya 1,05 kg/pot, sedangkan dengan 100% NK dari Titonia seberat 2,25 kg pot^{-1}. Dengan demikian, jelaslah bahwa Titonia dapat menjadi pupuk alternatif bagi tanaman melon pada tanah masam yang miskin.



Gambar 3. Pengaruh substitusi NK pupuk buatan dengan NK Titonia terhadap bobot segar buah melon (Rita Hayati *et al.* 2003)

Selanjutnya, perbaikan kesuburan tanah masam yang miskin di lapangan akibat peningkatan takaran Titonia segar dari 12 ton ke 24 t ha^{-1} yang dipersiapkan untuk menggantikan NK pupuk sintetik sebanyak 25% dan 50% bagi tanaman cabai disajikan pada Tabel 8.

Perbaikan kesuburan tanah untuk cabai dan jahe

Pada Tabel 8 tampak bahwa peningkaan takaran Titonia tersebut tidak konsisten dalam mempengaruhi nilai pH tanah, karena ada yang meningkat dan ada yang turun. Hal itu menunjukkan bahwa pelapukan Titonia masih sedang berlangsung, karena dalam pelapukan bahan organik, sejumlah ion H akan dibebaskan, sehingga cenderung menurunkan pH tanah. Hakim (1982) menjelaskan bahwa nilai pH akan naik kembali dengan pemberian bahan organik apabila bahan organik sudah melapuk sempurna. Peningkatan takaran Titonia segar dari 12 ton ke 24 t ha^{-1} tersebut jelas menurunkan Al-dd tanah dari 1,2 cmol 100g $^{-1}$ menjadi tidak terukur rendahnya (tu) dan meningkatkan N-total dan K-dd tanah (Tabel 8).

Penurunan kandungan Al-dd tanah akibat pemberian Titonia dapat disebabkan oleh reaksi khelat antara asam-asam organik yang dihasilkan pelapukan Titonia dengan ion Al, atau pembentukan senyawa kompleks logam organik, sehingga Al tidak lagi larut. Jika kelarutan Al berkurang, maka reaksi hidrolisis Al yang biasanya menyumbangkan ion H ke larutan tanah juga berkurang, sehingga pH tanah akan naik. Hal serupa telah banyak dilaporkan pada penelitian terdahulu, bahwa pemberian bahan organik dapat menurunkan kelarutan Al dan meningkatkan pH tanah (Hakim, 1982, 1984; Hakim dan Helal, 1999, 2000). Peningkatan N dan K akibat peningkatan takaran Titonia jelas diakibatkan oleh N dan K yang dibawa oleh Titonia. Di samping itu dapat pula disebabkan oleh peningkatan

kelarutan K tanah akibat asam organik dari pelapukan Titonia. Kadar Mg-dd dan P tersedia juga cenderung meningkat dengan meningkatnya takaran Titonia.

Tabel 8. Ciri kimia tanah (Ultisols) setelah diberi perlakuan kapur dan Titonia yang digunakan untuk penanaman cabai dan jahe di lapangan (Hakim dan Agustian, 2004)

Takaran Titonia segar t ha^{-1}	Ciri kimia tanah											
	pH H_2O	C %	N %	C/N	P ppm	K	Ca	Mg	Na	Al	KTK	Kj.Al %
						cmol kg^{-1}						
Sebelum diberi kapur dan Titonia												
0	5,01	2,02	0,21	9,6	5	0,34	1,18	0,69	0,99	1,2	4,4	20
Setelah diberi kapur setara 1 x Al-dd dan diberi Titonia												
A1 12t	5,51	3,08	0,24	12,8	5	1,09	2,50	1,65	1,78	tu	7,0	tu
24t	5,58	3,03	0,32	9,5	7	1,76	3,06	1,80	2,66	tu	9,3	tu
A2 12t	5,47	2,95	0,23	12,8	6	0,98	2,40	1,61	1,68	tu	6,7	tu
24t	5,31	2,98	0,32	9,3	7	1,86	2,06	1,50	2,87	tu	8,3	tu
A3 12t	5,32	3,27	0,20	16,4	5	0,34	2,49	1,42	0,65	0,3	5,2	5,8
24t	5,28	2,75	0,22	12,5	5	0,34	2,04	1,37	0,75	0,3	4,5	6,7
A4 12t	5,12	3,28	0,23	14,3	6	0,77	2,65	1,65	1,25	tu	6,3	tu
24t	5,19	3,20	0,25	12,8	9	1,29	2,37	1,63	2,02	tu	7,5	tu

Keterangan : A1= Titonia segar (tidak dikomposkan) diinkubasi dengan tanah 4 minggu
A2= dikomposkan 2 minggu dan diinkubasikan dengan tanah 2 minggu
A3=dikomposkan 4minggu, diaduk dengan tanah, tetapi tidak diinkubasikan
A4= dikomposkan 4minggu, dan diinkubasikan dengan tanah 2 minggu

Hakim dan Agustian (2004) melaporkan bahwa perbaikan kesuburan tanah tersebut telah mampu memberikan hasil cabai dan jahe yang cukup tinggi pada tanah masam yang miskin (Tabel 9 dan 10).

Tabel 9. Pengaruh cara pengelolaan pangkasan Titonia dan kombinasinya dengan pupuk sintetik terhadap hasil tanaman cabai pada Ultisols (Hakim dan Agustian 2004)

Input pupuk	Kombinasi NK Titonia dan NK pupuk sintetik			Pengaruh utama pengelolaan Titonia
	25% + 75%	50% + 50%	0% + 100%	
	Bobot segar buah cabai (t ha^{-1}) (kontrol)			
A1	7,979	9,360		8,670 [a]
A2	8,442	7,959		8,201 [a]
A3	7,266	7,994	8,291	7,630 [a]
A4	7,917	8,931		8,231 [a]
Pengaruh utama Kombinasi pupuk	7,901[A]	8,561[A]		

Catatan: Angka dengan superskrip huruf kecil sama pada kolom yang sama dan angka dengan superskrip huruf besar sama pada baris yang sama ,tidak berbeda nyata pada taraf BNT 5%

Tabel 10. Pengaruh cara pengelolaan pangkasan Titonia dan kombinasinya dengan pupuk sintetik terhadap hasil tanaman jahe pada Ultisols (Hakim dan Agustian, 2004)

Input pupuk	Kombinasi NK Titonia dan NK pupuk sintetik			Pengaruh utama pengelolaan Titonia
	25% + 75%	50% + 50%	0% + 100%	
	Bobot segar rimpang jahe (t ha^{-1}) (kontrol)			
A1	10,13	11,00		10,57 ab
A2	9,63	13,25		11,44 ab
A3	8,63	11,69	9,81	10,16 b
A4	13,00	12,63		12,82 a
Pengaruh utama Kombinasi pupuk	10,35^{A}	12,14^{A}		

Catatan: Angka dengan superskrip huruf kecil berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata pada taraf BNT 5%. Angka dengan superskrip huruf besar sama pada baris yang sama tidak berbeda nyata pada taraf BNT 5%

Dari analisis statistik diketahui bahwa pengaruh utama cara pengelolaan Titonia dan pengaruh utama kombinasi pupuk, serta interaksinya tidak nyata terhadap hasil buah cabai (Tabel 9), tetapi pengaruh utama cara pengelolaan Titonia berpengaruh nyata terhadap hasil rimpang jahe (Tabel 10). Dalam hal ini Titonia dapat menggantikan penggunaan NK pupuk sintetik untuk tanaman cabai 25-50%. Hasil tersebut tidak berbeda nyata dengan hasil penggunaan 100% pupuk sintetik. Teknik pengomposan dan ingkubasi Titonia tidak berpengaruh nyata terhadap hasil cabai. Hal itu dapat disebabkan oleh rendahnya kadar lignin (10%) dan rendahnya C/N Titonia (20%), sehingga mudah melapuk. Untuk kemudahan pekerjaan di lapangan, dan hasilnya sedikit lebih tinggi, maka penggunaan langsung pangkasan Titonia segar yang diingkubasikan dengan tanah selama 4 minggu menjadi pilihan terbaik. Pada Tabel 9 tampak bahwa hasil buah segar tanaman cabai dengan kombinasi NK dari Titonia dan pupuk sintetik 50%+50% sedikit lebih baik daripada 25%+75%. Berdasarkan hasil yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa penggunaan Titonia dapat mengurangi NK pupuk sintetik sampai 50%, tanpa menurunkan hasil cabai, bahkan cenderung memberikan hasil cabai yang lebih tinggi (rerata 8,6 t ha^{-1}) daripada 100% pupuk sintetik (8,3 t ha^{-1}).

Pada Tabel 10 tampak bahwa hasil jahe juga lebih tinggi pada kombinasi NK Titonia dan pupuk sintetik 50%+50%. Cara pengelolaan pangkasan Titonia tidak berpengaruh nyata terhadap hasil rimpang karena Titonia mudah melapuk, tetapi yang tidak diinkubasikan dengan tanah sebelum tanam (A3) memberikan hasil yang sedikit lebih rendah. Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa inkubasi Titonia dengan tanah sebelum tanam menjadi sangat penting, baik Titonia segar maupun yang dikomposkan karena membutuhkan waktu dalam memperbaiki kesuburan tanah. Hasil jahe yang diperoleh (Tabel 10) jelas berkaitan erat dengan perbaikan kesuburan tanah yang telah dikemukakan (Tabel 8). Peningkatan pH penurunan Al, serta peningkatan kadar hara,

terutama N dan K telah memungkinkan pertumbuhan tanaman menjadi lebih baik, sehingga memberikan hasil yang tinggi. Hasil jahe yang diperoleh pada Ultisols di lapangan sudah cukup tinggi yaitu 10-12 t ha^{-1} sedangkan dengan 100% pupuk sintetik hanya 9,8 t ha^{-1}.

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari dua percobaan lapangan tersebut, dapat disimpulkan bahwa kebutuhan N dan K pupuk sintetik untuk tanaman cabai dan jahe pada Ultisols dapat dikurangi hingga 50% dengan pemanfaatan Titonia sebagai pupuk alternatif, dengan hasil sedikit lebih tinggi daripada 100% NK pupuk sintetik.

Perbaikan kesuburan tanah untuk tanaman jagung secara berkelanjutan

Guna mempelajari manfaat Titonia dalam memperbaiki kesuburan tanah dan meningkatkan hasil tanaman secara berkelanjutan, Hakim dan Agustian (2005) mempelajari efek sisa Titonia dan tambahan Titonia serta pupuk sintetik terhadap peningkatan kesuburan tanah dan hasil jagung (Tabel 11 dan 12).

Tabel 11. Ciri kimia tanah masam (Ultisols) yang dipengaruhi efek sisa Titonia dan tambahan Titonia, yang digunakan untuk penanaman jagung pada musim kedua (Hakim dan Agustian, 2005)

Musim Tanam I (cabai)		Musim Tanam II Tambahan Titonia (tt) dan pupuk sintetik (ps) untuk jagung	pH H_2O	Al-dd cmol kg^{-1}	N (%)	K cmol kg^{-1}
Tanah awal sebelum perlakuan MT I			5,01	1,2	0,21	0,34
A1	B1	A + 0 NK	5,31	tu	0,10	0,57
	B2	B + 0 NK	5,46	tu	0,10	0,62
A2	B1	C + 50% NKtt + 50% NKps	5,52	tu	0,25	0,92
	B2	D + 25% NKtt + 75% NKps	5,31	tu	0,20	0,82
A3	B1	E + 50% NKtt	5,57	tu	0,15	0,95
	B2	F + 25% NKtt	5,49	tu	0,17	0,79
A4	B1	G + 50% NKps	5,26	tu	0,10	0,40
	B2	H + 75% NKps	5,57	tu	0,10	0,61
		I (100% NK ps				

Hakim dan Agustian (2005) menjelaskan bahwa perlakuan B1 pada musim tanam I mendapat 25% NK Titonia + 75% NK pupuk sintetik (12 t Titonia segar ha^{-1}), sedangkan B2 mendapat 50% NK Titonia + 50% NK pupuk sintetik (24 t Titonia segar ha^{-1}). Sebelum musim tanam ke dua, perlakuan A, B, G, dan H tidak ditambah Titonia, sedangkan C, D, E dan F ditambah Titonia segar berturut-turut 24, 12, 24, dan 12 t ha^{-1}. Apabila pemberian Titonia untuk musim tanam pertama dijumlahkan dengan musim tanam ke dua, maka perlakuan C, D, E, dan F tersebut sudah mendapat jumlah yang sama yaitu 36 t Titonia segar ha^{-1} atau setara dengan 6 t Titonia kering ha^{-1}.

Pada Tabel 11 tampak bahwa perlakuan A dan B yang tidak mendapat tambahan Titonia pada musim tanam II tersebut masih mempunyai ciri kimia yang lebih baik (pH, N, dan K masih lebih tinggi) bila dibandingkan dengan ciri kimia tanah awal, sedangkan Al masih tidak terukur rendahnya. Hal itu menunjukkan bahwa efek sisa Titonia, kapur dan pupuk sintetik pada musim tanam I masih ada untuk musim tanam II. Tambahan Titonia jelas meningkatkan N dan K tanah. Perbaikan kesuburan tanah tersebut telah diikuti oleh hasil jagung yang lebih baik (Tabel 12).

Tabel 12. Bobot pipilan kering dan bobot 100 biji jagung yang dipengaruhi sisa Titonia dan pupuk serta berbagai tambahannya pada Ultisols Limau Manis Padang (Hakim dan Agustian, 2005)

Musim Tanam I (cabai)		Musim Tanam II (jagung)	Biji kering jagung (t ha^{-1})	Bobot 100 biji (g)
A1	B1	A + 0 NK	1,49 [b]	8,66 [a]
	B2	B + 0 NK	1,79 [b]	8,58 [a]
A2	B1	C +50% NKtt+50% NK ps	2,90 [a]	12,34 [a]
	B2	D + 25% NKtt+75% NKps	3,56 [a]	12,29 [a]
A3	B1	E + 50% NKtt	2,06 [b]	10,18 [a]
	B2	F + 25% NKtt	2,14 [b]	10,49 [a]
A4	B1	G + 50% NKps	3,37 [a]	11,01 [a]
	B2	H + 75% NKps	3,24 [a]	12,06 [a]
		I = 100% NK ps	3,05 [a]	10,83 [a]

Keterangan Perlakuan musim tanam I
A1 = Titonia segar (tidak dikomposkan) diinkubasi dengan tanah 4 minggu
A2 = dikomposkan 2 minggu dan diinkubasikan dengan tanah 2 minggu
A3 = dikomposkan 4 minggu, tetapi tidak diinkubasikan dengan tanah
A4 = dikomposkan 4 minggu, dan diinkubasikan dengan tanah 2 minggu
B1 = 25% NK dari Titonia(NKtt) + 75% NK dari pupuk sintetik (NKps)
B2 = 50% NK dari Titonia (NKtt) +50%NK dari pupuk sintetik (NKps)

Perlakuan A dan B tanpa tambahan NK baik dari Titonia maupun pupuk sintetik masih menghasilkan biji jagung sekitar 1,5 t ha^{-1}. Hal itu menunjukkan bahwa efeksisa titonia dan pupuk sebelumnya masih ada. Akan tetapi tambahan NK baik dari Titonia dan atau Pupuk sintetik mampu meningkatkan hasil jagung hingga mencapai sekitar 3 t ha^{-1}. Hal itu menunjukkan bahwa penambahan NK dari Titonia atau pupuk sintetik masih diperlukan. Namun demikian hasil jagung tersebut masih belum optimal, tetapi sudah lebih tinggi daripada rerata nasional yang hanya 2,5 t ha^{-1}. Oleh karena itu, pada musim tanam ke tiga (MT III) Hakim *et al.* (2006) memperlakukan lagi dengan penambahan NK dari Titonia dan pupuk sintetik, dengan hasil peningkatan kesuburan tanah seperti pada Tabel 13 dan hasil jagung pada (Tabel 14).

Tabel 13. Ciri kimia tanah (Ultisols) yang dipengaruhi efek sisa pupuk Titonia dan tambahan Titonia, yang digunakan untuk penanaman jagung pada musim ke tiga (Hakim *et al.* 2006)

Musim Tanam I (Cabai)		Musim Tanam II Tambahan Titonia (tt) dan pupuk sintetik (ps)	Musim Tanam III Tambahan Titonia	pH H_2O	Al-dd cmol kg^{-1}	N (%)	K cmol kg^{-1}
Tanah awal sebelum perlakuan MT I				5,01	tu	0,21	0,34
A1	B1	+ 0 NK	A+ 0 NKtt	5,79	tu	0,22	0,38
	B2	+ 0 NK	B+ 0 Nktt	5,64	tu	0,23	0,30
A2	B1	+50% NKtt+50%NKps	C+ 50% NKtt	6,02	tu	0,28	0,88
	B2	+ 25%NKtt+75%NKps	D+ 50% NKtt	5,57	tu	0,33	0,84
A3	B1	+ 50%NKtt	E+ 25% NKtt	5,94	tu	0,15	0,70
	B2	+ 25% NKtt	F+ 25% NKtt	6,13	tu	0,28	0,54
A4	B1	+ 50%NKps	G+ 50% NKtt	6,29	tu	0,18	1,03
	B2	+ 75%NKps	H+ 50% NKtt	6,93	tu	0,25	1,08
		I (100% NK p.s)	I(100%NKp.s)				

Tabel 14. Hasil tanaman jagung berupa bobot biji kering yang merupakan efek sisa serta tambahan Titonia dan pupuk sintetik pada musim tanam III pada Ultisols Limau Manis Padang (Hakim *et al.* 2006)

Musim Tanam I (cabai)		Musim Tanam II (jagung)	Musim Tanam III (jagung) Penambahan NK Titonia (NKtt) dan NK pupuk sintetik (NKps)		Biji kering jagung (t ha^{-1})	
			NKtt	NKps		
A1	B1	+ 0 NK	+ 0 NKtt	+ 0 NKps	A	2,070 b
	B2	+ 0 NK	+ 0 Nktt	+ 0 NK pb	B	1,935 b
A2	B1	+50% NKtt +50%NKps	+ 50%NKtt	+ 25%NK pb	C	4,191 a
	B2	+ 25%NKtt +75%NKps	+ 50%NKtt	+ 25%NKps	D	4,999 a
A3	B1	+ 50%NKtt	+ 25%NKtt	+ 75%NK pb	E	3,592 a
	B2	+ 25% NKtt	+ 25%NKtt	+ 75% NKps	F	4,602 a
A4	B1	+ 50%NKps	+ 50%NKtt	+ 50%NKps	G	3,481 a
	B2	+ 75%NKps	+ 50%NKtt	+ 50%NKps	H	4,091 a
		kontrol (100% NK	kontrol (100% NK ps)		I	3,863 a

Keterangan perlakuan musim tanam I
A1 = Titonia segar langsung diinkubasi dengan tanah 4 minggu
A2 = dikomposkan 2 minggu dan diinkubasikan dengan tanah 2 minggu
A3 = dikomposkan 4 minggu, tetapi tidak diinkubasikan dengan tanah
A4 = dikomposkan 4 minggu, dan diinkubasikan dengan tanah 2 minggu
B1 = 25% NK dari Titonia(NKtt) + 75% NK dari pupuk sintetik(NKps)
B2 = 50% NK dari Titonia (NKtt)+50%NK dari pupuk sintetik(NKps)
Sebelum MT III, semua perlakuan ditambah kapur ulang sebanyak 500 kg ha^{-1}

Pada Tabel 13 tampak bahwa setelah ditambah kapur sebelum musim tanam III sebanyak 500 kg ha^{-1}, semua perlakuan mengalami peningkatan pH yang cukup tinggi, bila dibandingkan dengan pH sebelum musim tanam I. Di sisi lain Al-dd masih tidak terukur pada semua perlakuan.

Peningkatan pH tersebut jelas akibat penambahan kapur sebanyak 2 t $CaCO_3$ ha^{-1} sebelum MT I dan 500 kg ha^{-1} sebelum MT III. Seperti telah dijelaskan para pakar (Kamprath, 1970; Hakim, 1982, 1985 dan 2006), bahwa tujuan utama pemberian kapur adalah untuk meningkatkan pH dan menurunkan Al-dd, serta meningkatkan Ca. Pada Tabel 13 terlihat bahwa pemberian kapur 500kg CaCO3 ha^{-1} menyebabkan pH tanah sebelum tanam III naik menjadi sekitar 5,5 sampai 6,1 dan Al-dd tidak terukur kecilnya. Kondisi pH dan Al-dd tersebut tampaknya telah memberikan hasil jagung yang tinggi. Menurut Hakim (1982) pertumbuhan tanaman jagung sudah cukup baik apabila pH sudah 5,5 dan Al-dd sudah sangat rendah apalagi tidak terukur.

Khusus untuk perlakuan A dan B yang tidak mendapat tambahan Titonia sebelum musim tanam II dan III mempunyai kadar N, K, dan Mg yang sudah hampir sama dengan contoh tanah awal, atau sebelum diberi perlakuan musim tanam I. Hal itu menunjukkan bahwa N, K, dan Mg tidak akan mampu lagi mendukung pertumbuhan tanaman yang lebih baik. Akan tetapi, kadar P cukup tinggi. Hal itu menunjukkan bahwa pupuk P yang diberikan musim tanam pertama yang lalu masih meninggalkan efek sisa.

Perlakuan yang mendapat tambahan Titonia 12 t ha^{-1} (E dan F) atau 24 t ha^{-1} (C,D, G, dan H) menunjukkan peningkatan N total dan K-dd bila dibandingkan dengan perlakuan A dan B yang tidak mendapat tambahan Titonia. Berarti peningkatan N dan K tersebut berasal dari Titonia yang ditambahkan. Peningkatan kadar N dan K akibat penambahan Titonia dalam percobaan ini sudah sejalan dengan hasil-hasil penelitian sebelumnya (Hakim *et al*, 2003; Gusmini *et al.* 2003; Rita Hayati *et al.* 2003; Hakim dan Agustian, 2003, 2004, dan 2005). Perbaikan ciri kimia tanah tersebut tampaknya mampu memberikan hasil jagung yang cukup bagus pada musim tanam III ini seperti pada Tabel 14.

Efek sisa pemberian Titonia dan pupuk sebagai sumber NK sebelum musim tanam I dan pupuk dasar TSP dan Kiserit pada musim tanam II, ternyata masih dapat memberikan hasil tanaman jagung pada musim tanam III (perlakuan A dan B), tetapi memang sangat rendah. Pada Tabel 13 terlihat bahwa pH > 5,5 dan Al-dd tidak terukur, tampaknya cukup mendorong pertumbuhan tanaman, sehingga mampu memberikan hasil jagung sekitar 2 t ha^{-1} (Tabel 14).

Tabel 14 menunjukkan bahwa hasil tanaman jagung meningkat cukup tinggi dengan penambahan Titonia sebagai sumber NK 25-50% yang dikombinasikan dengan NK pupuk sintetik 25-75%. Perlakuan yang sama memberikan hasil yang berbeda meskipun tidak nyata, seperti C dan D, E serta F, G dan H. Hasil tertinggi (4,999 t ha^{-1}) diperoleh pada perlakuan penambahan NK dari Titonia sebanyak 50% yang dikombinasikan dengan NK pupuk sintetik sebanyak 25% (D). Hasil ini lebih tinggi sebanyak 0, 808 t ha^{-1} (19%) bila dibandingkan dengan perlakuan yang sama (C), dan sebanyak 2,999 t ha^{-1} (150%) lebih tinggi bila dibandingkan dengan perlakuan A dan B

(tanpa tambahan pupuk apapun) yang hanya 2 t ha^{-1}. Bila dibandingkan dengan penambahan NK 100% dari pupuk sintetik (kontrol) hasil tertinggi tersebut juga lebih tinggi sebanyak 1,136 t ha^{-1} (29%). Hal itu dapat disebabkan oleh perlakuan D mendapat Titonia yang lebih besar (24 t ha^{-1}) pada musim tanam I dan NK pupuk sintetik yang lebih besar pula pada musim tanam II bila dibandingkan dengan perlakuan C. Pada musim tanam II, perlakuan D juga memberikan hasil jagung tertinggi (Tabel 12).

Secara umum dapat dinyatakan bahwa, perlakuan yang mendapat Titonia lebih besar (24 t.ha) untuk mengurangi 50% kebutuhan NK pupuk sintetik pada musim tanam I memberikan hasil jagung yang sedikit lebih tinggi pada musim tanam III ini. Penambahan NK dari Titonia 25-50% yang dikombinasikan dengan NK pupuk sintetik 50-75% dapat menaikan hasil jagung sekitar 74-150% jika dibandingkan dengan perlakuan tanpa *input* (A dan B) pada musim tanam III.

Hasil penelitian musim tanam III ini dapat memperkuat temuan peneliti sebelumnya, bahwa pemanfaatan Titonia dapat menggantikan kebutuhan NK pupuk sintetik 25-50%, baik untuk tanaman cabai, maupun untuk tanaman jagung. Penggunaan Titonia dapat memberikan efek sisa pada musim berikut, tetapi untuk memperoleh hasil yang tinggi tambahan Titonia masih diperlukan setiap musim tanam. Hasil jagung 3,5 – 4,9 t ha^{-1} dapat dinyatakan sudah cukup tinggi pada Ultisols. Pada Ultisols yang sama Hakim dan Agustian (2005) dengan *input* NK 50% dari Titonia dan 50% dari pupuk sintetik memperoleh hasil jagung tertinggi sebanyak 3,8t ha^{-1}. Hakim (2006) melaporkan bahwa hasil jagung pada Ultisols di Sitiung Sumatera Barat dengan pengapuran juga sekitar 4 t ha^{-1}.

Suatu hal yang cukup menarik di sini adalah, bahwa pemberian Titonia untuk menyediakan 50% NK bagi tanaman jagung, ternyata untuk memperoleh hasil jagung yang tinggi, cukup diberikan 25% NK dari pupuk sintetik. Dengan pernyataan lain, integrasi pupuk organik (dari Titonia) dan pupuk sintetik, lama kelamaan akan terus mengurangi penggunaan pupuk sintetik. Kenyataan tersebut sangat menjanjikan suatu sistem pertanian berkelanjutan pada Ultisols yang semula tidak subur (tanah marginal) dapat diubah menjadi lebih produktif. Dengan demikian jelaslah bahwa budidaya Titonia sebagai sumber bahan organik dan unsur hara terutama N dan K insitu sangat layak direkomendasikan untuk mengurangi penggunaan pupuk sintetik. Apalagi Titonia sebagai pagar lorong dapat mengurangi tanah tererosi sekitar 85% (Hakim dan Agustian (2005).

Berhubung karena Titonia harus dipangkas setiap 2 bulan, dan ada masa pemangkasan yang jatuh ketika tanaman pokok belum memerlukan, maka Titonia dapat dibuat kompos, sehingga pupuk organik tersedia untuk musim tanam berikutnya. Hakim *et al*. (2007) telah membuat kompos Titonia dengan berbagai agen hayati untuk memperbaiki kesuburan tanah bagi tanaman jagung. Pengaruh kompos Titonia terhadap perbaikan kesuburan tanah disajikan pada (Tabel 15).

Tabel 15. Ciri kimia tanah Ultisols Limau Manis Padang setelah 2 minggu diinkubasi dengan beberapa macam kompos Titonia (Hakim *et al.* 2007)

Kode dan perlakuan kompos Titonia (Tt)	pH H_20	C %	N %	P ppm	K … cmol kg^{-1} …	Al-dd
Sebelum diberi perlakuan	5,35	0,99	0,15	38	0,25	tu
A Tt+orgadec	5,68	2,63	0,40	81	0,33	tu
B Tt+EM4	5,71	2,22	0,25	46	0,33	tu
C Tt+Stardec	5,77	1,96	0,47	92	0,31	tu
D Tt+orgadec+kapur+NK1	6,10	1,16	0,20	78	0,44	tu
E Tt+orgadec+kapur+NK2	6,03	1,47	0,40	115	0,31	tu
F Tt+EM4+kapur+NK1	6,05	1,41	0,23	151	0,37	tu
G Tt+EM4+kapur+NK2	6,02	2,10	0,20	150	0,33	tu
H Tt+Stardec+kapur+NK1	6,15	1,31	0,25	159	0,34	tu
I Tt+Stardec+kapur+NK2	6,10	1,47	0,24	267	0,38	tu
J Titonia saja	5,94	1,94	0,25	123	0,33	tu
K segar 4MST	5,77	2,20	0,24	112	0,34	tu
L 100% NK pupuk sintetik	5,63	0,84	0,15	35	0,25	tu
Rerata akibat kompos Titonia	5,91	1,73	0,27	109	0,34	tu

Pada Tabel 15 tampak bahwa tanah sebelum diberi perlakuan beragam kompos Titonia mempunyai ciri kemasaman tanah dengan nilai pH sekitar 5,35, sedangkan Al-dd tidak lagi terukur rendahnya. Hal itu disebabkan oleh pemberian kapur dan Titonia sejak 3 musim tanam yang lalu. Dengan demikian, dapat dinyatakan bahwa kemasaman tanah tersebut tidak akan mengganggu pertumbuhan tanaman jagung karena menurut Kamprath (1970) tanaman jagung toleran terhadap kejenuhan Al sampai 40%.

Manfaat beragam kompos Titonia terhadap perbaikan ciri kimia tanah pada Tabel 15 dapat dilihat berupa peningkatan pH, serta kadar N dan K tanah yang menjadi ciri utama perbaikan kesuburan tanah yang menjadi fokus kajian. Kadar N meningkat dari rerata 0,15% menjadi 0,20 – 0,47% (rerata 0,27%). Dengan demikian, pemberian kompos telah meningkatkan kadar N tanah sekitar 0,12%, sehingga kriteria kadar N tanah berubah dari rendah menjadi sedang. Kadar K-dd meningkat dari rata-rata 0,25 me $100g^{-1}$ menjadi 0,34 cmol kg^{-1} atau meningkat sekitar 0,1 cmol kg^{-1}.

Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian terdahulu, seperti dilaporkan Hakim *et al.* (2003), Gusmini *et al.* (2003), Novalina *et al.* (2003) serta Hakim dan Agustian (2003, 2004, dan 2005) bahwa pemberian Titonia ke dalam tanah dapat meningkatkan kadar hara N dan K tanah yang cukup tinggi. Peningkatan kadar N dan K tersebut jelas disebabkan oleh sumbangan N dan K yang terbawa bersama Titonia. Khusus untuk perlakuan D, E, F, G, H, dan I juga akibat penambahan pupuk N dan K dalam pembuatan kompos Titonia.

Peningkatan C-organik sebagai indikator meningkatnya bahan organik tanah juga cukup tinggi (bandingkan dengan sebelum diberi kompos). Setelah pemberian kompos

Titonia kadar C meningkat dari rata-rata 0,99 menjadi 1,73. Kadar C tersebut setara dengan sekitar 3% bahan organik tanah. Seperti diketahui, bahan organik sangat penting dalam menentukan kesuburan tanah, apalagi tanah Ultisols yang miskin bahan organik. Keberadaan bahan organik akan memberikan efek ganda bagi kesuburan tanah. Bahan organik dapat meningkatkan daya simpan air, memantapkan agregat, meningkatkan KTK, dan merupakan sumber energi bagi perkembangan jasad hidup di dalam tanah. Di samping itu, pelapukan bahan organik akan menghasilkan asam-asam organik yang dapat membantu pelarutan unsur hara di dalam tanah, terutama unsur P.

Di samping meningkatkan kandungan bahan organik unsur hara N dan K, penambahan kompos Titonia juga meningkatkan kadar P tanah yang cukup tinggi, yaitu dari rata-rata 38 ppm menjadi 109 ppm (Tabel 15) dibandingkan dengan sebelum diberi perlakuan kompos Titonia. Peningkatan kadar P tersebut dapat disebabkan oleh P yang terbawa bersama kompos Titonia karena kadar P Titonia cukup tinggi (0,8%). Supriyadi (2003) melaporkan bahwa Titonia dapat digunakan sebagai sumber P untuk tanaman jagung pada Andisol. Khusus untuk perlakuan D, E, F, G, H dan I peningkatan P tanah juga akibat penambahan pupuk P dalam pembuatan kompos Titonia. Peningkatan kadar P tanah pada perlakuan tersebut sangat menonjol, bila dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Di samping itu juga dapat akibat pelarutan P tanah oleh berbagai asam organik yang dihasilkan dari pelapukan Titonia. Pelapukan Titonia menghasilkan asam organik seperti dari kelompok asam karboksilat. Peningkatan kelarutan P tanah sawah dengan penambahan Titonia, bahkan dapat mengurangi penambahan pupuk P pada sawah intensifikasi.

Dengan demikian jelaslah bahwa kompos Titonia sebagai pupuk alternatif dapat meningkatkan kesuburan tanah. Peningkatan kesuburan tanah tersebut telah dapat menyokong pertumbuhan tanaman yang bagus, sehingga diperoleh hasil yang tinggi (Tabel 16).

Pada Tabel 16 tampak bahwa semua kompos Titonia yang diberi agen hayati orgadec, EM4, dan Stardec, dicampur atau tidak dicampur dengan kapur dan pupuk sintetik saat pembuatannya memberikan hasil pipilan jagung yang tidak berbeda nyata atau sama tingginya (sekitar 5 t ha^{-1}).

Meskipun ketiga perlakuan kompos yang diberi agen hayati orgadec, EM4, dan Stardec (A, B, C) tidak berbeda nyata, tetapi hasil jagung pada perlakuan kompos yang diberi agen hayati Stardec lebih tinggi sebanyak 0,5 t ha^{-1}. Bila dibandingkan dengan yang diberi agen hayati EM4 dan 0,35 t ha^{-1} lebih tinggi bila dibandingkan dengan yang diberi Orgadec. Oleh karena itu bila hendak menggunakan agen hayati dalam pengomposan Titonia untuk tanaman jagung maka penggunaan Stardec akan lebih tepat.

Tabel 16. Bobot kering biji dan 100 biji jagung yang dipengaruhi berbagai macam kompos Titonia pada Ultisols Limau Manis Padang (Hakim *et al.* 2007)

	Perlakuan untuk kompos Titonia (Tt)	Bobot biji (t ha^{-1}) 80% lahan	Bobot biji (t ha^{-1}) Jika 100% lahan	Bobot 100 biji (g)
A	Tt+orgadec	4,995 a	6,244	22,03 a
B	Tt+EM4	4,795 a	5,994	25,03 a
C	Tt+Stardec	5,345 a	6,681	23,91 a
D	Tt+orgadec+kapur+NK1	4,607 a	5,759	22,76 a
E	Tt+orgadec+kapur+NK2	5,112 a	6,390	26,18 a
F	Tt+EM4+kapur+NK1	4,762 a	5,953	26,92 a
G	Tt+EM4+kapur+NK2	5,654 a	7,068	24,04 a
H	Tt+Stardec+kapur+NK1	5,112 a	6,390	24,58 a
I	Tt+Stardec+kapur+NK2	4,568 a	5,710	22,92 a
J	Titonia	5,251 a	6.564	25,60 a
K	Titonia segar dibenam 4 MST	4,968 a	6,210	23,64 a
L	100% pupuk sintetik	5,129 a	6,411	22,58 a
O	Tanpa masukan	0,578 b	0,723	17,95 b

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut BNJ 5%.
Untuk perlakuan A,B,C,J,dan K, sesaat sebelum tanam diberi 50% NK pupuk sintetik dan perlakuan L 100% NK pupuk sintetik. Kecuali O, semua perlakuan diberi 500 kg kapur, 250 kg SP36, dan 100 kg Kiserit ha^{-1}. NK1 = 75% NK pupuk sintetik; NK2=50% NK pupuk sintetik
Hasil dihitung untuk 80% lahan karena 20% untuk buidaya Titonia, untuk melihat produktivitas dijadikan 100%

Tujuan pemberian kompos adalah untuk mengurangi penggunaan N dan K pupuk sintetik tanpa menurunkan produksi. Pada Tabel 16 tampak bahwa perlakuan yang mendapat 100% pupuk sintetik (L) memberikan hasil sebanyak 5,129 t ha^{-1}. Oleh karena itu, perlakuan kompos yang akan dipilih adalah yang memberikan hasil yang sama atau lebih besar dari 5,1 t ha^{-1} dan dapat mengurangi pupuk sintetik hingga 50%. Berdasarkan kriteria tersebut, maka kompos yang mungkin dipilih adalah C (kompos Titonia +Stardec, dan 50% NK pupuk sintetik ditambahkan saat tanam), H (kompos Titonia + Stardec + kapur + NK1), dan J (kompos Titonia saja, dan 50% NK pupuk sintetik ditambahkan saat tanam). Dari ketiga macam kompos tersebut, tampaknya kompos C (Titonia + Stardec) lebih tepat karena hasilnya lebih tinggi (5,345 t ha^{-1}). Meskipun hasil tertinggi (5,654 t ha^{-1}) diperoleh pada kompos Titonia + EM4 + kapur + NK2, tetapi NK2 tidaklah menjadi pilihan yang tepat karena memerlukan pupuk sintetik N dan K 75% dari kebutuhan tanaman jagung.

Berdasarkan hasil jagung yang telah dikemukakan, maka dapat disimpulkan, bahwa agen hayati yang dikemas dengan nama Stardec lebih tepat digunakan, baik dicampur dengan kapur dan pupuk sintetik maupun diberikan terpisah.

Hasil pipilan jagung pada Tabel 16 adalah untuk 0,8 ha, karena 0,2 ha lahan untuk budidaya Titonia sebagai pagar lorong (2.000 m^2). Guna melihat produktivitas jagung, maka hasil tersebut dikonversi ke 100% lahan, sehingga terlihat bahwa hasil jagung sudah

cukup tinggi yang berkisar antara 5,7 sampai 7 t ha^{-1}. Produktivitas jagung yang mencapai 7 t ha^{-1} pada Ultisols dapat dinyatakan sangat memuaskan karena berdasarkan penelitian terdahulu hasil jagung pada Ultisols hanya berkisar antara 2-4 t ha^{-1}. Hasil jagung tersebut juga sudah lebih tinggi daripada hasil jagung pada Ultisols di Kenya yang mendapat 60kg N dari Titonia yang hanya 3,8 t ha^{-1} (Sanchez dan Jama, 2000), dan jauh lebih tinggi daripada hasil jagung rata-rata nasional yang hanya 2,3 t ha^{-1}. Pada Ultisols di Sitiung dengan *input* kapur, pupuk sintetik dan pupuk hijau, Hakim (1982) memperoleh hasil jagung hanya 1,5-4 t ha^{-1}. Hasil lain dengan pengapuran dan pupuk sintetik diperoleh hasil jagung sebanyak 1,9-4,3 t ha^{-1} pada Ultisols Sitiung.

Pada awal penanaman jagung adalah MT II sejak diperlakukan dengan Titonia hasil jagung hanya 2-3 t ha^{-1}. Setelah 3 MT diperbaiki dengan Titonia dan kapur, produktivitas jagung mampu mencapai 7 t ha^{-1}. Hasil jagung yang cukup tinggi 5,7-7 t ha^{-1} tersebut jelas berkaitan erat dengan ciri kimia tanah yang semakin membaik dan makin tinggi akibat pemberian Titonia segar 3 musim tanam yang lalu, dan pemberian kompos Titonia pada musim ke IV ini (Tabel 15). Seperti diketahui bahwa masalah utama pada tanah masam adalah kelarutan dan kejenuhan Al yang tinggi, sehingga mengganggu pertumbuhan tanaman pangan pada umumnya (Hakim, 2006). Hal itu tidak lagi menjadi masalah pada Ultisols tempat percobaan ini karena kelarutan Al sudah tidak terukur atau sangat rendah. Pada Tabel 15 terlihat bahwa kandungan hara N dan K yang menjadi fokus kajian juga sudah berubah dari rendah menjadi sedang, sehingga mampu memberikan pertumbuhan tanaman jagung yang sangat bagus, akhirnya memberikan hasil biji yang cukup tinggi.

Memperhatikan bobot 100 biji yang beragam dari 22 – 27 g, kecuali pada tanpa masukan, maka dapat diduga bahwa hasil jagung masih dapat ditingkatkan, karena kualitas jagung yang optimal mempunyai bobot 100 biji sekitar 30 g. Dengan peningkatan kesuburan tanah melalui penggunaan kompos Titonia secara terus menerus diharapkan hasil jagung masih dapat ditingkatkan.

Sangat rendahnya hasil jagung (0,5 t ha^{-1}) pada perlakuan tanpa masukan (Tabel 16) memberikan informasi bahwa tanah Ultisols yang demikian luas di Indonesia tidak akan memberikan hasil yang dinginkan jika tidak dikelola dengan baik. *Input* terpadu yang meliputi penggunaan kapur, pupuk sintetik serta pupuk hijau Titonia atau kompos Titonia untuk mengurangi 50% kebutuhan pupuk sintetik sangat diperlukan guna memperbaiki dan meningkatkan kesuburan tanah masam yang miskin guna memperoleh hasil yang tinggi. Bahan kompos Titonia dapat dihasilkan insitu di lahan usaha, sehingga mampu menjamin persediaan pupuk organik secara berkelanjutan. Hakim *et al*. (2009) melaporkan bahwa jerami jagung juga dapat digunakan untuk mencampur Titonia sebagai bahan kompos. Mereka juga melaporkan bahwa perbaikan dan peningkatan kesuburan tanah dengan Titonia dan kapur tersebut juga meningkatkan hasil kedelai dari musim ke musim. Hasil kedelai meningkat dari 0,8-1,0 t ha^{-1} pada MT III menjadi 1,0-1,4 t ha^{-1} pada MT IV.

Perbaikan kesuburan tanah sawah bukaan baru

Hakim *et al*. (2009, 2010, 2011) melaporkan bahwa Titonia yang diramu menjadi Pupuk Organik Titonia Plus (POTP) mampu mengendalikan keracunan besi pada sawah bukaan baru di Kabupaten Dharmasraya. Pemanfaatan POTP dengan masa inkubasi tersebut dapat menurunkan kelarutan besi dari 500 ppm menjadi 221 ppm dan meningkatkan hasil padi dari 1,9 menjadi 4 t ha^{-1}. Formula (komposisi) POTP yang lebih tepat dalam mengendalikan keracunan besi dan meningkatkan hasil padi, serta memberikan keuntungan lebih tinggi pada sawah bukaan baru adalah 10 t Titonia segar (2 t kering)+ 5 t jerami padi + 500 kg kapur + 50% pupuk sintetik untuk 1 ha lahan sawah. Penggunaan POTP tersebut mampu mengurangi aplikasi NK pupuk sintetik hingga 50% dengan hasil padi sedikit lebih tinggi daripada 100% NK pupuk sintetik.

PEMANFAATAN TITONIA UNTUK MEMULIHKAN KESUBURAN TANAH TERDEGRADASI

Pemanfaatan Titonia untuk pisang Abaca pada tanah terdegradasi

Tanaman Abaca (*Musa textilis*) merupakan salah satu spesies pisang (Musaceae) yang tidak menghasilkan buah untuk dikonsumsi. Oleh karena itu, Abaca disebut pisang jantan. Produksi utama dari Abaca adalah serat (*fibre*) yang terkenal dalam perdagangan internasional sebagai serat berkualitas tinggi. Serat Abaca kuat dan tahan air, maupun air bergaram, sehingga banyak digunakan untuk pembuatan kertas bermutu tinggi seperti untuk kertas uang, kertas cek, atau kertas berharga lainnya, kertas filter, serta kertas pembungkus kabel bawah laut dan tali kapal.

Sehubungan dengan hal itu, Eddiwal *et al*. (2003) memanfaatakan Titonia sebagai pupuk organik untuk memperbaiki kesuburan Ultisols yang telah tererosi cukup berat (terdegradasi) untuk budidaya pisang Abaca. Ternyata Abaca juga respon terhadap pemanfaatan Titonia pada Ultisols yang terdegradasi. Dalam hal ini Titonia diinteraksikan dengan cendawan mikoriza arbuskula (CMA). Pemanfaatan Titonia telah meningkatkan kesuburan tanah (Tabel 17).

Tabel 17. Pengaruh Titonia terhadap ciri kimia tanah Ultisols Limau Manis Padang yang telah tererosi untukbudidaya pisang Abaca (Eddiwal *et al.* 2003)

Titonia segar kg lubang^{-1}	pH H_2O	C-organik %	N-total %	P ppm	K cmol kg^{-1}
0,0	5,49	1,09	0,11	30	0,32
3,8	5,59	1,33	0,14	28	1,11
7,6	5,69	1,74	0,18	33	1,15
11,4	5,66	2,05	0,19	34	1,22
15,2	6,36	2,10	0,29	38	1,32

Dari Tabel 17 dapat dikemukakan bahwa sebelum diberi Titonia, tanah bereaksi masam, kadar bahan organik dan unsur hara tergolong rendah. Dengan pemanfaatan Titonia sebanyak 3,8-15,2 kg lubang tanam^{-1} nilai pH dan kadar hara tanah telah dapat ditingkatkan. Eddiwal *et al.* (2003) menjelaskan bahwa takaran Titonia tersebut dimaksudkan untuk mengurangi penggunaan N dan K pupuk sintetik berturut-turut sebanyak 25, 50, 75, dan 100%. Peningkatan N dan K tampak cukup tinggi dengan peningkatan takaran Titonia segar. Kadar N meningkat sebesar 0,04-0,18%, dan K-dd meningkat sebesar 0,79-1.0 cmol kg^{-1}. Di samping itu, peningkatan C-organik cukup tinggi yaitu 0,24-1,01%. Kandungan C-organik 2,1% sama dengan 3,6% bahan organik. Perbaikan kesuburan tanah tersebut telah dapat meningkatkan bobot segar dan bobot kering serat Abaca (Tabel 18).

Tabel 18. Pengaruh Titonia dan CMA terhadap bobot segar bagian atas dan bobot kering serat Abaca pada Ultisols Limau Manis Padang (Eddiwal *et al.* 2003)

NK dari Titonia	NK Pupuk sintetik	Bobot segar bagian atas (kg rumpun^{-1})		Bobot serat kering (g batang^{-1})	
		Tanpa CMA	Dengan CMA	Tanpa CMA	Dengan CMA
0%	100%	1,52 c	2,13 c	8,56 c	11,40 c
25%	75%	2,12 c	2,62 c	10,80 c	12,76 c
50%	50%	4,35 b	5,00 b	14,13 b	15,25 b
75%	25%	8,30 a	8,68 a	19,80 a	25,42 a
100%	0%	4,23 b	5,00 b	15,97 b	17,19 b

Catatan: Angka pada kolom yang sama diikuti oleh huruf kecil berbeda, adalah berbeda nyata menurut BNJ 5%

Eddiwal *et al.* (2003) melaporkan bahwa pengaruh utama CMA tidak nyata terhadap peningkatan bobot segar bagian atas dan peningkatan bobot serat kering Abaca. Akan tetapi, hasil Abaca yang diberi CMA sedikit lebih tinggi daripada tanpa CMA. Tampaknya peran CMA dalam meningkatkan serapan hara tidak begitu besar pada tanah yang diberi bahan organik Titonia. Sebaliknya, pengaruh peningkatan takaran Titonia, atau substitusi NK pupuk sintetik dengan NK Titonia mulai dari 25% sampai 75% meningkatkan serapan hara, bobot segar bagian atas dan hasil serat kering Abaca secara nyata, baik diberi CMA maupun tidak.

Berdasarkan hasil penelitian Eddiwal *et al.* (2003) dapat dinyatakan bahwa pemanfaatan Titonia sampai 75% kebutuhan NK tanaman mampu mendorong pertumbuhan Abaca, sehingga mampu meningkatkan hasil serat kering Abaca. Dengan membudidayakan dan memanfaatkan Titonia sebagai pupuk organik, peluang untuk mengusahakan Abaca sebagai tanaman perkebunan cukup tinggi pada Ultisols yang telah terdegradasi.

Pemanfaatan kompos Titonia untuk sawit TBM pada tanah terdegradasi

Berdasarkan hasil percobaan pemanfaatan Titonia untuk pembibitan sawit pada tanah masam yang miskin, Hakim *et al*. (2009) melanjutkan pemanfaatan kompos Titonia untuk sawit muda atau tanaman belum menghasilkan (TBM) di lapangan pada Ultisols Limau Manis Padang yang telah terdegradasi. Takaran kompos hanya untuk 25 dan 50% NK yang dibutuhkan sawit TBM, dan dikombinasikan dengan kapur.

Perlakuan tersebut adalah tanpa kompos Titonia+100 pupuk sintetik; 25% NK dari kompos Titonia + 75% NK dari pupuk sintetik dan 50% NK dari kompos Titonia + 50% NK dari pupuk sintetik yang diinteraksikan dengan kapur dan tanpa kapur. Pertumbuhan tanaman sawit muda di lapangan yang dipengaruhi oleh perlakuan tersebut ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pertumbuhan sawit muda yang dipengaruhi oleh kompos Titonia dan pupuk sintetik pada Ultisols Limau Manis Padang yang terdegradasi (Foto Hakim *et al*. 2009)

Keterangan : A0 = tanpa kapur A1 = diberi kapur
B0 = tanpa kompos+100% pupuk sintetik
B25 = 25%NK kompos Titonia +75% NK pupuk sintetik
B50 = 50%NK kompos Titonia +50% NK pupuk sintetik

Gambar 4 menunjukkan bahwa pertumbuhan tanaman sawit yang mendapat kompos Titonia untuk menyediakan 25 - 50% NK yang dibutuhkan, lebih baik daripada 100% NK pupuk sintetik. Secara kuantitatif pertumbuhan tanaman sawit tersebut diukur dalam bentuk tinggi tanaman disajikan pada Tabel 19, serta jumlah dan panjang daun pada Tabel 20.

Pada Tabel 19 dapat dilihat bahwa pengaruh utama kapur tidak nyata terhadap tinggi tanaman sawit, sedangkan sumber NK memberikan pengaruh utama yang nyata. Penggunaan kompos Titonia guna mengurangi 25% NK pupuk sintetik dapat meningkatkan tinggi tanaman sebanyak 30cm, dan sebanyak 63cm pada penggunaan kompos Titonia untuk mengurangi 50% NK pupuk sintetik.

Tabel 19. Tinggi tanaman sawit umur 7 bulan di lapangan yang dipengaruhi oleh kapur, kompos Titonia dan pupuk sintetik pada Ultisols (Hakim, 2009)

Perlakuan sumber NK			Perlakuan kapur		Pengaruh Utama sumber NK
Kode	% NK dari kompos Titonia	% NK dari pupuk sintetik	A0 =tanpa kapur	A1= kapur 1xAl-dd	
			……. Tinggi tanaman (cm)……..		
B0	0	100	95 c	103 c	99 c
B25	25	75	132 b	126 b	129 b
B50	50	50	161 a	163 a	162 a
Pengaruh utama kapur			129,3 A	130,7 A	

Catatan : Angka dalam kolom yang sama yang diikuti oleh huruf kecil berbeda, adalah berbeda nyata menurut BNJ 5% , dan angka dalam baris yang sama diikuti huruf besar sama adalah tidak berbeda nyata menurut BNJ 5%

Tabel 20. Jumlah dan panjang daun tanaman sawit umur 7 bulan di lapangan yang dipengaruhi oleh kapur, kompos Titonia, dan pupuk sintetik pada Ultisols (Hakim *et al.* 2009)

Perlakuan sumber NK			Perlakuan kapur		Peng Utama sumber NK
Kode	% NK dari kompos Titonia	% NK dari pupuk sintetik	A0 =tanpa kapur	A1=kapur 1xAl-dd	
			Jumlah daun (pelepah daun)		
B0	0	100	13,9 a	14,0 a	14,0 a
B25	25	75	14,6 a	16,6 a	15,6 a
B50	50	50	15,7 a	17,6 a	15,7 a
Pengaruh utama kapur			14,7 A	16,1 A	
			Panjang daun (cm)		
B0	0	100	80 b	79 c	80 b
B25	25	75	82 b	104 b	93 b
B50	50	50	131 a	133 a	132 a
Pengaruh utama kapur			97,7 A	105,3 A	

Catatan : Angka dalam kolom yang sama yang diikuti oleh huruf kecil berbeda, adalah berbeda nyata menurut BNJ 5%, dan angka dalam baris yang sama diikuti huruf besar sama adalah tidak berbeda nyata menurut BNJ 5%

Pada Tabel 20, terlihat bahwa pengaruh utama kapur dan pengaruh utama sumber NK tidak nyata terhadap jumlah daun sawit, tetapi sumber NK berpengaruh nyata terhadap panjang daun sawit. Pengaruh utama kapur yang tidak nyata terhadap tinggi tanaman, jumlah dan panjang daun, menunjukkan bahwa tanaman sawit toleran terhadap tanah masam.

Peningkatan tinggi tanaman, jumlah dan panjang daun sawit akibat peningkatan takaran kompos Titonia guna mengurangi NK pupuk sintetik dari 25 sampai 50 % dapat disebabkan oleh peran bahan organik yang sangat besar dalam memperbaiki tanah masam Ultisols yang miskin dan telah terdegradasi. Dalam hal ini kompos Titonia tidak hanya menyumbangkan unsur N dan K, tetapi juga menambah unsur hara lainnya, seperti P, Ca, Mg, S dan berbagai unsur mikro yang dibutuhkan tanaman. Menurut Jama *et al*. (2000) gulma Titonia mengandung unsur hara yang tinggi, yaitu 3,5 – 4%N; 0,35 – 0,38% P; 3,5 – 4,1%K; 0,59% Ca; dan 0,27% Mg. Hakim (2002) yang mengoleksi Titonia dari berbagai daerah di Sumatera Barat menemukan kadar hara yang tinggi dalam Titonia yaitu 3,16% N; 0,38% P; dan 3,45% K. Dengan demikian jelaslah bahwa penambahan kompos Titonia juga menambah hara lainnya seperti P, Ca dan Mg, di samping hara N dan K, sehingga meningkatkan pertumbuhan tanaman pada Ultisols yang terdegradasi.

Dari hasil analisis asam-asam organik terhadap Titonia, Gusnidar (2007) telah menemukan pembebasan asam galat, malat, sitrat, dan tartarat dari Titonia yang diinkubasi dengan tanah. Berdasarkan hal itu, penambahan kompos Titonia yang membebaskan berbagai asam organik tersebut, juga ikut meningkatkan kelarutan berbagai unsur hara dalam tanah, sehingga menjadi lebih tersedia bagi tanaman. Akhirnya memberikan pertumbuhan sawit yang lebih baik.

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat dinyatakan bahwa pemanfaatan kompos Titonia dapat mengurangi kebutuhan NK pupuk sintetik 25 – 50%, dan memberikan pertumbuhan sawit yang jauh lebih baik daripada 100% pupuk sintetik. Apabila Titonia didatangkan dari luar lahan perkebunan atau dari tempat lain, maka akan timbul masalah biaya transportasi. Oleh karena itu, Titonia harus dibudidayakan di kebun sawit itu sendiri. Hasil penelitian Hakim *et al*. (2009) menunjukkan bahwa Titonia bisa dibudidayakan di antara baris tanaman sawit dan untuk memperoleh hasil bahan organik yang lebih tinggi sebaiknya rizosfir Titonia direinokulasi dengan CMA, atau CMA+JPF, atau CMA+BPF.

Pemanfaatan Titonia untuk mengendalikan erosi

Hakim dan Agustian (2005) melaporkan bahwa hasil analisis statistik terhadap jumlah tanah tererosi pada Tabel 21 menunjukkan bahwa Titonia sebagai pagar lorong dapat mengurangi tanah tererosi secara nyata sebesar 9,42 $t.ha^{-1}$ (85%) bila dibandingkan

dengan perlakuan tanpa pagar lorong pada usaha tani jagung, dan sebanyak 12,58 t ha^{-1} (89%) pada usaha tani ubi jalar. Di lain pihak, perbedaan kombinasi sumber NK dari Titonia dan pupuk sintetik 25% + 75% dan 50% + 50% serta perbedaan tanaman yang diusahakan jagung dan ubi jalar tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah tanah tererosi.

Selanjutnya, dari Tabel 21 dapat pula dihitung bahwa Titonia sebagai pagar lorong dapat mengurangi jumlah aliran permukaan secara nyata sebesar 275,168 m^3 ha^{-1} (45%) bila dibandingkan dengan perlakuan tanpa pagar lorong pada usaha tani jagung, dan sebanyak 262,139 m^3 ha^{-1} (47%) pada usaha tani ubi jalar. Seperti halnya tanah tererosi, perbedaan kombinasi sumber NK dari Titonia dan pupuk sintetik 25% + 75% dan 50% + 50% serta perbedaan tanaman yang diusahakan jagung dan ubi jalar tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah aliran permukaan. Besarnya kemampuan Titonia sebagai pagar lorong dalam mengurangi jumlah tanah tererosi dan aliran permukaan disebabkan oleh kanopi yang lebar dan daun yang sangat rimbun. Titonia yang ditanam dengan jarak tanam 50 cm x 50 cm pada lebar baris tanam 100 cm betul-betul membentuk pagar yang kuat dalam menahan erosi.

Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa budidaya Titonia sebagai pagar lorong yang disarankan terdahulu menjadi sangat tepat dengan dukungan data tentang erosi dan aliran permukaan pada percobaan V ini. Unsur hara bersama aliran permukaan dan tanah tererosi akan ditahan oleh barisan pagar Titonia, sehingga memungkinkan Titonia tumbuh subur dan akhirnya menghasilkan bahan organik dan unsur hara yang dapat dijadikan pupuk untuk tanaman yang diusahakan di dalam lorong.

Tabel 21. Pengaruh Titonia sebagai pagar lorong dan sumber NK dalam usahatani jagung dan ubi jalar terhadap tanah tererosi dan aliran permukaan selama 4 bulan (Mei – Agustus 2005) pada Ultisols Limau Manis, Padang

Sumber NK	Tanaman pokok Jagung		Tanaman pokok Ubi jalar		Curah hujan	
Titonia+pupuk sintetik	Tanpa pagar lorong	Pagar lorong Titonia	Tanpa pagar lorong	Pagar lorong Titonia	bulan	c. hujan (mm)
(%)	Jumlah tanah tererosi (t ha^{-1})					
25 + 75	12,410^{Aa}	1,480 ^{Ba}	12,490 ^{Aa}	1,824 ^{Ba}	Mei	348
50 + 50	9,682 ^{Aa}	1,776 ^{Ba}	15,774 ^{Aa}	1,273 ^{Ba}	Juni	206
Pengaruh Utama pagar lorong	11,046^{A}	1,628^{B}	14,132^{A}	1,549^{B}	Juli	276
	Jumlah aliran permukaan (m^3 ha^{-1})				Agustus	510
25 + 75	597,175 ^{Aa}	334,540 ^{Ba}	571,469 ^{Aa}	298,606 ^{Ba}		
50 + 50	613,755 ^{Aa}	326,054 ^{Ba}	545,057 ^{Aa}	293,641 ^{Ba}	Jumlah	1340
Pengaruh Utama pagar lorong	605,465^{A}	330,297^{B}	558,263^{A}	296.124^{B}		

Catatan: Angka dengan superskrip huruf kecil berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata pada taraf BNT 5%, angka dengan superskropt huruf besar berbeda pada baris yang sama berbeda nyata pada taraf BNT

PEMBAHASAN UMUM

Penurunan Al-dd akibat pemanfaatan Titonia menunjukkan bahwa hasil pelapukan Titonia telah menghasilkan asam-asam organik yang mampu mengkhelat ion Al yang larut menjadi tidak larut. Selanjutnya penurunan kelarutan Al telah mengurangi reaksi hidrolisis Al yang biasanya menyumbangkan ion H, sehingga pH pun ikut meningkat. Meskipun penurunan Al dan peningkatan pH tidak sebesar akibat pemberian kapur, tetapi cukup berarti dalam menghemat penggunaan kapur. Hal yang lebih penting lagi adalah peningkatan ketersediaan N dan K di samping berbagai unsur lainnya yang ikut bersama Titonia.

Perbaikan dan peningkatan kesuburan tanah akibat substitusi NK pupuk sintetik dengan NK Titonia mulai dari 25% sampai 75% yang telah dikemukakan, tampaknya telah diikuti oleh pertumbuhan dan hasil berbagai tanaman pertanian. Sebagaimana dilaporkan Hakim (1982) bahwa penurunan Al dan peningkatan pH tanah memungkinkan pertumbuhan akar tanaman membaik, sehingga serapan harapun meningkat. Tampaknya penggunaan Titonia tidak hanya sekedar mensubstitusi kebutuhan NK pupuk sintetik, tetapi berpengaruh jauh lebih baik terhadap pertumbuhan tanaman. Hal itu dimungkinkan karena di samping sebagai sumber N dan K, Titonia juga menambah sejumlah unsur lain seperti P, Ca, Mg, unsur-unsur mikro, dan mungkin pula menyumbangkan sejumlah zat tumbuh. Perbaikan sifat fisika tanah seperti peningkatan daya simpan air, pemantapan struktur tanah, penurunan BV tanah, aktivitas jasad renik, akibat pemberian bahan organik Titonia, diduga telah mendorong pertumbuhan yang lebih baik, sehingga memberikan hasil yang lebih tinggi.

Berdasarkan hasil-hasil penelitian tentang budidaya gulma Titonia dan pemanfaatan-nya untuk berbagai jenis tanaman pertanian dapat dinyatakan bahwa gulma Titonia layak dibudidayakan dan dimanfaatkan sebagai sumber pupuk alternatif untuk menunjang pertanian berkelanjutan pada tanah masam yang miskin, terutama pada Ultisols. Perlu dicatat bahwa pemanfaatan Titonia bukan untuk menggantikan seluruhnya penggunaan pupuk sintetik, tetapi sebagai bahan substitusi pupuk sintetik hingga 50% dari kebutuhan tanaman pertanian seperti melon, tomat, cabe, jahe, jagung, sawit, dan bahkan sampai 75% untuk pisang Abaca.

Hasil-hasil penelitian pemanfaatan Titonia untuk berbagai tanaman pertanian di Sumatera Barat yang telah dikemukakan, dapat diperkuat dengan temuan peneliti di Kenya Afrika. Seperti dilaporkan Jama *et al.* (1999) dan Jama *et al.* (2000), Sanchez dan Jama (2000) bahwa tanaman jagung yang dipupuk dengan Titonia setara 60 kg N ha^{-1} menghasilkan pipilan kering 4 t ha^{-1} sedangkan yang dipupuk dengan Urea setara 60 kg N ha^{-1} hanya 3,7 t ha^{-1}. Dari laporan ICRAF (1998) diketahui bahwa Titonia juga efektif dalam menyumbangkan K. Jagung yang dipupuk dengan Urea + 60kgK dari KCl menghasilkan 4,8 t ha^{-1}, sedangkan dengan Titonia setara 60 kg N tanpa KCl diperoleh

hasil sebanyak 4,6 t ha^{-1}. Berarti Titonia dapat menggantikan kebutuhan N dan K tanaman jagung setara 60 kg N dan 60 kg K ha^{-1}. Hal yang hampir sama ternyata juga ditemukan dari serangkaian penelitian pada Ultisols di Limau Manis Sumatera Barat. Oleh karena itu dapat dinyatakan bahwa Titonia layak dibudidayakan sebagai penghasil pupuk organic *insitu* dan dimanfaatkan untuk memperbaiki dan meningkatkan kesuburan tanah, sehingga mampu mengurangi kebutuhan NK pupuk sintetik hingga 50% untuk usaha pertanian berkelanjutan pada Ultisols.

Pengurangan penggunaan N dan K pupuk sintetik hingga 50% dengan pemanfaatan tirhonia adalah sesuatu yang sangat berarti dalam memecahkan masalah petani pada tanah masam. Meskipun penelitian ini masih terbatas pada tanah masam Ultisols di Limau Manis, Sumatera Barat, tetapi berdasarkan pengalaman berpuluh tahun meneliti pada Ultisols, ternyata sifat dan ciri Ultisols di Indonesia tidak banyak berbeda, maka dapat diyakini hasil penelitian ini sudah dapat diuji coba pada tanah-tanah masam, terutama pada Ultisols di Indonesia. Kementerian Pertanian, khususnya Balai Penelitian Tanah, tentu akan sangat menentukan rencana tersebut.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil-hasil penelitian selama sepuluh tentang budidaya gulma Titonia dan pemanfaatannya sebagai pupuk alternatif untuk tanaman pertanian yang telah disajikan dan dibahas dapat dirumuskan beberapa kesimpulan dan saran sebagai berikut.

Berdasarkan ciri anatomi dan morfologi gulma Titonia dapat dinyatakan, bahwa Titonia memenuhi syarat untuk dijadikan pupuk hijau atau sebagai pupuk alternatif. Ciri dan sifat Titonia yang menguntungkan meliputi, akar tunggang yang dalam bercabang banyak dan terinfeksi mikoriza, serta berasosiasi dengan Azotobacter, Azospirillum, serta jamur dan bakteri pelarut fosfat, sehingga mampu menambat dan menambang hara dari lapisan yang dalam dan lebih luas. Batang lembut, sehingga mudah lapuk. Bercabang dan berdaun sangat banyak, sehingga menghasilkan bahan organik yang banyak. Bunga berwarna kuning, menghasilkan biji yang banyak, sehingga mudah diperbanyak. Biji kecil panjang dan ringan (sekitar 0,3 g per kuntum), sehingga mudah diangkut atau diterbangkan angin. Untuk tajuk berdaun hijau 70 cm teratas pada umur 2 bulan setelah pemangkasan mengandung hara yang tinggi, yaitu 2,10 - 3,92 % N; 1,64 – 2,82 % K; 0,33 – 0,56% P; 0,24 –1,80 % Ca; dan 0,28 – 0,87% Mg, dengan C/N sekitar 20, dan lignin sekitar 10%. Dapat tumbuh baik mulai dari pinggir laut (2m dpl) sampai ke pergunungan (>1000m dpl). Sangat mudah bertunas setelah dipangkas, dan jika tidak dipangkas seperti mati pada musim kering, dan kembali bertunas banyak pada musim hujan, sehingga merupakan gulma tahunan yang hidup berkelanjutan.

Teknologi budidaya Titonia yang tepat adalah menggunakan bahan perbanyakan berupa stek batang atau biji, dengan jarak tanam 50 cm x 50 cm pada lebar baris tanam 1 m, dengan pola baris tanam sebagai pagar kebun 10 m x 10 m, atau sebagai pagar lorong yang berjarak 5 m (1900 – 2000 m baris ha^{-1}), dengan periode pangkas setiap 2 bulan. Titonia perlu dipupuk sebanyak 10 g N, 1 g P, 10 g K, 1 g Mg dan 2 kg pupuk kandang per meter baris (20 kg N, 2 kg P, 20 kg K, 2 kg Mg dan 4 t pupuk kandang ha^{-1}) sekali saja pada awal tanam untuk merangsang pertumbuhan awal. Dengan teknik budidaya tersebut Titonia mampu menghasilkan bahan organik kering sekitar 6,65 t, 185 kg N dan 186 kg K ha^{-1} $tahun^{-1}$ (2000 m baris tanam ha^{-1}).

Teknik pemanfaatan Titonia yang tepat adalah pembenaman langsung pangkasan segar dan diinkubasikan dengan tanah selama 4 minggu sebelum tanam, atau dikomposkan terlebih dahulu. Penggunaan Titonia untuk mengurangi N K pupuk sintetik mulai dari 25% sampai 100% dapat memperbaiki dan meningkatkan kesuburan tanah masam miskin dan memulihkan lahan terdegradasi, berupa penurunan Al-dd, serta peningkatan pH tanah, meningkatkan kandungan hara P, Ca dan Mg di samping N dan K. Penggunaan Titonia dapat mengurangi jumlah penggunaan N dan K pupuk sintetik sebanyak 25% sampai 50% untuk tanaman cabai, jahe, jagung, dan sawit TBM, sampai 80% untuk melon dan 75% untuk pisang Abaca. Budidaya lorong dengan Titonia mampu mengurangi tanah tererosi 85-89% dan aliran permukaan 45-47%. Pemanfatan Titonia juga mampu mengendalikan keracunan besi dan meningkatkan kesuburan sawah bukaan baru, sehingga mampu mengurangi aplikasi NK pupuk sintetik 50% untuk tanaman padi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktur DP2M Dikti Kemendikbud yang telah membiayai penelitian tentang Budidaya dan pemanfaatan Titonia selama 10 tahun.

DAFTAR PUSTAKA

Abruna, F., J. V. Chandler, R.W. Pearson, and S. Silva. 1970. Crop response to soil acidity in Ultisols and Oxisols: I. Tobaco. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 34:629—634.

Adams, F. and R.N. Pearson. 1967. Crop response to lime in the Southern United States and Puerto Rico. In R. N. Pearson and F. Adams, ed. Soil Acidity and Liming. Amer. Soc. Agron. 12:161-206.

Balittan Sukarami. 1984. Pengaruh sumber N, takaran P dan kapur pada padi gogo, jagung dan kedelai. Pemberitaan penelitian Sukarami No. 5:6-11.

Bradley, D.B. and D.H. Sieling. 1953. Effect of organik anions and sugars on phosphate precipitation by iron and aluminium as influenced by pH. Soil Sci. 76:175-179

Evensen, C. and R. Yost. 1986. Alley cropping experiment 1985/1986 growing season. Tropsoils. Field research brief CSR Bogor No. 33:1-7.

Eddiwal, E.F. Husin, dan N. Hakim. 2003. Respon tanaman Abaca terhadap pemberian CMA dan Titonia (Titonia diversifolia) sebagai bahan substitusi N dan K pupuk sintetik pada Ultisols. Prosiding Kongres Nasional VIII HITI 21-24 Juli 2003 di Padang.

Farina, M.P.W., N.E. Sumner, C.O. Plank, and W.S. Litzsch. 1980. Exchangeable aluminum and pH as indicators of lime requirement for corn. Soil Sci. Soc Amer J 44 1036-1041 Fleming, A. L. and C. D. Foy. 1968. Root structure reflects differential aluminum tolerance in wheat varieties. Agron. J. 60:172-176.

Gusmini, N. Hakim, dan E.F. Husin. 2003. Substitusi NK pupuk sintetik dengan NK Titonia(Titonia diversifolia) untuk tanaman jahe pada Ultisols. Prosiding Kongres Nasional VIII HITI 21-24 Juli 2003 di Padang.

ICRAF. 1998. Annual Report for 1997. International Centre for Research in Agroforestry. Nairobi. Kenya.

Jama, B. A.; C.A. Palm; R. J. Buresh; A. I. Niang; C. Gachengo; G. Nziguheba; and B. Amadalo. 2000. *Tithonia diversifolia* as a green manure for soil fertility improvement in western Kenya : A review. Agroforestry Systems. 49; 201-221.

Kamprath, E. J. 1970. Exchangeable aluminium as criterion for liming leached mineral soils. Soil Sci. Soc Amer. Proc. 34: 252-254.

Novalina, Hakim, dan T.B.Prasetyo. 2003. Substitusi NK pupuk sintetik dengan NK Titonia(Titonia diversifolia) untuk tanaman cabai (Capsicum annum.L) pada Ultisols. Prosiding Kongres Nasional VIII HITI 21-24 Juli 2003 di Padang.

Hakim, N. 1982. Pengaruh pemberian pupuk hijau dan kapur pada Podzolik Merah Kuning terhadap ketersediaan fosfor dan produksi tanaman jagung (*Zea mays* L.). Disertasi Doktor Fakultas Pasca Sarjana IPB, Bogor.

_____. 1984. Pengaruh sisa pengapuran terhadap produksi jagung pada Podzolik Sitiung II. Diskusi pemantapan penggunaan kapur pertanian. Ditjentan Tanaman Pangan 18-19 April 1984, Yogyakarta.

_____. 1985. Pengaruh sisa pupuk hijau kapur, pupuk P dan Mg pada tanah Podzolik terhadap prduksi jagung. Seminar Nasional Hasil Penelitian Perguruan Tinggi. Ditjen Dikti. 25-28 Pebruari 1965, Bandung.

_____. 1989. Effisiensi pemanfaatan pupuk oleh jagung yang dipengaruhi pengapuran dan waktu pemupukan N pada tanah Podzolik dengan metologi ^{15}N. Seminar Nasional Pertguruan Tinggi Negeri Indonesia Bagian Barat Agustus 1989 di Padang.

Hakim, N., Agustian, and S. Yasin. 1989. Effects of lime, fertilizers, and crop residues on production and nutrient uptake of upland rice, soybean and maize intercroping

system. In. Van der Heide eds. Proceeding of the International Symposium Nutrient management for food crops production in Tropical farming systems. 19-24 October 1987 in Malang Indonesia. Pub. Haren Netherlands.

_____; G. Ismal; Mardinus; H. Muchtar; dan Yunus 1994. Pola pertanian terpadu di lahan kering kritis. Laporan akhir penelitian tahun III, kerjasama Badan Litbang Pertanian Deptan – Puslit Unand. Padang.

_____ and M. Helal, 1999. Green manure crops as an alternative N-fertilizer for sustainable agriculture in Humid Tropics. In Proceedings Int.Seminar Toward Sustainable Agriculture in Humid Tropics Facing 21th Century. Held on 27-28 September 1999 in Bandar Lampung. Pp 250-257.

_____ and M. Helal. 2000. Nitrogen contribution of green manure for corn in Ultisols as studied by ^{15}N methodology. Paper presnted at International Symposium on Nuclear Techniques in Integrated Plant Nutrition, Water and Soil Management on 16-20 October 2000 held in Vienna. (IAEA-SM363/62P).

_____ 2002a. Kemungkinan penggunaan Titonia diversifolia sebagai sumber bahan organik dan unsur hara. Jurnal Andalas Bidang Pertanian Tahun 2002 No. 38 Hal 80-89.

_____ 2002b. Organik matter for increasing P-fertilizer use efficiency of maize in Ultisols by using ^{32}P technique. Presented at 17th World Conggress of Soil Science 14-21 August 2002 in Bangkok.

_____ Novalina, Mariati Zulfa, and Gusmini. 2003. A potential of Titonia (Titonia diversifolia) for substitution NK-commercial fertilizer for several crops in Ultisols. Paper presented at AFA 9th International Annual Confernce. 28-30th January 2003 in Cairo, Egypt.

_____ dan Agustian. 2003. Gulma Titonia dan pemanfaatannya sebagai sumber bahan organik dan unsur hara untuk tanaman hortikultura. Laporan Penelitian Tahun I Hibah Bersaing . Proyek Peningkatan Penelitian Perguruan Tinggi DP3M Ditjen Dikti. Unand. Padang.

_____ dan Agustian. 2004. Budidaya Titonia dan pemanfaatannya sebagai sumber bahan organik dan unsur hara untuk tanaman hortikultura di lapangan. Laporan Penelitian Tahun II Hibah Bersaing. Proyek Peningkatan Penelitian Perguruan Tinggi DP3M Ditjen Dikti. Unand. Padang.

_____ dan Agustian. 2005. Pemanfaatan Titonia sebagai sumber bahan organik dan unsur hara untuk tanaman jagung pada Ultisols. Laporan Kemajuan Penelitian Tahun III Hibah Bersaing . Proyek Peningkatan Penelitian Perguruan Tinggi DP3M Ditjen Dikti. Unand. Padang.

Hakim, N., L. Arfania, dan I. Darfis. 2006. Efek Sisa dan Tambahan Titonia Terhadap Sifat Kimia Ultisols dan Hasil Tanaman Jagung Pada Musim Ketiga. Laporan Penelitian SP4 Fak.Pertanian Unand. Padang.

Hakim, N., Agustian, dan Hermansah. 2007. Pemanfaatan Agen Hayati dalam Budidaya dan Pemanfaatan Titonia Sebagai Pupuk Alternative dan Pengendali Erosi pada Ultisols. Laporan Penelitian Hibah Program Pascasarjana Tahun I. DP2M Ditjen Dikti dan Program Pascasarjana. Unand Padang.

Hakim, N., Y. Mala, dan Agustian. 2009. Pembuatan dan pemanfaatan pupuk organik titonia plus dalam penerapan metode SRI pada sawah bukaan baru. Laporan Hasil Penelitian KKP3T Tahun I. LP Unand dan Balitbang Pertanian Deptan. 61 Hlm.

Hakim, N., Y. Mala, dan Agustian. 2010. Pemanfaatan Pupuk Organik Titonia Plus untuk meningkatkan efisiensi pemupukan (50%) di lahan sawah bukaan baru (<3tahun) dalam menekan keracunan besi pada Ultisols di Sitiung. Laporan Hasil Penelitian KKP3T Tahun II. LP Unand dan Balitbang Pertanian Deptan.

Hakim, N., Y. Mala, dan Nalwida Rozen. 2011. Uji Multi Lokasi Pemanfaatan Pupuk Organik Titonia Plus untuk Mengurangi Aplikasi Pupuk Buatan (50%) dalam Meningkatkan Produksi Padi pada Sawah Bukaan Baru di Kabupaten Dharmasraya. Laporan Hasil Penelitian KKP3T Tahun III. LP Unand dan Balitbang Pertanian Deptan.

Rita Hayati, N. Hakim, dan Eti Farda Husin. 2003. Substitusi NK pupuk sintetik dengan NK Titonia untuk tanaman melon. Prosiding Kongres Nasional VIII HITI 21-24 Juli 2003 di Padang.

Rumawas, F. 1984. Beberapa hasil percobaan tahap akhir pada tanah bekas hutan di daerah Transmigrasi Sitiung II dan Pemenang, Pertemuan Tenis P_3MT. Bogor 27-29 Pebruari 1984.

Sanchez, P.A. and B.A. Jama. 2000. Soil fertility replenishment takes off in East and Southern Africa. Intenational Symposium on Balanced Nutrient Management Systems for the Moist Savanna and Humid Forest zones of Africa.Held on 9 Oct 2000 in Benin, Africa.

Santoso, D. dan M. Al-Djabri. 1976. Percobaan pemupukan N, P, dan K untuk tanaman jagung di Lampung. Lap. Bag. Kesuburan Tanah LPT, Bogor.

Setijono, S. 1982. Lime estimate of some Indonesia acid mineral soils and its significance to crop production. Disertasi Doktor. Fakultas Pasca Sarjana IPB Bogor.

Sri Adisingsih, S. J., H. Suhardjo, I P. G. Widjaya-Adhi, H. Suwardjo, S. Sukmana dan M. Sudjadi. 1986. Hasil dan rencana penelitian pola usaha tani lahan kering di Jambi.

Supriyadi. 2003. Studi penggunaan biomasa Titonia diversifolia dan Tephrosia candida untuk perbaikan P dan hasil jagung pada Andisol. Disertasi Doktor PPs Univ.Brawijaya. Malang.

Von Uexkull, R. and Mutter, A. 1995. Global extent development and economic impact of acid soil, Plant Soil 171: 1-15.

Aplikasi Pemetaan Tanah Digital untuk Pemetaan Sifat Tanah Menunjang Rekomendasi Pemupukan

5

[1]Yiyi Sulaeman, [1]Hikmatullah, [2]Didi Ardi S., [1]Muhrizal Sarwani, [3]A. Sutandi, dan [3]B. Barus

[1]Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian,Jl. Tentara Pelajar No. 12, Bogor 16114
[2] Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Tanah, Jl. Tentara Pelajar No. 12, Bogor 16114
[3] Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Institut Pertanian Bogor

Abstrak. Rekomendasi pemupukan yang handal hanya akan bisa diperoleh bila data karakteristik tanah cukup banyak dan cukup menyebar di suatu wilayah. Tetapi, penyediaan data yang banyak tersebut memerlukan waktu yang lama dan biaya yang tinggi. Di lain pihak, data pengamatan tanah banyak tersedia sebagai hasil kegiatan survei tanah dan studi kesuburan tanah sebelumnya. Data ini dapat digunakan untuk membuat model hubungan tanah-lanskap yang selanjutnya bisa digunakan untuk menaksir dan memetakan sifat tanah. Tulisan ini membahas teknik pemetaan tanah digital dalam menyediakan sifat tanah kuantitatif yang menjadi dasar dalam formulasi rekomendasi pemupukan berdasarkan data tanah terdahulu. Untuk suatu wilayah, pemetaan tanah diaplikasikan mengikuti suatu kerangka kerja yang terdiri dari 3 tahapan kegiatan yakni (i) penyiapan dataset tanah yang mengumpulkan data pengamatan tanah terdahulu, (ii) penyusunan model tanah-lanskap yang menghubungkan antara sifat tanah dengan komponen lanskap sehingga sifat tanah memungkinkan dipetakan sebelum kunjungan lapangan dilakukan, dan (iii) aplikasi model yakni penggunaan model untuk menurunkan sifat-sifat tanah. Kerangka kerja diuji coba di Pulau Jawa. Sebanyak 301 profil tanah telah dikumpulkan dan digunakan sebagai dasar pembuatan model penaksir fraksi pasir, fraksi liat, bahan organik tanah, karbon organik tanah, nitrogen total, pH, kejenuhan basa, dan kapasitas tukar kation. Model ini digunakan antara lain untuk membuat peta pH tanah di Kabupaten Subang. Aplikasi pemetaan tanah digital dapat melengkapi teknik penyediaan data sifat tanah untuk menunjang rekomendasi pemupukan. Berdasarkan data dan peta baseline ini pengambilan contoh kesuburan tanah bisa dilakukan lebih terarah dan terencana dengan baik dan rekomendasi pemupukan yang baik dapat diperoleh.

Kata kunci: Pemetaan tanah digital, evaluasi kesuburan tanah, rekomendasi pemupukan

Abstract. *The better recommendation of fertilizer application can be formulated is supported by voluminous, well distributed soil data. Yet, this effort requires much money and consume much time. In the other hand, there is available legacy soil data that can be used to derive soil-landcape model. This model can be used to predict and map soil properties. This paper discusses digital soil mapping approach to provide quantitative soil properties as base for formulating fertilizer recommendation. For a given region, digital soil mapping is applied following 3 main steps i.e. (i) dataset preparation by collecting previous soil data and auxiliary information, (ii) soil-landscape model*

development, and (iii) model application to derive digital soil properties map. The framework was applied in Java where 301 soil profiles were re-documented and used to develop soil-landscape model for predicting sand fraction, clay fraction, soil organic matter, soil organic carbon, nitrogen total, pH, base saturation, and cation exchange capacity. This model is used to create soil property map in Subang Regency. The application of digital soil mapping technique can complement current technique in providing soil property map to support fertilizer recommendation. Based on data and these baseline map, soil sampling can be done efficiently, and better fertilizer recommendation can be formulated.

Keywords: *Digital soil mapping, soil property map, fertilizer recommendation*

PENDAHULUAN

Rekomendasi pemupukan di Indonesia menganut pendekatan uji tanah, dimana dosis pupuk dihitung setelah memperhatikan ketersediaan hara di dalam tanah dan kebutuhan tanaman. Penelitian pemupukan kemudian berkembang tidak hanya melihat hubungan antara dosis pupuk dengan tanaman tetapi juga penelitian status hara dalam tanah. Dalam kaitannya dengan logistik pupuk, peta status hara di suatu wilayah perlu tersedia, dimana status hara dari tiap titik pengambilan contoh tanah dihubungkan dengan kondisi lanskap dan landuse. Pada kenyataannya, peta status hara ini sangat membantu menyediakan jumlah pupuk yang diperlukan di suatu wilayah. Na mun demikian status hara ini baru terbatas pada hara P dan K.

Saat ini, sifat tanah ditetapkan dari contoh tanah komposit yang dipilih dari lokasi di lapangan menurut keputusan ahli. Contoh tanah kemudian dianalisis dan ditetapkan status haranya. Saat ini lokasi pengambilan contoh tanah ditetapkan menggunakan GPS, sehingga lokasinya bisa diplot di suatu peta dasar. Namun demikian cara ini memerlukan biaya yang relatif tinggi untuk analisis sifat tanah dan pengambilan contoh tanah di lapangan. Sementara, data profil tanah terdahulu sudah banyak tersedia dan berpotensi digunakan untuk membuat model tanah-lanskap. Model ini selanjutnya bisa digunakan untuk menurunkan peta sifat tanah.

Pemetaan tanah digital menyediakan teknik untuk membuat peta sifat tanah secara kuantitif berdasarkan data pengamatan tanah yang sudah ada dan data pendukung. Tulisan ini membahas kerangka kerja pemetaan tanah digital untuk menyediakan peta sifat tanah kuantitatif sebagai dasar penyusunan rekomendasi pemupukan. Tulisan diawali dengan pembahasan kerangka pemetaan tanah digital untuk menyediakan peta sifat tanah. Kerangka kerja diaplikasikan di Pulau Jawa dengan penekanan pada keragaman data tanah terdahulu dan model tanah-lanskap. Visualisasi peta sifat tanah taksiran dan akurasi untuk kabupaten disajikan (Gambar 1). Pembahasan menghubungkan teknik ini dalam upaya evaluasi kesuburan dan monitoring produktivitas lahan.

KERANGKA KERJA UMUM PEMETAAN TANAH DIGITAL BERDASARKAN DATA WARISAN

Pemetaan tanah digital (PTD) didefinisikan sebagai "*the creation, and population of spatial soil information systems by the use of field and laboratory observational methods coupled with spatial and non-spatial soil inference systems*" (Lagacherie & McBratney 2007). Istilah lain dari PTD adalah *Predictive Soil Mapping* (Hewitt 1993; Scull *et al*. 2003) atau *Quantitative Soil Survey* (McKenzie & Ryan 1999). PTD merupakan operasionalisasi dari ide menaksir penyebaran sifat tanah dalam suatu landskap berbasis komputer (Bui, 2007).

PTD dapat diterapkan menggunakan tiga tahapan utama dalam pemetaan tanah digital berdasar data warisan, yaitu: (i) penyiapan dataset, (ii) pengembangan model tanah-lanskap, dan (iii) aplikasi model untuk menaksir sifat tanah di wilayah target. Kerangka pikir sekaligus kerangka kerja yang diterapkan dalam penelitian ini disajikan pada (Gambar 1).

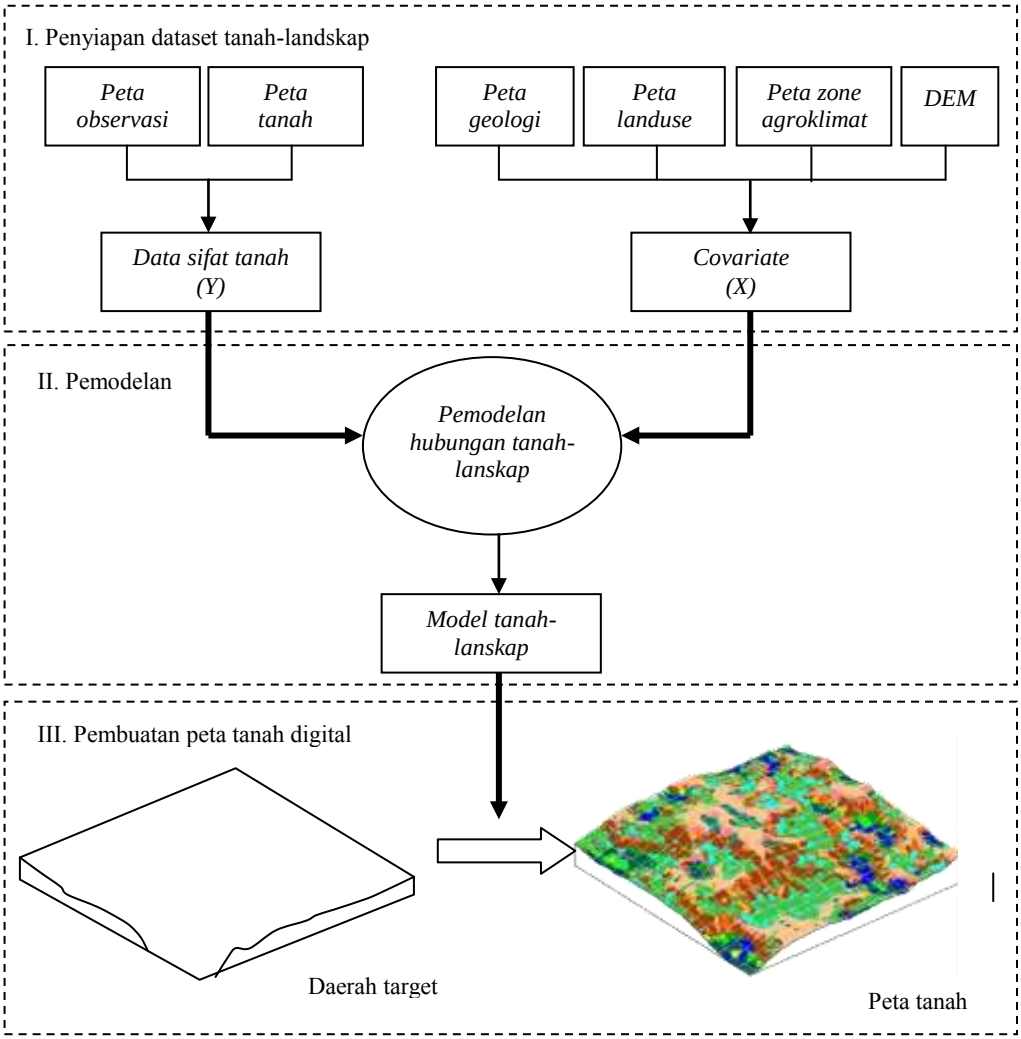
Tahap pertama adalah penyiapan dataset tanah dan lanskap yang mencakup dataset sifat tanah atau dataset kelas tanah. Kelas tanah bisa merupakan kelas sifat tanah atau kategori dari suatu sistem klasifikasi tanah. Sementara itu, dataset lanskap terdiri dari aneka kovariat yang mewakili suatu atau beberapa faktor pembentuk tanah, yakni: iklim, bahan induk, relief, organisme, dan waktu. Kedua dataset ini dipersatukan oleh koordinat X dan Y.

Tahap kedua adalah pengembangan model tanah-lanskap. Istilah model tanah-lanskap ini digunakan untuk membedakan dengan fungsi pedotransfer, kriging, atau teknik interpolasi lainnya. Tipe-tipe model ini berbeda dalam hal peubah penaksirnya. Peubah penaksir dari fungsi pedotransfer adalah sifat tanah, dari model tanah-lanskap adalah peubah yang mewakili salah satu atau beberapa faktor pembentuk tanah, dan dari kriging atau teknik interpolasi adalah posisi koordinat.

Istilah pengembangan model mencakup dua kegiatan, yaitu: (i) pembuatan model dan (ii) evaluasi model. Pada penelitian ini model dibuat menggunakan teknik regresi langkah bijak (*stepwise regression*) dan teknik regresi pohon (*tree regression*). Teknik pertama diterapkan untuk peubah penaksir yang kontinyu sedangkan teknik kedua untuk peubah penaksir campuran antara kontinyu dan kategori. Teknik pertama dan kedua sama-sama menggunakan respon yang kontinyu, sehingga istilah regresi digunakan.

Evaluasi model tanah-lanskap mencakup dua kegiatan yaitu (i) evaluasi daya taksir model, dan (ii) evaluasi daya transport model. Umumnya pemodelan hanya sampai pada evaluasi model untuk mengetahui daya taksir model. Penelitian ini tidak saja melakukan evaluasi daya taksir model, tetapi juga melakukan evaluasi model tambahan yakni evaluasi daya transport model untuk mengetahui apakah model bisa digunakan di tempat

lain. Dari evaluasi ini diketahui model-model yang bersifat umum, yang bisa digunakan di berbagai tipe lanskap dan model-model yang bersifat lokal yaitu hanya pada tipe lanskap tertentu.



Gambar 1. Kerangka kerja umum pemetaan tanah digital menggunakan data tanah warisan

Evaluasi daya taksir model dapat menggunakan teknik validasi silang. Ini berarti bahwa dataset untuk menguji dipilih secara acak dari dataset yang tersedia. Pada penelitian ini sebanyak 0,25% dataset dipilih secara acak sebagai testing dataset. Sementara itu, daya transport model menggunakan data penguji yang diambil langsung dari lapangan dan atau dikombinasikan dengan data yang tersedia. Perbedaan antara

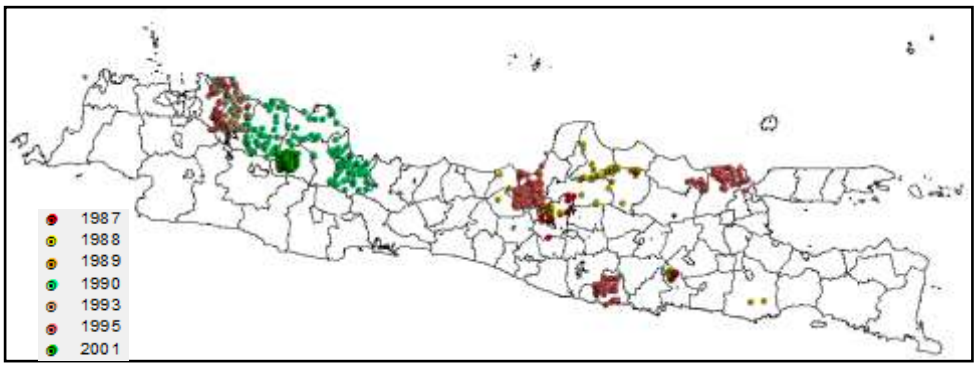
kedua data penguji tersebut adalah data untuk evaluasi daya taksir yang diperoleh dari dalam lokasi pembuatan model, sedangkan data untuk evaluasi daya transport model dipilih dari luas lokasi pembuatan model.

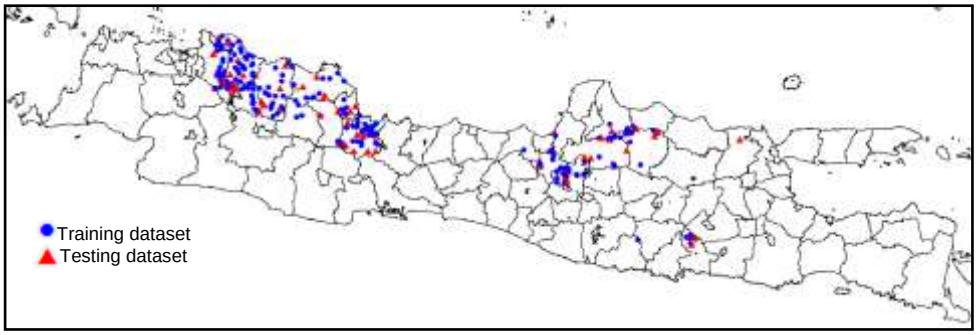
Setelah model tanah-lanskap yang berdaya taksir tinggi dan berdaya transport tinggi diperoleh, tahap selanjutnya adalah penggunaan model tersebut untuk membuat peta tanah taksiran. Pembuatan peta tanah dengan model dapat menggunakan 2 alat bantu, yaitu: (i) menggunakan *grid calculator* (dalam SAGA GIS), atau *map calculator* (dalam IDRISI), atau (ii) menggunakan makro dalam *spreadsheet* yang hasilnya divisualisasikan di SAGA GIS. Pada alat bantu pertama, kovariat-kovariat dimasukkan untuk memperoleh peta tanah. Sementara itu, pada alat bantu kedua, data numerik grid dimasukkan ke *spreadsheet* kemudian dihitung menggunakan makro sederhana untuk memperoleh data numerik. Jadi, alat bantu pertama menghasilkan peta langsung sedangkan pada alat bantu kedua hanya data numerik untuk grid, bukan peta langsung.

PEMETAAN TANAH DIGITAL DI PULAU JAWA

Pemetaan tanah digital telah diterapkan di Pulau Jawa menggunakan data profil tanah pengamatan sejak tahun 1987. Kegiatan ini didahului oleh kompilasi terhadap data profil tanah hasil survei terdahulu yang berhasil mengoleksi 604 lokasi profil tanah yang ada di Jawa, seperti yang disajikan pada (Gambar 2). Diduga data profil tanah ini masih banyak yang tidak terdokumentasi dengan baik, karena banyaknya penelitian yang dilakukan di Jawa tidak hanya oleh BBSDLP tetapi juga oleh instansi lain.

Data profil tersebut menyajikan tipe data yang tidak seragam. Hal ini disebabkan perbedaan tujuan pemetaan yang menentukan jenis-jenis data yang diperlukan. Memperhatikan kelengkapan datanya, sebanyak 301 profil tanah telah dipilih untuk kegiatan pemodelan tanah-lanskap, yang kemudian dibedakan atas *training dataset* untuk membuat model dan testing dataset untuk menguji daya taksir model (Gambar 2).





Gambar 2. Sebaran pengamatan profil tanah yang terkompilasi (atas) dan sebaran profil tanah untuk pemodelan (bawah)

Tabel 1 menunjukkan ringkasan statistik beberapa sifat tanah lapisan olah (0-30 cm) di Jawa. Keragaman sifat tanah ini tergolong sedang hingga tinggi, yang mengindikasikan bahwa faktor lokal mengontrol keragaman sifat tanah tersebut. Kecuali sifat tanah lainnya yang umum dianalisis di setiap profil tanah, retensi P nampak tidak banyak dianalisis. Padahal sifat tanah ini penting untuk mengetahui berapa persen P yang ditahan oleh tanah. Secara rata-rata, data tanah lapisan olah dalam penelitian ini mempunyai tekstur berliat dengan kadar fraksi klei 55% dan fraksi pasir 19%. Reaksi tanah rata-rata mendekati netral, karbon organik 1,3% dan bahan organik 2,25%. Kejenuhan basa sebesar 37% dan KTK tanah sekitar 33 cmol(+) kg^{-1}.

Tabel 1. Ringkasan statistik beberapa sifat tanah pada kedalaman 0-30 cm di Pulau Jawa

Sifat tanah	Jumlah profil	Rata-rata	Median	Mini-mum	Maksi-mum	Simp. baku	CV(%)*
Fraksi pasir (%)	300	18,16	11,00	0,00	97,00	19,20	106
Fraksi klei (%)	300	55,16	59,00	2,00	90,00	20,4	37
Bahan organik tanah (%)	301	2,25	1,75	0,39	19,67	2,04	91
Karbon organik tanah (%)	301	1,30	1,02	0,23	11,41	1,18	91
Nitrogen total (%)	301	0,13	0,11	0,03	0,88	0,09	72
pH	275	6,02	5,80	4,70	8,30	1,06	18
Retensi P (%)	32	43,95	44,50	5,70	86,20	19,84	45
Kejenuhan basa (%)	262	72,34	79,00	1,00	162,00	27,41	38
Kapasitas tukar kation tanah (cmol/kg)	267	32,64	32,00	3,00	101,00	16,51	51

*CV=koefisien keragaman: rendah jika CV <15 %, sedang jika 15%<CV<35%, dan tinggi jika CV >35% (Wilding and Dress, 1983)

Tabel 2 menunjukkan contoh model tanah-lanskap untuk menduga sifat tanah pada kedalaman 0-30 cm di Pulau Jawa. Sebagai contoh, bahan organik tanah dan karbon organik nampak dikontrol dengan daya kontrol secara menurun oleh kemiringan

catchment (CS), lokasi site di lereng (MRRTF), elevasi (Elev), dan akumulasi aliran (FA). Semakin miring *catchment* maka semakin rendah bahan organik atau karbon organik pada kondisi faktor lainnya sama. Semakin mendekati lembah, maka semakin tinggi bahan organik dan karbon organik pada kondisi lain yang sama. Semakin tinggi ketinggian tempat di atas muka laut, maka semakin tinggi kadar bahan organik dan karbon organik tanah pada kondisi lain yang sama. Semakin banyak aliran yang diterima di suatu site, maka semakin tinggi bahan organik dan karbon organik tanah. Kovarian penaksir ini menunjukkan bahwa bahan organik atau karbon organik secara lokasi dikontrol oleh proses erosi dan deposisi bahan (FA dan CS), kelembaban tanah (MRRTF) dan temperatur tanah (yakni elevasi).

Tabel 2. Keragaan model regresi tanah-lanskap untuk menaksir sifat tanah pada 0-30 cm di Jawa

Respon	Model	RMSE	R^2	N	P value	
					Anova	LOF
Fraksi pasir (%)	4.59+1.453MRVBF+0.000023FA+76.457CS	19.03	0.12	223	<.0001	0.47
Fraksi klei (%)	68.59-1.310MRVBF-0.000018FA -0.0129Elev-49.474CS	19.74	0.10	223	0.0001	0.59
SOM (%)	2.3 -0.126MRRTF+0.0000015FA+0.0034Elev-5.172CS	1.72	0.17	224	<.0001	0.39
SOC (%)	1.34-0.073MRRTF+0.00000087FA+0.0019Elev-3.001CS	0.10	0.17	224	<.0001	0.39
Nitrogen Total (%)	0.23-0.00027ZC-0.0079MRRTF+24.175KC -0.0009FW+0.00000013FA+0.0002Elev-0.238CS	0.08	0.28	224	<.0001	0.48
pH	5.68+0.111MRRTF-0.00068Elev-0.0053CI	0.98	0.15	207	<.0001	0.38
Kejenuhan basa (%)	52.91+2.639MRVBF+2.938MRRTF-0.0382Elev + 40.285CS	21.54	0.40	200	<.0001	0.35
KTK tanah (cmol kg^{-1})	37.20-0.797MRVBF+0.000000021MCA-0.0082Elev-0.0119AZ	15.59	0.10	204	0.0005	0.21

Keterangan: SOM = bahan organik tanah, SOC = karbon organik tanah, N = Jumlah contoh, RMSE = *root mean square error*, Anova = uji sidik ragam model, LOF = uji ketidaktepatan model, RVBF = *multi-resolution index of valley bottom flatness* (indeks kerataan dasar lembah), FA = *flow accumulation* (akumulasi aliran), CS = *catchment slope* (kemiringan rataan catchment), Elev = *elevation* (ketinggian tempat dari permukaan laut), MRRTF = *multiresolution index of ridgetop flatness* (indeks kerataan igir), ZC = *altitude above channel* (ketinggian tempat diatas saluran), KC = *kontour curvature* (lengkung horizontal), FW = *flow width* (lebar aliran), CI = *convergence index* (indeks konvergensi), dan AZ = aspek

Jika diperhatikan, nilai R^2 dari model tanah-lanskap berkisar dari 0,1 hingga 0,4. Jika hanya memperhatikan indikator ini, model tanah-lanskap ini nampak berkeragaan rendah terutama jika menggunakan perspektif ilmu komputer dan keteknikan. Tetapi, nilai R^2 ini umum diperoleh untuk model tanah-lanskap, sebaliknya nilai R^2 yang lebih dari 0,5 sulit diperoleh untuk model tanah-lanskap, karena beragamnya sifat tanah baik secara vertikal maupun horizontal. Berdasarkan perspektik pedometrik, nilai R^2 ini masih bisa diterima.

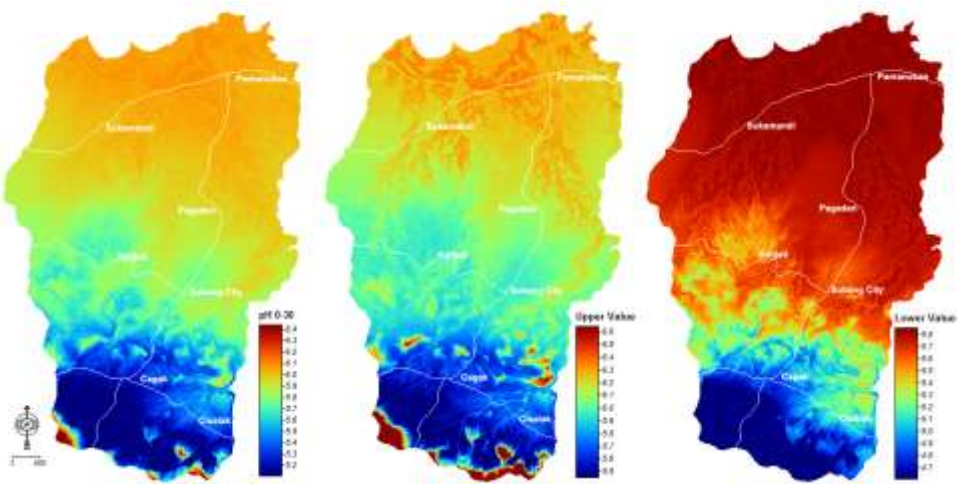
Dalam pedometrik (cabang ilmu tanah yang menggunakan analisis statistika untuk mempelajari keragaman sifat tanah), nilai R^2 bukan merupakan satu-satunya faktor

penentu kebaikan suatu model, namun dapat menggunakan indikator lain seperti analisis sidik ragam (Anova) dan analisis *lack of fitness* (LOF) maupun *root mean square error* (RMSE). RMSE ini merupakan selisih antara nilai taksiran dan nilai sebenarnya dari model yang digunakan untuk membandingkan model yang berbeda guna menaksir sifat tanah yang sama. Hasil analisis sidik ragam (Anova) model dan analisis ketidak-tepatan model (LOF) menunjukkan bahwa model ini baik dengan probabilitas Anova yang rendah dan LOF yang tinggi. Jadi kebaikan model tanah-lanskap dinilai menggunakan 4 indikator, yakni: RMSE, R^2, uji sidik ragam, dan uji ketidaktepatan model.

PETA SIFAT TANAH DAN REKOMENDASI PEMUPUKAN

Untuk suatu sifat tanah, banyak model bisa dikembangkan dan model terbaik dipilih menggunaakan empat indikator di atas. Menggunakan model tanah-lanskap ini, sifat tanah dapat ditaksir dan dipetakan karena peubah penaksirnnya mempunyai entitas spasial. Untuk penelitian sifat tanah, kajian hendaknya terus dikembangkan untuk membuat aneka model, sehingga peta-peta sifat tanah dapat dikembangkan untuk selanjutnya dipilih peta yang menggambarkan sebaran sifat tanah yang lebih baik.

Gambar 3 menunjukkan contoh penyajian peta pH tanah yang dibuat dari model tanah-lanskap di Kabupaten Subang, Jawa Barat. Peta-peta tersebut adalah peta sifat tanah taksiran yang nilai sebenarnya masih perlu diverifikasi di lapangan. Selain peta sifat tanah taksiran, pembuatan peta sifat tanah menggunakan pemetaan tanah digital juga mampu membuat peta akurasi informasi dari peta taksiran tadi.



Gambar 3. Peta pH tanah pada kedalaman 0-30 cm dan interval taksiran di Kabupaten Subang (Sumber: Sulaeman *et al.* 2012)

Gambar 3 menunjukkan peta pH tanah tertinggi dan pH tanah terendah. Peta tanah taksiran dikatakan baik jika nilai pH pada kondisi lapangan berada antara kedua kisaran nilai tadi. Jika tidak, peta perlu direvisi dan pengamatan tanah difokuskan pada area tersebut. Pengujian akurasi sifat tanah ini dapat dilakukan dengan teknik validasi silang sehingga akurasi peta bisa diidentifikasi sebelum kunjungan ke lapangan dilakukan.

Peta pH tanah seperti Gambar 3 dan peta sifat tanah lainnya seperti bahan organik, C/N ratio, kadar P_2O_5, kadar Ca, Mg, KTK maupun KB diperlukan dalam penyusunan rekomendasi pemupukan. Tulisan ini hanya mencontohkan peta pH tanah, karena pH menunjukkan reaksi dalam tanah. Keragaman beberapa sifat tanah seperti sifat kemasaman, ketersediaan P, dan jenis dan aktivitas mikroorganisme dapat dijelaskan dengan keragaman pH ini. Bagaimanapun peta-peta sifat tanah lainnya bisa dibuat asalkan model tanah-lanskap telah tersedia. Cara ini tentunya akan membantu dalam pemetaan status hara tanah.

KESIMPULAN

Tulisan ini membahas pendekatan pemetaan tanah digital berdasarkan data tanah warisan. Pendekatan ini secara garis besar mencakup kompilasi data, pembuatan model-tanah lanskap, dan aplikasi model seperti untuk pembuatan peta-peta sifat tanah untuk mendukung rekomendasi pemupukan. Aplikasi pendekatan ini di Jawa tidak hanya mereposisikan ulang data profil tanah terdahulu dan mengkonservasi data tetapi juga menurunkan beberapa model tanah lanskap. Model ini dapat digunakan untuk menaksir sifat tanah lapisan olah di Pulau Jawa.

Peta sifat tanah taksiran dan akurasinya bisa dibuat menggunakan model tanah-lanskap seperti peta pH tanah di Kabupaten Subang. Peta-peta ini menjadi bahan masukan dalam penyusunan rekomendasi pemupukan, juga menjadi peta petunjuk untuk pengumpulan data selanjutnya. Menggunakan pendekatan ini, peta sifat tanah bisa dibuat dengan cepat dan murah dan peta status hara bisa diturunkan secara dinamis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian melalui beasiswa yang diterima oleh penulis pertama. Atas dukungan dana ini diucapkan terima kasih. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada penelaah (*reviewer*) atas saran dan masukannya untuk perbaikan tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

Bui, E. 2007. A review of digital soil mapping in Australia. Pp. 25-37. *In* P. Lagacherie, A.B. McBratney and M. Voltz (*Eds*.) Digital Soil Mapping: An Introductory Perspective. Developments in Soil Science, volume 31. Elsevier B.V.

Hewitt, A.E. 1993. Predictive modelling in soil survey. Soil and Fertilizer 56:305-314.

Lagacherie, P. and A.B. McBratney. 2007. Spatial soil information systems and spatial soil inference systems: perspectives for digital Soil mapping. Pp 3-22. *In* P. Lagacherie, A.B. McBratney, M. Voltz (*Eds*.). Digital Soil Mapping:An Introductory Perspective. Elsevier, The Netherland.

McKenzie, N.J. and P.J. Ryan. 1999. Spatial prediction of soil properties using environmental correlation. Geoderma 89:67-94.

Scull, P., J. Franklina, O.A. Chadwick, and D. McArthur. 2003. Predictive soil mapping: a review. Progress in Physical Geography 27(2):171-197.

Sulaeman, Y., B. Minasny, A.B. McBratney, A. Sutandi, B. Barus, and M. Sarwani. 2012. Soil-landscape models to predict soil pH variation at a regional scale in Java, Indonesia. *In* B. Minasny, B.P. Malone, A.B. McBratney (*Eds*.). Digital Soil Assesment and Beyond. CRC Press.

Wilding, L.P. and L.R. Dress. 1983. Spatial variability and pedology. Pp. 83-116. *In* L.P. Wilding, N.E. Smeck, G.F. Hall (*Eds*.) Pedogenesis and Soil Taxonomy I: Concepts and Interaction. Amsterdam: Elsevier.

Karakteristik dan Sebaran Lahan Sawah Di Indonesia

6

Sofyan Ritung

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Jl. Tentara Pelajar No. 12 Bogor 16114

Abstrak. Penduduk Indonesia dari tahun ke tahun semakin bertambah, dengan laju pertumbuhan sekitar 1,5% th^{-1}, sehingga mendorong permintaan pangan yang terus meningkat. Lahan pertanian khususnya lahan sawah, yang luasnya pada tahun 2011 mencapai 8,106 juta ha ternyata belum mampu memenuhi kebutuhan pangan Indonesia, sehingga perlu ditambah dengan impor yang pada dekade terakhir jumlahnya meningkat. Kebutuhan bahan pangan mulai meningkat dan pada tahun 2020 diperkirakan terjadi defisit jika tidak ada penambahan produksi sebesar 1,1 juta ton beras atau setara 1,8 juta ton GKG. Lahan sawah tersebut terdiri dari beberapa jenis atau tipe lahan sawah dengan penyebaran terdapat hampir di seluruh wilayah Indonesia, namun terluas terdapat di Pulau Jawa, yakni sekitar ± 3,445 juta ha, disusul Sumatera ± 2,398 juta ha, Kalimantan ± 0,937 juta ha, dan Sulawesi ± 0,886 juta ha. Jenis dan karakteristik tanah pada lahan sawah cukup bervariasi dari Histosols, Entisols, Mollisols, Inceptisols, Vertisols, Ultisols, Alfisol, Andisols, Oxisols, dan Spodosols, namun yang terluas adalah Inceptisols, disusul Entisols, Vertisols, dan Ultisols. Menurut status irigasinya, sawah irigasi merupakan terluas yakni ± 5.524.764 ha, pasang surut ± 407.594 ha, dan sawah tadah hujan ± 2.174.501 ha. Produktivitas padi sawah pada lahan sawah tersebut bervariasi menurut perbedaan jenis lahan sawah, sifat-sifat atau jenis tanah, dan tingkat pengelolaannya. Tulisan ini bertujuan memberi informasi luas mengenai sebaran lahan sawah di Indonesia berdasarkan jenis pengairan dan karakteristik tanahnya.

Kata kunci: Karakteristik lahan, sebaran, lahan sawah

Abstract. *Indonesia's population from year to year are increasing rapidly, with growth of about 1.5%.year^{-1}, thereby encouraging ever-increasing food demand. Agricultural land, especially paddy fields, the extent in 2011 reached 8.106 million ha were not able to meet the food needs of Indonesia, so it needs to be supplemented with imports in the last decade the number increased. The need for food began to increase and by 2020 the deficit is expected to occur if no additional production of 1.1 million tonnes of rice or the equivalent of 1.8 million tons of GKG. The wetland consists of some kind or type of paddy fields with the distribution found in almost all parts of Indonesia, but there is the widest on the island of Java, which is about ± 3.445 million ha, followed by Sumatra ± 2.398 million ha, Kalimantan ± 0.937 million ha, and Sulawesi ± 0.886 million ha. Soil types and characteristics of the wetland varies from Histosols, Entisols, Mollisols, Inceptisols, Andisols, Vertisols, Spodosols, Alfisol, Ultisols, and Oxisols, but the largest are Inceptisols, followed by Entisols, Vertisols, and Ultisols. According to irrigation status, is the largest irrigated rice ie 5,524,764 ha, rainfed rice ± 2,174,501 ha, and tidal rice is 407,594 ha of. Productivity of rice in the paddy field is varied according to different types*

of paddy fields, or properties of soil types and levels of management. This paper aims to provide extensive information, the distribution of paddy fields in Indonesia based on the type of irrigation and soil characteristics.

PENDAHULUAN

Penduduk Indonesia dalam kurun waktu empat puluh tahun ke depan masih akan terus bertambah dengan laju pertumbuhan sekitar 1,5% th^{-1}, sehingga permintaan pangan juga terus meningkat. Lahan pertanian sawah pada tahun 2005 seluas 7,89 juta ha (BPS, 2008) dan pada tahun 2011 seluas 8,106 juta ha, produksinya belum mampu memenuhi kebutuhan pangan penduduk Indonesia terutama beras, gula, kacang tanah, dan kedelai, sehingga perlu diimpor yang pada dekade terakhir jumlahnya meningkat. Agus dan Irawan (2007) memperkirakan pada tahun 2025 Indonesia akan harus mengimpor sekitar 11,4 juta ton beras jika konversi lahan sawah tetap terjadi dengan laju 190.000 ha th^{-1} dan pencetakan sawah hanya 100.000 ha th^{-1}. Adanya perkiraan impor pangan yang semakin besar, bukan berarti menunjukkan rasa pesimis terhadap kemampuan bangsa Indonesia dalam menyediakan pangan tetapi harus dimaknai sebagai cambuk peringatan perlunya pemecahan yang berkelanjutan dalam menangani produksi pangan.Ketersediaan lahan untuk memproduksi pangan yang tidak bertambah, bahkan berkurang, merupakan masalah penting yang perlu diatasi secepatnya. Dengan adanya Undang-undang Perlindungan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan yang bertujuan untuk menekan laju konversi lahan, maka diperkirakan pada tahun-tahun mendatang konversi lahan sawah produktif dapat ditekan seminimal mungkin atau bahkan dihentikan.

Lahan sawah merupakan penghasil utama bahan pangan beras. Sebagai gambaran, pada tahun 2008 total luas panen padi sekitar 12,3 juta ha dengan produksi padi sebesar 60 juta ton, 95 persennya dihasilkan dari lahan sawah dengan luas panen 11,3 juta ha, dan 5 persennya dihasilkan dari lahan kering dengan luas panen 1,1 juta ha. Rata-rata produktivitas padi sawah 5,1 t ha^{-1} dan padi ladang 2,9 t ha^{-1}. Kontribusi produksi lahan sawah terhadap total produksi padi tahun 2009 diperkirakan tetap sekitar 95%.

Penurunan luas baku lahan sawah di P. Jawa disebabkan oleh terjadinya konversi lahan sawah produktif ke lahan non pertanian (pemukiman, perkotaan, infrastruktur, dan kawasan industri). Dalam periode 1981-1999 konversi lahan sawah nasional mencapai 1,6 juta ha, dimana sekitar 61,6% terjadi di Jawa (Sudaryanto, 2000 *dalam* Puslitbangtanak, 2003). Sebagian besar lahan sawah yang dikonversi tersebut pada mulanya beririgasi teknis atau setengah teknis dengan produktivitas tinggi (Sumaryanto *et al*. 2001). Sedangkan di luar Jawa, selama periode 1995-1999, luas lahan sawah meningkat, di Sumatera sekitar 213 ribu ha, sebaliknya di Sulawesi berkurang sekitar 102 ribu ha dan di Kalimantan 170 ribu ha (BPN, 2000). Dalam w aktu tiga tahun (periode 1999-2002)

peningkatan konversi lahan sawah rata-rata mencapai 187.720 ha th^{-1} (Sutomo dan Suhariyanto, 2005).

Produktivitas lahan sawah di Indonesia menurut data BPS tahun 2011 menunjukkan rata-rata nasional 5,2 ton GKG ha^{-1}, tertinggi di Jawa ± 5,5 ton GKG ha^{-1}, Sumatera dan Sulawesi 4,5 ton GKG ha^{-1}, dan Kalimantan ± 3,5 ton GKG ha^{-1}. Perbedaan produktivitas tersebut disebabkan berbagai faktor diantaranya adalah: (1) jenis lahan sawah, (2) jenis atau sifat-sifat tanah, (3) tingkat pengelolaan (pemupukan), dan (4) varietas padi yang ditanam. Jenis tanah pada lahan sawah cukup beragam, mulai dari tanah yang belum berkembang sampai berkembang lanjut, kemasaman tanah masam sampai alkalis, hingga yang bertekstur tanah agak kasar sampai sangat halus. Menurut Atlas Sumberdaya Tanah Eksplorasi Indonesia skala 1:1.000.000 (Puslittanak, 2000) terdapat 10 ordo tanah yang digunakan sebagai lahan sawah. Demikian pula dengan jenis atau tipe lahan sawah yang terdiri dari sawah irigasi, sawah pasang surut, sawah lebak, dan sawah tadah hujan.

Upaya pemenuhan kebutuhan beras nasional dapat ditempuh melalui tiga strategi yaitu: (1) peningkatan produktivitas dengan menerapkan teknologi optimal, (2) peningkatan luas areal panen melalui peningkatan intensitas tanam dan pembukaan areal baru, dan (3) peningkatan penanganan panen dan pasca panen untuk menekan kehilangan hasil dan meningkatkan nilai tambah.

PENGERTIAN DAN DEFINISI LAHAN SAWAH

Lahan sawah adalah suatu lahan yang diolah dan dibatasi/dikelilingi oleh suatu pematang yang digunakan untuk tanaman padi. Lahan tersebut digenangi sejak ditanam sampai beberapa minggu sebelum panen. Selanjutnya Puslitbangtanak (2003) dalam laporan Penyusunan Peta Arahan Lahan Sawah Utama di P. Jawa, Bali, dan Lombok tahun 2003 mendefinisikan lahan sawah adalah suatu tipe penggunaan lahan, yang untuk pengelolaannya memerlukan genangan air. Oleh karena itu sawah selalu mempunyai permukaan datar atau yang didatarkan (dibuat teras), dan dibatasi oleh pematang untuk menahan air genangan. Berdasarkan sumber air yang digunakan dan keadaan genangannya, sawah dapat dibedakan menjadi sawah irigasi, sawah tadah hujan, sawah lebak, dan sawah pasang surut.

Sawah irigasi adalah sawah yang sumber airnya berasal dari tempat lain melalui saluran-saluran yang sengaja dibuat untuk mengairi lahan sawah. Sawah irigasi dibedakan atas sawah irigasi teknis, sawah irigasi setengah (semi) teknis, dan sawah irigasi sederhana. *Sawah irigasi teknis* air pengairannya berasal dari waduk, dam atau danau dan dialirkan melalui saluran induk (primer) yang selanjutnya dibagi-bagi ke dalam saluran-saluran sekunder dan tersier melalui bangunan pintu-pintu pembagi. Sawah irigasi sebagian besar dapat ditanami padi dua kali atau lebih setahun, tetapi sebagian ada yang

hanya dapat ditanami padi sekali setahun bila ketersediaan air tidak mencukupi terutama yang terletak di ujung-ujung saluran primer dan jauh dari sumber airnya. Sawah irigasi teknis dan setengah teknis dibedakan berdasarkan sistem pengelolaan jaringan irigasinya. *Irigasi teknis* seluruh jaringan irigasi dikuasai dan dipelihara oleh pemerintah, sedangkan *irigasi setengah teknis* pemerintah hanya menguasai bangunan penyadap untuk dapat mengatur dan mengukur pemasukan air. *Irigasi sederhana* adalah pengairan yang sumber airnya dari tempat lain (umumnya berupa mata air) dan salurannya dibuat secara sederhana oleh masyarakat petani setempat, tanpa bangunan-bangunan permanen.

Sawah tadah hujan adalah sawah yang sumber airnya tergantung atau berasal dari curah hujan tanpa adanya bangunan-bangunan irigasi permanen. Sawah tadah hujan umumnya terdapat pada wilayah yang posisinya lebih tinggi dari sawah irigasi atau sawah lainnya sehingga tidak memungkinkan terjangkau oleh pengairan. Waktu tanam padi sangat tergantung pada datangnya musim hujan.

Sawah pasang surut adalah sawah yang irigasinya tergantung pada gerakan pasang dan surut serta letaknya di wilayah datar tidak jauh dari laut. Sumber air sawah pasang surut adalah air tawar sungai yang karena adanya pengaruh pasang dan surut air laut dimanfaatkan untuk mengairi melalui saluran irigasi dan drainase. Sawah pasang surut umumnya terdapat di sekitar jalur aliran sungai besar yang terkena pengaruh pasang surut air laut.

Sawah rawa/lebak adalah sawah yang diusahakan di daerah rawa dengan memanfaatkan naik turunnya permukaan air rawa secara alami, sehingga di dalam sistem sawah rawa/lebak tidak dijumpai sistem saluran air. Sawah ini umumnya terdapat di daerah yang relatif dekat dengan jalur aliran sungai besar (permanen) yaitu di *backswamp* atau rawa belakang dengan bentuk wilayah datar agak cekung, kondisi drainase terhambat sampai sangat terhambat, permukaan air tanah dangkal bahkan hingga tergenang di musim penghujan, selalu terkena luapan banjir atau kebanjiran dari sungai di dekatnya selama jangka waktu tertentu dalam satu tahun. Oleh karena itu sawah ini baru dapat ditanami padi setelah air genangan menjadi dangkal (surut), dan umumnya terjadi pada musim kemarau. Di daerah lebak dangkal umumnya dapat ditanami padi 2 kali setahun, sedangkan di lebak dalam hanya ditanami padi sekali setahun.

JENIS DAN SEBARAN LAHAN SAWAH

Jenis lahan sawah yang terdapat di Indonesia berdasarkan sistem pengairannya dibedakan atas 4 jenis, yaitu: sawah irigasi, sawah tadah hujan, sawah pasang surut, dan sawah lebak. Sawah irigasi dibedakan atas sawah irigasi teknis, sawah irigasi setengah (semi) teknis, dan sawah irigasi sederhana. Luas baku lahan sawah di Indonesia berdasarkan hasil sensus pertanian oleh BPS tahun 2008 adalah 7,89 juta ha, terdiri dari lahan sawah irigasi seluas ± 4,75 juta ha, sawah tadah hujan ± 2,88 juta ha, sawah pasang surut ± 0,657 juta ha, dan sawah lebak ± 0,387 juta ha (Tabel 1). Namun berdasarkan hasil kesepakatan berbagai

instansi/lembaga terkait dengan luas dan sebaran lahan sawah diantaranya BPN, Kementan, PU, Bakosurtanal, dan Lapan yang selanjutnya dikoordinasikan oleh BPN pada tahun 2011, maka disepakati luas baku lahan sawah saat ini adalah ± 8,106 juta ha (Tabel 2).

Tabel 1. Luas lahan sawah berdasarkan jenis pengairan pada tahun 2008

Provinsi	Luas lahan (ha)						
	Irigasi teknis	Irigasi semi teknis	Irigasi sederhana	Tadah hujan	Pasang surut	Lainnya	Jumlah
Sumatera	327.525	271.580	528.055	615.493	324.231	273.758	2.340.642
Kalimantan	24.890	30.278	138.382	365.152	331.072	106.145	995.919
Sulawesi	270.018	128.209	216.064	275.923	1.584	458	892.256
Luar Jawa	714.683	598.861	974.262	1.324.990	656.887	380.649	4.650.332
% Luar Jawa	9,06	7,59	12,35	16,80	8,33	4,83	58,97
Jawa	1.471.199	391.584	601.972	763.632	659	6.500	3.235.546
% Jawa	18,66	4,97	7,63	9,68	0,01	0,08	41,03
Total Indonesia	2.185.882	990.445	1.576.234	2.088.622	657.546	387.149	7.885.878

Tabel 2. Luas lahan sawah berdasarkan jenis pengairan pada tahun 2011

No.	Provinsi	Sarana irigasi (ha)					Luas (ha)
		Irigasi teknis	Irigasi semi teknis	Irigasi sederhana	Tadah hujan	Pasang surut	
I	Pulau Sumatera						
1.	NAD	44.940	90.451	173.822	47.688	1.250	358.151
2.	Sumatera Utara	147.484	163.149	241.803	39.678		592.114
3.	Sumatera Barat	25.938	94.952	107.193	10.408	1.358	239.849
4.	Riau		44.911	9.020	66.710		120.640
5.	Jambi	11.878	20.501	23.056	13.603	92.302	161.341
6.	Sumatera Selatan	31.921	147.224	61.451	133.720	108.500	482.816
7.	Bengkulu		1.262	36.202	25.416	309	63.189
8.	Lampung	76	327.825	44.920	2.574	946	376.342
9.	Kep. Babel			164	3.859		4.023
10.	Kep. Riau				253		253
	Sumatera	262.237	890.275	697.630	343.908	204.666	2.398.716
II	Pulau Jawa						
11.	Banten	97.050	54.181	12.565	32.769		196.565
12.	DKI. Jakarta	1.756					1.756
13.	Jawa Barat	481.022	185.350	54.448	319.007		1.039.828
14.	Jawa Tengah	484.105	349.523	17.761	213.387		1.064.776
15.	DI. Yogyakarta	25.104	13.440	1.389	17.442		57.376
16.	Jawa Timur	346.124	374.586	33.161	330.408		1.084.278
	Jawa	1.435.161	977.080	119.325	913.013	-	3.444.579
III	Pulau Bali						
17.	Bali		71.600	4.230	173		76.003
	Bali	-	71.600	4.230	173	-	76.003
IV	Pulau NTB dan NTT						
18.	Nusa Tenggara		150.342	26.531	1.082		177.955

No.	Provinsi	Sarana irigasi (ha)					Luas (ha)
		Irigasi teknis	Irigasi semi teknis	Irigasi sederhana	Tadah hujan	Pasang surut	
	Barat						
19.	Nusa Tenggara Timur				107.897		107.897
	Nusa Tenggara	-	150.342	26.531	108.979	-	285.852
V	Pulau Kalimantan						
20.	Kalimantan Barat		6.793	60.716	187.754		255.263
21.	Kalimantan Tengah		38.418	12.916	52.567	56.724	160.624
22.	Kalimantan Selatan	18.011	5.792	47.879	208.075	125.644	405.402
23.	Kalimantan Timur			39.945	55.841	20.532	116.318
	Kalimantan	18.011	51.003	161.456	504.236	202.900	937.607
VI	Pulau Sulawesi						
24.	Sulawesi Utara				57.669		57.669
25.	Sulawesi Tengah			124.465	45.207		169.672
26.	Sulawesi Selatan	58.867	24.918	282.379	130.514		496.678
27.	Sulawesi Tenggara			85.024	4.230		89.253
28.	Gorontalo		24.921		277		25.198
29.	Sulawesi Barat			13.892	34.109	29	48.030
	Sulawesi	58.867	49.839	505.760	272.006	29	886.501
VII	Pulau Maluku						
30.	Maluku			11.007	6.047		17.054
31.	Maluku Utara			4.659	50		4.710
	Maluku	-	-	15.666	6.097	-	21.763
VIII	Pulau Papua						
32.	Papua			29.751	6.799		36.550
33.	Papua Barat				19.290		19.290
	Papua	-	-	29.751	26.089	-	55.840
Total		1.774.276	2.190.139	1.560.349	2.174.501	407.594	8.106.860
Persentase (%)		21,89	27,02	19,25	26,82	5,03	100,00

Dari Tabel 2 tampak bahwa luas lahan sawah di Indonesia seluruhnya pada tahun 2011 adalah seluas 8.106.860 ha, lebih tinggi dari data pada tahun 2008. Perbedaan tersebut terjadi karena data luas lahan sawah tahun 2011 berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan secara spasial, sedangkan data tahun 2008 adalah hasil sensus yang diperoleh berdasarkan wawancara atau data tabular. Selain itu juga adanya pencetakan sawah yang dibiayai pemerintah pusat dan daerah serta oleh masyarakat petani sendiri. Sawah tersebut terdiri dari lahan sawah irigasi seluas 5.524.764 ha, lahan sawah tadah hujan 2.174.501 ha, dan sawah pasang surut 407.594 ha. Sawah irigasi dibedakan lagi menjadi sawah irigasi teknis seluas 1.774.276 ha, sawah irigasi semi teknis 2.190.139 ha, dan sawah irigasi sederhana seluas 1.560.349 ha.

Berdasarkan status pengairannya, lahan sawah irigasi teknis maupun semi teknis adalah yang terluas sekitar 3,96 juta ha, tersebar terutama di Jawa dan Sumatera,

sedangkan pulau lainnya seperti Sulawesi dan Kalimantan didominasi oleh sawah irigasi sederhana dan tadah hujan. Sebagian besar dari luasan sawah irigasi dilayani oleh sumber air berupa bendungan kecil, sumber air lokal, dan bendungan sungai kecil, sedangkan yang dilayani oleh waduk air permanen skala kecil, sedang, dan besar hanya 10% dari luas lahan irigasi. Kondisi ini menunjukkan bahwa produksi pangan beras nasional sangat tergantung pada pola dan curah hujan sewaktu. Lahan sawah tadah hujan mencapai luas 2,17 juta ha dan sawah irigasi sederhana seluas 1,56 juta ha. Sawah tadah hujan dan irigasi sederhana tersebar di Jawa, Sumatera, Kalimantan, dan Sulawesi. Luas lahan sawah pasang surut mencapai luas 0,407 juta ha, tersebar di Sumatera dan Kalimantan.

JENIS DAN KARAKTERISTIK TANAH SAWAH

Tanah sawah adalah tanah yang digunakan untuk bertanam padi sawah, baik terus-menerus sepanjang tahun maupun bergiliran dengan tanaman palawija. Istilah tanah sawah bukan merupakan istilah taksonomi atau klasifikasi tanah, tetapi merupakan istilah umum atau jenis penggunaan lahan. Segala macam jenis tanah dapat disawahkan asalkan air cukup tersedia. Selain itu lahan sawah dapat ditemukan pada berbagai kondisi iklim, sehingga sifat tanah lahan sawah sangat beragam sesuai dengan sifat tanah asalnya.

Berdasarkan hasil tumpangtepat peta lahan sawah skala 1:250.000 dengan atlas sumberdaya tanah eksplorasi (Puslittanak, 2000), lahan sawah di Indonesia terdapat di 10 jenis tanah utama (ordo tanah). Menurut sistem taksonomi tanah (USDA, 1999; 2010), yaitu ordo Histosols, Entisols, Mollisols, Inceptisols, Andisols, Vertisols, Spodosols, Alfisols, dan Oxisols (Tabel 3). Dari tabel tersebut tampak bahwa tanah yang dominan adalah Inceptisols mencapai ± 3,76 juta ha atau 46,40% dari total lahan sawah, sedangkan jenis tanah berikutnya adalah Entisols 1,26 juta ha, Vertisols 0,676 juta ha, Ultisols 0,60 juta ha, Alfisols 0,55 juta ha, Andisols 0,405 juta ha, Oxisols 0,39 juta ha, Histosols 0,305 juta ha, Mollisols 0,145 juta ha, dan Spodosols sangat sedikit yakni hanya sekitar 7.747 ha. Lahan sawah tersebut sebagian besar terdapat di dataran rendah dan sebagian kecil di dataran tinggi sampai ketinggian 1.000 m dpl. Berdasarkan data yang dikemukakan oleh Soepraptohardjo dan Suhardjo (1978) *dalam* Harjowigeno *et al.* (2004), diperkirakan sekitar 70% tanah sawah di dataran rendah Indonesia termasuk dalam ordo Inceptisols, Entisols, dan Vertisols (sepadan dengan Aluvial, Tanah Glei, Regosol, dan Grumusol), sekitar 22% merupakan pesawahan *uplands* di daerah volkan yang termasuk dalam ordo Ultisols, Inceptisols, Andisols, dan Alfisols (sepadan dengan Latosol, Regosol, Andosol, dan Mediteran). Sedangkan sekitar 6% merupakan pesawahan pada tanah-tanah masam yang termasuk ke dalam ordo Ultisols dan Oxisols (Podsolik Merah Kuning).

Menurut Harjowigeno *et al*. (2004), tanah sawah di dataran rendah didominasi (55%) oleh subordo Aquepts dan Aquents (Aluvial dan Tanah Glei), sedangkan tanah sawah di daerah *uplands* didominasi (17%) oleh subordo Udepts (Latosol dan Regosol).

Tanah-tanah sawah yang termasuk ke dalam subordo Aquepts dan Aquents, umumnya berasal dari tanah dengan air tanah sangat dangkal atau selalu tergenang air, khususnya di daerah pelembahan atau lahan rawa. Sedangkan yang termasuk Udepts, umumnya berasal dari tanah kering yang disawahkan.

Tabel 3. Jenis tanah utama pada lahan sawah di Indonesia

Klasifikasi tanah (USDA, 2010)	Irigasi teknis	Irigasi semi teknis	Irigasi sederhana	Tadah hujan	Pasang surut	Luas	
						ha	%
Histosols	49	71.165	41.506	75.314	117.146	305.180	3,76
Entisols	287.305	379.131	144.768	231.395	221.038	1.263.637	15,59
Mollisols	16.720	28.161	10.300	90.432	0	145.613	1,80
Inceptisols	832.599	963.967	969.786	928.572	66.709	3.761.633	46,40
Andisols	24.887	167.251	63.664	149.563	264	405.629	5,00
Vertisols	327.670	152.417	66.240	129.656	0	675.982	8,34
Spodosols		0	277	7.444	26	7.747	0,10
Alfisols	187.541	157.016	51.743	156.058	0	552.358	6,81
Ultisols	66.469	134.624	140.256	258.594	1.040	600.984	7,41
Oxisols	31.037	136.408	71.809	147.472	1.371	388.096	4,79
Total	1.774.276	2.190.139	1.560.349	2.174.501	407.594	8.106.860	100,00

Sumber: Diolah dari peta lahan sawah BPN (2011) dengan peta sumberdaya tanah eksplorasi Indonesia (Puslittanak, 2000).

Ordo tanah sawah lain yang cukup luas adalah Vertisols (Grumusol) sekitar 7%, terutama subordo Aquerts, Uderts, dan Usterts; Ultisols dan Oxisols (Podsolik Merah Kuning), sekitar 6%, dengan subordo utama Aquults dan Udults, serta Aquoxs dan Udoxs; Alfisol (Mediteran Merah Kuning), sekitar 4%, terutama subordo Aqualfs, Udalfs, dan Ustalfs; Andisols (Andosols), sekitar 1%, yang utamanya masuk subordo Udands, Ustands, dan Aquands. Beberapa tanah sawah bukaan baru di daerah "*uplands*" di luar Jawa, umumnya termasuk dalam ordo Ultisols dan Oxisols (Podsolik Merah Kuning, Lateritik, Latosol). Tanah sawah yang termasuk Oxisols jumlahnya masih sangat sedikit, diperkirakan <1% dari seluruh tanah sawah yang ada (Harjowigeno *et al.* 2004). Sedangkan berdasarkan hasil tumpangtepat antara peta lahan sawah dan peta sumberdaya tanah eksplorasi (Puslittanak, 2000), ordo tanah Vertisols pada lahan sawah sekitar 8,34%, demikian pula Ultisols dan Oxisols, masing-masing sekitar 7,41% dan 4,79%. Perbedaan tersebut dapat terjadi karena sumberdata atau peta tanah yang digunakan berbeda.

Jenis tanah Inceptisols yang disawahkan tersebar hampir di seluruh wilayah Indonesia pada dataran aluvial atau pelembahan antar perbukitan dengan sifat-sifat utama adalah tekstur bervariasi agak kasar sampai sangat halus, kedalaman tanah sedang sampai sangat dalam, drainase sedang sampai terhambat, pH sangat masam sampai netral, kapasitas tukar kation (KTK) tanah rendah sampai sangat tinggi, dan kejenuhan basa (KB)

juga rendah sampai sangat tinggi. Pada tingkat greatgroup diklasifikasikan sebagai Endoaquepts, Epiaquepts, Dystrudepts, Eutrudepts, dan Haplustepts.

Entisols yang disawahkan terluas kedua setelah Inceptisols tersebar hampir di seluruh wilayah Indonesia pada dataran aluvial dan daerah pasang surut di Sumatera dan Kalimantan. Sifat-sifat utama tanah ini adalah tekstur bervariasi agak kasar sampai halus, kedalaman tanah sedang sampai sangat dalam, drainase sedang sampai terhambat, pH sangat masam sampai netral, kapasitas tukar kation (KTK) tanah rendah sampai tinggi, dan kejenuhan basa (KB) juga rendah sampai sangat tinggi. Pada tingkat great group diklasifikasikan sebagai Endoaquents, Epiaquents, Hydraquents, dan Sulfaquents.

Vertisols atau Grumusols dalam klasifikasi tanah nasional dan FAO yang disawahkan cukup luas terutama di daerah Jawa Timur, Jawa Tengah, Sulawesi Selatan, dan Nusa Tenggara. Ciri utama tanah ini adalah mengembang pada kondisi basah dan mengkerut jika kering sebagai akibat dari komposisi mineral liatnya yang didominasi oleh liat tipe 2:1. Sifat-sifat utama lainnya adalah tekstur halus sampai sangat halus, kedalaman tanah sedang sampai sangat dalam, drainase sedang sampai terhambat, pH agak masam sampai alkalis, kapasitas tukar kation (KTK) tanah tinggi sampai sangat tinggi, dan kejenuhan basa (KB) juga tinggi sampai sangat tinggi. Pada tingkat great group diklasifikasikan sebagai Endoaquerts, Epiaquerts, dan Haplusterts.

Ultisols yang disawahkan cukup luas pada dataran tektonik dan tufa lampung, terdapat terutama di NAD, Sumbar, Sumut, Riau, Bengkulu, Sumsel, Lampung, Banten, Jawa Barat, Jawa Tengah, Kalimantan, dan Sulawesi. Sifat-sifat utama tanah ini adalah tekstur sedang sampai sangat halus, kedalaman tanah sedang sampai sangat dalam, drainase sedang sampai terhambat, pH sangat masam sampai masam, kapasitas tukar kation (KTK) tanah rendah sampai sedang, dan kejenuhan basa (KB) rendah sampai sangat rendah. Pada tingkat *great group* diklasifikasikan sebagai Hapludults, Kanhapludults, Haplaquults, Plinthudults, Paleudults, dan Plinthaquults.

Beberapa sifat fisik dan kimia tanah sawah menurut jenis tanah disajikan pada Tabel 4. Salah satu sifat fisik yang sangat khas pada tanah sawah adalah lapisan tapak bajak. Lapisan tapak bajak adalah lapisan tipis pada tanah sawah yang terbentuk akibat proses-proses pengolahan tanah, baik secara mekanik maupun secara manual. Proses-proses pengolahan sawah yang berpengaruh pada pembentukan tapak bajak diantaranya adalah pemadatan tanah yang disebabkan oleh tekanan alat berat, manusia atau binatang, dan penghancuran tanah karena proses pengolahan tanah sawah.

Tabel 4. Beberapa sifat utama tanah sawah menurut klasifikasi tanah

Klasifikasi tanah (USDA, 2010)	Kedalaman tanah	Drainase	Tekstur	Lapisan tapak bajak	pH	KTK	KB
Histosols	Dangkal-sedang	Terhambat	Matang*	-	Masam	Tinggi-sangat tinggi	Rendah-sedang
Entisols	Dangkal-sangat dalam	Sedang-terhambat	Agak kasar-halus	-/+	Sangat masam-netral	Rendah-Tinggi	Rendah-Tinggi
Mollisols	Dangkal-sangat dalam	Sedang-terhambat	Sedang-sangat halus	-	Agak masam-netral	Tinggi-Sangat tinggi	Tinggi-Sangat tinggi
Inceptisols	Dangkal-sangat dalam	Sedang-terhambat	Agak kasar-sangat halus	+/-	Sangat masam-netral	Rendah-Sangat tinggi	Rendah-Sangat tinggi
Andisols	Sedang-sangat dalam	Baik-agak terhambat	Agak kasar-sedang	-	Masam-agak netral	Rendah-Sedang	Rendah-Sedang
Vertisols	Sedang-sangat dalam	Sedang-terhambat	Halus-sangat halus	-	Agak netral-alkalis	Tinggi-Sangat tinggi	Tinggi-Sangat tinggi
Spodosols	Dalam-sangat dalam	Cepat	Kasar-agak kasar	-	Masam-agak netral	Rendah-Sedang	Rendah-Sedang
Alfisols	Sedang-sangat dalam	Sedang-Terhambat	Sedang-sangat halus	-	Agak masam-netral	Tinggi-Sangat tinggi	Tinggi-Sangat tinggi
Ultisols	Sedang-sangat dalam	Sedang-terhambat	Sedang-sangat halus	+	Sangat masam-masam	Rendah-sedang	Rendah-Sangat rendah
Oxisols	Dangkal-sangat dalam	Sedang-terhambat	Agak kasar-sangat halus	-	Sangat masam-masam	Sangat rendah-rendah	Sangat rendah-rendah

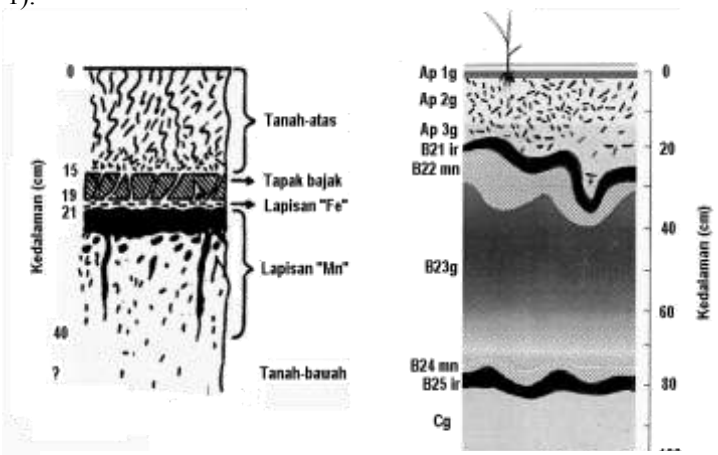
Menurut Prasetyo (2007), komposisi mineral liat dan tekstur tanah sangat berperan dalam pembentukan lapisan tapak bajak. Tanah sawah yang didominasi oleh mineral liat smektit tidak akan membentuk tapak bajak karena mineral jenis ini mempunyai sifat mengembang dan mengkerut yang sangat kuat, sehingga tidak memungkinkan terbentuknya lapisan tapak bajak. Menurut Hardjowigeno *et al.* (2004) tanah sawah berlempung halus adalah tanah sawah yang paling optimal untuk pembentukan lapisan tapak bajak dan tanah sawah dengan kandungan liat tinggi kurang nyata membentuk lapisan tapak bajak.

Pada tanah sawah yang mempunyai tekstur lempung berpasir, lapisan tapak bajak mulai terbentuk setelah tiga tahun penyawahan dengan pengolahan secara mekanis, sedangkan pada tanah sawah bertekstur halus lapisan tapak bajak baru terbentuk setelah 10 hingga 12 tahun penyawahan (Hardjowigeno *et al.* 2004). Lapisan tapak bajak setebal 20 cm baru terbentuk pada tanah sawah aluvial dalam waktu 20 tahun dengan pengelolaan menggunakan traktor berat (Munir, 1987). Menurut Kanno *et al.* (1964) lapisan tapak bajak terlihat secara jelas dan berkembang dengan baik setelah 200 tahun.

Faktor penting dalam proses pembentukan profil tanah sawah adalah genangan air di permukaan dan penggenangan serta pengeringan yang bergantian (Hardjowigeno *et al*. 2004). Selanjutnya dikemukakan bahwa proses pembentukan profil tanah sawah meliputi berbagai proses, yaitu: (a) proses utama berupa pengaruh kondisi reduksi-oksidasi (redoks) yang bergantian; (b) penambahan dan pemindahan bahan kimia atau partikel tanah; dan (c) perubahan sifat fisik, kimia, dan mikrobiologi tanah akibat penggenangan pada tanah kering yang disawahkan, atau perbaikan drainase pada tanah rawa yang disawahkan.

Secara lebih rinci, proses pembentukan profil tanah sawah meliputi (a) gleisasi dan eluviasi; (b) pembentukan karatan besi (Fe) dan mangan (Mn); (c) pembentukan warna kelabu (grayzation); (d) pembentukan selaput (cutan); (e) penyebaran kembali basa basa; dan (f) akumulasi dan dekomposisi bahan organik (Hardjowigeno *et al.* (2004).

Profil tanah sawah yang tipikal (khas) atau Aquorizem (Kanno, 1978), yang terbentuk pada tanah kering dengan air tanah dalam, seperti yang dikemukakan oleh Koenigs (1950), sedikit berbeda dengan profil tanah sawah tipikal dengan air tanah yang agak dangkal (Moormann and van Breemen, 1978) *dalam* Hardjowigeno *et al.* (2004) (Gambar 1).



Koenigs (1950) Moormann dan van Breemen (1978)

Gambar 1. Profil tanah sawah tipikal menurut Koenigs (1950), serta Moormann dan van Breemen (1978)

Pada tanah kering dengan air tanah dalam yang disawahkan, akan terbentuk susunan horizon sebagai berikut (Hardjowigeno *et al*. 2004):

1. Lapisan olah yang tereduksi dan tercuci (eluviasi) (Ap).
2. Lapisan tapak bajak (Adg).
3. Horizon iluviasi Fe (Bir) di atas horizon iluviasi Mn (Bmn), yang sebagian besar teroksidasi.
4. Horizon tanah asal, yang tidak terpengaruh persawahan (Bw, Bt).
5. Bila air tanah agak dangkal, maka di bawah horizon tersebut kemudian ditemukan;
6. Horizon iluviasi (penimbunan) Mn (Bmn) di atas horizon iluviasi Fe (Bir); horizon tereduksi permanen (Cg).

Pengamatan di berbagai tempat di Indonesia menunjukkan bahwa lebih banyak tanah sawah yang tidak menunjukkan profil tanah yang tipikal tersebut dibandingkan dengan yang memilikinya (Hardjowigeno *et al*. 2004). Hal ini disebabkan karena kebanyakan sawah di Indonesia antara lain dibuat pada tanah dengan air tanah yang sangat dangkal, atau lahan rawa yang dikeringkan, penyawahan yang terus-menerus dilakukan sepanjang tahun, tekstur tanah yang terlalu kasar atau terlalu halus, tanah yang mengembang dan mengkerut, dan sebagainya.

Karena banyak tanah sawah di Indonesia terdapat di daerah pelembahan atau dataran aluvial yang terus-menerus tergenang air, baik dari air hujan, luapan sungai maupun air tanah yang dangkal, dan kondisi relief/topografi yang tidak memungkinkan gerakan air ke bawah solum tanah, maka horizon iluviasi Fe dan Mn ataupun lapisan tapak bajak sulit terbentuk. Demikian juga tekstur tanah yang terlalu kasar atau terlalu halus, atau adanya sifat tanah mengembang dan mengkerut, menghalangi pembentukan horizon-horizon tersebut.

Menurut Kawaguchi dan Kyuma (1977) *dalam* (Hardjowigeno *et al.* 2004) seperti halnya di Indonesia, profil tanah sawah tipikal hanya terbentuk pada lahan kering yang disawahkan yang tidak mengandung mineral liat 2:1. Tanah yang hanya digenangi air pada waktu penyawahan dan kemudian dikeringkan untuk tanaman palawija atau bera pada musim berikutnya, dalam bahasa Jepang disebut *kanden*. Dengan penggunaan tanah seperti itu, profil tanah sawah tipikal di Jepang dapat terbentuk dalam jangka waktu 10–40 tahun. Menurut Kanno (1978), di Jepang juga banyak tanah sawah yang tidak memiliki susunan horizon seperti tanah sawah tipikal tersebut, karena keragaman dalam pengaruh air tanah dan air genangan (hidromorfisme).

Secara rinci ciri-ciri tanah sawah dan klasifikasinya telah dikemukakan oleh Hardjowigeno *et al.* (2004), namun secara ringkas klasifikasi tanah untuk penamaan tanah sawah adalah:

1. Tanah sawah mempunyai beberapa nama dalam sistem klasifikasi tanah secara umum yaitu: *Rice soils*, *Paddy soil*, *Lowland paddy soils*, *Artificial hydromorphic soils*, dan *Aquorizem*.
2. Dalam klasisifikasi tanah FAO (*World Reference Base for Soil Resources*) tanah sawah termasuk grup tanah "Anthrosols" (FAO, 1998). Tanah sawah dicirikan oleh horizon "anthraquic", yaitu adanya lapisan olah dan lapisan tapak bajak.
3. Dalam Taksonomi Tanah (Soil Survey Staff, 1996; 1999; 2003), tidak terdapat klasifikasi (nama) untuk tanah sawah, pada tiga kategori tertinggi yaitu pada tingkat ordo, subordo, maupun great group. Sifat-sifat khas tanah sawah baru muncul pada Taksonomi Tanah tahun 1992 (Soil Survey Staff, 1992), berdasarkan rekomendasi dari ICOMAQ (*International Committee on Aquic Soil Moisture Rezime*) yang mengusulkan adanya "saturasi anthrik", dan "kondisi anthrakuik", untuk mewadahi sifat-sifat khas tanah sawah, akibat pelumpuran dan penggenangan terus-menerus selama pertumbuhan tanaman padi sawah. Dalam dua edisi Taksonomi Tanah yang terakhir (Soil Survey Staff, 1999; 2003), klasifikasi (nama) tanah sawah ditempatkan pada tingkat subgrup, dengan menggunakan awalan "anthraquic", untuk mencerminkan adanya "kondisi anthrakuik" pada tanah sawah. Terdapat sebelas subgrup "anthraquic", yaitu masing-masing dua subgrup pada ordo Alfisols, Andisols, Entisols, Inceptisols, dan Ultisols, serta satu subgrup pada ordo Mollisols. Masing-masing subgrup tersebut adalah pada Alfisols (Anthraquic Hapludalfs dan Anthraquic Paleudalfs), Andisols (Anthraquic Hapludands dan Anthraquic Melanudands); Entisols (Anthraquic Ustifluvents dan Anthraquic Ustorthents); Inceptisols (Anthraquic Eutrudepts dan Anthraquic Haplustepts), Ultisol (Anthraquic Kanhaplohumults dan Anthraquic Paleudults), dan Mollisols (Anthraquic Haplustolls).

PENUTUP

Lahan sawah sangat penting untuk diketahui luas, sebaran, dan jenis irigasinya karena merupakan sumber penghasil kebutuhan pangan nasional khususnya beras dan untuk pengendalian dari konversi lahan ke penggunaan lainnya baik untuk non pertanian seperti industri, pemukiman, dan sarana umum maupun konversi ke bidang pertanian lainnya seperti tanaman kelapa sawit.

Luas lahan sawah berdasarkan data spasial hasil kesepakatan beberapa kementerian/lembaga pada tahun 2011 adalah 8.106.860 ha. Luas lahan sawah tersebut

didasarkan atas data spasial dari beberapa skala pemetaan (1:5.000-1:250.000). Lahan sawah terdiri dari sawah irigasi 5.524.764 ha, sawah tadah hujan 2.174.501 ha, dan sawah pasang surut 407.594 ha. Sebaran lahan sawah terluas terdapat di Jawa ± 3.444.579 ha (42,49%), disusul Sumatera ± 2.398.716 ha (29,59%), Kalimantan ± 937.607 ha (11,57%), dan Sulawesi ± 886.501 ha (10,94%). Pulau lainnya berkisar 21.763-285.852 ha.

Sifat dan jenis tanah pada lahan sawah bermacam-macam, terdiri dari 10 ordo tanah, namun yang cukup luas adalah ordo Inceptisols, Entisols, Vertisols, Ultisols, dan Alfisols. Salah satu ciri tanah sawah adalah terdapatnya lapisan tapak bajak yaitu lapisan tipis pada tanah sawah yang terbentuk oleh proses-proses pengolahan tanah, baik secara mekanik maupun secara manual. Komposisi mineral liat dan tekstur tanah sangat berperan dalam pembentukan lapisan tapak bajak disamping posisi topografi yang berkaitan dengan genangan. Pada tanah yang tergenang permanen lapisan tapak bajak sulit terbentuk.

Agar luas lahan sawah yang ada lebih akurat, maka perlu dipetakan pada skala besar menggunakan data citra satelit resolusi tinggi-menengah dan metodologi yang tepat.

DAFTAR PUSTAKA

Agus, F. dan Irawan. 2007. Agricultural land conversion as a threat to food security and environmental quality. Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian 25(3):90-98.

FAO-UN. 1998. World Reference Base for Soil Resources. World Soil Resources Reports 84, FAO, Rome.

Hardjowigeno, S., H. Subagyo, dan M.L. Rayes. 2004. Morfologi dan klasifikasi tanah sawah. Hlm. 1-28. *Dalam* F. Agus, A. Adimihardja, S. Hardjowigeno, A.M. Fagi, W. Hartatik (*Eds.*). Tanah Sawah dan Teknologi Pengelolaannya. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor.

Kanno, I., Y. Honyo, S. Arimura, and S. Tokudome. 1964. Genesis and characteristics of rice soils developed on polder lands of Shiroishi area, Kyushu. Soil Sci. Plant Nutr. 10: 1-20.

Kanno, I. 1978. Genesis of rice soils with special reference to profile development. Pp. 237-254. *In* IRRI, Soil and Rice. Los Banos, Phillipines.

Kawaguchi, K. and K. Kyuma. 1977. Paddy Soils in Tropical Asia. Their Material Nature and Fertility. Monograph, Center for Southeast Asia Studies, Kyoto University. University Press of Hawaii, Honolulu, USA.

Koenigs, F.F.F.R. 1950. A sawah profile near Bogor (Java). Contr. General Agric. Reseach Station, Bogor, No. 15.

Moormann, F.R. and N. van Breemen. 1978. Rice, Soil, Water, Land. IRRI Los Banos, Philippines.

Munir, M. 1987. Pengaruh Penyawahan terhadap Morfologi Pedogenesis, Elektrokimia, dan Klasifikasi Tanah. Disertasi Fakultas Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.

Prasetyo, B.H. 2007. Genesis tanah sawah bukaan baru. Hlm 25-52. *Dalam* Tanah Sawah Bukaan Baru. ISBN: 978-602-8039-04-8. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.

Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. 2000. Atlas Sumberdaya Tanah Eksplorasi Indonesia Skala 1:1.000.000.

Puslitbangtanak. 2003. Arahan Lahan Sawah Utama dan Sekunder Nasional di P. Jawa, P. Bali, dan P. Lombok. Laporan Akhir Kerjasama antara Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Badan Litbang Pertanian dengan Proyek Koordinasi Perencanaan Peningkatan Ketahanan Pangan, Biro Perencanaan dan Keuangan, Sekretariat Jenderal Departemen Pertanian.

Soepraptohardjo, M. and H. Suhardjo. 1978. Rice soils in Indonesia. Pp. 99-114. *In* IRRI, Soils and Rice. Los Banos, Philippines.

Soil Survey Staff. 1992. Keys to Soil Taxonomy, Fifth Edition. USDA, Natural Resources Conservation Service.

Soil Survey Staff. 1996. Keys to Soil Taxonomy, Seventh Edition. USDA, Natural Resources Conservation Service.

Soil Survey Staff. 1999. Soil Taxonomy, A Basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Second Edition. USDA, Natural Resources Conservation Service.

Soil Survey Staff. 2003. Keys to Soil Taxonomy, Ninth Edition. USDA, Natural Resources Conservation Service.

Soil Survey Staff. 2010. Keys to Soil Taxonomy, Eleventh Edition. USDA, Natural Resources Conservation Service.

Sumaryanto, S. Friyanto, dan B. Irawan. 2001. Konversi lahan sawah ke penggunaan non pertanian dan dampak negatifnya. Hlm 1-18 *Dalam* Prosiding Seminar Nasional Multifungsi Lahan Sawah, Bogor 1 Mei 2001. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Bogor.

Sutomo, S. dan K. Suhariyanto. 2005. Data Konversi Lahan Pertanian, Hasil Sensus Pertanian 2003. BPS-Statistics Indonesia.

Lampiran. Peta sawah Pulau Jawa berdasarkan status irigasi



Karakteristik dan Sebaran Lahan Sawah Terdegradasi di 8 Provinsi Sentra Produksi Padi

7

[1]Anny Mulyani, [2]Diah Setyorini, [2]Sri Rochayati, dan Irsal Las

[1]Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Jl. Tentara Pelajar No. 12 Bogor 16114

[2] Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Tanah, Jl. Tentara Pelajar No. 12 Bogor 16114

Abstrak.Lahan sawah merupakan penghasil pangan utama di Indonesia terutama komoditas strategis seperti padi, jagung dan kedelai. Lahan sawah umumnya telah digunakan secara intensif dan turun temurun, sebagian telah terdegradasi yang dicirikan oleh penurunan produktivitas tanah, kandungan C-organik dan unsur-unsur hara tanah makro, seperti P dan K, serta berubahnya lapisan bidang olah menjadi lebih dangkal. Untuk mengetahui luasan lahan sawah yang terdegradasi di 8 provinsi sentra produksi padi (Banten, Jabar, Jateng, DI Yogyakarta, Jatim, Sulsel, Sumsel dan Sumbar), telah dilakukan penilaian menggunakan parameter kandungan hara P, K serta C-organik tanah. Status hara P dan K diperoleh dari Peta Status P dan K, sedangkan kandungan C-organik melalui data sekunder analisis contoh tanah dari beberapa lokasi. Penyebaran secara spasial lahan sawah terdegradasi menggunakan teknik GIS yaitu dengan menumpangtindihkan peta lahan sawah, peta status hara P dan K, dan data kandungan C-organik. Hasil analisis menunjukkan bahwa lahan sawah dapat dikelompokkan atas 4 kelas, yaitu lahan sawah terdegradasi berat (TB), terdegradasi sedang (TS), terdegradasi ringan (TR), dan tidak terdegradasi (TT). Dari total luas lahan sawah di 8 provinsi (4,7 juta ha), sekitar 2,3 juta ha (50%) termasuk kelas terdegradasi sedang penyebaran terluas terdapat di Jatim, Jateng dan Sulsel. Sedangkan lahan sawah terdegradasi berat sekitar 1,8 juta ha (38%), terluas di Jatim, Jateng dan Jabar. Lahan sawah terdegradasi ringan dan tidak terdegradasi mencakup luasan kecil, masing-masing 8% dan 4%.

Kata kunci: sawah, degradasi lahan, sentra produksi

Abstract. *Lowland rice fields are the main food production areas of Indonesia, especially for the strategic commodities such as rice, maize and soybean. Lowland rice field have been used intensively by generations and some of the areas have been degraded as indicated by decreases of yield, soil organic carbon content, macro nutrient content including P and K and the reduction of plow layer thickness. We evaluated the distribution of degraded paddy areas in eight provinces of main rice production centre (Banten, West Java, Central Java, Yogyakarta, East Java, South Sulawesi, South Sumatra and West Sumatra). The soil P and K status were obtained from P and K Status Map, while soil organic C content was based on secondary soil C data. The spatial distribution was delineated using the GIS technique by over-laying paddy field map, soil P and K status and soil C content data. We categorized paddy fields into four classes, including highly degraded (TB), moderately degraded (TS), slightly degraded (TS) and not degraded (TT). From the total of 4.7 million ha (Mha) paddy field in the eight provinces, about 2.3 Mha (50%) was classified as TS which are distributed in East Java, Central*

Java and South Sulawesi. The TB class covers around 1.8 Mha (38%) and distributed mainly in East Java, Central Java and West Java. The TR and TT cover 8% and 4% of the total area, respectively. Several techniques are required to overcome the degradation and to maintain the rice field fertility, including improvement of fertilizer application to meet the balanced fertilization principle, organic matter and organic fertilizer management, and improved soil physical and biological management. The map of degraded paddy field distribution can be used as a basis for prioritizing the soil quality recovery based on the degradation severity to improve land productivity and fertilizer use efficiency.

Keyword: *lowland rice, land degradation, production centre*

PENDAHULUAN

Lahan sawah merupakan salah satu andalan untuk memenuhi kebutuhan pangan nasional terutama komoditas strategis seperti beras, jagung dan kedelai. Berdasarkan hasil audit lahan sawah (BPN dan Kementan, 2011), total lahan sawah di Indonesia sekitar 8,1 juta ha. Namun dengan semakin pesatnya laju pertumbuhan penduduk yang tidak seimbang dengan laju penambahan luas baku lahan sawah, serta terus meningkatnya konversi lahan sawah produktif di jalur pantura dan kota-kota besar lainnya, semakin mengancam posisi ketahanan pangan nasional di masa yang akan datang. Perubahan iklim global yang mengakibatkan makin intensifnya kekeringan dan banjir serta meningkatnya gangguan OPT, menambah ancaman bagi pemenuhan kebutuhan pangan nasional (Las dan Mulyani, 2009).

Lahan sawah di Indonesia umumnya sudah diusahakan sangat lama sejak puluhan bahkan ratusan tahun lalu yang sesungguhnya merupakan suatu sistem lahan berkelanjutan karena penyediaan dan peredaran hara yang lebih efisien, rendahnya perkolasi dan pencucian hara karena adanya tapak bajak, terjadinya penambahan hara secara alami dari air irigasi. Namun karena pengelolaan yang kurang tepat, lahan sawah mengalami degradasi yang sering disebut tanah sakit (soil fatique). Degradasi lahan sawah dapat disebabkan oleh: (1) pengurasan dan defisit hara karena terbawa panen lebih banyak dari hara yang diberikan; (2) kelebihan pemberian hara tertentu dan kekurangan hara lainnya karena pemupukan yang tidak berimbang, dan (3) penurunan kadar bahan organik tanah. Menurunnya kadar bahan organik tanah sawah banyak dipicu oleh peningkatan penggunaan pupuk kimia tanpa diikuti penggunaan pupuk organik (pupuk kandang, pupuk hijau dan kompos) yang memadai. Ini berakibat hilangnya berbagai fungsi penting bahan organik dalam memelihara produktivitas tanah yang berujung pada kerusakan fisik, kimia dan biologi tanah. Hasil penelitian Badan Litbang Pertanian (Anonim, 2006) menunjukkan bahwa sekitar 65% dari 7,9 juta ha lahan sawah di Indonesia memiliki kandungan bahan organik rendah sampai sangat rendah (C-organik <2%).

Lahan sawah sehat adalah lahan sawah yang mempunyai sifat fisik, kimia, dan biologi dalam kondisi optimum sehingga mampu memenuhi kebutuhan hara tanah secara seimbang, juga tidak mengandung bahan beracun berbahaya (B3). Secara fisik lahan sawah harus mempunyai bidang olah >25 cm yang dapat dengan mudah untuk dilumpurkan dan terbentuknya lapisan kedap air atau lapisan tapak bajak. Selain itu lahan sawah mengandung mikroba yang bermanfaat bagi tanaman. Lahan sawah yang sehat mempunyai tingkat produktivitas optimum (Anonim, 2011b).

Makalah ini menyajikan informasi karakteristik dan sebaran lahan sawah terdegradasi di 8 provinsi sentra produksi padi yaitu Banten, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, DI Yogyakarta, Sumatera Barat, Sumatera Selatan dan Sulawesi Selatan.

BAHAN DAN METODE

Kajian untuk mengetahui karakteristik dan sebaran lahan sawah terdegradasi di 8 provinsi sentra produksi padi telah dilakukan di Provinsi Banten, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, DI Yogyakarta, Sumatera Barat, Sumatera Selatan dan Sulawesi Selatan. Bahan yang digunakan adalah: 1) Peta status hara P skala 1:250.000 Provinsi Banten, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, DI Yogyakarta, Sumatera Barat, Sumatera Selatan dan Sulawesi Selatan Sumbar (Sofyan *et al,* 2000); 2) Peta status hara K skala 1:250.000 Provinsi Banten, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, DI Yogyakarta, Sumatera Barat, Sumatera Selatan, dan Sulawesi Selatan Sumbar (Sofyan *et al,* 2000); 3) Sebaran C-organik di Provinsi Banten, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, DI Yogyakarta, Sumatera Barat, Sumatera Selatan dan Sulawesi Selatan Sumbar (Kasno *et al*, 2000; Anonim, 2006); dan 4) Peta sebaran lahan sawah (BPN dan Kementan, 2011).

Berdasarkan status hara P, K dan kandungan C organik, lahan sawah dapat dikelompokkan atas kelas terdegradasi berat (TB), sedang (TS), rendah (TR) dan lahan sawah yang tidak terdegradasi (TT) seperti disajikan pada Tabel 1. Sedangkan untuk mengetahui sebaran lahan terdegradasi telah dilakukan tumpang tepat antara empat jenis peta/data di atas dengan menggunakan perangkat GIS di masing-masing provinsi.

Tabel 1. Kriteria pengelompokan lahan sawah terdegradasi

Status hara		Kandungan C	Kelas degradasi
P	K		
Rendah	Rendah	Rendah	Terdegradasi berat
Rendah	Rendah	Sedang	Terdegradasi berat
Rendah	Rendah	Tinggi	Terdegradasi berat
Rendah	Sedang	Rendah	Terdegradasi berat
Rendah	Sedang	Sedang	Terdegradasi sedang
Rendah	Sedang	Tinggi	Terdegradasi sedang
Rendah	Tinggi	Rendah	Terdegradasi berat
Rendah	Tinggi	Sedang	Terdegradasi sedang
Rendah	Tinggi	Tinggi	Terdegradasi rendah
Sedang	Rendah	Rendah	Terdegradasi berat
Sedang	Rendah	Sedang	Terdegradasi sedang
Sedang	Rendah	Tinggi	Terdegradasi rendah
Sedang	Sedang	Rendah	Terdegradasi berat
Sedang	Sedang	Sedang	Terdegradasi rendah
Sedang	Sedang	Tinggi	Tidak terdegradasi
Sedang	Tinggi	Rendah	Terdegradasi sedang
Sedang	Tinggi	Sedang	Terdegradasi rendah
Sedang	Tinggi	Tinggi	Tidak terdegradasi
Tinggi	Rendah	Rendah	Terdegradasi berat
Tinggi	Rendah	Sedang	Terdegradasi sedang
Tinggi	Rendah	Tinggi	Terdegradasi rendah
Tinggi	Sedang	Rendah	Terdegradasi sedang
Tinggi	Sedang	Sedang	Terdegradasi rendah
Tinggi	Sedang	Tinggi	Tidak terdegradasi
Tinggi	Tinggi	Rendah	Terdegradasi sedang
Tinggi	Tinggi	Sedang	Tidak terdegradasi
Tinggi	Tinggi	Tinggi	Tidak terdegradasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Status hara P dan K

Salah satu cara mengetahui penurunan atau degradasi tanah sawah digunakan parameter kandungan hara P, K. Balai Penelitian Tanah telah melakukan pemetaan status hara P dan K baik pada skala 1:250.000 (17 provinsi) maupun pada skala 1:50.000 (beberapa kabupaten). Peta status hara P dan K tersebut menyajikan penyebaran dan luas lahan sawah secara spasial dan menginformasikan wilayah yang mempunyai kandungan hara P dan K rendah, sedang dan tinggi. Hasil identifikasi status hara P dan K di 8 provinsi sentra produksi padi disajikan pada Tabel 2 dan 3. Dari tabel tersebut terlihat bahwa sebagian besar wilayah lahan sawah mempunyai kandungan P dan K sedang dan tinggi.

Tabel 2. Sebaran status hara P di 8 provinsi sentra produksi padi

Provinsi	Status hara P (P_2O_5 terekstrak HCl 25%) (ha)			Jumlah (ha)
	Rendah (<20 mg/100 g)	Sedang (20-40 mg/100g)	Tinggi (<20 mg/100g)	
Banten	70.853	108.351	59.300	238.504
Jawa Barat	156.238	355.015	427.975	939.228
Jawa Tengah	90.064	275.553	686.306	1.051.922
Jawa Timur	65.228	313.659	764.507	1.143.394
D.I. Yogyakarta	455	5.531	63.078	69.064
Sulawesi Selatan	26.691	89.142	465.657	581.490
Sumatera Barat	96.347	211.649	122.458	430.454
Sumatera Selatan	7.079	143.269	85.354	235.701
Jumlah	512.954	1.502.168	2.674.635	4.689.757

Sumber: Sofyan *et al.* (2000)

Tabel 3. Sebaran status hara K di 8 provinsi sentra produksi padi

Provinsi	Status hara K (K_2O terekstrak KCl 25%) (ha)			Jumlah
	Rendah (<10 mg/100g)	Sedang (10-20 mg/100g)	Tinggi (>20 mg/100g)	
Banten	49.524	35.956	153.024	238.504
Jawa Barat	105.465	396.160	437.603	939.228
Jawa Tengah	101.456	576.349	374.117	1.051.922
Jawa Timur	166.529	494.545	482.321	1.143.394
D.I. Yogyakarta	17.478	51.586	0	69.064
Sulawesi Selatan	115.541	175.598	290.351	581.490
Sumatera Barat	71.478	183.493	175.483	430.454
Sumatera Selatan	79.818	138.164	17.719	235.701
Jumlah	707.288	2.051.852	1.930.617	4.689.757

Sumber: Sofyan *et al*. (2000)

Kandungan bahan organik

Untuk penyusunan lahan sawah terdegradasi telah digunakan data hasil analisis Balai Penelitian Tanah, yang menghimpun 1.577 contoh tanah sawah yang menyebar di seluruh Indonesia. Hasil analisis menunjukkan bahwa dari 8,1 juta ha lahan sawah di Indonesia, sekitar 65% tanah sawah mempunyai kandungan C-organik rendah sampai sangat rendah (C-organik < 2%), dan hanya 35% yang mempunyai kandungan C-organik > 2 %, inipun terjadi pada lahan sawah yang bergambut (Kasno *et al*, 2000). Rendahnya kandungan bahan organik tanah kemungkinan disebabkan pengelolaan hara yang kurang bijak serta pengangkutan jerami sisa panen keluar lahan, sehingga sebagian besar lahan sawah berkadar bahan organik rendah sampai sangat rendah (C-organik <2%). Hal ini terutama pada wilayah yang memanfaatkan limbah jerami untuk kegiatan lain seperti untuk pengembangan jamur merang dan pakan ternak sapi.

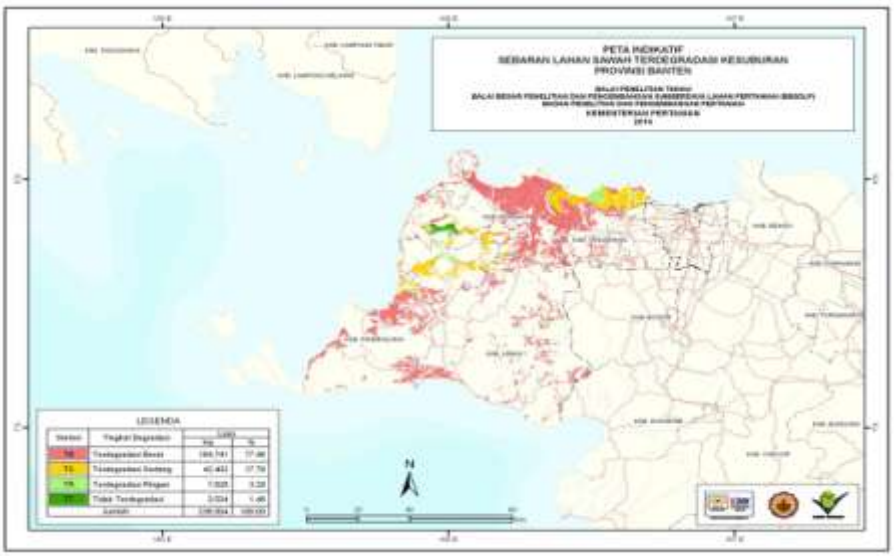
Untuk mengelompokkan lahan sawah terdegrdasi, diperlukan data kandungan bahan organik yang lebih banyak, namun belum semua lokasi mempunyai data sebaran kandungan bahan organik. Oleh karena itu, dalam pengelompokan lahan sawah terdegradasi ini digunakan beberapa asumsi. Misalnya, rata-rata kandungan C-organik tanah sawah di Jawa Barat termasuk kelas sedang, sehingga untuk wilayah lainnya di Jawa Barat yang tidak mempunyai data C-organik akan diasumsikan termasuk kelas sedang (2-3%) dan atau mempertimbangkan rata-rata tingkat produktivitas padi pada tingkat kabupaten.

Seiring dengan meningkatnya intensitas tanam di lahan sawah intensifikasi, waktu yang tersedia untuk pengolahan tanah juga semakin sempit sehingga praktek petani dalam mengolah tanahnya juga ikut berubah. Di lahan sawah intensifikasi di jalur Pantura ditengarai telah terjadi pendangkalan atau lapisan olah tanah dangkal, sehingga produktivitas tanaman menurun. Tanah yang mempunyai lapisan olah dalam (>20 cm) berpeluang memberikan produktivitas tanaman yang tinggi karena perakaran tanaman dapat berkembang lebih sempurna.

Sebaran lahan sawah terdegradasi

Berdasarkan peta status hara P dan K, serta kandungan bahan organik tanah, lahan sawah dapat dikelompokkan menjadi 4 kelas yaitu lahan terdegradasi berat (TB), terdegradasi sedang (TS), terdegradasi ringan (TR) dan lahan tidak terdegradasi (TT). Pada wilayah yang mempunyai status P, K, dan C-organik termasuk tinggi dan atau sedang dikelompokkan sebagai lahan tidak terdegradasi, sehingga tidak diprioritaskan untuk dilakukan pemulihan kesuburan tanahnya. Lahan yang termasuk prioritas pertama untuk dilakukan pemulihan kesuburannya adalah lahan sawah yang mempunyai kandungan P dan K rendah sampai sedang, dengan kandungan C-organik rendah (tanah yang terdegradasi berat).

Berdasarkan kriteria pada Tabel 1, telah disusun penyebaran lahan sawah terdegrasi secara spasial. Contoh peta indikatif sebaran lahan sawah terdegradasi dapat dilihat pada Gambar 1. Berdasarkan peta tersebut, sebaran lahan sawah yang mengalami degradasi dapat dirinci menurut kabupaten pada masing-masing provinsi. Bahkan melalui kajian yang lebih rinci, peta tersebut dapat menyajikan lahan sawah terdegradasi pada tingkat kecamatan.



Gambar 1. Peta sebaran lahan sawah terdegradasi di Provinsi Banten

Tabel 4. Penyebaran lahan sawah terdegradasi di 8 provinsi

Provinsi	TB	TS	TR	TT	Jumlah
Banten	184.741	42.402	7.828	3.534	238.504
Jabar	289.834	283.995	251.280	114.119	939.228
Jateng	472.815	504.216	40.852	34.038	1.051.922
Jatim	472.743	655.458	8.084	7.110	1.143.394
DI. Yogyakarta	8.998	23.313	36.753	-	69.064
Sulsel	117.184	433.922	9.350	21.034	581.490
Sumsel	117.807	310.927	1.720	-	430.454
Sumbar	114.562	78.192	12.731	30.216	235.701
Jumlah	1.778.683	2.332.425	368.598	210.051	4.689.757
Persentase (%)	38	50	8	4	100

Keterangan: TB= terdegradasi berat, TS= terdegradasi sedang, TR= terdegradasi rendah, dan TT= tidak terdegradasi.

Pada Tabel 4 terlihat bahwa dari luas total lahan sawah di 8 provinsi (4,7 juta ha), sebagian besar lahan sawah tersebut termasuk pada kelas terdegradasi sedang (TS) seluas 2,3 juta ha (50%), penyebaran terluas terdapat di Jatim, Jateng dan Sulsel. Sedangkan yang termasuk lahan terdegradasi berat (TB) sekitar 1,8 juta ha (38%), terluas di Provinsi Jatim, Jateng dan Jabar. Untuk lahan yang terdegradasi rendah (TR) dan tidak terdegradasi (TT) mencakup luasan kecil, masing-masing 8% dan 4%, terluas di Jawa Barat.

Teknologi Pemulihan Kesuburan Tanah Sawah

Untuk mengatasi degradasi dan menjaga kesuburan tanah sawah diperlukan teknologi antara lain perbaikan dosis pupuk sesuai konsep pemupukan berimbang, pengelolaan bahan organik, penggunaan pupuk organik dan hayati, pengelolaan tanah (Anonim 2010).

Pemupukan berimbang

Pemupukan berimbang adalah pemberian pupuk ke dalam tanah untuk mencapai status semua hara esensial seimbang dan optimum dalam tanah untuk meningkatkan produksi dan mutu hasil pertanian, efisiensi pemupukan, kesuburan tanah serta menghindari pencemaran lingkungan. Pemupukan berimbang tidak harus merupakan pemupukan dengan menggunakan semua jenis pupuk. Sebagai contoh, untuk mencapai hasil gabah padi sebanyak 4 ton ha^{-1}, maka diperlukan N sebanyak 90 kg, P 13 kg, K 108 kg, Ca 11 kg, Mg 10 kg dan S 4 kg. Hara dengan jumlah tersebut tersimpan di dalam batang, daun dan gabah padi. Ketika gabah padi yang berjumlah 4 ton tersebut diangkut ke luar ladang, maka akan terangkut pula hara tersebut. Dengan demikian, apabila jerami padi dikembalikan sebagai pupuk organik maka sebagian besar hara yang terkandung di dalam jerami (sekitar 30 kg N, 2 kg P, 93 kg K, 10 kg Ca, 6 kg Mg dan 1 kg S) akan dapat dimanfaatkan kembali oleh tanaman yang berikutnya. Hara mikro diperlukan tanaman dalam jumlah yang sangat sedikit namun sangat berpengaruh terhadap produksi dan kualitas hasil. Penggenangan terus menerus dan pemupukan N dan P dosis tinggi dapat menurunkan ketersediaan hara mikro, terutama hara Zn dan Cu serta unsur hara makro lainnya seperti S, Ca dan Mg (Setyorini dan Abdurachman, 2009).

Pupuk organik

Pupuk organik didefinisikan sebagai pupuk yang berasal dari tumbuhan dan atau kotoran hewan dan/atau bagian hewan dan/atau limbah organik lainnya yang telah melalui proses rekayasa, berbentuk padat atau cair dan dapat diperkaya dengan bahan mineral alami dan/atau mikroba yang bermanfaat memperkaya hara, bahan organik tanah, dan memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Pupuk organik dapat berasal dari limbah/hasil pertanian, sisa tanaman, sisa hasil pertanian, pupuk kandang dan pupuk hijau, limbah pasar dan perkotaan. Saat ini pupuk organik juga dibuat dari limbah industri pertanian, industri minuman dan makanan, serta industri kimia (Anonim, 2010).

Peranan bahan organik terhadap kesuburan fisik, kimia dan biologi tanah sangat besar, tetapi karena kandungan haranya rendah, maka harus dipadukan dengan pupuk an-organik. Penggunaan pupuk N, P dan K ditambah dengan jerami padi dapat meningkatkan produktivitas padi sawah 10-15% dan mempertahankan kadar bahan organik tanah,

mengurangi penciutan kadar K, Mg dan Si tanah, serta dapat mempertahankan KTK tanah sawah (Adiningsih, 1988).

Pemulihan kesuburan tanah sawah melalui penggunaan pupuk organik diharapkan dapat berperan memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Perbaikan sifat fisika tanah yang dapat terjadi adalah: (a) mengurangi laju perkolasi, dan (b) meringankan pengolahan tanah. Sedangkan secara kimia pupuk organik dapat menyediakan sejumlah kecil hara makro (N, P, K, Ca, Mg dan S) dan mikro seperti Zn, Cu, Mo, Co, B, Mn dan Fe, (b) mencegah kahat unsur mikro pada tanah sawah yang diusahakan secara intensif dengan pemupukan yang kurang seimbang; (c) meningkatkan Kapasitas Tukar Kation (KTK) tanah, (d) membentuk senyawa kompleks dengan ion logam seperti Al, Fe dan Mn sehingga logam-logam ini tidak meracuni (Anonim, 2010). Perbaikan sifat biologi tanah adalah sebagai sumber energi dan makanan bagi mikro dan meso fauna tanah sehingga aktivitas organisme tanah meningkat dalam membantu ketersediaan hara, siklus hara, dan pembentukan pori mikro dan makro tanah, menjadi lebih baik.

Pupuk hayati

Mikroba tanah bersama bahan organik tanah merupakan komponen penting dalam tanah dan berperan sebagai penyangga biologi tanah yang menjaga penyediaan hara dalam jumlah berimbang bagi tanaman. Mikroba penting di lahan sawah antara lain adalah mikroba penambat N dari udara, mikroba pelarut P dan mikroba yang dapat mengubah elemen S menjadi sulfat sehingga tersedia bagi tanaman. Mikroba perombak (*decomposer*) perlu ditambahkan untuk mempercepat waktu dekomposisi jerami sehingga dapat dikembalikan ke lahan dengan segera (Saraswati *et al*, 2004).

Penelitian di bidang mikrobiologi tanah telah menghasilkan inokulan-inokulan unggulan dari mikroba-mikroba tersebut dan telah dikemas sebagai pupuk hayati. Inokulan mikroba pelarut P telah dihasilkan, terdiri dari *Psedomonas spp*, dapat meningkatkan ketersediaan/kelarutan P pada tanah sawah sehingga berpotensi untuk meningkatkan hasil gabah, demikian pula mikroba pemacu tumbuh, penambat N hidup bebas pada tanaman padi (Saraswati *et al*, 2004).

Rekomendasi pemulihan kesuburan tanah sawah

Sesuai dengan intensitas degradasi lahan sawah yang terjadi di lahan sawah, maka dibuat 4 kelompok rekomendasi sesuai dengan kriteria lahan terdegradasi yang ada (Tabel 5). Perbedaan tingkat rekomendasi terutama untuk pemberian pupuk SP-36, pupuk KCl, pupuk organik dan jenis pengolahan tanah. Pupuk organik disini maksudnya adalah pemberian jerami yang sudah dikomposkan. Sedangkan untuk pemberian pupuk hayati dan dekomposer dosisnya sama untuk setiap jenis sawah yaitu 2 liter ha^{-1} untuk pupuk

hayati dan 5-6 kg ha^{-1} untuk dekomposer. Dekomposer ini digunakan untuk mempercepat dekomposisi bahan organik dimana jerami merupakan sumber utama bahan organik di lahan sawah.

Tabel 5. Rekomendasi pemupukan berdasarkan tingkat degradasi kesuburan tanah

Anjuran*	Tingkat degradasi		
	Ringan	Sedang	Berat
1. Pupuk SP-36	50-75 kg SP-36 ha^{-1}	75-100kg SP-36 ha^{-1}	75-100kg SP-36 ha^{-1}
2. Pupuk KCl	0-50 kg KCl ha^{-1}	50-100 kg KCl ha^{-1}	50-100 kg KCl ha^{-1}
3. Pupuk organik**	2 t ha^{-1} musim^{-1}	2 t ha^{-1}musim^{-1} (terus menerus)	3 t ha^{-1}musim^{-1} (terus menerus)
4. Pupuk hayati	200g ha^{-1}	200g ha^{-1}	200g ha^{-1} (2liter ha^{-1})
5. Dekomposer***	(2 liter ha^{-1}) 5-6 kg ha ^{1}	(2 liter ha^{-1}) 5-6 kg/ha	5-6 kg ha^{-1}
Pengolahan tanah	Rotary	Bajak sampai 20cm+Rotary	Bajak sampai 20cm+Rotary

Catatan:
* sesuai dengan kriteria di atas
** sebagai pupuk organik adalah jerami yang dikomposkan
*** dekomposer digunakan untuk mempercepat dekomposisi bahan organik (jerami sebagai sumber utama bahan organik di lahan sawah)

Perkiraan efisiensi penggunaan pupuk anorganik

Respon peningkatan produktivitas padi akibat pemberian pupuk organik yang dikombinasikan dengan pupuk anorganik terlihat secara perlahan dan bertahap. Diperkirakan produktivitas meningkat 10-25% selama 10 tahun, tergantung pada dosis pemberian, varietas, jenis dan tingkat pengelolaan tanah.

Pemberian pupuk organik terus menerus setiap musim dapat mengefisienkan pupuk an-organik sehingga dosisnya semakin rendah. Selain itu, dosis pupuk organik juga semakin menurun karena kesuburan tanah sudah semakin meningkat dicirikan dengan meningkatnya populasi, aktivitas dan keragaman mikroba dalam tanah (Anonim, 2011a).

Penggunaan pupuk organik dapat mengefisienkan pupuk an-organik seperti SP-36 dan KCl. Pemberian kompos jerami dapat mengefisienkan pupuk SP-36 sekitar 30% dan pupuk KCl 40%. Perkiraan efisiensi penggunaan pupuk anorganik disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Penghematan pupuk anorganik yang diperoleh akibat penerapan teknologi pemulihan lahan

Provinsi	Kebutuhan pupuk (Konvensional)		Kebutuhan pupuk (Teknologi)		Penghematan pupuk (ribu ton)	
	SP-36	KCl	SP-36	KCl	SP-36	KCl
Jawa Timur	68.375	23.611	39.990	14.167	28.385	9.444
Jawa Tengah	61.693	23.641	36.246	14.184	25.447	9.456
DIY	2.754	450	1.030	270	1.724	180
Jawa Barat	42.219	14.492	21.592	8.695	20.628	5.797
Banten	16.171	9.237	10.297	5.542	5.874	3.695
Sulawesi Selatan	30.719	5.859	16.707	3.516	14.011	2.344
Sumatera Barat	12.820	5.728	7.683	3.437	5.137	2.291
Sumatera Selatan	24.425	5.890	13.664	3.534	10.761	2.356

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Lahan sawah intensif di 8 sentra produksi padi mencapai 4,7 juta ha dan sekitar 1,8 juta ha atau 38% termasuk lahan sawah terdegradasi berat (TB) karena kandungan P dan bahan organik rendah. Oleh karena itu, pemupukan berimbang, penggunaan pupuk hayati (mikroba pelarut P) dan pemberian pupuk organik sangat dianjurkan pada daerah seperti ini untuk meningkatkan produktivitas.
2. Lahan sawah yang terdegradasi berat karena bahan organik dan kalium rendah dapat terjadi pada daerah yang jeraminya diangkut ke luar lahan sawah untuk keperluan lain seperti pakan ternak dan usaha jamur merang. Oleh sebab itu, proporsi pengangkutan jerami keluar lahan harus ikut dipertimbangkan agar tanah sawah tersebut tidak semakin miskin unsur hara K dan bahan organik.

DAFTAR PUSTAKA

Adiningsih, J.S. 1988. Peranan limbah pertanian khususnya jerami dalam penerapan pemupukan berimbang. Pros. Pertemuan Teknis Penelitian Tanah. Cipayung, 18-20 Maret 1986. hal. 203-215. Pusat Penelitian Tanah, Bogor

Anonim. 2006. Keputusan Menteri Pertanian Nomor 01/SR.130/01/ 2006 tentang Rekomendasi Pemupukan N, P, dan K Pada Padi Sawah Spesifik Lokasi. Departemen Pertanian.

Anonim. 2010. Policy Brief: Pemulihan Kesuburan Tanah pada Lahan Sawah Berkelanjutan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian. Jakarta.

Anonim. 2011a. Peta Potensi Penghematan Pupuk Anorganik dan Pengembangan Pupuk Organik pada Lahan Sawah. Program 100 hari Kabinet Indonesia Bersatu Jilid II, Kementerian Pertanian, Jakarta.

Anonim. 2011b. Peta Indikatif Sebaran Lahan Sawah Terdegradasi Kesuburan. Program 100 hari Kabinet Indonesia Bersatu Jilid II, Kementerian Pertanian, Jakarta.

BPN dan Kementan. 2011. Sinkronisasi Luas Baku Lahan Sawah untuk Mendukung Surplus Beras 10 juta ton pada tahun 2014. Badan Pertanahan Nasional dan Kementerian Pertanian, Jakarta.

Kasno, A., D. Setyorini, dan Nurjaya. 2000. Status C-organik lahan sawah di Indonesia. Konggres Himpunan Ilmu Tanah Indonesia (HITI) di Universitas Andalas, Padang.

Las, I. dan A.Mulyani. 2009. Sumberdaya Lahan Potensial Tersedia Untuk Mendukung Ketahanan Pangan Dan Energi. Proseding Semi Loka Ketersediaan Lahan untuk Ketahanan Pangan dan BIoenergi Mendatang. Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Saraswati, R., T. Prihatini, dan R.D. Hastuti. 2004. Teknologi pupuk mikroba untuk meningkatkan efisiensi pemupukan dan keberlanjutan sistem produksi padi sawah. Hal 169-189 Dalam Agus, F., A. Abdurachman, S. Hardjowigeno, A.M. Fagi, dan W. Hartatik (eds.). Tanah Sawah dan Pengelolaannya. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor.

Setyorini, D. dan S. Abdulrachman. 2009. Hara Mineral Tanaman Padi. Balai Besar Padi. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. IPB Press. Bogor.

Sofyan, A., M. Sediyarso, Nurjaya, dan J. Suryono. 2000. Laporan akhir Penelitian Status P dan K Tanah Sawah sebagai Dasar Penggunaan Pupuk yang Efisien pada Tanaman Pangan. Bagian Proyek Sumberdaya Lahan dan Agroklimat. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor.

Teknologi Pencetakan Sawah pada Lahan Bekas Tambang Timah di Bangka Belitung

8

[1]Djadja Subardja, [2]Antonius Kasno, dan [2]Sutono

[1]Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Jl. Tentara Pelajar No. 12, Bogor 16114. Email: d.subardja@yahoo.com

[2]Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Tanah, Jl. Tentara Pelajar No. 12, Bogor 16114

Abstrak. Pemanfaatan lahan bekas tambang timah untuk pertanian memiliki tantangan dan peluang yang sangat besar dalam rangka mendukung ketahanan pangan dan memperbaiki kualitas lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari karakteristik lahan dan menyusun teknologi pencetakan sawah pada lahan bekas tambang timah di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Lokasi penelitian terletak di lahan bekas penambangan timah PT. Kobatin di Desa Perlang, Kabupaten Bangka Tengah. Tahapan penelitian meliputi: (1) survei identifikasi dan karakterisasi lahan, (2) penyusunan desain pencetakan sawah, (3) teknis pencetakan sawah, dan (4) penyiapan model pertanian terpadu-SITT. Informasi lereng, kedalaman tanah, tekstur, permeabilitas dan kedalaman lapisan kedap air, serta sifat-sifat kimia tanah yang dihasilkan dari kegiatan survei identifikasi lahan digunakan sebagai dasar dalam penyusunan desain pencetakan sawah. Lahan bekas tambang timah umumnya mempunyai permukaan tanah yang tidak teratur, tekstur bervariasi dari kasar sampai sedang, struktur lepas sampai masif, kedalaman efektif tanah dangkal (<50 cm), permeabilitas sangat lambat pada kedalaman 40 cm, tanah sangat masam, bahan organik tanah sangat rendah dan miskin hara. Dalam pencetakan sawah, permukaan tanah dikeruk sedalam 40 cm atau sampai lapisan kedap air, tanah didorong ke tempat lebih rendah dan diratakan dengan alat berat (*dozer, excavator*). Petakan sawah dibuat rata dan atau berteras dengan ukuran bervariasi 20-50 m x 50 m, tergantung kelerengan lahan, semakin curam lereng maka ukuran petak sawah semakin sempit. Pematang sawah dibuat dari tanah dorongan dozer berukuran lebar 50-60 cm, panjang mengikuti ukuran petak, tinggi 40-60 cm. Pada setiap petak lahan sawah diberikan tanah pucuk (*top soil*) sebanyak 1.000 t ha^{-1} atau setinggi 10 cm, pupuk kandang 10 t ha^{-1}, dan kapur (dolomit) 1 t ha^{-1}. Tanah digenangi air yang disalurkan dari kolong setinggi 10 cm selama semalam, kemudian tanah dilumpurkan dengan *handtractor* dan digenangi air setinggi 5-10 cm. Pada musim tanam padi pertama diberikan pupuk 250 kg urea, 100 kg SP36, dan 100 kg KCl dan pupuk kandang 10 t ha^{-1}. Cara pemberian pupuk dan bahan organik disebar merata. Hasil panen padi perdana secara ubinan rata-rata 3.8 t ha^{-1} GKP, sedangkan di lokasi lain di Cerucuk, Kabupaten Belitung mencapai 5,6-6,7 t ha^{-1} GKP. Produktivitas lahan sawah di Perlang masih rendah tetapi sudah menunjukkan adanya perkembangan kualitas lahan lebih baik.

Kata kunci: Teknologi pencetakan sawah, lahan bekas tambang, Bangka Belitung

Abstract. *The usefull of land after tin mining for agriculture has a challenge and significant opportunity to support food security and improve of the environmental quality. This research aims to study the land characteristics and to construct technology for create*

a rice fields in the tin mining land in Bangka Belitung Provincy. Study sites located in the former tin mining area of PT. Kobatin in Perlang village, Central Bangka regency. Stages of research include: (1) survey of land identification and characterization, (2) to set up the model of rice field design, (3) the technic constructed of rice fields, and (4) to prepare the model integrated of agricultural and SITT. Information slope, soil depth, texture, permeability and water-resistant layer depth, and soil chemical properties resulting from the survey as the basis for the identification of land use in the preparation of the design of the rice field construction. Generally, land after tin mining has an irregular surface, the texture varies from coarse to medium, the structure loose to massive, effective soil depth of shallow (<50 cm), very slow permeability at a depth of 40 cm, the soil is very acidic, soil organic very low and nutrient poor. In the construction of rice fields, the surface of the dredged soil as deep as 40 cm or to impermeable layers, soil pushed onto the lower and flattened by heavy equipment (dozer, excavator). Fields plot was made flat or terraced with a size range 20-50 m x 50 m, depending on slope land, the steeper the slope the smaller the size of the rice terraces. Border of plot was making from soil wich thrust by dozer until 50-60 cm width, length of follow length plot size, height 40-60 cm. On the every plot at rice field was added 1,000 t ha^{-1} of top soil materials or as high as 10 cm, organic matter (manure) 10 t ha^{-1}, and limestone (dolomite) 1 t ha^{-1}. Land were flooded with water which risen 10 cm from channel and wait overnight, then puddling by handtractor and flooded with 5-10 cm. At first the rice growing season provided with 250 kg of urea fertilizer, 100 kg SP36, and 100 kg KCl and organic matter (manure) 10 t ha^{-1}. The method of fertilizer and organic material in Perlang spread evenly. An average of rice yield at first harvest in Perlang was 3.8 t ha^{-1} harvesting dry rice, while in Cerucuk, Belitung regency the rice yield is about 5.6 to 6.7 t ha^{-1}. Productivity of rice field in Perlang is still low but it shows the development of better land quality.

Keywords: *Technology of rice field constructions, land pasca mining, Bangka Islands*

PENDAHULUAN

Perluasan areal sawah untuk meningkatkan produksi beras nasional mengalami hambatan teknis dan sosial ekonomi serta budaya masyarakat setempat. Sementara itu lahan sawah subur terutama di Jawa secara terus menerus mengalami penyusutan akibat konversi ke non pertanian atau ke komoditas pertanian lainnya. Di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung diperkirakan lebih dari 300.000 ha lahan bekas tambang timah yang belum atau telah direklamasi namun ditambang kembali oleh masyarakat dan sekarang dalam kondisi terlantar dan terdegradasi berat.

Lahan bekas tambang timah di Bangka Belitung mempunyai penyebaran sangat luas dan belum banyak dimanfaatkan untuk pertanian. Badan Litbang Pertanian termotivasi untuk melakukan penelitian dan pengembangan lahan pertanian di lahan bekas tambang sebagai bagian dari upaya meningkatkan ketahanan pangan melalui reklamasi lahan berbasis padi yang diintegrasikan dengan ternak (sapi).

Pencetakan sawah pada lahan bekas tambang timah tersebut perlu didukung oleh data dan informasi sumberdaya lahan terkini dan akurat terutama yang berkaitan dengan aspek sifat fisik, kimia, dan kesuburan tanah bekas tambang serta sumberdaya iklim dan air pada lokasi calon pencetakan sawah dan juga karakteristik tanah *"top soil"* yang akan digunakan sebagai bahan urugannya. Keakuratan data dan informasi sumberdaya lahan tersebut akan sangat membantu dan dapat dijadikan dasar dalam menentukan desain pencetakan sawah, teknik pelaksanaan pencetakan sawah, dan teknologi pengelolaan lahan pertanian secara berkelanjutan.

Pemanfaatan lahan bekas tambang timah untuk pertanian memiliki tantangan dan peluang yang sangat besar dalam rangka mendukung ketahanan pangan, memperbaiki dan mencegah kerusakan lingkungan. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mempelajari karakteristik lahan dan menyusun teknologi pencetakan dan pengelolaan sawah pada lahan bekas tambang timah di Bangka Belitung.

METODE PENELITIAN

Kegiatan penelitian dilakukan di kantor (*desk work*), lapangan, dan di laboratorium, terdiri dari: (1) persiapan penelitian meliputi studi pustaka, kompilasi data, dan penyiapan peta lapang, (2) identifikasi dan karakterisasi lahan, (3) penyusunan desain pencetakan sawah dan sistem pertanian terpadu (SITT), dan (4) teknologi pencetakan sawah pada lahan bekas tambang,

Persiapan penelitian untuk mendukung pelaksanaan kegiatan lapang meliputi studi pustaka, kompilasi data dan peta, interpretasi citra, penyusunan peta dasar dan peta satuan lahan dari hasil interpretasi citra. Calon lokasi pencetakan sawah ditetapkan di Perlang, Kabupaten Bangka Tengah. Kegiatan identifikasi dan karakterisasi lahan bekas tambang timah meliputi pengamatan tanah, klasifikasi tanah, dan delineasi unit-unit lahan yang potensial untuk pencetakan sawah. Pengamatan tanah dilakukan dengan sistem grid melalui penjelajahan lapang. Titik observasi, ketinggian tempat, dan kelerengan ditetapkan dengan GPS Navigasi dan GPS Geodetik. Intensitas observasi tanah 50 m x 50-100 m (1 observasi mewakili area 0,25-0,5 ha). Karakteristik tanah diamati melalui pemboran, minipit, dan profil tanah sampai kedalaman 1,20 m atau sampai lapisan padas/batuan induk. Metode pengamatan tanah di lapang mengikuti *Soil Survey Manual* (Soil Survey Division Staff, 1993) dan Pedoman Pengamatan Tanah di Lapang (Balai Penelitian Tanah, 2004). Klasifikasi tanah ditetapkan menurut *Keys to Soil Taxonomy* (Soil Survey Staff, 2010). Pada lahan bekas tambang timah umumnya tanah sudah tercampur aduk dengan bahan galian (*tailing*) dan bahkan juga dengan bahan induk (Subardja *et al.* 2011). Data iklim dikumpulkan dari stasiun iklim terdekat.

Contoh tanah diambil dari profil dan minipit serta contoh ring dan contoh komposit untuk dianalisis mineral fraksi pasir, sifat fisik, dan kimia tanah. Contoh air diambil dari sungai terdekat atau kolong bekas tambang untuk penetapan kualitas air untuk irigasi dan air minum. Metode dan prosedur analisis tanah dan air mengacu pada *Soil Survey Laboratory Methods and Procedures for Collecting Soil Samples* (SCS-USDA, 1982). Dalam analisis tanah dan air termasuk juga penetapan logam berat (Pb, Cd, dan Cr).

Untuk memperoleh data sumberdaya air dilakukan pengukuran lebar dan kedalaman sungai di beberapa titik pengamatan serta analisis panjang sungai dan luas kolong dengan menggunakan citra landsat yang tersedia. Pengukuran debit sungai dilakukan dengan menggunakan *current meter*.

Pengolahan data dilakukan secara komputerisasi. Penyajian peta-peta diolah dengan teknik GIS. Faktor pembatas lahan, potensi air irigasi, dan lingkungannya diidentifikasi untuk mendukung penetapan teknologi pencetakan dan pengelolaan sawah.

Desain pencetakan sawah disusun berdasarkan karakteristik lahan, penggunaan lahan saat ini, dan sumber air pengairan (sungai, kolong). Mengingat akan diterapkan sistem pertanian terpadu-SITT (Sistem Integrasi Tanaman-Ternak) maka perlu disediakan lahan untuk rumput pakan ternak, kandang sapi, dan rumah kompos. Karakteristik lahan yang diperlukan untuk mendesain dan melaksanakan teknis pencetakan sawah adalah ketinggian tempat, kelerengan, kedalaman tanah, tekstur tanah, dan penggunaan tanah. Hal lainnya lagi berupa informasi ketersediaan air dan "*top soil*", sumber bahan organik, status kepemilikan tanah; rencana jalan usahatani, instalasi jaringan irigasi (pompanisasi), dan penyediaan ternak sapi (2 ekor ha^{-1}).

Teknologi pencetakan sawah pada lahan bekas tambang timah meliputi pengukuran dan perataan lahan, pembuatan teras pada lahan berlereng, pembuatan pematang antar petak sawah, pemberian bahan organik 10 t ha^{-1} dan tanah pucuk (*top soil*) 1.000 t ha^{-1} atau setebal 10 cm dicampur merata. Petak sawah bibuat dengan ukuran 20-50 m x 50 m, tergantung kelerengan lahan, semakin curam ukuran petak sawah semakin kecil. Pemberian air yang berasal dari kolong atau sungai ke petakan sawah disalurkan melalui pipa-pipa dengan menggunakan mesin air. Sawah digenangi air selama semalam setinggi 10 cm, kemudian tanah dilumpurkan, dan sawah siap ditanami padi. Pengelolaan sawah dalam jangka panjang dirancang untuk menerapkan sistem pertanian terpadu dengan pendekatan sistem integrasi tanaman dan ternak berbasis padi, sehingga akan diperoleh peningkatan produktivitas dan pendapatan petani secara berkelanjutan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Lahan

Lokasi penelitian pencetakan sawah di Perlang, Bangka Tengah merupakan lahan bekas konsesi penambangan PT. Kobatin, terletak pada 2°34'24,38" - 2°34'41,65" LS dan 106°31'08,36" - 106°31'19,12" BT. Jarak dari ibukota kabupaten ke lokasi sekitar 20 km, bisa ditempuh dengan kendaraan roda 4 selama 20-30 menit dengan kondisi jalan beraspal dan sebagian jalan tanah diperkeras.

Lokasi untuk sawah di Perlang merupakan bekas konsesi pertambangan PT. Kobatin yang diekplorasi tahun 1982. Lahan tersebut saat ini telah direklamasi dengan ditanami tanaman pohon seperti akasia, sengon, karet, dan kayu putih, namun kurang berhasil dan sebagian lahan ditumbuhi rumput (alang-alang) dan semak. Bentuk lahan datar sampai bergelombang dengan lereng antara 1% sampai 11%, lereng dominan <5%. Tinggi tempat berdasarkan hasil pengukuran dengan GPS geodetik adalah tertinggi 50,6 m dpl dan terendah (permukaan air kolong) 37,9 m dpl. Luas lahan yang diidentifikasi $\pm$ 17,77 ha.

Secara umum tanah yang terbentuk di Perlang berasal dari batuan intrusi (volkan masam), merupakan tanah sisa penambangan yang bertekstur kasar (pasir berkerikil) sampai pasir berlempung yang telah tererosi, permeabilitas sampai dengan 40 cm cepat (9-20 cm.jam^{-1}) dan menurun menjadi lambat (0,2 cm.jam^{-1}) di kedalaman >40 cm. Sebagian besar lahan terbuka karena tanaman dan rumput tidak mampu tumbuh, mungkin disebabkan karena tanahnya merupakan bahan induk yang tersingkap dan belum mengalami pelapukan, tanah berpasir dan hara mudah tercuci sehingga tanah menjadi sangat kurus.

Berdasarkan hasil pengukuran pH air kolong dengan menggunakan kertas lakmus, air bersifat agak masam dengan pH sekitar 6,0. Pada kondisi ini air kolong cukup baik digunakan untuk air pengairan lahan sawah.

Hasil pengujian tanah dengan menggunakan Perangkat Uji Tanah Kering (PUTK) menunjukkan bahwa hara P, K, dan C-organik rendah, dan agak masam (Tabel 1). Hasil analisis tanah di laboratorium menunjukkan bahwa tanah berpasir dengan kadar pasir berkisar 46-91%. Tanah bersifat masam hingga agak masam (3,8-5,0), kadar C-organik rendah, hara N, P, K, Ca, Mg, Zn, dan Cu rendah. Kapasitas tukar kation tanah dan kejenuhan basa sangat rendah, sedangkan kejenuhan Al berkisar antara 45-85%. Penambahan bahan organik dan pengapuran sangat diperlukan dalam mengelola lahan sawah baru di lahan bekas tambang timah.

Tabel 1. Status hara tanah hasil pengukuran dengan Perangkat Uji Tanah Kering (PUTK) di calon lokasi sawah Perlang

Kode lokasi	P	K	pH	C-organik
Ksn 1	R	R	5-6	R
Ksn 2	R	R	5-6	R
Ksn 3	R	R	5-6	R
Ksn 4	R	R	5-6	R
Ksn 5	R	R	5-6	R

Berdasarkan hasil analisis kimia air kolong menunjukkan bahwa sebagai sumber air untuk pengairan lahan sawah bukaan baru sangat baik dengan pH 6,0. Kandungan logam berat Pb dan Cd sangat rendah (Tabel 3).

Tabel 2. Hasil analisis sifat fisik dan kimia tanah pada lahan calon sawah dan tanah calon urugan di Desa Perlang

Kode	Tekstur (pipet)			pH (1:5)		Bahan organik			HCl 25%		Bray 1
	Pasir	Debu	Liat	H_2O	KCl	C	N	C/N	P_2O_5	K_2O	P_2O_5
	.....%.....					.....%.....			mg.100g^{-1}		ppm
WY 09	82	10	8	4,7	4,1	1,43	0,11	13	2	3	3,6
WY 12	67	20	13	4,6	4,0	0,73	0,05	15	3	3	5,2
WY 13	46	33	21	3,8	3,7	3,14	0,23	14	3	2	10,4
WY 17	89	7	4	4,8	4,3	0,53	0,05	11	3	3	7,5
WY 18	91	7	2	5,0	4,7	0,12	0,01	12	2	2	3,7

Catatan: WY12 dan WY13 tanah pucuk (top soil) untuk urugan di lahan sawah baru

Kode	Nilai Tukat Kation (NH_4-Acetat 1N, pH 7)						KCl 1N		DTPA			
	Ca	Mg	K	Na	KTK	KB	Al^{3+}	H^+	Fe	Mn	Cu	Zn
	.....cmol$_{(+)}$ kg^{-1}.....						cmol$_{(+)}$ kg^{-1}		.....ppm.....			
WY 09	0,24	0,11	0,06	0,05	3,92	12	0,94	0,15	20,7	0,2	0,8	0,2
WY 12	0,23	0,10	0,06	0,04	5,84	7	1,33	0,15	396,8	0,2	1,1	0,3
WY 13	0,00	0,07	0,03	0,02	11,52	1	2,57	0,34	489,5	0,1	2,8	0,2
WY 17	0,09	0,06	0,06	0,02	1,93	12	0,31	0,15	16,3	0,3	0,7	0,2
WY 18	0,09	0,04	0,03	0,02	0,81	22	0,02	0,04	3,2	0,1	0,4	0,1

Tabel 3. Kandungan hara dalam air yang akan digunakan untuk pengairan lahan sawah bukaan baru di Perlang

Contoh air	DHL	pH	NH_4	K	Na	Ca	Mg
	dS m^{-1}		..... mg l^{-1}				
Air kolong	0,03	6,0	0,20	1,91	3,76	1,38	0,38
Contoh air	NO_3	PO_4	SO_4	HCO_3	CO_3	Pb	Cd
	..... mg l^{-1}						
Air kolong	1,65	0,00	0,21	8,95	0,00	0,03	td

Hasil analisis sifat fisika tanah disajikan pada Tabel 4. Kondisi tanah sangat padat di permukaan tetapi laju permeabilitasnya tinggi, sebab lapisan atas tanah berupa pasir

tailing yang tergolong halus. Lapisan permukaan mudah tererosi dan di beberapa tempat sudah terbentuk erosi parit yang cukup dalam. Untuk mencetak sawah diperlukan sifat fisik tanah yang mempunyai laju permeabilitas rendah. Tanah di Perlang mempunyai laju permeabilitas yang rendah pada kedalaman >40 cm.

Tabel 4. Berat isi tanah dan laju permeabilitas tanah di lokasi calon sawah

Sandi	Kedalaman	Berat isi ($g\ cc^{-1}$)	Permeabilitas ($cm\ jam^{-1}$)
SS02/I	0 - 10	1,49	20,28
SS02/II	10 - 40	1,37	8,82
SS03/III	>40	0,93	0,18

Kondisi iklim di sekitar Pangkalpinang relatif basah dengan curah hujan tahunan sekitar 2.449 mm. Curah hujan bulanan berkisar dari 94 mm pada bulan September hingga 348 mm pada bulan Januari. Jumlah bulan basah (>200 $mm.bln^{-1}$) menurut Oldeman *et al*. (1978) enam bulan, sedangkan jumlah bulan kering (<100 $mm.bln^{-1}$) adalah satu bulan. Dengan demikian, areal penelitian termasuk zona agroklimat C-1 dan memiliki potensi masa tanam untuk padi sepanjang 11 bulan, yaitu bulan Oktober sampai dengan Agustus. Menurut Schmidt-Ferguson (1951), areal penelitian memiliki tipe hujan A yang sangat basah. Pola curah hujan di stasiun Pangkalpinang sebagai referensi kondisi iklim Perlang adalah bimodel atau ekuatorial, dimana terjadi dua kali puncak musim basah dan dua kali puncak musim kering. Puncak musim basah utama terjadi pada Januari, sedangkan puncak musim hujan sekunder terjadi pada Maret atau April, sedangkan puncak musim kering utama terjadi pada bulan September.

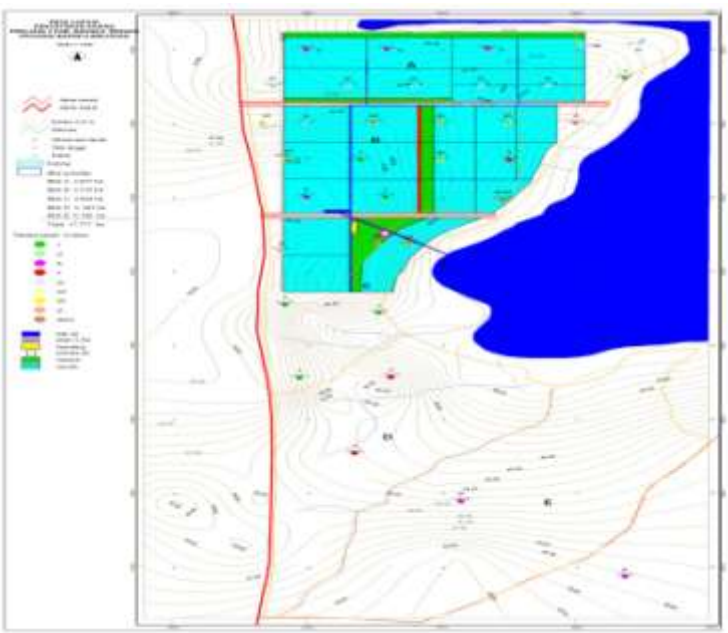
Potensi sumberdaya air yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan irigasi di calon lokasi pencetakan sawah di Perlang, Kabupaten Bangka Tengah berasal dari danau (kolong) yang terletak di sebelah Timur lokasi berjarak 6-10 meter. Berdasarkan hasil interprestasi dan karakterisasi di lapangan, luas danau diperkirakan 100,27 ha, bila kedalaman air berkisar 0,4-30 m maka potensi ketersediaan air kolong yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber air irigasi pada musim kemarau sebesar 3.008.100 m^3, sehingga sangat cukup untuk memenuhi kebutuhan air tanaman padi sawah di lokasi tersebut. Beda tinggi antara kolong dengan titik tertinggi lahan adalah 12,7 m dengan jarak 110 m.

Hasil identifikasi dan karakterisasi lahan, lokasi calon pencetakan sawah di Desa Perlang dapat dikembangkan untuk lahan sawah dengan beberapa syarat yang harus dipenuhi yaitu dengan menerapkan teknologi pencetakan sawah terpadu yang meliputi pembuatan lapisan kedap air (lapisan bajak), pengelolaan hara berimbang (organik, hayati, anorganik), pengelolaan air, pengolahan tanah, teknik budidaya padi (pola tanam, sistem tanam, varietas unggul, pengendalian OPT), pembuatan kompos (kotoran ternak sapi,

sampah kota), uji tanah cepat sebagai dasar rekomendasi pemupukan (PUTS, PUTK, PUP), dan penerapan model sistem pertanian terpadu yang mengintegrasikan tanaman-ternak (SITT: Padi-Sapi).

Desain Pencetakan Sawah

Desain pencetakan sawah dilakukan dengan mempertimbangkan hasil survei identifikasi lahan dengan mempertimbangkan beberapa faktor utama antara lain ketinggian tempat, kelerengan, kedalaman tanah, tekstur tanah, penggunaan tanah, ketersediaan air dan tanah pucuk, sumber bahan organik (pupuk kandang), status kepemilikan tanah dan faktor pendukung lainnya yaitu jalan usahatani, instalasi jaringan irigasi (pompanisasi), penyediaan kandang dan ternak sapi (2 ekor ha^{-1}), pakan ternak, dan rumah kompos. Dengan mempertimbangkan faktor-faktor tersebut maka lahan yang sesuai untuk pencetakan sawah seluas 6,40 ha dari lahan bekas tambang seluas $\pm$ 17,8 ha di Perlang. Desain sawah di Perlang, Bangka Tengah disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain sawah di Perlang, Kabupaten Bangka Tengah

Teknologi Pencetakan dan Pengelolaan Sawah

Teknis pelaksanaan pencetakan sawah di Perlang, Kabupaten Bangka Tengah meliputi beberapa tahapan kegiatan sebagai berikut:

- Pengukuran dan pematokan batas lahan, ukuran petak sawah 50 x 50 m atau disesuaikan dengan kelerengan lahan.
- Pengerukan permukaan tanah sedalam 40 cm atau sampai lapisan kedap air, tanah didorong ke tempat lebih rendah dan diratakan dengan alat berat (*dozer, excavator*).
- Perataan lahan dan atau penterasan mengikuti kemiringan lahan.
- Pemadatan tanah dengan alat berat untuk meningkatkan lapisan kedap air.
- Pembuatan pematang sawah selebar 50-60 cm dan tinggi 40-60 cm dengan bahan tanah hasil pengerukan dan dorongan alat berat.
- Penimbunan dan perataan tanah pucuk (berliat) sebanyak 1.000 t ha^{-1} atau setinggi 10 cm.
- Pemberian pupuk kandang 10 t ha^{-1}.
- Pembuatan jalan usahatani lebar 4 m dan tinggi 80-100 cm.
- Instalasi jaringan irigasi (pompanisasi). Air dari kolong dialirkan melalui pipa ke lahan sawah yang lebih tinggi, kemudian secara gravitasi air akan mengalir ke lahan sawah lebih rendah.

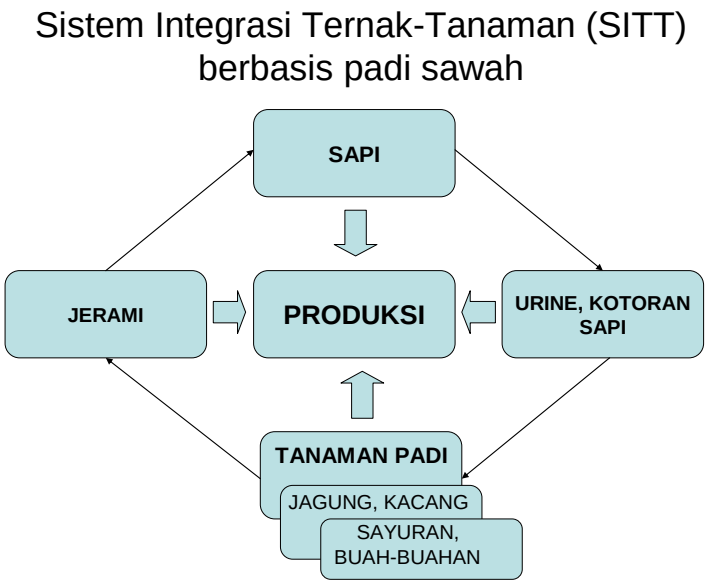
Persiapan lahan dilakukan untuk membuat tanah menjadi lumpur dengan menggunakan *rotary*. Pada awalnya persiapan lahan tidak dilakukan dengan pembajakan karena akan membongkar lapisan kedap yang telah dibuat dengan pemadatan tanah. Pengelolaan air dilakukan secara intensif, hal ini untuk menjaga agar air tetap tersedia di dalam petakan, dipertahankan tinggi air 5-10 cm, karena pada awalnya akan terjadi perkolasi yang sangat hebat. Pemberian pupuk kandang dan pengapuran (pemberian dolomit) dilakukan seminggu sebelum tanam dengan cara disebar merata. Setelah terjadi pelumpuran yang sempurna lahan siap ditanami.

Berdasarkan sebaran curah hujan bulanan, lokasi sawah di Perlang memiliki potensi masa tanam sepanjang 11 bulan, yaitu bulan Oktober sampai dengan bulan Agustus. Dengan dukungan sumber air untuk irigasi yang sangat berlimpah dari kolong (danau) maka di lokasi sawah ini dapat dikembangkan sistem usahatani dengan pola tanam padi-padi/palawija-palawija dengan awal musim tanam padi pertama dapat dimulai pada bulan Oktober, musim tanam padi/palawija kedua pada bulan Februari dan musim tanam ketiga untuk palawija pada bulan Juni.

Berdasarkan hasil analisis dengan Perangkat Uji Tanah Kering (PUTK), dosis pupuk untuk tanaman padi adalah 200 kg Superphos, 100 kg KCl, 1.000 kg dolomit ha^{-1}, dan pupuk kandang dengan dosis tanam pertama 10 t ha^{-1} dan selanjutnya 5 t ha^{-1} diberikan setiap musim tanam. Dosis pupuk N diberikan dengan bantuan alat bantu Bagan Warna Daun (BWD), pupuk urea pertama diberikan dengan dosis 100 kg ha^{-1}, kemudian dipantau dengan BWD mulai pada umur 21 hari, apabila warna hijau daun kurang dari skala 4 maka pupuk urea ditambahkan dengan dosis 75 kg ha^{-1}. Pupuk Superphos dan dolomit diberikan sehari menjelang tanam, pupuk kandang diberikan seminggu sebelum tanam. Pupuk kandang yang telah matang diberikan seminggu sebelum tanam. Pupuk urea diberikan sesuai dengan kondisi tanaman dengan bantuan BWD. Pupuk KCl diberikan 2 kali, pertama bersamaan pemupukan urea pertama (<14 hari setelah tanam), 30 hari setelah tanam, masing-masing setengah dosis yang direkomendasikan.

Kebutuhan air tanaman padi selama masa pertumbuhannya adalah antara 450-700 mm (Doorenbos dan Kassam, 1979). Kebutuhan air tersebut harus terpenuhi pada setiap fase pertumbuhan tanaman. Mengacu pada perhitungan neraca air tanaman padi, rekomendasi pemberian irigasi dari Dinas Pekerjaan Umum pada lahan sawah termasuk penggenangan adalah 1 l $detik^{-1}$ ha^{-1}. Berdasarkan hasil penelitian efisiensi pemanfaatan irigasi pada tanah Oxiaquic Eutrudepts, tekstur lapisan atas lempung berdebu, tekstur lapisan bawah lempung berpasir halus berkerikil, porositas tanah cukup tinggi (pori drainase cepat 32%) di kebun percobaan BB Padi Kuningan (Balitklimat, 2008) pemberian air irigasi dengan menjaga tinggi air genangan 5 cm secara terus menerus pada lahan sawah memberikan hasil yang paling baik. Hasil panen padi varietas Inpari 2 di Perlang secara ubinan (ukuran petak 2,5x2,5 m, diulang 3 kali) rata-rata 3,8 t ha^{-1} GKP (Asmarhansyah *et al*. 2011). Di lokasi lain di Cerucuk, Kabupaten Belitung, produksi padi pada panen perdana tanggal 21 Pebruari 2012 mencapai 5,6 t ha^{-1} GKP (Inpari 13), 5,8 t ha^{-1} GKP (Sintanur), dan 6,7 t ha^{-1} GKP (Situ Bagendit). Produktivitas lahan sawah di Perlang masih rendah tetapi sudah menunjukkan perkembangan kualitas lahan lebih baik. Perbedaan hasil yang nyata diduga selain karena perbedaan varietas padi yang ditanam juga ada perbedaan perlakuan dalam pemberian pupuk kandang, dimana pupuk kandang di Perlang adalah kotoran sapi yang diberikan secara disebar merata di lahan sawah, sedangkan di Cerucuk pupuk kandang berasal dari kotoran ayam yang diberikan dalam larikan mengikuti baris tanaman.

Pengelolaan sawah bekas tambang di Perlang dirancang dengan menerapkan sistem pertanian terpadu dengan pendekatan sistem integrasi ternak dan tanaman berbasis padi (SITT: padi-sapi). Penerapan sistem (Gambar 2) tersebut diharapkan akan mampu meningkatkan pendapatan petani dan daya saing pertanian yang berkelanjutan serta mengurangi pengangguran dan kemiskinan di pedesaan.



Gambar 2. Sistem Pertanian Terpadu: Sistem Integrasi Ternak-Tanaman

KESIMPULAN

1. Pencetakan dan pengelolaan sawah pada lahan bekas tambang timah, studi kasus di Perlang, Bangka Tengah, merupakan salah satu percontohan dalam penerapan teknologi dari Badan Litbang Pertanian untuk mereklamasi lahan bekas tambang yang terdegradasi berat dan terlantar menjadi lahan pertanian yang produktif dan bermanfaat bagi kehidupan petani serta sebagai upaya pengendalian kerusakan lingkungan menuju swasembada pangan dan kesejahteraan rakyat.
2. Informasi karakteristik lahan bekas tambang yang meliputi: kondisi permukaan tanah, kemiringan lahan, kedalaman tanah dan lapisan kedap air, tekstur tanah sifat fisik dan kimia tanah, ketersediaan sumber air pengairan, tanah pucuk, dan bahan organik merupakan faktor-faktor pendukung dalam pencetakan dan pengelolaan sawah pada lahan bekas tambang timah.
3. Pengembangan teknologi pencetakan dan pengelolaan sawah pada lahan bekas tambang timah di Bangka Belitung akan mendorong percepatan pembangunan pertanian daerah berbasis padi menuju kemandirian pangan regional dan penguatan ketahanan pangan nasional.
4. Penerapan Sistem Pertanian Terpadu-Sistem Integrasi Ternak dan Tanaman berbasis padi (padi-sapi) akan mampu meningkatkan pendapatan petani dan daya saing pertanian yang berkelanjutan serta mengurangi pengangguran dan kemiskinan di pedesaan.

DAFTAR PUSTAKA

Asmarhansyah, M.D. Pertiwi, Issukindarsyah, D. Rusmawan, dan Muzammil. 2011a. Keragaan beberapa varietas padi di lahan sawah bekas tambang timah, Kepulauan Bangka Belitung. Prosiding Seminar Nasional Strategi Reduksi dan Adaptasi Perubahan Iklim di Bidang Pertanian. 29 Oktober 2011. Univesitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta.

Balitklimat. 2008. Laporan Akhir Efisiensi Pemanfaatan Air Irigasi untuk Mengantisipasi Kelangkaan Air. Dok. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi. Bogor.

Balai Penelitian Tanah. 2004. Petunjuk Teknis Pengamatan Tanah. Ed-1. Publ. BPT. Bogor.

Doorenbos. J. and A.H. Kassam. 1979. Yield Response to Water. FAO Irrigation and Drainage Paper no 33. 193p

Oldeman, L.R., S.N. Darwis, and Irsal Las. 1978. Agroclimatic map of Sumatra. Contr. Central Res. for Agric. Bogor, Indonesia.

SCS-USDA, 1982. Soil Survey Laboratory Methods and Procedures for Collecting Soil Samples. Washington D.C.

Schmidt, F.H. and J.H.A. Ferguson. 1951. Rainfall types based on wet and dry period ratios for Indonesia with Western New Guinea. Verh. No.42. Publ. LMG.Jakarta.

Soil Survey Division Staff. 1993. Soil Survey Manual. Agric. Handbook No. 18. SCS-USDA, Washington D.C.

Soil Survey Staff. 2010. Keys to Soil Taxonomy. NRCS-USDA.

Subardja, D., A. Kasno, Sutono, dan H. Sosiawan. 2011. Identifikasi dan karakterisasi lahan bekas tambang timah untuk pencetakan sawah baru di Perlang, Bangka Tengah. Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya Lahan Pertanian. Buku I. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor.

Proyeksi Kebutuhan Pupuk Sektor Pertanian Melalui Pendekatan Sistem Dinamis

9

Irawan, Diah Setyorini, dan Sri Rochayati

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Tanah, Jl. Tentara Pelajar No. 12, Bogor 16114, email: irawan1109@yahoo.com

Abstrak. Pupuk memiliki peranan yang penting dan strategis dalam peningkatan produksi dan produktivitas pertanian. Oleh karena itu pemerintah mendorong penggunaan pupuk yang efisien melalui berbagai kebijakan meliputi sistem penyediaan, distribusi, harga jual dan aspek teknis lainnya. Selain aspek kualitas, penyediaan pupuk yang tepat dalam jumlah, jenis, dan waktu pemberian, serta cara pemberian sangat diperlukan untuk menjamin peningkatan produksi dan produktivitas pertanian. Produksi dan penyediaan pupuk yang tepat hanya bisa dilakukan jika didasarkan pada informasi kebutuhan pupuk yang tepat pula. Oleh karena itu diperlukan suatu hasil proyeksi mengenai kebutuhan pupuk di masa yang akan datang untuk menjamin pencapaian swasembada dan swasembada pangan berkelanjutan. Proyeksi kebutuhan pupuk nasional dapat dilakukan dengan pendekatan permintaan potensial atau permintaan aktual. Permintaan potensial adalah jumlah pupuk yang akan digunakan dalam kondisi optimal, yakni total luas areal pertanian dikalikan dengan dosis rekomendasi pemupukan untuk setiap jenis tanaman yang diusahakan pada suatu waktu. Permintaan aktual adalah jumlah pupuk yang benar-benar digunakan dalam suatu waktu, yakni total luas areal pertanian dikalikan dengan takaran pupuk aktual pada masing-masing jenis tanaman. Mengingat penggunaan pupuk oleh petani di lapangan sangat bervariasi dan pada umumnya lebih rendah daripada dosis pemupukan rekomendasi, maka jumlah permintaan pupuk aktual umumnya lebih rendah daripada permintaan pupuk potensial. Makalah ini menyajikan hasil proyeksi kebutuhan pupuk Sektor Pertanian dengan kombinasi kedua pendekatan tersebut menggunakan simulasi sistem dinamik. Diharapkan hasil analisis dalam makalah ini akan dapat dikembangkan secara lebih detil pada wilayah atau sub-sektor pertanian yang lebih spesifik .

Kata kunci: Pangan, pupuk, simulasi, sistem dinamis

Abstract. Fertilizer *has important and strategic roles in increasing agricultural production and productivity. That is why the Government of Indonesia always supports efficiency of fertilizers use through several of policies related to fertilizers procurement systems, distribution and price systems, and other technical aspects. Besides quality aspect, the accurate of fertilizer procurement in terms of quantity, type, timing and method of application are needed to guarantee in increasing agricultural production and*

productivity. The accuracy of fertilizer production and its availability depend on an accurate of fertilizer requirement's information. Projection of fertilizers requirement in the future is needed to guarantee the achievement of food self sufficiency program. Fertilizers requirement projection could be done by using potential or actual demand approach. Potential demand of fertilizers is the quantity of fertilizers used in the optimal condition, i.e. the acreage of land multiplied by recommended use of fertilizers for each commodity in specified time. Actual demand of fertilizres is the quantity of fertilizers used in the field, i.e. the acreage of land multiplied by farmers' adoption rate of fertilizers used for each commodity. Since the fertilizers application rate in the field are varied among farmers and generally are less than recommedation rate of fertilizers application, so that actual demand of fertilizers approach usually less than potential demand approach. This paper presents projection results of fertilizers requirement in the future for agricultural sector by combining the mentioned approaches throug dynamic system model. It is hoped that the used approach in this paper could be more developed for fertilizers requirement projection in specific area and commodity.

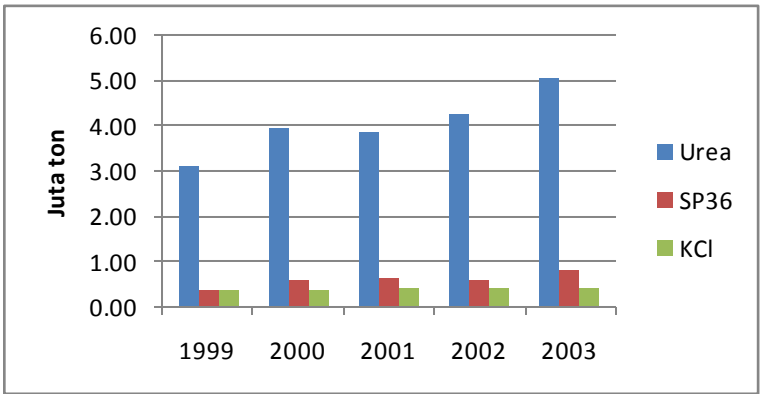
Keywords*: Dynamic system, fertilizer, food, simulation*

PENDAHULUAN

Pupuk memiliki peranan yang penting dan strategis dalam peningkatan produksi dan produktivitas pertanian. Secara nasional kontribusi pupuk terhadap besaran biaya usahatani padi mencapai 14-25% dan di sisi lain kontribusi pupuk terhadap peningkatan produksi padi mencapai 20% (Irianto, 2012).

Pupuk adalah bahan untuk memperbaiki kesuburan tanah yang menyediakan unsur-unsur hara bagi tanaman. Pemupukan merupakan cara yang sangat efektif untuk meningkatkan produksi dan kualitas hasil tanaman. Pupuk diperlukan bagi tanaman pertanian agar tanaman tersebut dapat memberikan hasil yang tinggi sehingga secara ekonomi usahatani tanaman yang dimaksud menguntungkan. Tujuan pemberian pupuk adalah untuk (1) melengkapi penyediaan hara secara alami yang ada di dalam tanah untuk memenuhi kebutuhan tanaman, (2) menggantikan unsur-unsur hara yang hilang karena terangkut dengan hasil panen, pencucian dan sebagainya, dan (3) memperbaiki kondisi tanah yang kurang baik atau mempertahankan kondisi tanah yang sudah baik untuk pertumbuhan tanaman.

Produksi pupuk dalam negeri bervariatif tetapi dengan kecenderungan meningkat dari tahun ke tahun. Sebagai contoh produksi pupuk urea pada periode tahun 1999-2006 sekitar 5,97-7,34 juta ton dengan rata-rata peningkatan 3,52% th^{-1}. Produksi pupuk urea tersebut pada tahun 2001 dan 2003 mengalami penurunan dari tahun sebelumnya, masing-masing secara berurutan sebesar -16,1% dan -4,6% (Gunarto, 2007). Penggunaan pupuk juga berfluktuasi sebagaimana disajikan pada (Gambar 1).



Gambar 1. Penggunaan pupuk Sektor Pertanian, Indonesia (Sudaryanto, 2008)

Fluktuasi penggunaan pupuk dapat disebabkan oleh berbagai faktor, diantaranya terkait dengan masalah ketersediaan dan penyaluran pupuk. Sebagai contoh dalam sepuluh tahun terakhir proporsi penyaluran pupuk urea cukup rendah terjadi pada tahun 2009 (84,1%) dan 2010 (86,8%), penyaluran pupuk SP-36 yang cukup rendah terjadi pada tahun 2003, 2008, dan 2009 (kurang dari 75%), penyaluran pupuk NPK yang rendah terjadi pada tahun 2003 (36,1%), 2004 (47,4%) dan tahun 2010 (70,16).

Produksi dan penyediaan pupuk yang tepat hanya bisa dilakukan jika didasarkan pada informasi kebutuhan pupuk yang tepat pula. Oleh karena itu diperlukan suatu hasil proyeksi mengenai kebutuhan pupuk di masa yang akan datang untuk menjamin pencapaian swasembada pangan dan swasembada berkelanjutan.

Makalah ini menyajikan hasil proyeksi kebutuhan pupuk Sektor Pertanian dengan pendekatan simulasi sistem dinamik. Diharapkan pendekatan analisis dalam makalah ini akan dapat dikembangkan secara lebih detil pada wilayah atau sub sektor pertanian yang lebih spesifik.

PENDEKATAN

Sistem Dinamik

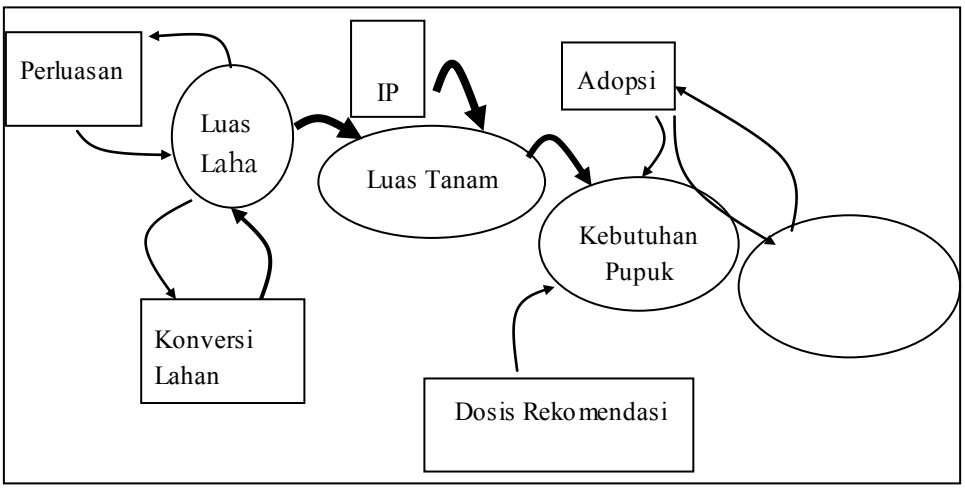
Sistem dinamik merupakan pemodelan dan simulasi komputer untuk mempelajari dan mengelola sistem umpan balik, seperti sistem lingkungan, sistem sosial, ekonomi, dan lain sebagainya (Djojomartono, 1993). Kemudian sistem merupakan kumpulan elemen atau sub sistem yang saling berinteraksi, berfungsi bersama untuk mencapai suatu tujuan tertentu (Eriyatno, 1999). Umpan balik merupakan sesuatu hal yang sangat penting di dalam analisis sistem. Masalah dinamik berkaitan dengan jumlah (kuantitas) yang selalu bervariasi antar waktu dimana variasi tersebut dapat dijelaskan dalam hubungan sebab

akibat (Sofyan, 2010). Hubungan sebab akibat dapat terjadi dalam sistem tertutup yang mengandung lingkaran umpan balik (*feedback loops*). Terkait dengan proyeksi kebutuhan pupuk di masa depan secara sederhana dibuat diagram sebab akibat sebagaimana disajikan pada (Gambar 2).

Proyeksi kebutuhan pupuk Sektor Pertanian dapat dipandang sebagai suatu sistem yang terdiri atas beberapa sub sistem, misalnya sub sistem luas lahan, luas tanam, dan kebutuhan pupuk. Sub sistem luas lahan terdiri atas elemen atau unsur-unsur yang lebih spesifik, misalnya perluasan dan penciutan (konversi) lahan. Perubahan yang dinamis kedua unsur tersebut akan mempengaruhi besaran luas lahan setiap waktu. Sebagai contoh besaran luas baku lahan sawah akan fluktuatif setiap tahun tergantung pada besaran perluasan areal atau upaya ekstensifikasi dengan konversi lahan. Luas baku lahan sawah di Pulau Jawa secara dinamis akan menciut akibat konversi lahan sawah yang terjadi tanpa adanya perluasan atau pembukaan lahan sawah baru, sedangkan luas baku lahan sawah di luar Pulau Jawa mungkin bertambah atau menciut tergantung pada besaran perluasan areal dan konversi lahan sawah tersebut. Jika konversi lahan sawah lebih tinggi daripada perluasan areal/pencetakan sawah baru maka luas baku lahan sawah di luar Pulau Jawa akan menciut tetapi senantiasa ada kemungkinan luas baku lahan sawah tersebut meningkat pada suatu waktu. Berdasarkan penjelasan tersebut maka umpan balik pada sub sistem luas lahan tersebut adalah negatif, yakni: (1) konversi lahan sawah meningkat maka luas baku lahan sawah menurun dan luas baku lahan sawah meningkat maka konversi lahan sawah juga akan meningkat, (2) perluasan areal meningkat maka luas baku lahan sawah meningkat (bertambah) dan luas baku lahan sawah meningkat perluasan areal akan berkurang.

Selanjutnya sub sistem luas tanam padi sawah dipengaruhi oleh luas baku sawah dan indeks pertanaman (IP) dengan sifat umpan balik yang positif, yakni jika luas lahan meningkat maka luas tanam juga akan meningkat. Demikian halnya jika IP meningkat maka luas tanam juga meningkat. Sub sistem luas tanam tersebut secara langsung akan mempengaruhi jumlah kebutuhan pupuk setelah memperhatikan tingkat adopsi penggunaan pupuk oleh petani terhadap rekomendasi pemupukan untuk padi sawah. Sifat umpan balik sub sistem kebutuhan pupuk juga bersifat positif, yakni jika luas tanam meningkat maka kebutuhan pupuk akan meningkat, demikian juga peningkatan adopsi penggunaan pupuk oleh petani dan tingkat rekomendasi pemupukan pada tanaman padi akan meningkatkan kebutuhan pupuk. Tingkat adopsi penggunaan pupuk oleh petani dipengaruhi oleh banyak faktor, antara lain keuntungan usahatani komoditas yang diusahakan, pengalaman dan pengetahuan petani, daya beli petani, dan ketersediaan pupuk saat diperlukan. Berdasarkan pengamatan di lapangan pada umumnya takaran penggunaan pupuk oleh petani masih lebih rendah daripada dosis rekomendasinya tetapi kecenderungannya terus meningkat, artinya kebutuhan pupuk di masa depan akan meningkat karena adopsi penggunaan pupuk oleh petani meningkat. Di dalam makalah ini

sub sistem keuntungan usahatani atau unsur-unsur yang mempengaruhi adopsi penggunaan pupuk oleh petani tidak dianalisis dan besaran tingkat adopsi penggunaan pupuk oleh petani diperlakukan sebagai peubah yang besarannya diasumsikan atau dalam makalah ini ditulis sebagai peubah kebijakan.



Gambar 2. Diagram sebab akibat kebutuhan pupuk Sektor Pertanian

Diagram Alir Sistem Dinamik

Diagram alir sistem dinamik merupakan terjemahan dari diagram sebab akibat yang dapat disimulasikan atau dieksekusi oleh progam komputer atau perangkat lunak yang mana pada makalah ini digunakan Program Powersim. Simulasi dapat dilakukan jika dan hanya jika kuantifikasi terhadap peubah atau variabel yang digunakan telah ditetapkan, baik berdasarkan data maupun asumsi.

Ada beberapa simbol yang umum digunakan dalam diagram alir sistem dinamik, yakni: (1) *level* , (2) *rate* , (3) *auxilary* (4) *source atau sink* , (5) *flow arc* *dan* (6) *konstanta* (Sofyan, 2010).

Peubah *Level* merupakan peubah penyimpan akumulasi nilai hasil perhitungan yang selalu berubah setiap saat sesuai dengan perubahan pada peubah *Rate*. Peubah *Level* tersebut sering disebut juga Peubah *Stock*. Peubah *Rate* merupakan peubah aktivitas yang mempengaruhi besaran *Level* dimana sifat nilai Peubah *Rate* tersebut tidak tergantung pada nilai *Rate* sebelumnya, tetapi dipengaruhi oleh nilai *Level* suatu sistem yang dipengaruhi oleh faktor eksternal (*exogenous influences*). Peubah *Rate* sering disebut juga sebagai Peubah *Flow*. Selanjutnya Peubah *Auxilary* biasanya digunakan untuk formulasi perhitungan antara yang mempengaruhi nilai *Level* dan *Rate*, penyederhanaan persamaan

yang kompleks, komunikasi antara peubah yang digunakan dalam sistem, dan nilai peubah ini berubah mengikuti respon perubahan yang ada pada *Level* atau peubah eksternal. Kemudian Peubah *Source* atau *Sink* menunjukkan bahwa Peubah *Level* dan *Rate* berada di luar batas model atau akhir dari pengaruh Peubah *Rate* pada sistem dinamik. Selanjutnya *flow arc* adalah simbol yang menunjukkan arah pengaruh suatu peubah terhadap peubah lainnya, dan terakhir konstanta merupakan lambang peubah dengan nilai yang tetap atau *fixed* dan tidak diperngaruhi oleh peubah lainnya ataupun waktu.

Parameter yang dihitung dalam simulasi ini mencakup kebutuhan unsur hara makro N, P_2O_5, K_2O (selanjutnya ditulis unsur N, P, dan K), dan pupuk organik untuk komoditas padi, palawija (kedelai, jagung, dan kacang tanah), sayuran (bawang merah, cabai, dan kentang), dan tanaman perkebunan (kelapa sawit, karet, kakao, kopi, tebu, teh, dan kelapa). Data luas baku lahan dan luas tanam komoditas diperoleh dari BPS on-line (website www.bps.go.id), data rekomendasi pemupukan dan tingkat adopsi penggunaan pupuk diperoleh dari berbagai sumber. Kemudian periode waktu simulasi adalah tahun 2015-2020. Secara ringkas ruang lingkup analisis simulasi disajikan pada (Tabel 1).

Tabel 1. Lingkup komoditas, unsur hara, dan pendekatan analisis

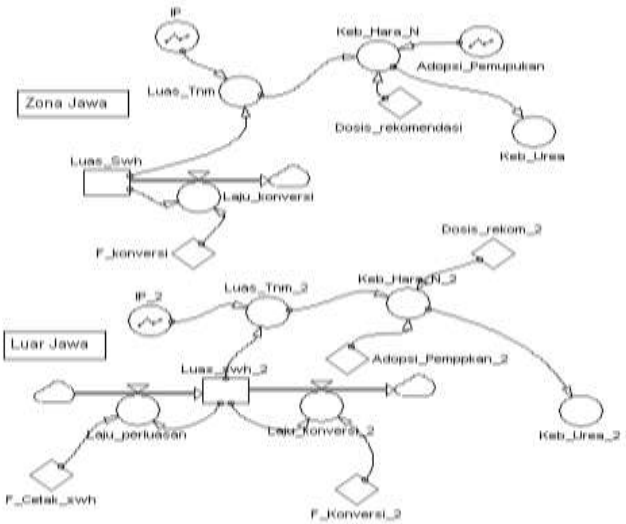
Komoditas	Unsur hara atau pupuk yang dihitung	Pendekatan wilayah analisis
Padi	N, P, K, dan pupuk organik	Jawa dan luar Jawa
Palawija	N, P, K	Nasional
Sayuran	N, P, K	Nasional
Perkebunan	N, P, K	Nasional

Analisis kebutuhan pupuk untuk komoditas padi dihitung berdasarkan zona Jawa dan luar Jawa karena pertimbangan tiga hal berikut: (1) perkembangan luas sawah pada kedua zona tersebut sangat berbeda jika dikaitkan dengan upaya perluasan areal dan dampak konversi lahan sawah, dimana lahan sawah di luar Jawa masih memungkinkan untuk diperluas sekalipun konversi lahan sawah terus berlanjut, sedangkan lahan sawah di Jawa akan terus menyusut akibat dampak konversi lahan, (2) tersedia data luas baku sawah dan informasi lainnya untuk kedua zona tersebut, dan (3) karakteristik usahatani padi sawah di kedua zona tersebut dikaitkan dengan kebutuhan pupuk relatif berbeda, misalnya indeks pertanaman (IP) padi dan tingkat penerapan pupuk oleh petani. Secara sederhana diagram alir sistem dinamik analisis kebutuhan unsur hara N (pupuk urea) untuk komoditas padi sawah zona Jawa dan luar Jawa disajikan pada (Gambar 3).

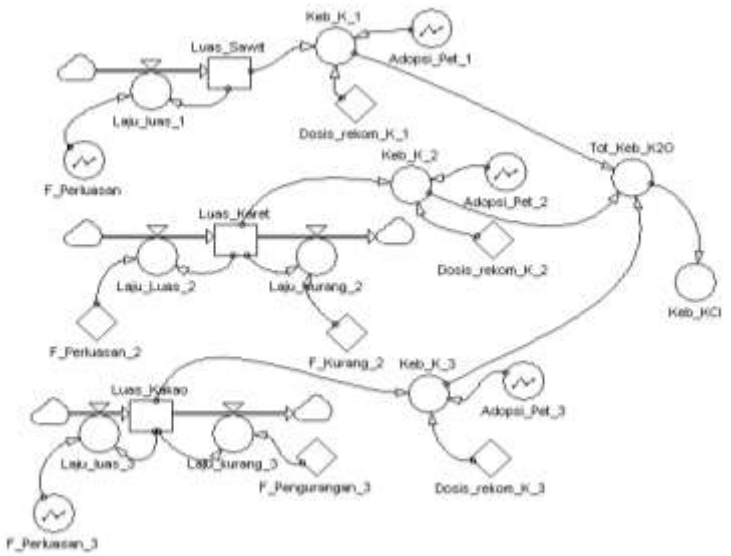
Kebutuhan unsur hara N dihitung berdasarkan luas tanam padi, rekomendasi pemupukan, dan adopsi pemupukan oleh petani. Variasi nilai luas tanam padi dipengaruhi

oleh luas baku sawah dan indeks pertanaman padi, sedangkan luas baku sawah akan bervariasi setiap tahun tergantung pada besaran konversi lahan sawah dan upaya pencetakan sawah baru (di luar Jawa). Selanjutnya setelah kebutuhan unsur hara N diketahui maka dihitung kebutuhan pupuk urea, sebagai salah satu bentuk pupuk tunggal sumber unsur hara N. Selain bentuk urea, sumber pupuk N bisa berupa pupuk ZA atau pupuk NPK majemuk. Selanjutnya diagram alir sistem dinamik proyeksi kebutuhan unsur hara P dan K untuk pupuk padi sawah dapat dibuat dengan analogi yang serupa dan demikian juga untuk pupuk organik. Bentuk persamaan dan data yang digunakan dalam diagram alir tersebut disajikan pada Lampiran 1.

Pendekatan analisis proyeksi kebutuhan pupuk untuk komoditas lainnya didasarkan pada perkembangan luas tanam dalam 5-10 tahun terakhir (www.bps.go.id), dosis rekomendasi pemupukan dan adopsi penggunaan pupuk oleh petani. Sebagai contoh pada Gambar 4 disajikan diagram alir sistem dinamik proyeksi kebutuhan unsur hara K (pupuk KCl) untuk tanaman perkebunan, khususnya kelapa sawit, karet, dan kakao.



Gambar 3. Diagram alir sistem dinamik proyeksi kebutuhan unsur hara N untuk pupuk padi sawah



Gambar 4. Diagram alir sistem dinamik proyeksi kebutuhan unsur hara K untuk pupuk tanaman perkebunan, khususnya kelapa sawit, karet, dan kakao

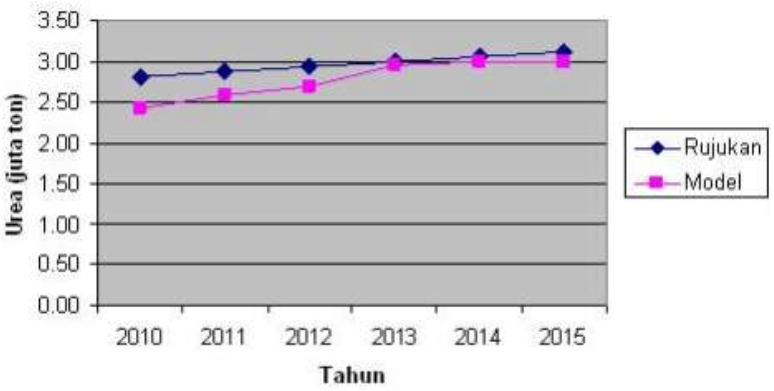
Berdasarkan data historis luas perkebunan kelapa sawit dalam 5-10 tahun terakhir meningkat terus dan oleh karena itu dalam analisis ini diasumsikan luas tanam kelapa sawit tersebut akan terus meningkat hingga tahun 2020. Sebaliknya untuk tanaman karet dan kakao luas tanamnya fluktuatif akibat adanya perluasan areal di suatu wilayah dan konversi penggunaan lahan tanaman tersebut menjadi tanaman lain di wilayah lain di Indonesia. Berdasarkan analogi serupa maka diagram alir sistem dinamik proyeksi kebutuhan unsur hara N dan P untuk pupuk tanaman perkebunan tersebut dapat dibuat. Demikian halnya untuk jenis tanaman perkebunan lainnya, termasuk kebutuhan unsur N, P, dan K untuk tanaman palawija dan sayuran.

HASIL PROYEKSI

Uji Validasi Model

Salah satu tahapan penting dalam simulasi adalah uji validasi model. Tujuan validasi model adalah untuk mengetahui apakah *output* atau keluaran model sudah sesuai dengan yang diharapkan. Data pembanding yang menjadi rujukan adalah hasil proyeksi kebutuhan pupuk tahun 2010-2015 (Sudaryanto, 2008). Hasil uji validasi model untuk kebutuhan pupuk N disajikan pada Gambar 5 dan dengan nilai RMSE=0,093 model analisis cukup valid untuk digunakan. Uji validasi model untuk kebutuhan pupuk P_2O_5

dan K_2O menghasilkan nilai RMSE yang lebih besar dari 0,200 dengan kecenderungan keluaran model selalu lebih tinggi daripada rujukan. Kondisi tersebut terjadi karena di dalam model digunakan asumsi peningkatan adopsi penggunaan pupuk sumber unsur hara P_2O_5 dan K_2O masing-masing 5% per tiga tahun. Asumsi tersebut digunakan sejalan dengan tujuan untuk mencapai swasembada pangan dan swasembada berkelanjutan, khususnya padi, jagung, kedelai, dan tebu (gula) melalui peningkatan produktivitas dengan pemupukan berimbang. Sebagaimana diketahui pada saat ini adopsi penggunaan pupuk anorganik pada komoditas tersebut relatif masih rendah dibandingkan dengan dosis rekomendasinya, yakni padi 68%, jagung 37%, kedelai 42%, dan tebu 67% (Anonim, 2008). Di sisi lain sebagian besar para petani masih belum menerapkan konsep pemupukan berimbang sebagaimana mestinya.



Gambar 5. Perbedaan proyeksi kebutuhan pupuk N antara Rujukan (Sudaryanto, 2008) dengan Hasil Simulasi Model

Kebutuhan Pupuk untuk Padi Sawah

Hasil simulasi kebutuhan pupuk untuk tanaman padi berupa unsur makro N, P_2O_5, dan K_2O disajikan pada Tabel 2 dan berupa pupuk tunggal urea, SP-36, dan KCl disajikan pada Gambar 5. Sekalipun luas baku lahan sawah di Jawa diprediksi akan terus menurun sebagai akibat konversi lahan sawah menjadi lahan kering atau lahan non pertanian, kebutuhan pupuk akan terus meningkat. Hal tersebut sebagai akibat adanya berbagai upaya untuk meningkatkan produksi padi melalui peningkatan indeks pertanaman (IP) dan produktivitas padi melalui peningkatan adopsi pemupukan. Peningkatan IP akan meningkatkan luas tanam dan adopsi pemupukan akan meningkatkan takaran pupuk. Sebagaimana dilaporkan oleh Direktur Pupuk dan Pestisida, tingkat adopsi penggunaan pupuk anorganik oleh petani padi sawah baru mencapai 67,7% (Anonim, 2010). Pada kondisi pupuk tersedia diprediksi adopsi penggunaan pupuk oleh petani padi akan

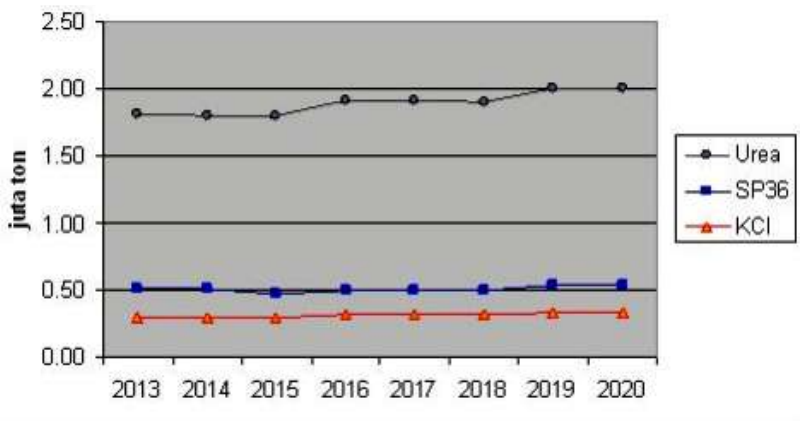
meningkat dan mencapai sekitar 80-90% dari dosis rekomendasinya. Secara indikatif ada kecenderungan adopsi penggunaan pupuk oleh petani di Jawa relatif lebih tinggi daripada di luar Jawa.

Proyeksi kebutuhan pupuk tunggal sebagaimana disajikan pada Gambar 6 tidak bersifat mutlak karena bentuk kemasan pupuk yang mengandung unsur hara N, selain urea bisa berupa ZA atau pupuk majemuk NPK, demikian juga untuk pupuk yang mengandung unsur P dan K. Oleh karena itu jika pemerintah berencana untuk memproduksi pupuk majemuk NPK sekitar 500 ribu sampai satu juta ton maka kebutuhan pupuk tunggal (urea, SP36, dan KCl) tersebut akan berkurang.

Tabel 2. Proyeksi kebutuhan unsur N, P, K untuk pupuk padi sawah di Indonesia (ribu ton)

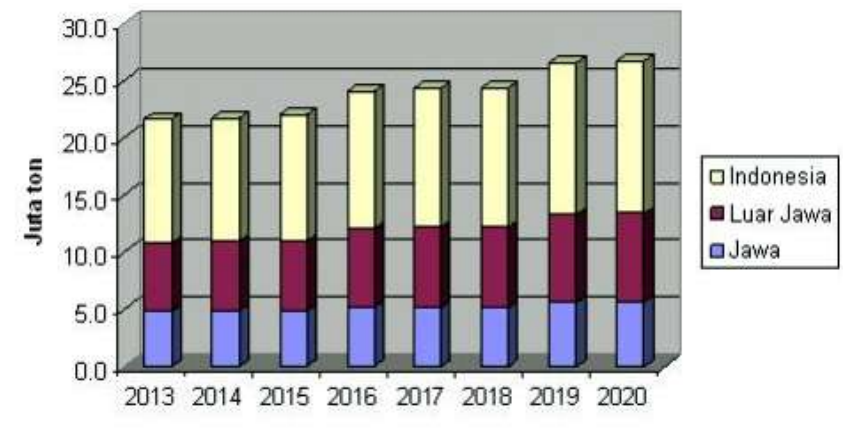
Unsur hara/zona	Tahun							
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Jawa								
N	412,0	412,0	411,0	435,0	436,0	433,0	457,0	456,0
P_2O_5	96,8	96,7	84,7	90,4	90,5	90,0	95,6	95,5
K_2O	89,3	89,2	89,1	95,5	95,4	95,8	102,0	102,0
Luar Jawa								
N	401,0	400,0	400,0	425,0	424,0	422,0	446,0	446,0
P_2O_5	85,4	85,3	85,3	90,9	90,8	90,3	95,9	95,5
K_2O	86,4	86,4	86,3	92,9	92,8	92,2	99,4	99,3

Sumber: hasil simulasi



Gambar 6. Proyeksi kebutuhan pupuk tunggal sumber N, P, dan K untuk komoditas padi sawah

Penggunaan pupuk organik oleh petani padi sawah saat ini masih sangat rendah. Proporsi petani padi yang menggunakan pupuk organik dan anorganik secara bersamaan baru mencapai 23,5%, sedangkan yang menggunakan pupuk organik saja ada 0,63% (Anonim, 2010). Ada kecenderungan saat ini penggunaan pupuk organik oleh petani padi mulai meningkat sehingga ketersediaan pupuk tersebut perlu mendapat perhatian. Sebagaimana disajikan pada Gambar 7 kebutuhan pupuk organik untuk padi sawah secara nasional cukup tinggi, yakni sekitar 9,8-13,4 juta t th^{-1}. Proyeksi tersebut diperoleh berdasarkan dosis rekomendasi pupuk organik pada padi sawah 2 t ha^{-1} dan peningkatan adopsi penggunaan pupuk organik oleh petani di masa depan. Mengingat jumlah pupuk organik yang diperlukan cukup banyak maka sebaiknya pemerintah tidak langsung terlibat dalam hal pengadaan pupuk organik, tetapi lebih ke arah penyuluhan atau edukasi dan pemberian insentif kepada petani untuk membuat pupuk organik tersebut.



Gambar 7. Proyeksi kebutuhan pupuk organik untuk padi sawah

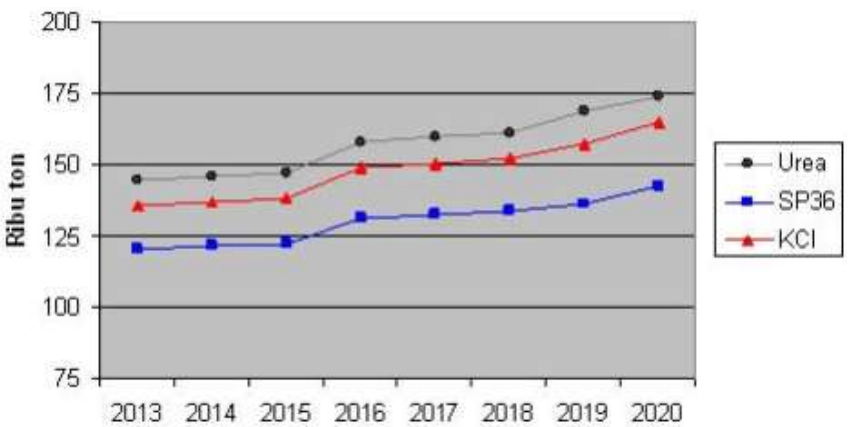
Mengingat pentingnya peran pupuk organik untuk meningkatkan kualitas tanah, khususnya kadar C-organik tanah maka diperlukan upaya-upaya penyuluhan untuk meningkatkan pengetahuan, kesadaran, dan kemauan petani untuk membuat dan menggunakan pupuk organik pada lahan sawahnya. Di beberapa daerah sudah banyak petani yang dapat membuat pupuk organik berbahan baku lokal (setempat) seperti jerami padi, pupuk kandang, dan sisa tanaman lainnya melalui proses dekomposisi atau pengomposan dengan menggunakan dekomposer komersial atau dekomposer buatan petani sendiri (MOL: mikroba organisme lokal).

Salah satu kebijakan pemerintah yang perlu ditempuh adalah pemberian insentif pembuatan pupuk organik yang diberikan langsung kepada para petani padi sawah. Sebagai ilustrasi para petani padi sawah yang memproses jerami menjadi kompos

mendapatkan insentif langsung tunai. Besaran indikatif insentif tersebut sekitar Rp 300-500,-.kg^{-1} kompos, sehingga petani yang mengelola sawah seluas satu hektar dengan bobot jerami yang dihasilkan 5-6 t ha^{-1} dan jerami tersebut diproses menjadi kompos sekitar 1,5-2,0 t ha^{-1} akan memperoleh insentif sekitar Rp 450.000-Rp 1.000.000. Kebijakan insentif tersebut akan meningkatkan adopsi petani dalam menggunakan pupuk organik yang sekaligus akan meningkatkan kualitas dan produktivitas tanahnya. Dampak akumulatif kebijakan insentif tersebut akan meningkatkan pendapatan petani dan perekonomian wilayah perdesaan. Di sisi lain pemerintah tidak perlu terlibat terlalu jauh dalam penyediaan pupuk organik.

Kebutuhan Pupuk untuk Tanaman Palawija Dan Sayuran

Luas tanam palawija utama seperti kedelai, jagung, dan kacang tanah fluktuatif dalam 5-10 tahun terakhir dengan kecenderungannya meningkat, kecuali untuk kacang tanah. Adopsi penggunaan pupuk oleh petani juga masih relatif rendah, misalnya proporsi petani jagung dan kedelai yang menggunakan pupuk anorganik masing-masing baru 36,8% dan 42,3% (Anonim, 2010). Berdasarkan hasil simulasi kebutuhan pupuk untuk tanaman palawija ke depan akan terus meningkat sebagaimana disajikan pada Gambar 8.

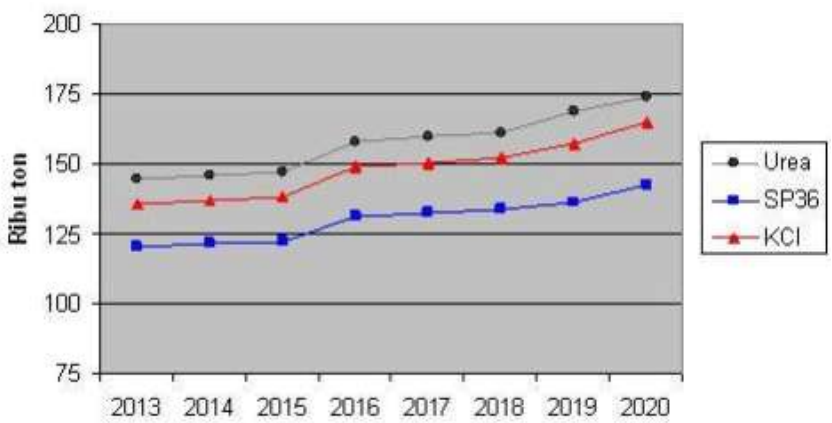


Gambar 8. Proyeksi kebutuhan pupuk tunggal untuk tanaman palawija

Fenomena tingginya harga kedelai baru-baru ini diprediksi akan berdampak pada meningkatnya luas tanam kedelai dalam beberapa tahun ke depan. Demikian juga luas tanam jagung akan meningkat seiring dengan program pemerintah untuk mempertahankan swasembada jagung. Peningkatan luas tanam kedelai dan jagung pada periode tahun 2005-2010 masing-masing mencapai 1,26% dan 2,79%.th^{-1} diprediksi akan tetap meningkat pada tahun-tahun mendatang. Kemudian secara umum upaya peningkatan produksi

kedelai, jagung, kacang tanah, dan palawija lainnya akan dilakukan melalui peningkatan produktivitas yang salah satunya dengan cara penggunaan pupuk berimbang sehingga diperlukan penyediaan pupuk yang lebih banyak daripada tahun-tahun sebelumnya.

Perkembangan luas tanam tanaman sayuran, khususnya bawang merah, kentang, dan cabai fluktuatif dengan kecenderungannya menurun, kecuali untuk cabai. Pada periode tahun 2009-2011 luas tanam bawang merah menurun 3,36%.th^{-1} dan kentang menurun 7,68%.th^{-1}, sedangkan luas tanam cabai meningkat 1,99%.th^{-1}. Hasil simulasi menunjukkan kebutuhan pupuk untuk tanaman sayuran tersebut meningkat (Gambar 9) sebagai akibat peningkatan penggunaan pupuk oleh petani dan peningkatan luas areal tanam yang disebabkan oleh meningkatnya permintaan terhadap hasil tanaman sayuran.



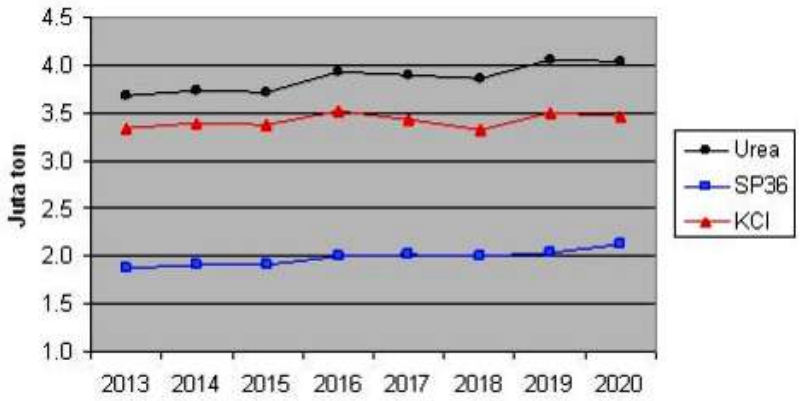
Gambar 9. Proyeksi kebutuhan pupuk tunggal untuk tanaman sayuran

Kebutuhan Pupuk untuk Tanaman Perkebunan

Hasil proyeksi menunjukkan kebutuhan pupuk untuk tanaman perkebunan di masa depan meningkat dengan pertumbuhan yang melandai (Gambar 10). Kondisi tersebut tidak terlepas dari fluktuasi luas areal tanam tanaman perkebunan dan sifatnya "saling menggantikan". Sebagai contoh luas areal perkebunan kelapa sawit meningkat cukup pesat yang dalam 15 tahun terakhir (1995-2010) mencapai 27,14% th^{-1}. Pada saat yang bersamaan ada tiga komoditas perkebunan yang luasannya menurun lebih dari satu persen, yakni tembakau (-3,59%.th^{-1}), teh (-1,12%.th^{-1}), dan kakao (-1,57% th^{-1}).

Ada beberapa faktor yang menyebabkan kebutuhan pupuk untuk tanaman perkebunan masih meningkat di masa depan, yakni perluasan lahan perkebunan kelapa sawit melalui pembukaan lahan baru dan peningkatan takaran pupuk oleh petani atau pekebun untuk meningkatkan produktivitasnya. Sebagaimana diketahui budidaya tanaman

kelapa sawit memerlukan unsur hara yang cukup tinggi dan para petani/pekebunnya sudah "melek" masalah pupuk. Pada tanaman perkebunan lainnya peningkatan adopsi penggunaan pupuk masih cukup terbuka, misalnya pada usahatani tebu proporsi petani yang sudah menggunakan pupuk anorganik baru mencapai 67,35% (Anonim, 2010).



Gambar 10. Proyeksi kebutuhan pupuk tunggal untuk tanaman perkebunan

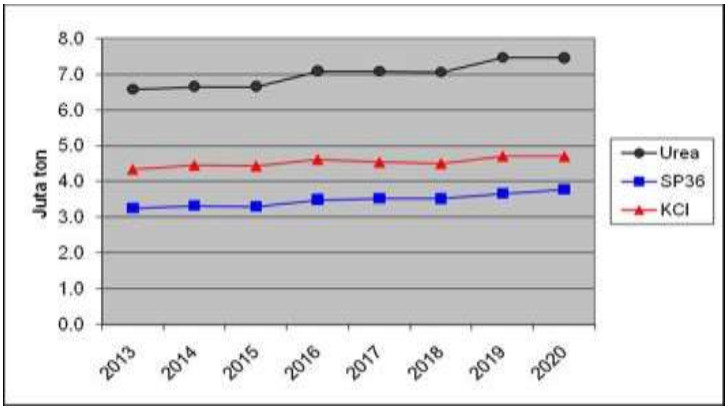
Kebutuhan Pupuk Sektor Pertanian

Berdasarkan hasil proyeksi kebutuhan unsur hara untuk pemupukan beberapa jenis komoditas di atas maka kebutuhan pupuk untuk Sektor Pertanian dapat dihitung sebagaimana disajikan pada Tabel 3 (dalam bentuk unsur hara) dan Gambar 11 (dalam bentuk pupuk tunggal). Berdasarkan data Tabel 3 pengambil kebijakan di bidang pupuk dapat memutuskan apakah kebutuhan unsur hara tersebut akan dipenuhi dalam bentuk pupuk tunggal atau pupuk majemuk atau kombinasinya. Sebagai contoh urea dan ZA merupakan pupuk tunggal sumber N, sedangkan SP36 dan KCl masing-masing merupakan pupuk tunggal sumber P_2O_5 dan K_2O. Selain dalam bentuk pupuk tunggal kebutuhan unsur hara tersebut dapat dipenuhi dalam bentuk pupuk majemuk seperti NPK dengan rasio kandungan unsur haranya disesuaikan dengan kebutuhan, sebagai ilustrasi disajikan pada Gambar 12. Gambar 12 menyajikan informasi bahwa jika pemerintah akan memproduksi pupuk majemuk, misalnya NPK 15-15-15 sebanyak 2 juta ton mulai tahun 2013 dan meningkat hingga menjadi 5,5 juta ton pada tahun 2020 maka pemenuhan kebutuhan unsur hara N, P, dan K dalam bentuk pupuk tunggal dapat diturunkan, sebagaimana ditunjukkan oleh garis simbol urea, SP-36, dan KCl pada (Gambar 12).

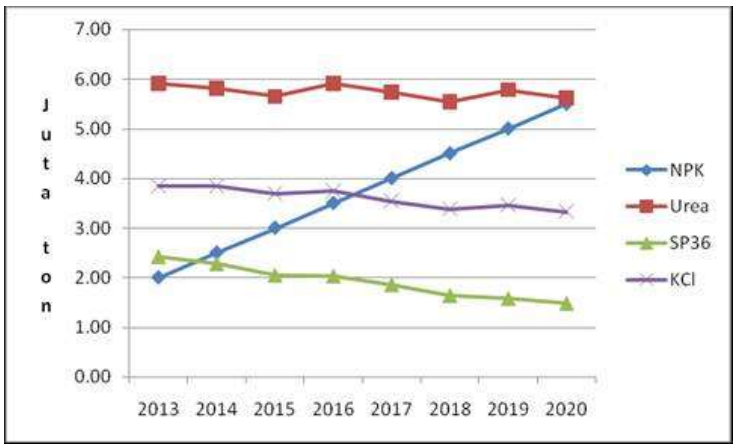
Tabel 3. P royeksi kebutuhan unsur hara untuk pupuk Sektor Pertanian (juta ton)

Unsur hara	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
N	2,96	2,99	2,99	3,19	3,18	3,17	3,35	3,35
P_2O_5	1,17	1,20	1,19	1,26	1,27	1,27	1,32	1,36
K_2O	2,60	2,68	2,66	2,77	2,72	2,71	2,83	2,82

Sumber: hasil simulasi



Gambar 11. Proyeksi kebutuhan pupuk tunggal Sektor Pertanian



Gambar 12. Proyeksi kebutuhan pupuk tunggal dan majemuk Sektor Pertanian

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kebutuhan pupuk Sektor Pertanian di masa depan akan meningkat sejalan dengan upaya peningkatan produksi hasil-hasil pertanian untuk memenuhi kebutuhan konsumsi dalam negeri atau swasembada pangan.

2. Pada tahun 2015 kebutuhan unsur hara untuk pupuk Sektor Pertanian mencapai 3 juta ton N, 1,2 juta ton P_2O_5, dan 2,7 juta ton K_2O. Jumlah kebutuhan unsur hara tersebut pada tahun 2020 akan meningkat menjadi 3,4 juta ton N, 1,4 juta ton P_2O_5, dan 2,8 juta ton K_2O.
3. Apabila kebutuhan unsur hara di masa depan akan dipenuhi dengan pupuk tunggal maka pada tahun 2015 Sektor Pertanian akan memerlukan pupuk urea 6,7 juta ton, SP36 3,3 juta ton, dan KCl 4,5 juta ton. Kemudian pada tahun 2020 akan dibutuhkan pupuk urea 7,5 juta ton, SP36 3,8 juta ton, dan KCl 4,7 juta ton.
4. Penyediaan unsur hara untuk Sektor Pertanian dapat dipenuhi juga dalam bentuk pupuk majemuk yang mengandung unsur hara N, P, dan K. Penyediaan pupuk majemuk tersebut akan mengurangi pembuatan pupuk tunggal.
5. Model simulasi sistem dinamik ini sebaiknya diterapkan pada ruang lingkup yang lebih spesifik, baik ruang lingkup wilayah (provinsi atau kabupaten) maupun jenis komoditasnya sehingga data dan asumsi kebijakan yang diperlukan untuk pemodelan atau simulasi lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2008. Arah Kebijakan Subsidi Pupuk. Bahan Sarasehan Nasional Pupuk dan Pemupukan Menuju 2015. Ditjen Tanaman Pangan. Jakarta.

Anonim. 2010. Kebijakan Pemerintah di Bidang Perpupukan. Direktorat Pupuk dan Pestisida. Makalah Seminar Nasional Sumberdaya Lahan. Bogor, 20 Juni 2010.

Badan Pusat Statistik On-line. http://www.bps.go.id (Mei 2012).

Djojomartono, M. 1993. Pengantar Umum Analisis Sistem. Bahan Pelatihan Analisis Sistem dan Informasi Pertanian. Kampus IPB Dramaga, Bogor (tidak dipublikasikan).

Eriyatno. 1999. Ilmu Sistem: Meningkatkan Mutu dan Efektivitas Manajemen. IPB Press. Bogor. 147 p.

Gunarto, L. 2007. Teknologi AGPI (*Agricultural Growth Promoting Inoculants*). Bahan Presentasi pada Acara Diskusi Masalah Pertanian di Indonesia. Jakarta. 18 Juli 2007

Irianto, G. 2012. Kebijakan Pengelolaan Pupuk dan Subsidi Pupuk Sektor Pertanian. Bahan Diskusi Terbatas Permasalahan Pupuk di Indonesia. Bogor, 15 Juni 2012.

Sudaryanto, T. 2008. Proyeksi Penawan dan Permintaan serta Kebijakan Pupuk Nasional Tahun 2009-2015. Bahan Sarasehan Nasional Pupuk dan Pemupukan Menuju 2015. PSEKP. Bogor.

Sofyan. 2010. Pengantar Sistem Dinamik. Bahan Pelatihan Bappenas. Teknik Lingkungan, ITB. Bandung.

Lampiran 1. Persamaan (equation) diagram alir sistem dinamik untuk unsur hara

Ladang
INIT 357300
-dt*Laju_konv_3
Luas areal padi ladang di Jawa (ha)
Swh_irigasi
INIT 2465000
-dt*Laju_konv_1
Luas baku sawah irigasi (teknis dan sederhana) di Jawa [ha] [Suyamto dan Zulkifli, 2009)
Swh_tdh
INIT 763600
-dt*Laju_konv_2
Luas sawa tadah hujan di Jawa (ha)
Laju_konv_1
= F_konver_1/100*Swh_irigasi
Laju penurunan luas areal sawah di Jawa plus
Laju_konv_2
= Swh_tdh*(F_konver_2/100)
Laju penurunan luas areal padi ladang
Laju_konv_3
= Ladang*(F_konv_3/100)
Adopsi_Pet_1
= GRAPH(TIME,1,1,[0.75,0.75,0.75,0.8,0.8,0.8,0.85,0.85,0.85,0.9,0.9,0.9,0.9,0.95,0.95,0.95,0.95,1,1,1,1,1,1,1,1"Min:0;Max:1"])
Adopsi dosis pemupukan N oleh petani padi sawah irigasi 75-100% terhadap dosis rekomendasi
Adopsi_Pet_2
= GRAPH(TIME,1,1,[0.7,0.7,0.7,0.75,0.75,0.75,0.8,0.8,0.8,0.85,0.85,0.85,0.85,0.9,0.9,0.9,0.9,0.95,0.95,0.95,0.95,0.9,1,1,1,1"Min:0;Max:1"])
Adopsi dosis pemupukan N oleh petani padi sawah tadah hujan: 70-100% terhadap dosis rekomendasi
Adopsi_Pet_3
= GRAPH(TIME,1,1,[0.5,0.5,0.5,0.6,0.6,0.6,0.6,0.65,0.65,0.65,0.65,0.7,0.7,0.7,0.7,0.7,0.7,0.75,0.75,0.75,0.8,0.8,0.8,1,1,1"Min:0;Max:1"])
Adopsi dosis pemupukan N oleh petani padi ladang: 50-100% terhadap dosis rekomendasi
Hara_N_1
= Adopsi_Pet_1*Dosis_rekom_N_1*Luas_Tnm1
Hara_N_2
= Adopsi_Pet_2*Dosis_rekom_N_2*Luas_Tnm2
Hara_N_3
= Adopsi_Pet_3*Dosis_rekom_N_3*Luas_Tnm3
IP_1
= GRAPH(TIME,0,1,[176,178,180,181,183,185,187,189,191,192,194,196,196,198,200,200,202,202,204,204,205,206"Min:160;Max:300"])
Indeks Pertanaman padi sawah irigasi di Jawa: awalnya 176% /th, naik 1%/ th; maksimum 250%/th
IP_2
= GRAPH(TIME,1,1,[1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1.02,1.02,1.02,1.04,1.04,1.04,1.04,1.05,1.05,1.06,1.08,1.08,1.1,1,1,1,1"Min:0;Max:1.5"])
IP padi sawah tadah hujan (100-110%) selama 20 tahun
Keb_Urea
= Total_N*100/45

Keb_Urea
= Total_N*100/45
Di dalam juta ton urea
Luas_Tnm1
= Swh_irigasi*IP_1/100
Luas tanam padi pada sawah irigasi
Luas_Tnm2
= Swh_tdh*IP_2/100
Luas tanam padi sawah tadah hujan
Luas_Tnm3
= Ladang*IP_3/100
Luas tanam padi ladang (juta ha)
Total_N
= (Hara_N_1+Hara_N_2+Hara_N_3)/1000000000
Satuan di dalam juta ton
Dosis_rekom_N_1
= 112.5
Dosis rekomendasi pupuk N (kg/ha/mt); sumber lap KSP PT Pusri (A. Kasno dkk)
Dosis_rekom_N_2
= 92.5
Dosis rekomendasi pupuk N (kg/ha/mt)
Dosis_rekom_N_3
= 92
Dosis rekomendasi pupuk N (kg/ha), berdasarkan rekom urea padi ladang 200 kg/ha (kada N urea =46%)
F_konv_3
= 0.32
Laju penurunan usahatani lahan kering/ladang ke non padi (0.32%/th)
F_konver_1
= 2.34*.5
Laju konversi sawah di Jawa (acuan : data 2002-2007), seluas 429.715 ha selama 5 th atau 2,34%/th tetapi krn ada UU dan PP LP8 mk digunakan 50%nya saja
F_konver_2
= 2.34*.5
Idem sawah irigasi
IP_3
= 100
IP padi ladang 100%

Metodologi Percepatan Pemetaan Status Hara Lahan Sawah

10

[1]Sukarman, [2]Diah Setyorini dan [1]Sofyan Ritung

[1]Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Jl. Tentara Pelajar No. 12, Bogor 16114
[2]Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Tanah, Jl. Tentara Pelajar No. 12, Bogor 16114

Abstrak. Peta status hara P dan K lahan sawah sangat bermanfaat untuk arahan menyusun rekomendasi pemupukan padi sawah spesifik lokasi serta arahan kebutuhan pupuk di tingkat kabupaten, provinsi dan nasional. Peta status hara P dan K lahan sawah skala 1:50.000 bermanfaat untuk menyusun rekomendasi pemupukan padi sawah spesifik lokasi serta arahan kebutuhan pupuk tingkat kabupaten. Peta status hara P dan K lahan sawah skala 1:250.000 untuk arahan alokasi kebutuhan pupuk nasional. Pembuatan peta status hara lahan sawah telah dimulai pada tahun 1970 oleh Lembaga Penelitian Tanah dan sampai saat ini baru 22 provinsi yang dipetakan pemetaan status hara tanahnya. Sementara pemetaan status hara 1: 50.000, baru dilaksanakan pada beberapa kabupaten di wilayah Pantura, Jawa Barat, sehingga masih banyak lahan sawah di seluruh Indonesia yang belum dipetakan status hara tanahnya. Metode pemetaan status hara lahan sawah yang dilaksanakan sampai saat ini adalah metode grid. Penggunaan metode ini memerlukan waktu lama dan mahal, karena harus menjelajahi seluruh areal pemetaan dan jumlah contoh tanah yang dianalisis sangat banyak. Agar pemetaan status hara lahan sawah seluruh Indonesia dapat segera diselesaikan, maka perlu adanya upaya untuk melakukan percepatan, diantaranya menggunakan metode pemetaan yang cepat dan efisien serta akurat. Salah satu alternatif metode percepatan pemetaan status hara yang dapat digunakan adalah memanfaatkan cara delineasi satuan peta yang dianalisis secara digital berbasis GIS (Geographic Information System). Unsur yang dijadikan dasar delineasi satuan peta adalah: bentuk wilayah/lereng, bentuk sawah (diteras atau tidak diteras), bahan induk/litologi, sumber air irigasi dan tingkat manajemen pemupukan yang digunakan di suatu wilayah. Unsur bentuk wilayah/lereng diturunkan dari DEM (SRTM atau peta topografi digital), bentuk sawah diperoleh dari citra satelit, bahan induk/litologi diperolah dari peta geologi, sumber air irigasi diperoleh dari peta Rupabumi Indonesia (RBI) dan tingkat manajemen diperoleh Dinas Pertanian setempat. Dengan cara ini, maka (1). delineasi satuan peta dapat dilakukan secara cepat dan mencakup wilayah yang luas, (2). penjelajahan lapangan dilakukan seminimal mungkin dan (3). jumlah contoh tanah yang dianalisis dapat diminimalisir. Tujuan dari tulisan ini adalah membahas salah satu metode pemetaan status hara (P, K dan C-organik) lahan sawah dalam upaya untuk percepatan pemetaan status hara lahan sawah di Indonesia pada skala semi detail (1:50.000).

Kata Kunci: Percepatan pemetaan, status hara, lahan sawah

Abstract. *Map of P and K status of wetland is very useful for making recommendations landing site-specific fertilization of rice paddies and the direction of the need for fertilizers in the district, provincial and national levels. Map of P and K status of wetland*

1:50,000 scale useful for preparing rice fertilizer recommendation and referral site-specific fertilizer needs of the district. Map of P and K status of wetland 1:250.000 scale for the allocation of landing a national fertilizer requirement. Making maps of wetland nutrient status has been initiated in 1970 by the Research Institute of Soil and till now only 22 provinces are mapped mapping soil nutrient status. While mapping the nutrient status of 1: 50,000, has just been implemented in several districts in the northern coast, West Java, so it is still a lot of paddy fields in Indonesia is not yet mapped the soil nutrient status. Methods of nutrient status of wetland mapping undertaken to date is the grid method. The use of these methods require long and expensive, because they have to explore all areas of mapping and the number of soil samples are analyzed very much. In order for the mapping of wetland nutrient status throughout Indonesia can be resolved, there needs to accelerate efforts, including using a mapping method that quickly and efficiently and accurately. One alternative method of mapping the acceleration of nutrient status that can be used to delineate the unit is utilizing the analyzed digital maps based on GIS (Geographic Information System). Elements that form the basis delineation map unit are: the shape/slope, form fields (or not diteras diteras), parent material/lithology, source of irrigation water and fertilizer management levels are used in a region. Elements of the shape/slope derived from DEM (SRTM or digital topographic maps), form fields derived from satellite imagery, the parent material/lithology obtained from geological maps, the source of irrigation water obtained from Topographic maps of Indonesia (RBI) and the Agriculture Department acquired the management of local . In this way, then (1). Delineation map unit can be performed quickly and covers a wide area, (2). Field explorations conducted a minimum and (3). The number of soil samples that were analyzed can be minimized. The purpose of this paper is to discuss one method of mapping the nutrient status (P, K and C-organic) paddy field in an effort to accelerate the mapping of wetland nutrient status in Indonesia in the semi detail scale (1:50,000).

Keywords*: Acceleration mapping, nutrient status, wetland*

PENDAHULUAN

Pembangunan pertanian tanaman pangan terutama beras, merupakan salah subsektor yang masih merupakan prioritas pembangunan pertanian di Indonesia. Peningkatan produksi padi nasional tidak terlepas dari digunakannya varietas padi unggul baru (VUB) yang umumnya responsif terhadap pemberian pupuk makro N, P dan K. Untuk memenuhi kebutuhan hara varietas padi VUB dapat dilakukan melalui pemupukan. Apabila tidak dilakukan pemupukan yang cukup, maka tanaman akan menguras unsur hara tersebut dari dalam tanah. Jika tanahnya subur, tanaman padi tidak akan memperlihatkan penurunan produksi dalam jangka pendek namun dalam jangka panjang akan terjadi penurunan produktivitas tanah dan tanaman. Jika tanah tidak subur maka tanaman padi akan memperlihatkan produktivitas jauh lebih rendah daripada potensi produktivitas yang sebenarnya.

Status hara tanah sangat dipengaruhi oleh tingkat pengelolaan tanah yang dilakukan petani. Lahan sawah yang dikelola secara intensif dan dipupuk terus menerus diduga mengalami peningkatan kadar hara tanah, terutama kadar P dan K, serta mengalami ketidakseimbangan hara. Sebaliknya pada lahan sawah yang dikelola tidak intensif atau jarang dipupuk, akan terjadi penurunan kadar hara terutama hara K yang mudah tercuci. Untuk itu diperlukan upaya penyusunan peta status hara tanah terutama P dan K untuk mendukung akurasi rekomendasi pemupukan spesifik lokasi, ketepatan alokasi pupuk, efisiensi pemupukan dan peningkatan mutu intensifikasi.

Pembuatan peta status hara lahan sawah telah dimulai pada tahun 1970 oleh Lembaga Penelitian Tanah dan sampai saat ini baru 22 provinsi yang dipetakan pemetaan status hara tanahnya pada skala 1:250.000. Sementara pemetaan status hara 1:50.000, baru dilaksanakan pada beberapa kabupaten di wilayah Pantura, Jawa Barat, sehingga masih banyak lahan sawah di seluruh Indonesia yang belum dipetakan status hara tanahnya. Peta status hara P dan K tanah sawah skala 1:50.000 bermanfaat untuk menyusun rekomendasi pemupukan padi sawah spesifik lokasi serta arahan kebutuhan pupuk tingkat kabupaten. Untuk itu, perlu dilakukan pemetaan skala 1:50.000 di sentra produksi padi sawah seperti di jalur pantura Jawa, Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Sulawesi Selatan, Sumatera Utara, Sumatera Selatan, dan Sumatera Barat.

Metode pemetaan status hara lahan sawah yang dilaksanakan sampai saat ini adalah menggunakan metode grid. Penggunaan metode ini memerlukan waktu lama dan mahal karena harus menjelajahi seluruh areal pemetaan dan jumlah contoh tanah yang dianalisis sangat banyak. Agar pemetaan status hara lahan sawah seluruh Indonesia dapat segera diselesaikan, maka perlu adanya upaya untuk melakukan percepatan, diantaranya menggunakan metode pemetaan yang cepat dan efisien serta akurat.

Tujuan penulisan makalah ini adalah untuk membahas kemungkinan memanfaatkan cara delineasi satuan peta yang dianalisis secara digital berbasis GIS (*Geographic Information System*), menggunakan unsur-unsur penyebab perbedaan kandungan unsur hara yang dapat dianalisis dari peta geologi/litologi, DEM (digital elevation model), citra satelit serta data pendukung lainnya.

FAKTOR-FAKTOR PENYEBAB PERBEDAAN STATUS HARA TANAH

Perbedaan status hara atau keragaman sifat tanah secara ruang dikelompokkan kedalam dua golongan, yaitu keragaman sistematik dan keragaman acak (Wilding dan Drees, 1983). Keragaman sistematik berubah secara berangsur atau secara jelas atau menurut kecenderungan tertentu. Penyebab keragaman sistematis, yaitu perbedaan topografi, litologi, iklim, aktivitas biologi dan umur suatu wilayah.

Untuk wilayah yang tidak luas, keragaman mungkin berkaitan dengan posisi geomorfik dan litologi/bahan induk, vegetasi dan iklim. Hasil penelitian Ovalles dan Collins (1986) menunjukkan bahwa perbedaan bahan induk tanah dalam suatu landskap dapat menjadi penyebab terjadinya perbedaan sifat-sifat tanah dan terdapat suatu hubungan yang jelas antara perbedaan sifat-sifat tanah dengan posisinya di dalam landskap.

Jenis keragaman spasial lainnya adalah keragaman yang bersifat acak. Keragaman ini tidak dapat dihubungkan dengan penyebabnya yang jelas. Keragaman acak sebenarnya dapat juga dinyatakan sebagai keragaman sistematis jika ditelaah secara lebih detail. Wilding dan Drees (1983) telah meneliti keragaman sifat tanah secara secara lateral maupun vertikal yang menyimpulkan bahwa keragaman sifat tanah disebabkan oleh :

1. Perbedaan litologi: fungsi dari susunan fisik, kimia, dan mineralogi dari bahan induk yang mencerminkan asal muasal bahan induk, mekanisme transport dan sejarah perkembangannya.
2. Perbedaan intensitas hancuran: fungsi dari jenis dan mekanisme hancuran, pembentukan dan pengangkutan hasil hancuran dan evolusi landskap.
3. Perbedaan erosi dan deposisi: fungsi dari stabilitas landskap dan proses-proses geomorfik.
4. Faktor-faktor biologi: fungsi dari flora dan fauna termasuk pengaruh manusia.
5. Perbedaan hidrologi: fungsi dari iklim, relief, vegetasi dan posisi geomorfik pada suatu wilayah.

Faktor-faktor tersebut di atas pengaruhnya dapat diidentifikasi secara visual dan terukur. Namun apabila faktor-faktor tersebut berinteraksi seringkali pengaruhnya sulit atau tidak dapat diidentifikasi dengan jelas.

JENIS DAN METODE PEMETAAN STATUS HARA

Pembuatan peta status hara lahan sawah telah dimulai pada tahun 1970 oleh Lembaga Penelitian Tanah yang dipetakan pada skala 1: 250.000, dilanjutkan dengan pemetaan status hara 1: 50.000, dan baru dilaksanakan pada beberapa kabupaten di wilayah Pantura, Jawa Barat.

Pada dasarnya tingkat pemetaan status hara tanah mengikuti tingkat pemetaan untuk pemetaan tanah, yaitu ultra detail (skala 1:> 5.000), detail (sakala 1:5.000-10.000), semi detail (skala 1:25.000-50.000), tinjau mendalam (skala 1:50.000-100.000), tinjau (skala 1:100.000-500.000), eksplorasi (skala 1:1.000.000-2.500.000) dan bagan (skala <

1:2.500.000). Namun demikian di Indonesia pemetaan tanah yang pernah dilakukan umumnya berskala 1: 250.000 atau yang lebih besar.

Peta status hara skala 1: 250.000 sangat bermanfaat sebagai dasar penyusunan rekomendasi pemupukan, menghitung kebutuhan pupuk nasional serta perencanaan dan arahan distribusi penyaluran pupuk secara nasional di setiap propinsi. Sedangkan peta status hara skala 1: 50.000 bermanfaat untuk menyusun rekomendasi pemupukan padi sawah spesifik lokasi serta arahan kebutuhan pupuk tingkat kabupaten.

Metode pemetaan status hara tanah sawah yang dilakukan umumnya menggunakan grid sistematis. Untuk pemetaan skala 1: 250.000, contoh tanah diambil secara komposit pada setiap jarak 2.500 meter, sedangkan untuk pemetaan skala 1: 50.000 contoh tanah komposit diambil pada setiap jarak 500 meter. Semua contoh kemudian dianalisis di laboratorium. Delineasi dilakukan secara manual berdasarkan tiga staus unsur hara yang telah ditetapkan sebelumnya, yaitu rendah, sedang dan tinggi. Dengan berkembangnya teknologi komputer, delineasi peta dilakukan dengan komputerisasi menggunakan teknik GIS. Dalam melakukan deliniasi peta untuk membatasi antara lahan sawah berstatus rendah, sedang dan tinggi berdasarkan kepada hasil analisis tanah dengan memperhatikan bahan induk, jenis tanah, topografi/bentuk wilayah, dan batas alam (sungai/jalan).

Beberapa pemetaan status hara yang dilakukan oleh Balai Pengkajian Teknologi Pertanian pada skala 1: 50.000 juga dilakukan dengan metode grid. Salah satu contohnya adalah Pemetaan Status hara Sawah di Jawa Tengah.

Dalam pemetaan dengan metode grid seluruh wilayah yang dipetakan harus dijelajahi dan diambil contohnya untuk dianalisis di laboratorium. Dengan harus menjelajahinya seluruh wilayah yang akan dipetakan maka diperlukan waktu yang cukup lama, demikian juga halnya jumlah contoh yang akan dianalisis akan banyak yang pada gilirannya menyebabkan jumlah biaya yang dikeluarkan akan tinggi.

Pengambilan contoh yang dilakukan secara grid juga kurang sesuai jika sebaran status hara tanah sebenarnya menyebar secara sistematis. Oleh karena itu pengambilan contoh akan lebih menemui sasarannya jika dilakukan berdasarkan pola sistematis sesuai dengan kemungkinan perbedaan status hara tanahnya. Dengan perkataan lain pengambilan contoh perlu dilakukan secara taktis mengekuti kemungkinan pola penyebarannya. Hal ini juga akan menyebabkan jumlah contoh yang perlu diambil tidak akan terlalu banyak, karena dapat dipilih tempat-tempat mana saja yang perlu dipilih contohnya untuk dianalisis di labiratorium.

Dalam pemetaan status hara dari kegiatan pemetaan tanah tingkat semi detail di Pusat Penelitian Tanah dalam memetakan areal untuk pembukaan lahan transmigrasi di luar Pulau Jawa, penilaian status hara didasarkan kepada satuan peta tanah yang telah

disusun. Pengambilan contoh tanah komposit dilakukan dari setiap satuan peta tanah yang telah terbentuk dengan memperhatikan penyebaran jenis tanahnya pada suatu landskap. Sebagai contoh dalam Pemetaan Tanah Semi Detail di Lokasi Transmigrasi Taluk Kuantan Riau (Tim Pusat Penelitian Tanah, 1981) contoh komposit untuk penilaian status hara tanah diambil berdasarkan di setiap satuan peta tanah dengan jumlah 2 sampai 5 contoh tergantung dari luasan satuan peta tanah tersebut. Hal yang serupa juga dilakukan pada pemetaan tanah di Pabrik Gula Jati Tujuh, Jatibarang Jawa Barat (Lembaga Penelitian Tanah, 1980); Pemetaan Tanah Semi Detail Daerah Mbay dan Magepanda (Tim Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, 1996a, 1996b).

KONSEP PENYUSUNAN SATUAN PETA STATUS HARA TANAH

Penilaian status hara khususnya tanah sawah adalah didasarkan kepada status hara yang ada di lapisan atas (*top soils*). Para peneliti sudah lama mendapatkan bahwa sifat kimia tanah di permukaan tanah mempunyai variabilitas yang tinggi dibandingkan sifat kimia di dalam sub soil atau sifat penciri untuk klasifikasi tanah. Penelitian keragaman sifat tanah sudah dimulai sejak tahun 1915 (Wilding dan Drees, 1983). Hasil penelitian Rachim (1989) di Bogor, mendapatkan bahwa sifat-sifat kimia tanah mempunyai variabilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan sifat fisika tanah, kecuali pH dan kapasitas tukar kation.

Menurut Wilding dan Drees (1983) keragaman maupun keseragaman sifat tanah dipengaruhi oleh: perbedaan litologi/bahan induk, intensitas hancuran iklim, perbedaan tingkat erosi dan deposisi, faktor biologi (termasuk pengaruh manusia), perbedaan hidrologi dan akibat kesalahan sampling. Untuk tujuan pemetaan status hara tanah, faktor-faktor tersebut harus diperhatikan secara seksama agar hasil delineasi menghasilkan nilai-nilai yang relatif seragam.

Masalah mendasar yang selalu diperdebatkan dalam pemetaan tanah atau pemetaan status hara adalah penarikan batas (delineasi) satuan peta. Diperlukan adanya suatu konsep bahwa unsur-unsur yang dijadikan dasar dalam delinesasi menghasilkan satus hara tanah yang seragam atau berada pada kisaran yang relatif sempit dan batasnya dapat ditentukan secara mudah dan nyata di lapangan. Perlu dibangun suatu konsep, bagaimana cara melakukan delineasi dari tanda-tanda yang tampak jelas secara visual dan terukur, sehingga dapat dianlisis melalui citra, DEM, data litologi dan data lain yang berpengaruh terhadap status hara suatu wilayah.

Dalam pemetaan tanah, konsep yang dibangun adalah melalui pendekatan landform. Landform adalah bentukan alam di permukaan bumi khususnya di daratan yang terjadi karena proses pembentukan tertentu dan melalui suatu evolusi tertentu pula (Marsoedi *et al.* 1997). Pemahaman yang mendorong digunakannya pendekatan landform

ini adalah bahwa pada pemetaan tanah berskala kecil, batas-batas penyebaran tanah sulit ditentukan, sebaliknya batas-batas landform tampak lebih jelas. Yang menjadi pertanyaan adalah apakah pendekatan landform yang digunakan dalam pemetaan tanah, dapat juga digunakan untuk delineasi pemetaan status hara tanah ? Nampaknya konsep ini dapat digunakan dengan tambahan data lainnya diantaranya adalah data sumber air irigasi, kondisi sawah (diteras atau tidak) dan penggunaan pupuk (pengaruh manusia).

METODE PERCEPATAN PEMETAAN YANG DAPAT DITERAPKAN

Uraian di atas menunjukkan bahwa selama ini, metode pemetaan status hara tanah masih menggunakan sistem grid yang kurang memperhatikan pola penyebaran perbedaan status hara tanah yang sebenarnya di lapangan. Dengan memperhatikan pola penyebarannya, sebenarnya jumlah pengamatan maupun jumlah contoh tanah dapat dikurangi semininal mungkin yang pada akhirnya menyebabkan terjadinya efisiensi dalam waktu dan biaya.

Agar jumlah pengamatan lapang dan jumlah contoh dapat dikurangi secara signifikan, maka perlu ada metode terobosan yang dapat mendukung keinginan tersebut.

Metode terobosan tersebut meliputi memperhatikan beberapa aspek:

1. Metode tersebut dikembangkan harus berdasarkan kaidah-kaidah ilmiah.
2. Metode diarahkan kepada penggunaan teknik-teknik pemetaan mutakhir yang pada akhirnya dapat meningkatkan efisiensi waktu dan dana tanpa mengurangi keakuratan peta status hara yang dihasilkan.
3. Delineasi satuan peta status hara didasarkan kepada kemungkinan penyebaran perbedaan status hara yang diyakini disebabkan oleh faktor penyebab keragaman tanah secara spasial.
4. Faktor penyebab perbedaan status hara harus dapat diidentifikasi di lapangan dan terekam dalam alat bantu yang digunakan (Citra satelit, DEM, Peta geologi dll).
5. Delineasi satuan peta status hara menggunakan teknik komputer berbasis GIS.
6. Hasil delineasi harus diverifikasi di lapangan.
7. Penetapan status hara tanah harus berdasarkan data contoh tanah komposit yang diambil di lapangan, pada setiap satuan peta status hasil delineasi.
8. Jumlah sample yang diambil secara komposit pada setiap satuan peta status hasil delineasi didasarkan kepada kemunginan variabilitas tanahnya yang bersifat acak.
9. Karena itu, untuk pemetaan status hara skala 1: 50.000 perlu disusun suatu konsep satuan peta status hara yang dapat didelineasi mempergunakan alat bantu, yang

memperhatikan penyebaran keragaman/kehomogeman secara lateral unsur hara tanah (terutama P, K dan C-oragnik) di lapangan.

Metode yang dapat diterapkan dalam upaya percepatan pemetaan adalah meliputi perbaikan metode delineasi satuan peta dan perbaikan jumlah pengambilan contoh tanah yang akan dianalisis. Agar pelaksanaan delineasi dapat dilakukan secara cepat, maka pelaksanaannya harus terkomputerisasi berbasis GIS. Delineasi satuan peta memanfaatkan DEM resolusi 30 meter yang bersumber dari peta kontur/Peta Rupabumi Indonesia (RBI) skala 1: 25.000 - 1: 50.000 atau DEM dari *Suttle Radar Topographic Mission* resolusi 30 meter. Berbegai atribut landform dan faktor penentu variabilitas unsur hara dapat dianalisis dari DEM dan citra satelit. Arc GIS, dan Arcview merupakan salah satu perangkat lunak yang dapat digunakan untuk analisis atribut landform dari DEM. Sedangkan program ER Mapper dapat digunakan untuk analisis citrab satelit. Dengan memadukan hasil analisis dari kedua sumber data tersebut, berbagai kelemahan dari DEM dan kelemahan dari Citra satelit dapat diminimalisir.

Contoh tanah yang diambil secara komposit unruk analisis kimia tanah tidak perlu dilakukan secara sistem grid berjarak 500 meter, tetapi cukup diwakili oleh beberapa pewakil dari setiap satuan tanah yang sebelumnya dibuat. Setiap satuan tanah yang terbentuk diwakili oleh tiga contoh tanah komposit yang diambil secara acak. Dengan cara ini, diharapkan pengambilan contoh tanah dapat mewakili penyebaran tanah sebenarnya di lapangan, selain itu jumlah contoh tanah yang diambil untuk dianalsis dapat diminimalisir.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Untuk mendukung program ketahanan pangan yang lebih operasional, penyediaan data status hara skala 1: 50.000 harus dipercepat.
2. Percepatan penyediaan data status hara tidak bisa mengandalkan metode konvensional yang kurang efisien dalam hal waktu, tenaga dan biaya.
3. Diperlukan terobosan baru penggunaan metode pemetaan status hara memanfaatkan kemajuan IPTEK, pendekatan metode fisiografi dari DEM yang dipadukan dengan peta geologi/litologi, Data Hidrologi (DAS), citra satelit berbasis GIS merupakan salah satu alternatif untuk menangulangi masalah ini.
4. Penggunaan metode delineasi secara digital dapat menghasilkan peta status hara dengan lebih cepat, efisien dan murah.

Saran

1. Untuk kelancaran percepatan pemetaan status hara diperlukan pengembangan infrastruktur jaringan komputer intern di BBSDLP maupun untuk akses data ke sumber data, dan pengembangan sumberdaya manusia.
2. Data base satus hara tanah sawah maupun lahan kering perlu terus dikembangkan untuk mendukung kegiatan ini.
3. Perlu ditindak lanjuti dengan penyusunan Petunjuk Teknis yang lebih operasional

DAFTAR PUSTAKA

Lembaga Penelitian Tanah. 1980. Survai dan Pemetaan Tanah, Areal Proyek Gula Jatitujuh - Jatibarang, Jawa Barat. Kerjasama Proyek Industri Gula Pusat, Direktorat Jenderal Perkebunan dengan Lembaga Penelitian Tanah. Lembaga Penelitian tanah, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.

Marsoedi, D. S., Widagdo, J. Dai, N. Suharta, Darul S.W.P., S. Hardjowigeno dan E.R. Jordens. 1997. Pedoman klasifikasi Landform. Technical Report No.5, Versi 3. Pengembangan Pertanian.

Ovalles, F.A. and M. E. Collins. 1986. Soil-landscape relationships and soil variability in North Central Florida. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 22:157-160.

Rachim, D.A. 1989. Evaluasi ketelitian pemetaan tanah detil dan keragaman spasial tanah pada dua satuan peta di daerah Bogor. Thesis Magister Sains. Fakultas Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.

Tim Pusat Penelitian Tanah. 1981. Pemetaan Tanah Tingkat Semi Detail (skala 1 : 50.000) daerah Taluk Kuanatan, Raiau. Proyek Penelitian Pertanian Menunjang Transmigrasi, Pusat Penelitian Tanah, Bogor, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.

Tim Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. 1996a. Pemetaan Tanah Tingkat Semi Detail (skala 1: 50.000) daerah Mbay, Flores, Nusa Tenggara Timur. Bagian Proyek Penelitian Sumberdaya Lahan dan Agroklimat, Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat Bogor, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.

Tim Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. 1996b. Pemetaan Tanah Tingkat Semi Detail (skala 1: 50.000) daerah Magepanda, Flores, Nusa Tenggara Timur. Bagian Proyek Penelitian Sumberdaya Lahan dan Agroklimat, Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat Bogor, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.

Wilding, L.P. and L.R. Drees. 1983. Spasial variability and pedology. In Wilding, L.P., N.E. Semeck and G.F. Hall (Ed). Pedogenesis and Soil Taxonomy I. Concepts and Interactions. Elsevier

Kesuburan Tanah, Tipologi Lahan, dan Produktivitas Padi di Lahan Pasang Surut Kalimantan Tengah

11

[1]Masganti, [1]Nurmili Yuliani, dan [2]Asmarhansyah

[1]Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Riau
[2]Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Kepulauan Bangka Belitung

Abstrak. Peranan lahan pasang surut sebagai penyangga pangan semakin penting guna meningkatkan ketahanan pangan nasional. Lahan pasang surut di Kalimantan Tengah merupakan salah satu lahan yang perlu dioptimalkan pemanfaatannya untuk penanaman padi. Produktivitas padi di lahan pasang surut sangat tergantung dari kesuburan tanah yang bervariasi menurut tipologi lahan. Produktivitas padi yang dibudidayakan pada berbagai tingkat kesuburan tanah dan tipologi lahan perlu diketahui untuk menentukan strategi peningkatan produksi padi di lahan pasang surut. Penelitian dilaksanakan di lahan pasang surut Kabupaten Kapuas, Kotawaringin Barat, dan Kotawaringin Timur yang merupakan sentra produksi padi Kalimantan Tengah. Penelitian meliputi kesuburan tanah, tipologi lahan, dan produktivitas padi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kesuburan tanah sangat bervariasi dan tipologi lahan yang ditanami padi adalah lahan sulfat masam, lahan bergambut, dan lahan gambut tebal. Kesuburan tanah dan produktivitas padi tertinggi dihasilkan oleh tipologi lahan sulfat masam potensial Kabupaten Kapuas, sedang produktivitas padi terendah dihasilkan oleh tipologi lahan bergambut di Kabupaten Kotawaringin Barat.

*Kata kunci***:** Kesuburan tanah, tipologi lahan, produktivitas padi, pasang surut

PENDAHULUAN

Salah satu lahan di Kalimantan Tengah yang sangat potensial dimanfaatkan untuk memenuhi keutuhan beras adalah lahan pasang surut. Peranan lahan pasang surut sebagai penyangga pangan, semakin penting guna meningkatkan ketahanan pangan nasional. Menurut Irianto (2006) dari luasan 20.096.800 ha lahan pasang surut di Indonesia, sekitar 8.126.900 ha berada di Kalimantan (Irianto, 2006). Di Kalimantan Tengah terdapat sekitar 5,9 juta hektar lahan pasang surut. Kalimantan Tengah mempunyai lahan sekitar 1,6 juta hektar yang dapat dimanfaatkan untuk pertanaman padi dan sekitar 810.000 ha terdapat di lahan pasang surut.

Namun demikian, lahan-lahan belum dapat dimanfaatkan secara optimal untuk peningkatan produksi padi. Salah satu kendala yang ditemui di lapangan adalah rendahnya tingkat kesuburan tanah pada lahan-lahan pasang surut. Selain tingkat kesuburan tanah yang rendah, lahan pasang surut juga diketahui mempunyai keragaman yang rendah atau

variabilitas kesuburan yang tinggi. Hal ini disebabkan adanya perbedaan tipologi lahan dan tipologi luapan.

Sebagai lahan potensi untuk peningkatan produktivitas dan produksi padi di Kalimantan Tengah, lahan pasang surut di Kalimantan Tengah perlu dioptimalkan pemanfaatannya untuk penanaman padi. Produktivitas padi di lahan pasang surut sangat tergantung dari kesuburan tanah yang bervariasi menurut tipologi lahan. Produktivitas padi yang dibudidayakan pada berbagai tingkat kesuburan tanah dan tipologi lahan perlu diketahui untuk menentukan strategi peningkatan produksi padi di lahan pasang surut. Mengingat saling keterkaitan antara kesuburan tanah, tipologi lahan, dan produktivitas padi di lahan pasang surut, maka penelitian pengaruh kesuburan tanah dan tipologi lahan terhadap produktivitas padi menjadi dirasa penting untuk dilakukan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat kesuburan tanah dan tipologi lahan serta pengaruhnya terhadap produktivitas padi di Kalimantan Tengah

METODOLOGI

Lokasi dan Waktu

Kegiatan ini dilakukan pada sentra padi di Kalimantan Tengah yaitu di Kabupaten Kapuas, Kotawaringin Timur, dan Kotawaringin Barat pada tahun 2009. Di Kabupaten Kapuas meliputi Kecamatan Kapuas Murung, Mentangai, dan Kapuas; Kabupaten Kotawaringin Timur meliputi Kecamatan Mentawa Baru, Ketapang, Mentaya Selatan, dan Teluk Sampit; dan Kabupaten Kotawaringin Barat meliputi Kecamatan Arut Selatan dan Kumai.

Penelitian L

Penelitian lapangan mencakup pengamatan tanah dan pengambilan contoh tanah. Untuk menganalisis sifat kimia tanah diambil contoh-contoh tanah pada kedalaman 0-20 cm untuk dianalisis di laboratorium. Data tersebut digunakan untuk keperluan analisis status kesuburan tanah.

Data dan Interpretasi Data

Data sifat kimia tanah yang dikoleksi meliputi pH tanah, kadar C-organik, kadar N, P dan K, kadar kation basa-basa (Ca dan Mg), dan kapasitas tukar kation (KTK). Setelah data terkumpul, dilakukan interpretasi data dengan melihat keterkaitan dengan kesuburan tanah, tipologi lahan, dan produktivitas padi di Kabupaten Kapuas, Kotawaringin Timur, dan Kotawaringin Barat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kesuburan Tanah dan Tipologi Lahan

Sifat-sifat kimia dan kesuburan tanah pada berbagai tipologi lahan pasang surut di Kalimantan Tengah disajikan pada Tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1 diperoleh informasi bahwa lokasi penelitian di Kabupaten Kapuas dan Kotawaringin Barat memiliki tipologi lahan sulfat masam, gambut tipis (50 cm), dan gambut tebal (>50 cm), sedangkan Kabupaten Kotawaringin Timur memiliki tipologi lahan sulfat masam dan gambut tipis (50 cm).

Tabel 1. Sifat-sifat kimia dan kesuburan tanah pada berbagai tipologi lahan pasang surut di Kalimantan Tengah

Kabupaten	Karakteristik sifat kimia tanah	Tipologi lahan		
		Sulfat masam	Gambut tipis (50 cm)	Gambut tebal (>50 cm)
Kapuas	1. pH H_2O (1:2,5)	3,96 - 4,16	4,00 - 4,42	3,79
	2. C-organik (%)	1,58 - 2,64	14,67 - 40,59	47,36
	3. N total (%)	0,24 - 0,58	0,29 - 0,34	0,57
	4. P tersedia (ppm)	5,6 - 7,2	2,5 - 5,8	5,8
	5. Ca-dd ($cmol_{(+)}.kg^{-1}$)	0,20 - 0,36	0,51 - 0,98	0,56
	6. Mg-dd ($cmol_{(+)}.kg^{-1}$)	0,36 - 0,89	0,78 - 1,85	0,84
	7. K-dd ($cmol_{(+)}.kg^{-1}$)	0,14 - 0,28	0,12 - 0,23	0,44
	8.Al-dd	-	-	-
Kotawaringin Timur	1. pH H_2O (1:2,5)	4,33	4,00 - 4,20	-
	2. C-organik (%)	9,44	18,01 - 33,56	-
	3. N-total (%)	0,182	1,10 - 1,98	-
	4. P tersedia (ppm)	8,554	5,5 - 11,88	-
	5. Ca-dd ($cmol_{(+)}.kg^{-1}$)	0,525	0,39 - 0,97	-
	6. Mg-dd ($cmol_{(+)}.kg^{-1}$)	0,779	0,10 - 1,12	-
	7. K-dd ($cmol_{(+)}.kg^{-1}$)	0,277	0,21 - 0,37	-
	8.Al-dd	-	0,80 - 2,00	-
Kotawaringin Barat	1. pH H_2O (1:2,5)	3,4 – 4,5	3,1 - 4,5	3,1 - 4,4
	2. C-organik (%)	2,77 – 9,40	9,40 - 33,60	28,57 - 38,59
	3. N total (%)	0,17 – 2,14	0,28 - 1,92	0,77- 1,98
	4. P tersedia (ppm)	4,7 – 13,56	5,4 - 8,0	5,8 - 12,80
	5. Ca-dd ($cmol_{(+)}.kg^{-1}$)	0,11 – 0,42	0,11 - 2,45	0,43 - 1,13
	6. Mg-dd ($cmol_{(+)}.kg^{-1}$)	0,05 – 1,02	0,17 - 1,70	0,29 - 0,68
	7. K-dd ($cmol_{(+)}.kg^{-1}$)	0,05 -0,16	0,14 - 1,24	0,07 - 2,28
	8. Al-dd	0,86 – 3,64	1,38 - 5,39	1,06 - 3,84
	9. KTK	14,62 – 54,76	18,78- 64,18	24,81 - 62,36

Sumber: Asmarhansyah *et al.* (2009)

Tipologi lahan yang berbeda akan memiliki sifat kimia yang berbeda. Hal ini dapat dimengerti mengingat pada tipologi lahan yang berbeda memiliki kemampuan memasok unsur hara yang berbeda. Hasil penelitian Masganti dan Yuliani (2005) menyebutkan

bahwa tingkat kemasaman tanah di lahan bergambut lebih tinggi daripada lahan sulfat masam karena tanah-tanah lahan bergambut tersusun atas asam-asam organik dengan kadar yang lebih tinggi dan sebagian belum terurai, sehingga pH-nya lebih rendah. Sifat kimia tanah lainnya menunjukkan bahwa kadar N-total dan kandungan basa-basa dalam tanah lahan sulfat masam lebih tinggi daripada lahan bergambut.

Kesuburan tanah antar kabupaten yang berbeda disebabkan oleh perilaku petani dalam berusahatani padi di lahan sawah. Kandungan bahan organik dalam tanah yang bervariasi antar lokasi karena perilaku petani dalam mengembalikan jerami hasil panen ke dalam tanah, sehingga kadar C-organik dalam tanah masih tinggi. Hal ini sejalan dengan Adiningsih (1986) dan Yuliani dan Masganti (2004) menyebutkan bahwa pengembalian jerami ke dalam tanah membantu mengurangi degradasi kesuburan tanah, sekaligus mengurangi input pupuk yangdiperlukan untuk produksi padi di lahan pasang surut.

Kadar K-tertukar dalam tanah antar lokasi berbeda. Hal dapat dipahami karena petani jarang menggunakan pupuk K, sehingga menyebabkan unsur K sedikit di dalam tanah. Salah satu faktor yang menentukan produktivitas padi adalah tingkat kesuburan media tumbuh atau kemampuan tanah menyediakan hara bagi tanaman (Marschener, 1986)

Produktivitas Padi

Produktivitas padi lahan pasang surut berdasarkan tipologi lahan di Kabupaten Kapuas, Kotawaringin Timur, dan Kotawaringin Barat disajikan pada (Tabel 3).

Berdasarkan Tabel 3 diperoleh informasi bahwa produktivitas tanaman padi antar kabupaten berbeda berdasarkan tipologi lahan. Produktivitas padi tertinggi diperoleh pada tipologi lahan sulfat masam Kapuas yaitu sebesar 3,04-4,00 t ha^{-1}, sedangkan produktivitas padi terendah diperoleh pada tipologi gambut tipis Kotawaringin Barat yaitu sebesar 1,30-1,70 t ha^{-1}.

Tabel 3. Produktivitas padi lahan pasang surut berdasarkan tipologi lahan di Kabupaten Kapuas, Kotawaringin Timur, dan Kotawaringin Barat

Kabupaten	Produktivitas Padi (t ha^{-1})		
	Sulfat masam	Gambut tipis (50 cm)	Gambut tebal (>50 cm)
Kapuas	3,04-4,00	1,53-2,50	-
Kotawaringin Timur	3,00-3,75	1,40-2,00	-
Kotawaringin Barat	2,50-3,00	1,30-1,70	-

Bervariasinya produktivitas padi pada berbagai kesuburan tanah dan tipologi lahan merupakan cerminan bahwa produktivitas padi sangat tergantung pada tingkat kesuburan

tanah dan tipologi lahan. Berkaitan dengan hal tersebut, maka dalam upaya meningkatkan produktivitas padi, maka rekomendasi pemupukan harus memperhitungkan tingkat kesuburan tanah dan tipologi lahan.

Berdasarkan tipologi lahan, kemasaman tanah, dan sifat kimia tanah, maka lahan-lahan sawah di Kabupaten Kapuas, Kotawaringin Timur, dan Kotawaringin Barat memerlukan *external-input* yaitu dolomit, urea, SP-36, dan KCl. Input tersebut sangat dibutuhkan untuk pertumbuhan dan produksi padi sawah di kabupaten-kabupaten tersebut yang memiliki tingkat kesuburan tanah yang tergolong rendah.

Dosis pemupukan yang perlu diaplikasikan akan berbeda antar kabupaten karena tergantung pada tipologi lahan dan tingkat kesuburan tanah. Tipologi lahan sulfat masam memerlukan unsur hara dalam dosis yang lebih rendah daripada lahan-lahan bertipologi lahan bergambut mengingat tanah-tanah sulfat masam memiliki sifat-sifat kimia yang lebih baik daripada lahan-lahan bergambut. Oleh karena itu, dosis pemupukan yang perlu diaplikasikan pada lahan-lahan tersebut harus memperhitungkan tipologi lahan dan kandungan unsur hara pada lahan-lahan tersebut. Hal ini penting dalam rangka memperoleh pertumbuhan dan produksi padi sawah yang optimal.

KESIMPULAN

1. Lahan pasang surut Kabupaten Kapuas dan Kotawaringin Barat memiliki tipologi lahan sulfat masam, gambut tipis, dan gambut tebal, sedangkan Kabupaten Kotawaringin Timur memiliki tipologi lahan sulfat masam dan gambut tipis.
2. Kesuburan tanah antar kabupaten secara umum memiliki tingkat kesuburan tanah yang berbeda-beda.
3. Kesuburan tanah dan produktivitas padi tertinggi dihasilkan oleh tipologi lahan sulfat masam potensial Kabupaten Kapuas, sedang produktivitas padi terendah dihasilkan oleh tipologi lahan bergambut di Kabupaten Kotawaringin Barat.

DAFTAR PUSTAKA

Adiningsih, J.S. 1986. Peranan Limbah Pertanian Khususnya Jerami dalam Penerapan Pemupukan Berimbang. Prosiding Pertemuan Teknis Penelitian Tanah. Hal. 203-205.

Asmarhansyah, A. Bhermana, N. Yuliani, dan H. Tunisa. 2009. Laporan Penelitian Produksi dan Pemanfaatan Pupuk Organik dari Jerami Padi dan Limbah Organik (Sampah Pasar) di Kalimantan Tengah. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Kalimantan Tengah.

Irianto, Gatot. 2006. Kebijakan dan Pengelolaan Air dalam Pengembangan Lahan Rawa Lebak. *Dalam* M. Noor, Izzuddin Noor, A. Supriyo, Mukhlis, R.S. Simatupang. Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Lahan Terpadu: Inovasi Teknologi dan Pengembangan Terpadu Lahan Rawa Lebak untuk Revitalisasi Pertanian. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa.

Masganti dan N. Yuliani. 2005. Status hara tanah di daerah sentra produksi padi Kabupaten Kapuas, Kalimantan Tengah. Jurnal Tanah dan Air 6(1): 18-25.

Marschener. 1986. Minerali Nutrition of Higher Plants. Academic Press. Hourcourt Brace Javanovich Publ. 674 p.

Yuliani N. dan Masganti. 2004. Daya Serap Hara Beberapa Varietas Padi Lokal yang Dibudidayakan pada Tipe lahan Berbeda. Ziraah 11(3). Hal. 106-114.

Rekomendasi Pemupukan Padi Sawah pada Lahan Cetak Sawah Baru (Csb) Program OPRM di Kabupaten Indragiri Hilir Provinsi Riau

12

[1]Rathi Frima Zona, [1]Nurhayati, [2]Ali Jamil, dan [1]Jakoni

[1]Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Riau, Jl. Kaharuddin Nasution No 341 Km 10 Pekanbaru, Riau. Email: bptp_riau@yahoo.com, zona_riau@yahoo.com

[2]Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Pengkajian Teknologi Sumatera Utara

Abstrak. Salah satu strategi dari program operasi pangan riau makmur (OPRM) yang dicanangkan oleh Pemerintah Provinsi Riau adalah dengan melakukan perluasan areal tanam melalui peningkatan IP 100-200, cetak sawah baru (CSB) dan rehabilitasi sawah terlantar (RST). Program ini dilakukan pada 9 kabupaten, salah satunya adalah Kabupaten Indragiri Hilir. Berdasarkan data Dinas Tanaman Pangan, Hortikultura dan Peternakan Kabupaten Indragiri Hilir (2011), produksi padi di kabupaten ini adalah 118.596 ton, dengan jumlah penduduk berdasarkan BPS Kabupaten Indragiri Hilir (2011) adalah 662.305 jiwa, dengan konsumsi beras sebesar 184,73 kg kapita tahun^{-1}. Dengan angka tersebut, produksi padi belum mampu memenuhi kebutuhan penduduk di kabupaten tersebut. Salah satu upaya untuk meningkatkan produktivitas dilakukan melalui pemupukan berimbang. Pemupukan berimbang diberikan berdasarkan kebutuhan tanaman, dimana dosis pupuk yang diberikan berdasarkan rekomendasi. Rekomendasi pemupukan spesifik lokasi masih terbatas pada lokasi-lokasi penelitian dan pengkajian. Salah satu metoda cepat dalam penentuan rekomendasi pemupukan ini adalah penggunaan perangkat uji tanah sawah (PUTS). Tujuan kegiatan ini adalah untuk menentukan rekomendasi pemupukan padi sawah pada lahan cetak sawah baru program OPRM di Kabupaten Indragiri Hilir Provinsi Riau. Penelitian dilakukan di 12 desa di Kabupaten Indragiri Hilir bulan Januari hingga Desember 2011. Kegiatan penelitian meliputi: 1) pengamatan lapangan dan pengambilan sampel tanah. 2) analisis sampel tanah menggunakan PUTS 3) pengolahan data. 4) penyusunan rekomendasi pemupukan padi sawah spesifik lokasi. Berdasarkan hasil analisis PUTS diperoleh data rekomendasi untuk pemupukan Urea, SP-36 dan KCl pada lahan CSB untuk 12 desa di Kabupaten Indragiri Hilir adalah 200 kg ha^{-1}, 50-100 kg ha^{-1}, 50 kg ha^{-1}.

Kata kunci:OPRM, rekomendasi, pemupukan, padi sawah, CSB, PUTS

PENDAHULUAN

Usaha pembangunan di bidang pertanian ditujukan terutama untuk mewujudkan konsep ketahanan pangan dan mensejahterakan masyarakat (Budianto, 1999). Beberapa tantangan di bidang pertanian yang masih akan dihadapi adalah pemenuhan kebutuhan pangan, efisiensi usahatani agar mampu bersaing di pasar global. Peningkatan produktivitas tanah

untuk menghasilkan padi yang tinggi merupakan salah satu tantangan yang terus akan dihadapi untuk mewujudkan ketahanan pangan.

Upaya peningkatan produksi beras Provinsi Riau dilakukan kegiatan program operasi pangan riau makmur (OPRM) yang telah dicanangkan oleh Gubernur Riau pada tahun 2007 melalui perluasan areal tanam tanaman padi seluas 100.000 ha di 9 kabupaten se-Provinsi Riau. Salah satu upaya perluasan tanam adalah melalui cetak sawah baru (CSB). Berdasarkan pedoman umum OPRM yang dikeluarkan oleh Dinas Tanaman Pangan dan Hortikultura Provinsi Riau (2009), luas areal tanam untuk cetak sawah baru di Kabupaten Indragiri Hilir adalah 3.449,60 ha.

Peningkatan produktivitas tanah perlu dilakukan untuk dapat menghasilkan produk pertanian bermutu tinggi dan yang mampu bersaing di pasaran international maupun domestik dengan suatu teknologi pengelolaan lahan secara berkelanjutan, diantaranya adalah melalui pemupukan.

Pemupukan di tingkat petani terus meningkat seiring dengan meningkatnya luas panen, dosis serta jenis pupuk yang digunakan dalam upaya untuk meningkatkan produksi padi. Sampai saat ini pupuk belum digunakan secara rasional sesuai kebutuhan tanaman serta kemampuan tanah menyediakan unsur-unsur hara, sifat-sifat tanah, kualitas air pengairan dan pengelolaannya oleh petani. Kelebihan pemberian pupuk selain merupakan pemborosan dana, juga mengganggu keseimbangan unsur-unsur hara dalam tanah dan pencemaran lingkungan, sedangkan pemberian pupuk yang terlalu sedikit tidak dapat memberikan tingkat produksi yang optimal (Setyorini dan Widowati, 2006).

Sampai saat ini pemupukan P dan K untuk padi sawah masih bersifat umum yaitu sekitar 100-150 kg TSP ha musim^{-1} tanam dan 100 kg KCl ha musim^{-1} tanam. Penentuan rekomendasi tersebut dilakukan tanpa mempertimbangkan kandungan hara P dan K dalam tanah dan keperluan hara bagi tanaman padi, sehingga kurang efisien. Oleh karena itu, perlu diketahui berapa kandungan hara P dan K lahan sawah agar penentuan dosis pupuk lebih rasional.

Penggunaan pupuk secara rasional dan berimbang adalah salah satu faktor kunci untuk memperbaiki dan meningkatkan produktivitas lahan pertanian, khususnya di daerah tropis. Dalam implementasinya, penggunaan pupuk secara rasional dan berimbang perlu memperhatikan kadar hara di dalam tanah, jenis dan mutu pupuk, dan keadaan pedo-agroklimat, serta mempertimbangkan unsur hara yang dibutuhkan untuk tumbuh dan berproduksi optimal. Pendekatan ini dapat dilaksanakan dengan baik dan menguntungkan jika rekomendasi pemupukan berdasarkan pada hasil uji tanah dan analisis tanaman dengan menggunakan metodologi yang tepat dan teruji.

Salah satu metode cepat dalam dalam penentuan status hara tanah sawah adalah penggunaan Perangkat Uji Tanah Sawah (PUTS). PUTS merupakan alat untuk mengukur

kadar hara P dan K serta pH tanah yang dapat dikerjakan langsung di lapangan. Hasil analisis P dan K tanah dengan PUTS ini selanjutnya digunakan sebagai dasar penyusunan rekomendasi pupuk P dan K spesifik lokasi untuk tanaman padi sawah.

Prinsip kerja PUTS ini adalah mengukur hara P dan K tanah yang terdapat dalam bentuk tersedia, secara semi kuantitatif dengan metode kolorimetri (pewarnaan). Pengukuran kadar P dan K tanah dikelompokkan menjadi tiga kategori yaitu rendah (R), sedang (S), dan tinggi (TI). Satu unit perangkat uji tanah sawah terdiri atas: (1) satu paket bahan kimia dan alat untuk ekstraksi kadar P, K dan pH, (2) bagan warna untuk penetapan kadar pH, P, dan K, (3) Buku Petunjuk Penggunaan dan Rekomendasi Pemupukan Padi Sawah.

Saat ini rekomendasi pemupukan spesifik lokasi masih terbatas pada lokasi-lokasi penelitian dan pengkajian atau di daerah yang sudah memiliki peta status hara P dan K yang lebih rinci. Namun peta status hara P dan K tanah sawah yang telah tersebar belum dilengkapi dengan arahan rekomendasi pemupukan spesifik lokasi hingga tingkat kecamatan.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan rekomendasi pemupukan padi sawah pada lahan cetak sawah baru program OPRM di Kabupaten Indragiri Hilir Provinsi Riau.

METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan pada 12 desa lahan Cetak Sawah Baru (CSB) di Kabupaten Indragiri Hilir Provinsi Riau, mulai dari bulan Januari hingga Desember 2011. Penelitian dilakukan pada lahan sawah tanah mineral pada sawah intensif dan semi intensif di wilayah OPRM.

Alat dan bahan yang diperlukan untuk kegiatan ini adalah peta-peta dasar yaitu peta tata ruang kabupaten, peta administratif, peta penggunaan lahan, laporan dinas terkait, Global Positioning System (GPS), bor tanah, cangkul/sekop, ember plastik untuk mengaduk kumpulan contoh tanah komposit, Perangkat Uji Tanah Sawah (PUTS) untuk menganalisis contoh tanah sawah di lapangan, kantong plastik, karung, spidol, pena buku saku pengamatan.

Kegiatan dalam penelitian ini meliputi:1) persiapan, 2) pengamatan lapangan dan pengambilan sampel tanah. 3) analisis sampel tanah menggunakan perangkat Uji Tanah Sawah. 4) pengolahan data dari hasil analisis menggunakan PUTS, 5) penyusunan rekomendasi pemupukan padi sawah spesifik lokasi.

Sebelum turun ke lapangan perlu dipersiapkan informasi mengenai lokasi OPRM di Provinsi Riau. Tahapan ini meliputi koordinasi dan konsultasi dengan Dinas Pertanian

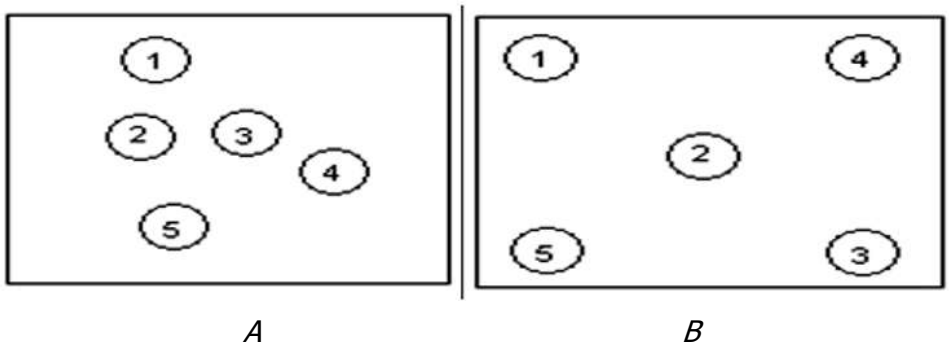
dan dinas terkait setempat, studi pustaka mengenai informasi penelitian P dan K yang telah dilakukan serta luas lahan sawah dan penyebarannya; pengumpulan/pengadaan peta, pembuatan peta lapangan, pengumpulan data, dan pengadaan alat/bahan. Kegiatan ini merupakan pengembangan konsep dari Permentan No.40 tahun 2007 dengan ruang lingkup kegiatan yang lebih spesifik meliputi survei per desa sentra pengembangan padi sawah irigasi.

Perlu diperhatikan dalam pengambilan contoh tanah adalah keseragaman hamparan (topografi, tekstur tanah, warna tanah, kondisi tanaman, dll). Dalam setiap unitnya diambil minimal satu sampel komposit (sesuai proporsi luasnya), dengan asumsi bahwa setiap unit memiliki keseragaman yang sama. Cara pengambilan contoh tanah dengan menggunakan bor dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengambilan tanah dengan bor tanah

Cara pengambilan contoh tanah komposit (dapat dilihat pada Gambar 2) adalah: 1) tentukan titik pengambilan contoh tanah individu dengan salah satu dari empat cara, yaitu secara diagonal, zig-zag, sistematik atau acak. 2) contoh tanah sebaiknya diambil dalam keadaan lembab, tidak terlalu basah atau kering. 3) contoh tanah individu diambil dengan bor tanah, cangkul, atau sekop pada kedalaman 0-20 cm. 4) contoh tanah diaduk merata dalam ember plastik. 5) contoh tanah lembab yang sudah siap untuk dianalisis diambil dengan *syringe* dengan cara: (a) permukaan tanah lembab ditusuk dengan syringe sedalam 5 cm dan diangkat, (b) bersihkan dan ratakan permukaan *syringe*, didorong keluar dan potong contoh tanah setebal sekitar 0,5 cm dengan sendok *stainless*, lalu masukkan ke dalam tabung reaksi.



Gambar 2. A. Metode sistematik (diagonal dan zig zag), B, metode acak

Perangkat Uji Tanah Sawah (PUTS) merupakan alat untuk mengukur kadar hara P dan K serta pH tanah yang dapat dikerjakan secara langsung di lapangan. Hasil analisis P dan K tanah dengan PUTS ini selanjutnya digunakan sebagai dasar penyusunan rekomendasi pupuk P dan K spesifik lokasi untuk tanaman padi sawah.

Prinsip kerja PUTS ini adalah mengukur hara P dan K tanah yang terdapat dalam bentuk tersedia, secara semi kuantitatif dengan metode kolorimetri (pewarnaan). Pengukuran kadar P dan K tanah dikelompokkan menjadi tiga kategori yaitu rendah (R), sedang (S), dan tinggi (TI).

Satu unit Perangkat Uji Tanah Sawah terdiri atas:(1) satu paket bahan kimia dan alat untuk ekstraksi kadar P, K dan pH, (2) bagan warna untuk penetapan kadar pH, P, dan K, (3) Buku Petunjuk Penggunaan dan Rekomendasi Pemupukan Padi Sawah, dan (4) Bagan Warna Daun (BWD) untuk menetapkan takaran pupuk urea, seperti terlihat pada Gambar 3. Pengolahan data yang dilakukan adalah menilai kadar P dan K menggunakan PUTS. Penilaian P dan K meliputi 3 status dengan kriteria rendah, sedang dan tinggi.



Gambar 3. Perangkat Uji Tanah Sawah (PUTS)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis tanah dengan menggunakan PUTS pada 12 desa lahan CSB program OPRM di Kabupaten Indragiri Hilir Provinsi Riau dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data hasil PUTS 12 desa lahan cetak sawah baru Program OPRM di Kabupaten Indragiri Hilir

No	Kecamatan	Desa	Hasil PUTS			
			N	P	K	pH
Cetak Sawah Baru (CSB)						
1	Tembilahan Hulu	Sialang	Sgt tinggi	Rendah	Tinggi	Agak Masam
2	Gaung	Lahang Hulu	Sgt tinggi	Rendah	Tinggi	Agak Masam
3	Sungai Batang	Benteng Utara	Sgt tinggi	Rendah	Tinggi	Agak Masam
		Pasanggerahan	Sgt tinggi	Rendah	Tinggi	Agak Masam
4	Batang Tuaka	Sungai Rawa	Sgt tinggi	Rendah	Tinggi	Agak Masam
5	Keritang	Kuala Keritang	Sgt tinggi	Rendah	Tinggi	Agak Masam
		Pancur	Sgt tinggi	Rendah	Tinggi	Agak Masam
		Pasar Kembang	Sgt tinggi	Rendah	Tinggi	Agak Masam
		Kotabaru Reteh	Sgt tinggi	Rendah	Tinggi	Agak Masam
6	Reteh	Sungai Undan	Sgt tinggi	Rendah	Tinggi	Agak Masam
		Seb. Pulau Kijang	Sgt tinggi	Tinggi	Sedang	Agak Masam
7	Gaung Anak Serka (GAS)	Kuala Gaung	Sgt tinggi	Tinggi	Tinggi	Agak Masam

Pada Tabel 1 di atas dapat dilihat bahwa rata-rata tanah di lahan Cetak Sawah Baru (CSB) Kabupaten Indragiri Hilir ini memiliki kandungan unsur N yang sangat tinggi, unsur P yang rendah dan unsur K berkisar antara sedang dan tinggi. Hasil analisis PUTS tanah di desa-desa Cetak Sawah Baru program OPRM di Kabupaten Indragiri Hilir untuk Kecamatan Tembilahan Hulu status hara N sangat tinggi, P rendah, K tinggi dan pH nya agak masam, untuk Kecamatan Gaung adalah N sangat tinggi, P rendah, K tinggi dan pH nya agak masam, untuk Kecamatan Sungai Batang pada Desa Benteng Utara status hara N sangat tinggi, P rendah dan K tinggi dengan pH agak masam, dan Desa Pasanggerahan status hara N sangat tinggi, P rendah, K tinggi dan pH agak masam. Pada Kecamatan Keritang pengambilan sampel tanah dilakukan pada 4 (empat) desa yaitu Desa Kuala Keritang, Desa Pancur, Desa Pasar Kembang dan Desa Kotabaru Reteh, memiliki status hara yang sama yaitu dengan N sangat tinggi, P rendah, dan pH agak masam. Pada Kecamatan Reteh di Desa Sungai Undan status N sangat tinggi, P rendah dan K tinggi dengan pH agak masam, dan Desa Seberang Pulau Kijang status N sangat tinggi, P tinggi, K sedang dan pH agak masam. Kecamatan terakhir untuk Cetak Sawah Baru adalah Kecamatan Gaung Anak Serka (GAS) di Desa Kuala Gaung dengan dosis N sangat tinggi, P tinggi dan K tinggi serta pH agak masam. Dosis pupuk rekomendasi untuk Urea, SP-36 dan KCl untuk 12 desa Cetak Sawah Baru program OPRM dapat dilihat terlihat pada

Tabel 2. Rekomendasi pemupukan pada 12 desa lahan Cetak Sawah Baru Program OPRM di Kabupaten Indragiri Hilir

No	Kecamatan	Desa	Rekomendasi (kg ha^{-1})		
			Urea	SP-36	KCl
		Cetak Sawah Baru (CSB)			
1	Tembilahan Hulu	Sialang	200	100	50
2	Gaung	Lahang Hulu	200	100	50
3	Sungai Batang	Benteng Utara	200	100	50
		Pasanggerahan	200	100	50
4	Batang Tuaka	Sungai Rawa	200	100	50
5	Keritang	Kuala Keritang	200	100	50
		Pancur	200	100	50
		Pasar Kembang	200	100	50
		Kotabaru Reteh	200	100	50
6	Reteh	Sungai Undan	200	100	50
		Seb. Pulau Kijang	200	50	50
7	GAS	Kuala Gaung	200	50	50

Pada Tabel 2 dapat dilihat dosis pupuk rekomendasi untuk desa-desa lahan CSB program OPRM di Kabupaten Indragiri Hilir pada Desa Sialang, Desa Lahang Hulu, Desa Benteng Utara, Desa Pasanggerahan, Desa Sungai Rawa, Desa Kuala Keritang, Desa Pancur, Desa Pasar Kembang, Desa Kotabaru Reteh, Desa Sungai Undan adalah 200 kg ha^{-1}, SP-36 antara 100 kg ha^{-1} dan KCl adalah 50 kg ha^{-1}. Pada Desa Seberang Pulau Kijang dan Desa Kuala Gaung dosis rekomendasi Urea adalah 200 kg ha^{-1}, SP-36 adalah 50 kg ha^{-1} dan KCl adalah 50 kg ha^{-1}.

Apakah diamati hasil gabah sebelum dan setelah diberi rekomendasi pemupukan agar dapat dievaluasi keakuratan dosis pupuk rekomendasi.

KESIMPULAN

1. Dosis rekomendasi pemupukan Urea, SP-36 dan KCl pada 12 desa lahan Cetak Sawah Baru Program OPRM DI Kabupaten Indrgairi Hilir adalah 200 kg ha^{-1}, SP-36 antara 50-100 kg ha^{-1} dan KCl adalah 50 kg ha^{-1}.
2. Dosis rekomendasi ini dapat digunakan sebagai panduan bagi petani untuk melakukan pemupukan spesifik lokasi pada 12 desa lahan Cetak Sawah Baru program OPRM di Kabupaten Indragiri Hilir. Selain itu, penggunaan PUTS direkomendasikan untuk menentukan dosis rekomendasi pemupukan bila berada di lapangan dan waktu terbatas.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2007. Peraturan Menteri Pertanian No. 40/Permentan/ OT.140/4/2007 tentang Rekomendasi Pemupukan N, P dan K Pada Padi sawah Spesifik Lokasi (Revisi Keputusan Menteri Pertanian No. 01/Kpts/SR.130/1/2006). Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian.

Badan Pusat Statistik Kabupaten Indragiri Hilir. 2011. Indragiri Hilir dalam Angka.

Budianto J. 1999. Aseptabilitas Teknologi Pertanian Bagi Konsumen. dalam :Tonggak Kemajuan Teknologi Produksi Tanaman Pangan Konsep dan strategi Peningkatan Produksi Pangan. Simposium Penelitian Tanaman Pangan IV. Bogor 22-24 November 1999. Puslitbang Tanaman Pangan. Badan Litbang Pertanian. Hlm. 12-23

Dinas Tanaman Pangan dan Hortikultura Provinsi Riau. 2009. Pedoman Umum Operasi Pangan Riau Makmur (OPRM) Pengembangan Tanaman Padi Seluas 100.000 ha di 9 Kabupaten se-Provinsi Riau

Dinas Tanaman Pangan, Hortikultura dan Peternakan Kabupaten Indragiri Hilir. 2011. Laporan Tahunan Dinas Tanaman Pangan, Hortikultura dan Peternakan Kabupaten Indragiri Hilir

Setyorini, D. L. R Widowati, 2006. Pemupukan Berimbang dengan Perangkat Uji Tanah Sawah V.01. Informasi Ringkas Teknologi Padi. Balai Penelitian Tanah.

Pengaruh Pemupukan P terhadap Pertumbuhan dan Produktivitas Varietas Inpari 13 di Sawah Tadah Hujan Berstatus Hara P Rendah

13

Tota Suhendrata

Peneliti Badan Litbang Pertanaian di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Tengah, Bukit Tegalepek, Sidomulyo Ungaran 50501, Telp. (024) 6924965; Fax. (024) 924966; e-mail: suhendrata@yahoo.co.id

Abstrak. Peningkatan produksi beras kedepan akan semakin sulit mengingat banyak lahan sawah irigasi dikonversi untuk kegiatan non pertanian. Selain itu produktivitas padi sawah irigasi telah mengalami pelandaian (Badan Litbang Pertanian, 2008). Untuk peningkatan produksi padi akan mengarah kepada lahan marjinal, seperti lahan sawah tadah hujan, lahan kering dan lahan rawa. Luas lahan sawah tadah hujan mencapai 13.739 ha atau 34,56% dari total luas sawah di Kabupaten Sragen. Pada saat ini, produktivitas padi di lahan sawah tadah hujan masih rendah, hal ini memerlukan masukan inovasi teknologi diantaranya melalui pemupukan yang berimbang. Pemanfaatan kandungan fosfat (P) tanah secara optimal merupakan strategi untuk mempertahankan produktivitas lahan sawah dan meningkatkan efisiensi pemupukan. Pupuk P memegang peranan penting dalam meningkatkan produktivitas dan pertumbuhan padi disamping pupuk N. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemupukan P terhadap pertumbuhan dan produktivitas varietas Inpari 13 pada lahan sawah tadah hujan dengan status hara P rendah di Desa Tanggan, Kecamatan Gesi, Kabupaten Sragen. Penelitian dilaksanakan di lahan sawah tadah hujan dengan status hara P tanah rendah milik anggota kelompok tani. Tani Temen pada musim kemarau 2010 (Juni–September 2010). Perlakuan terdiri dari 3 taraf pemupukan P yaitu 25, 100 dan 125 kg SP-36 ha^{-1} dengan tiga kali ulangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa taraf pemupukan P tidak berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tinggi tanaman dan jumlah anakan tetapi berpengaruh nyata terhadap produktivitas varietas Inpari 13. Produktivitas tertinggi terjadi pada taraf pemberian pupuk SP-36 sebanyak 100 kg ha^{-1} yaitu 8,3 t ha^{-1} GKG.

Kata kunci: Pemupukan P, status P tanah, produktivitas, varietas, sawah tadah hujan

Abstract *Effects of P application on growths and yield of inpari 13 rice variety in rainfed rice fields under low status of P: Case study in Tanggan Village, Sragen District. The use of phosphate for improving rice yield (productivity) is very crucial, yet its application has not been addressed to reach a proper efficiency level especially for new introduced high yielding variety (HYV) of rice in the area with low level of phosphate. The present study was conducted to see the effects of phosphate application on yields and productivity of new introduced HYV of rice of Inpari 13 in the area with low level of phosphate under rainfed rice. The study was conducted in rainfed rice fields of Tanggan village, Gesi sub-district, Sragen district on dry season 2010 (June-September 2010). Three levels of phosphate concentration respectively 25, 100 and 125 kg SP-36 per hectare were treated and the experiment was under complete block design with three replications. The results showed that the effects of phosphate application on crop height and tillering were not significantly different, but those were significantly different on productivity of new*

introduced HYV of rice of Inpari 13. The yield increased with increasngly P application until 100 kg ha^{-1} SP-36 but the add more level of P application decreased the yield. As high as 8.3 tonnes per hectare of HYV of Inpari 13 was the highest productivity that was reached under the level of phosphate concentration of 100 kg per hectare.

Keywords*: Phosphate application, phosphate status, yield, rice, rainfed rice fields*

PENDAHULUAN

Untuk memenuhi kebutuhan pangan (beras) yang terus meningkat selaras dengan laju pertumbuhan penduduk 1,36% per tahun perlu upaya-upaya peningkatan beras nasional. Di pihak lain, terjadi penciutan lahan sawah akibat konversi lahan untuk kepentingan non pertanian dan munculnya fenomena penurunan kesuburan lahan menyebabkan produktivitas padi sawah cenderung melandai (Badan Litbang Pertanian, 2008). Dengan demikian, alternatif peningkatan produksi pangan khususnya beras ke depan akan mengarah kepada lahan marjinal, seperti lahan sawah tadah hujan, lahan kering, dan lahan rawa. Luas lahan sawah tadah hujan mencapai 13.739 ha atau 34,56% dari total luas lahan sawah di Kabupaten Sragen. Lahan sawah tadah hujan yang berproduktivitas rendah memerlukan masukan inovasi teknologi untuk meningkatkan produktivitas diantaranya penggunaan varietas unggul dan pemupukan yang berimbang. Berdasarkan peta status P tanah menunjukkan bahwa beberapa lahan sawah di Jawa Tengah termasuk ke dalam kriteria (1) rendah: Kabupaten Wonogiri bagian selatan, (2) rendah-sedang: hampir seluruh Kabupaten Rembang, Blora bagian utara, dan Pati bagian selatan, dan (3) sedang: Kabupaten Demak, Grobogan, Sragen, Sukoharjo, Boyolali (sebagian), Klaten, Purworejo, Kebumen, Banyumas dan Cilacap (Puslittanak, 1998), meskipun lahan sawah di Pulau Jawa dilaporkan memiliki kandungan P yang tinggi namun tidak demikian halnya dengan lahan sawah tadah hujan lokasi penelitian. Hara P diperlukan tanaman sejak awal pertumbuhan dan bersifat sangat mobil dalam jaringan tanaman. Hara P berfungsi dalam menunjang pertumbuhan akar, anakan, pembungaan dan pemasakan biji, terutama bila temperatur udara rendah. Tanaman yang kekurangan hara P lebih pendek, daun berwarna gelap, anakan sedikit, batang tipis dan jumlah biji per malai lebih sedikit dari pada tanaman normal (Makarim *et al*. 2003). Menurut Abdurahman dan Sembiring (2008), fosfor berperan dalam berbagai proses yang sangat vital sehingga defisiensi P dapat menghambat pertumbuhan akar dan bagian atas tanaman serta menekan pembentukan anakan. Menurut Dobermann dan Fairhurst *dalam* Abdurahman dan Sembiring (2008), setiap ton gabah membutuhkan sekitar 2,6 kg P ha^{-1}. Selanjutnya dikatakan bahwa hara tersebut dapat diperoleh tanaman dari tanah, air irigasi, sisa tanaman atau pupuk (organik dan atau anorganik) yang ditambahkan. Oleh sebab itu, makin tinggi hasil yang diperoleh makin besar hara P yang dibutuhkan dan sebaliknya.

Pengelolaan hara spesifik lokasi merupakan suatu upaya untuk mewujudkan penyedian hara bagi tanaman secara tepat, baik jumlah maupun waktu. Cara tersebut digambarkan dalam pendekatan *prescription farming* yang mempertimbangkan kebutuhan hara tanaman/varietas, kondisi atau kapasitas tanah dalam menyediakan hara bagi tanaman, serta intensitas radiasi surya atau musim yang meningkatkan kemampuan tanaman menyerap hara (Makarim *et al*. 1999; Makarim *et al*. 2000). Untuk memperoleh hasil yang tinggi dengan pemberian sarana produksi yang efisien memerlukan cara pengelolaan hara yang tepat dan pengendalian hama dan penyakit secara terpadu (Makarim *et al*. 2003). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian tiga taraf pemupukan P terhadap pertumbuhan dan produktivitas varietas Inpari 13 pada lahan sawah tadah hujan dengan status hara P tanah rendah.

METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan di lahan sawah tadah hujan dengan status unsur P rendah di Desa Tanggan, Kecamatan Gesi, Kabupaten Sragen pada musim kemarau bulan Juni-September 2010. Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan 3 kali ulangan. Perlakuan terdiri dari 3 taraf pemupukan P yaitu 25, 100, dan 125 kg SP-36 ha^{-1} (p0, p1 dan p2). Tanaman indikator yang digunakan pada penelitian ini adalah padi varietas Inpari 13. Komponen teknologi lainnya meliputi penggunaan pupuk organik 2 t ha^{-1}, Urea = 275 kg ha^{-1}, dan KCl = 30 kg ha^{-1}, tanam pada umur muda, tanam 2-3 batang/tancap dengan sistem tanam jajar legowo 2:1 dengan jarak tanam 20 x 10 x 40 cm. Varietas Inpari 13 berumur panen sangat genjah (99 HSS), tahan terhadap hama wereng batang cokelat (WBC) biotipe 1, 2, dan 3, potensi hasil tinggi (8 t GKG ha^{-1}) dengan rata-rata 6,6 t. ha^{-1}, tekstur nasi pulen, dan cocok ditanam di sawah tadah hujan dataran rendah sampai ketinggian 600 m dpl (Suprihatno, 2011).

Data yang dikumpulkan meliputi 1) tinggi tanaman dan jumlah anakan produktif pada saat panen. Pengukuran dilakukan pada rumpun contoh pertanaman pada 3 titik masing-masing sebanyak 5 rumpun pada setiap ulangan perlakuan, dan 2) data ubinan diambil dari setiap petak perlakuan pada 3 titik secara acak. Gabah hasil ubinan dikonversi ke gabah kering giling (kadar air 14%) dan produktivitas (t ha^{-1} GKG) dengan rumus: produktivitas GKG (ka 14%) = (10.000 m^2/LU) × {(100–ka)/(100–14)} × hasil ubinan, dimana: ka = kadar air gabah waktu panen; LU = luas ubinan (m^2). Untuk mengetahui perbedaan pengaruh antar perlakuan dianalisis dengan analisis varian (Anova) dengan tingkat ketelitian 95% dan bila hasil Anova berbeda nyata dilajutkan dengan uji beda nyata terkecil/BNT (Sastrosupadi, 2000).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik tanah di lokasi penelitian

Berdasarkan hasil analisis status hara dengan Perangkat Uji Tanah Sawah (PUTS) karakteristik tanah yang terdapat di lokasi penelitian memiliki kemasaman (pH) agak masam (5-6), P rendah dan K sedang. Pola tanam yang terdapat di lokasi penelitian adalah padi-padi-padi/palawija dengan sumber air dari air hujan dan sumur dangkal disekitar sawah.

Pengaruh pemupukan P terhadap tinggi tanaman dan jumlah anakan

Tinggi tanaman padi varietas Inpari 13 pada saat panen menunjukkan tidak berbeda nyata dengan perlakuan pupuk. Tinggi tanaman tertinggi terjadi pada taraf pemupukan p1 atau 100 kg SP-36 ha^{-1} (Tabel 1). Jumlah anakan produktif padi varietas Inpari 13 pada saat panen menunjukkan tidak ada perbedaan yang nyata antara perlakuan pupuk SP-36. Jumlah anakan produktif cenderung terus meningkat dengan peningkatan pemberian pupuk SP-36 (Tabel 1).

Hasil penelitian di Desa Bendo, Kecamatan Sukodono, Kabupaten Sragen tahun 2010, menunjukkan bahwa peningkatan taraf pemupukan SP-36 tidak berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tinggi tanaman dan jumlah anakan varietas Inpari 1 (Suhendrata dan Subagyono, 2011). Menurut Pratomo (2006) pemberian pupuk NPK Tiara tidak berpengaruh terhadap tinggi tanaman dan jumlah anakan tetapi berpengaruh terhadap jumlah malai/rumpun, jumlah gabah/malai dan jumlah gabah isi/malai. Barus (2005) menyatakan bahwa pertumbuhan vegetatif dengan parameter tinggi tanaman dan jumlah anakan terlihat tidak nyata dipengaruhi peningkatan taraf pemupukan SP-36 baik pada status P rendah, sedang maupun tinggi.

Tabel 1. Pengaruh pemupukan terhadap tinggi tanaman dan jumlah anakan varietas Inpari 13 di Desa Tanggan, Kecamatan Gesi, Kabupaten Sragen pada musim kemarau 2010

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah anakan (batang/rumpun)
p0	107,0a	16,1a
p1	113,1a	16,5a
p2	110,6a	16,7a

Keterangan: Setiap angka yang diikuti huruf sama dalam kolom sama tidak berbeda nyata pada uji BNT 5%.

Pengaruh pemupukan SP-36 terhadap produktivitas

Produktivitas varietas Inpari 13 di Desa Tanggan Kecamatan Gesi menunjukkan ada perbedaan yang nyata antara perlakuan pupuk. Ada perbedaan yang nyata antara p0 dengan p1 dan p0 dengan P2 tetapi tidak berbeda nyata antara p1 dengan p2. Produktivitas meningkat dari pemupukan p0 ke p1 dan menurun pada pemupukan p2. Produktivitas gabah kering giling (GKG) Inpari I3 pada taraf pemupukan p0, p1 dan p2 masing-masing 7,7 t ha^{-1}, 8,3 t ha^{-1} dan 8,2 t ha^{-1}. Dari uraian tersebut diatas menunjukkan bahwa dengan penambahan pupuk SP-36 sampai taraf 100 kg ha^{-1} dapat meningkatkan produktivitas varietas Inpari 13 (Tabel 2). Terjadi penurunan produktivitas pada taraf pemupukan 125 kg ha^{-1} mungkin dikarenakan tanah sudah jenuh P sehingga tanaman tidak merespon. Menurut De Datta *et al*. (1990) sebagian besar hara P yang diberikan difikasi didalam tanah sehingga pupuk P yang diberikan hanya 15–20% yang dapat diserap oleh tanaman. Produktivitas varietas Inpari 1 di Desa Bendo, Kecamatan Sukodono, Kabupaten Sragen nyata dipengaruhi oleh peningkatan taraf pemupukan SP-36. Pemupukan P pada taraf 100 kg ha^{-1} SP-36 mampu meningkatkan produktivitas padi yang lebih tinggi. Pada taraf pemupukan P 100 kg ha^{-1} SP-36 produktivitas Inpari 1 mencapai 6,9 t ha^{-1} GKG (Suhendrata dan Subagyono, 2011). Menurut Barus (2005) hasil cenderung meningkat sampai taraf pemupukan 100 kg ha^{-1} dan menurun pada taraf pemupukan yang lebih tinggi. Selanjutnya dikatakan serapan P tanaman meningkat dengan peningkatan taraf pemberian pupuk baik pada status P rendah maupun tinggi, namun peningkatan serapan tersebut tidak selalu diikuti peningkatan hasil.

Tabel 2. Pengaruh pemupukan terhadap produktivitas Inpari 13 di Desa Tanggan, Kecamatan Gesi, Kabupaten Sragen pada musim kemarau 2010

Perlakuan	Produktivitas (t ha^{-1} GKG)
p0	7,7ab
p1	8,3b
p2	8,2b

Keterangan: Setiap angka pada kolom yang sama bila diikuti huruf tidak sama berbeda nyata pada uji BNT 5%

KESIMPULAN

1. Pada lahan sawah tadah hujan dengan status hara P rendah, pemupukan pada taraf 25 kg ha^{-1}, 100 kg ha^{-1} dan 125 kg ha^{-1} SP-36 tidak nyata mempengaruhi tinggi tanaman dan jumlah anakan pada saat panen tetapi berpengaruh terhadap produktivitas varietas Inpari 13.
2. Produktivitas tertinggi terjadi pada taraf pemberian pupuk SP-36 sebanyak 100 kg ha^{-1} yaitu 8,3 t ha^{-1} GKG.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Penyuluh Pertanian Lapangan (PPL) Desa Tanggan, Kecamatan Gesi, dan Teknisi Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jawa Tengah yang telah membantu dalam pelaksanaan kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Abdurahman dan Sembiring, 2008. Komparatif berbagai metode penetapan kebutuhan pupuk pada tanaman padi. Prosiding Seminar Apresiasi Hasil Penelitian Padi Menunjang P2BN. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Sukamandi.

Badan penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2008. Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT) padi gogo. Badan Litbang Pertanian. Jakarta.

Barus. J., 2005. Respon tanaman padi terhadap pemupukan P pada tingkat status hara p yang berbeda. Jurnal Akta Agrosia Vol. 8 No. 2 Hal. 52-55.

De Datta, T.K. Biswas and C. Charoenchamratcheep. 1990. Phosphorus requirementsand management for lowland rice. *In* Phosphorus requirementsand for sustainable agriculture in Asia and Oceania. IRRI, Los Banos, Philippines.

Makarim, A.K., I. Las, A.M. Djulin, dan Sutoro. 1999. Penetapan dosis pupuk untuk tanaman padi berdasarkan analisis sistem dan model simulasi. Agronomika I (I):32-39.

Makarim, A.K., I.N. Widiarta, Hendarsih S., dan S. Abdulrachman. 2003. Panduan teknis. Pengelolaan hara dan pengendalian hama dan penyakit tanaman padi secara terpadu. Departemen Pertanian. Jakarta.

Makarim, A.K., S. Purba, Arifin K., I. Las, S. Roechan, dan S. Adiningsih. 2000. Aplikasi *precription farming* pada sistem IP padi 300. Penelitian Pertanian 19(3):13–24.

Pratomo. Al. G., 2006. Respon pertumbuhan dan produksi padi pada berbagai kombinasi dosis Urea dan NPK Tiara. Prosiding Seminar Nasinal IPTEK Solusi Kemandirian Bangsa dalam Tahun Indonesia untuk Ilmu Pengetahuan. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Yogyakarta dan Universitas Gadjah Mada.

Puslittanak, 1998. Peta satus Fosfat tanah sawah Provinsi Jawa Tengah. Puslittanak. Bogor.

Sastrosupadi A., 2000. Rancangan percobaan praktis bidang pertanian (Edisi Revisi). Kanisius. Yogyakarta.

Suhendrata. T., dan K. Subagyono, 2011. Pengaruh pemupukan P terhadap pertumbuhan dan produktivitas varietas Inpari 1 pada lahan sawah tadah hujan dengan status hara P tanah rendah di Kabupaten Sragen. Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Padi Mengantisipasi Dinamika Cekaman Lingkungan Biotik dan Abiotik. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Sukamandi.

Suprihatno, B., A.A. Daradjat, Satoto, Suwarno, E. Lubis, Baehaki S.E., Sudir, S. Dewi Indrasari, I. Putu Wardana, dan Made Jana Mejaya. 2011. Deskripsi Varietas Padi. Edisi Revisi. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Sukamandi.

Pengaruh Aplikasi Pupuk NPK terhadap Kehilangan Karbon pada Lahan Gambut yang Didrainase

14

Maswar

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Tanah, Bogor. Jl. Tentara Pelajar No. 12, Bogor 16114, email: maswar_bhr@yahoo.com

Abstrak. Pemupukan pada lahan gambut dapat mempengaruhi aktivitas biologi dalam tanah, termasuk aktivitas mikroorganisme perombak sehingga dapat mempercepat kehilangan karbon. Penelitian mengenai pengaruh aplikasi pupuk anorganik (NPK) terhadap kehilangan karbon gambut, telah dilaksanakan pada lahan gambut yang didrainase di Kabupaten Aceh Barat pada bulan November 2008 sampai dengan bulan Agustus 2009. Penelitian menggunakan plot berpasangan (dipupuk dan tanpa pemupukan), masing-masing plot berukuran 2,5 x 2,5 m, pada plot yang dipupuk diaplikasikan 3 kg pupuk NPK Mutiara per plot. Penelitian dilaksanakan pada berbagai jenis penggunaan lahan yaitu hutan, semak, kelapa sawit, dan karet. Kehilangan karbon dihitung berdasarkan perbedaan kadar abu pada lapisan permukaan lahan (0-5 cm) antara plot yang dipupuk dengan plot tanpa pemupukan setelah 8 bulan aplikasi pemupukan dilaksanakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata kadar abu pada plot yang dipupuk (6,73%) nyata lebih tinggi dibandingkan plot yang tidak dipupuk (4,74%). Di sisi lain, hasil penelitian menemukan bahwa tidak ada perbedaan yang nyata nilai bulk density (BD) antara plot yang dipupuk (0,18 $g.cm^{-3}$) dibandingkan dengan yang tidak dipupuk (0,17 $g.cm^{-3}$). Berdasarkan data BD dan kadar abu diperoleh berat rata-rata abu yaitu 610 $g.m^{-2}$ dan 395 $g.m^{-2}$ masing-masing pada plot yang dipupuk dan tidak dipupuk secara berurutan. Kelebihan abu sebesar 215 $g.m^{-2}$ pada plot yang dipupuk berasal dari terdekomposisinya material gambut sebanyak 4.615 $g.m^{-2}$, ekivalen dengan hilangnya karbon sebanyak 2.401 g.C m^{-2} atau setara dengan 8.812 $g.CO_2$ m^{-2}. Hasil kajian mengindikasikan bahwa pemupukan pada lahan gambut nyata meningkatkan kadar abu, namun juga terlihat bahwa pemupukan lebih dominan berpengaruh terhadap kehilangan karbon daripada pengaruhnya terhadap pemadatan tanah.

Kata kunci: Pupuk, gambut, karbon.

Abstract. *Peatlands fertilization may affect on biological activity of the soil, including the micro-organisms activity that can accelerate decomposition processes and increase carbon loss. The study effect of the inorganic fertilizers (NPK) application on peat carbon loss was conducted on drained peatlands in West Aceh District in November 2008 to August 2009. The paired plots (fertilized and without fertilization) test was construction on several land cover namely forests, shrubs, rubber and oil palm plantation, plots size 2.5 m x 2.5 m, and NPK Mutiara fertilizer application i,e 3 kg per plot. Carbon loss was calculated based on the differences in the ash content of the surface soil layer (0-5 cm) from fertilized plot and without fertilization plot, after 8 months fertilizer implemented. The results showed that the average ash content in the fertilized plots (6.73%) was*

significantly higher than without fertilized plot (4.74%). The research also found that there was no significant difference of bulk density (BD) on fertilized plots (0.18 g.cm-3) compared to without fertilizer (0.17 g.cm^{-3}). The average weight of ash content is 610 g.m^{-2} and 395 g.m^{-2} for fertilized plot and without fertilized plot respectively. Excess 215 g.m^{-2} ashes content on the fertilized plots derived from peat decomposition as much as 4,615 g.m-2, these equivalent to the loss of carbon as much as 2,401 g.C m^{-2}, or equivalent to 8,812 g CO_2 emission per m2. These results indicate that fertilization on peatlands significantly increase ash content. The study also found that fertilization is more dominant effect on the carbon loss compare its effect on the soil compaction.

Keywords: *Fertilizer, peat, carbon.*

PENDAHULUAN

Luas lahan gambut dunia hanya sekitar 3% dari luas permukaan bumi yaitu sekitar 400 juta hektar (Joosten and Clarke, 2002; Global Peatlands Initiative, 2002; Hooijer *et al.* 2006), namun menyimpan karbon yang sangat banyak yakni diperkirakan sebanyak 550 giga ton, atau setara dengan 75% dari seluruh karbon di atmosfer (Alex and Joosten, 2008; Joosten, 2009). Menurut Joosten (2009) khusus untuk Indonesia yang mewakili daerah gambut tropika, memiliki luas lahan gambut ketiga terluas di dunia setelah Rusia dan Kanada, yakni lebih dari setengah dari luas gambut yang berada di daerah tropika, dan berdasarkan data kondisi tahun 2008 gambut Indonesia menyimpan cadangan karbon juga peringkat tiga terbesar di dunia (setelah Kanada dan Rusia) yakni sekitar 54.016 mega ton. Mengingat cadangan karbon yang besar pada lahan gambut sedangkan ekosistemnya sangat rapuh, maka apabila tidak dikelola dengan baik akan menyebabkan kehilangan karbon yang banyak, terutama dalam bentuk gas metan (CH_4) dan karbondioksida (CO_2) ke atmosfer sehingga semakin meningkatkan emisi gas rumah kaca (GRK).

Pemupukan pada lahan gambut dapat mempengaruhi aktivitas biologi dalam tanah, termasuk aktivitas mikroorganisme perombak sehingga dapat mempercepat kehilangan karbon. Hasil penelitian Aerts dan de Caluwe (1999) dan Saarnio dan Silvola (1999) menunjukkan bahwa aplikasi pupuk N pada lahan gambut memberikan pengaruh yang berbeda terhadap proses dekomposisi. Hasil penelitian Etik (2009) menunjukkan bahwa peningkatan dosis pupuk urea yang ditambahkan pada gambut, diikuti oleh menurunnya kandungan bahan organik dan nilai nisbah C/N pada masing-masing tingkat kematangan gambut. Lebih lanjut Etik (2009) juga melaporkan bahwa penambahan dosis pupuk urea sampai dengan dosis 4 g.100 g^{-1} gambut nyata meningkatkan fluks CO_2 pada berbagai tingkat kematangan gambut. Zhang *et al.* (2007) melaporkan bahwa peningkatan respirasi akibat penambahan pupuk N pada gambut dapat mencapai 140%. Namun demikian, walaupun terjadi peningkatan kehilangan karbon gambut akibat penambahan pupuk N, pada sisi lain juga terjadi peningkatan biomasa dan atau produksi yang dapat mencapai 250% (Lai *et al.* 2002; Silva *et al*. 2008).

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Simpang, Kecamatan Kaway XVI dan di Desa Suakraya, Kecamatan Johan Pahlawan, Kabupaten Aceh Barat pada bulan November 2008 sampai dengan bulan Agustus 2009. Penelitian ini merupakan pengamatan di lapangan, yaitu membandingkan kehilangan karbon dalam kurun waktu tertentu yaitu bulan November 2008 sampai dengan bulan Agustus 2009 (selama±8 bulan) pada plot/petak berpasangan pada berbagai jenis penggunaan lahan yaitu hutan, semak belukar, kebun karet di Desa Simpang dan kebun kelapa sawit di Desa Suakraya. Pada masing-masing lokasi penggunaan lahan dibuat dua buah plot yang berdampingan, salah satu plot diperlakukan dengan pupuk NPK Mutiara, sedangkan plot yang lain dibiarkan sesuai dengan kondisi alami saat plot dibuat (tidak dipupuk). Plot yang diperlakukan, diberi pupuk NPK Mutiara dengan dosis 3 kg per plot dan diaduk secara merata pada permukaan tanah (lapisan 0-10 cm). Ukuran masing-masing plot adalah 2,5x2,5 m. Pemupukan dilakukan pada bulan November 2008.

Pengamatan yang dilakukan pada setiap plot adalah parameter/indikator yang diperlukan untuk mengidentifikasi adanya terjadi perubahan cadangan karbon yang meliputi *bulk density* (BD) dan kadar abu. Semua parameter yang dianalisis ini dilaksanakan pengamatan dan pengambilan sampel tanahnya setelah periode waktu 8 bulan setelah pemupukan (bulan Agustus 2009).

Kehilangan gambut dihitung berdasarkan peningkatan/perbedaan kadar abu antara plot yang dipupuk dengan yang tidak dipupuk. Hal ini berdasarkan asumsi bahwa peningkatan kadar abu pada plot yang dipupuk berasal dari bahan organik gambut yang telah hilang akibat terdekomposisi dan abu dari material pupuk sehingga mengakumulasikan abu di permukaan lahan. Dalam hal ini, perhitungan kehilangan karbon berdasarkan peningkatan kadar abu ini harus dikoreksi terlebih dahulu dengan kadar abu yang berasal dari pupuk. Estimasi kehilangan bahan organik gambut dihitung dengan rumus:

$$G_{hlg} = (BA_{akr} - BA_{ppk})x(BD_{akr}xT)x(\frac{1}{BA_{awl}} - 1) - ((1 - BA_{akr})xBD_{akr}xT) \quad \text{..... (1)}$$

Yang mana:

G_{hlg} = Berat gambut hilang
BA_{akr} = Berat abu plot dipupuk
BA_{ppk} = Berat abu pupuk
BD_{awl} = Bulk density plot tidak dipupuk
$BDakr$ = Bulk density plot dipupuk
T = ketebalan tanah (sampel)

Untuk mengonversi total bahan organik gambut yang hilang menjadi total karbon yang hilang dilakukan dengan cara membagi total bahan organik gambut yang hilang dengan konstanta yaitu 1,724

Untuk memprediksi besarnya emisi gas CO_2 yang terbentuk atau teremisi akibat hilangnya karbon karena proses dekomposisi gambut digunakan rumus:

$CO_2 = C \times 3{,}67$ ..... (2)

yang mana:

CO_2 = Jumlah gas CO_2 hasil dekomposisi gambut,

C = Berat atau jumlah karbon yang hilang selama proses dekomposisi,

3,67 = konstanta untuk megkonversi karbon menjadi bentuk CO_2 (berdasarkan berat atom CO_2=40 dibagi berat atom C=*12)*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara teori, kadar abu (kadar mineral) lahan gambut meningkat setelah dilakukan pemupukan. Peningkatan ini berasal dari hilangnya bahan gambut akibat dekomposisi, sehingga terjadi penambahan mineral pada gambut. Untuk itu, data yang diperlukan untuk menghitung karbon yang hilang akibat pemupukan pada lahan gambut adalah nilai *bulk density* (BD) dan kadar abu masing-masing plot kajian. Data perbandingan BD dan kadar abu antara plot yang dipupuk dengan tanpa dipupuk disajikan pada (Tabel 1).

Tabel 1. Rata-rata nilai BD dan kadar abu pada plot yang diberi pupuk dan tanpa pupuk 8 bulan setelah pempukan

Lokasi	Penggunaan lahan	Kadar abu (%)		BD ($g.cm^{-3}$)	
		Dipupuk	Tanpa Dipupuk	Dipupuk	Tanpa Dipupuk
Simpang	Hutan	5,68	3,77	0,13	0,12
Simpang	Semak	7,22	6,13	0,19	0,14
Simpang	Karet	8,23	6,06	0,18	0,14
Suakraya	Kelapa sawit I	5,63	3,15	0,17	0,17
Suakraya	Kelapa sawit II	6,91	4,57	0,22	0,27
Rata-rata		6,73 a	4,74 b	0,18 a	0,17 a

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada nilai rata-rata BD dan kadar abu tidak berbeda nyata menurut hasil uji T,

Catatan: Nilai kadar abu pada plot yang diberi pupuk telah dikoreksi dengan kadar abu pupuk NPK Mutiara yaitu sebesar 23,17%

Terlihat bahwa kadar abu pada plot yang dipupuk nyata lebih tinggi dibandingkan plot yang tidak dipupuk, hal ini menunjukkan bahwa pemupukan nyata meningkatkan kadar abu, di sisi lain terlihat tidak ada perbedaan nilai *bulk density* (BD) antara plot yang dipupuk dibandingkan dengan yang tidak dipupuk (Tabel 1). Dari data Tabel 1 dapat dihitung total berat fraksi abu (mineral) pada plot yang dipupuk dan tanpa dipupuk pada

lapisan permukaan tanah ketebalan 0-5 cm, yaitu dengan cara persentase abu x BD x volume tanah pada luasan 1 m^2 dan ketebalan 5 cm (yaitu 50.000 cm^3). Hasil perhitungan rata-rata berat abu (pada luasan 1 m^2 dan ketebalan 5 cm) pada plot yang dipupuk adalah 370, 480, 690, 745, dan 765 g m^{-2} masing-masing secara berturut-turut pada plot di lokasi hutan di Desa Simpang, kelapa sawit I di Desa Suakraya, semak di Desa Simpang, karet di Desa Simpang, dan kelapa sawit I di Desa Suakraya, sedangkan rata-rata nilai berat abu (pada luasan 1 m^2 dan ketebalan 5 cm) pada plot yang tidak dipupuk adalah 230, 270, 430, 425, dan 620 $g.m^{-2}$ masing-masing secara berurutan pada plot di lokasi hutan di Desa Simpang, kelapa sawit I di Desa Suakraya, semak di Desa Simpang, karet di Desa Simpang, dan kelapa sawit I di Desa Suakraya. Kadar abu pada plot yang dipupuk nyata lebih tinggi dibandingkan plot tanpa pupuk, kelebihan ini berasal dari bahan mineral yang tersisa setelah bahan organik gambut hilang akibat proses mineralisasi atau terdekomposisi. Lebih tingginya kadar abu pada plot yang dipupuk dibandingkan tanpa dipupuk, data ini membenarkan asumsi bahwa pemupukan meningkatkan mineralisasi gambut. Hasil kajian ini sejalan dengan yang ditemukan Gronlund *et al.* (2008) yaitu pemupukan pada lahan gambut meningkatkan rata-rata 9,6 g mineral yang berasal dari hilangnya 47 kg bahan organik gambut per m^2 pada periode waktu 30 tahun. Hasil uji T-test nilai rata-rata persentase abu (mineral), BD, dan berat abu pada luasan 1 m^2 dan ketebalan 5 cm disajikan pada (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil uji T-test berpasangan terhadap nilai persentase abu, BD dan berat abu antara plot dipupuk dengan tanpa dipupuk

Variabel	N	Nilai tengah	Std, Deviasi	Std, Error	T	Prob>|T|
Abu (%)	5	1,998	0,55	0,246	8,119	0,001***
BD ($g.cm^{-3}$)	5	0,01	0,04	0,018	0,568	$0,600^{ns}$
Berat abu ($g.cm^{-3}$)	5	0,0043	0,0015	0,0007	6,259	0,003***

Ketarangan: *** = nyata pada taraf 1%; ^{ns} = tidak nyata

Setelah periode waktu 8 bulan pemberian pupuk pada lahan gambut, hasil uji T-test berpasangan terhadap nilai kadar abu (% abu), BD ($g.cm^{-3}$), dan total berat abu ($g.m^{-2}$ pada ketebalan tanah 0-5 cm) menunjukkan bahwa: a) persentase abu pada plot yang dipupuk nyata lebih tinggi dibandingkan dengan plot tanpa dipupuk, b) tidak ada perbedaan nilai BD antara plot yang dipupuk dengan tanpa dipupuk, dan c) rata-rata total berat abu pada plot yang dipupuk nyata lebih tinggi daripada plot yang tidak dipupuk (Tabel 2). Hal ini menunjukkan bahwa setelah 8 bulan pemupukan terhadap lahan gambut nyata meningkatkan persentase abu dan total berat abu gambut, namun demikian belum nyata meningkatkan BD gambut. Interpretasi dari hasil kajian ini adalah pemupukan pada lahan gambut lebih dominan berpengaruh terhadap kehilangan karbon daripada pengaruhnya terhadap pemadatan tanah (karena tidak terjadi peningkatan BD yang signifikan). Hal ini terjadi karena pemupukan pada lahan gambut dapat mempengaruhi

aktivitas biologi dalam tanah, termasuk aktivitas mikroorganisme perombak sehingga dapat mempercepat kehilangan karbon, akibatnya lebih banyak gambut yang hilang atau terdekomposisi dibandingkan yang terkonsolidasi atau pemadatan. Berkaitan dengan hal ini, menurut Zhang *et al*. (2007) pemupukan khususnya nitrogen meningkatkan respirasi 140% pada *marsh* di Cina. Hasil penelitian Gronlund *et al*. (2008) pada proses *subsidence* terjadi kehilangan karbon 62% dan pemadatan 38% pada lahan gambut yang diolah di West Norway.

Rata-rata perbedaan nilai berat abu (penambahan berat abu) pada plot yang dipupuk dibandingkan plot tanpa dipupuk adalah 140, 145, 210, 260, dan 320 g m^{-2} (ketebalan 5 cm lapisan permukaan tanah) masing-masing pada plot di penggunaan lahan hutan di Desa Simpang, kelapa sawit II di Desa Suak Puntong, kelapa sawit I di Desa Suakraya, semak di Desa Simpang dan karet di Desa Simpang secara berurutan. Adanya perbedaan berat fraksi abu antara plot yang dipupuk dengan tanpa dipupuk menunjukkan bahwa pemupukan telah meningkatkan dekomposisi dan/atau kehilangan bahan gambut, sehingga terjadi penambahan kadar abu pada plot yang dipupuk. Sebagaimana diketahui bahwa kadar abu atau mineral pada lahan gambut berasal dari mineral yang tersisa dari hasil pelapukan bahan organik gambut sehingga mineral menjadi lebih terkonsentrasi di sekitar gambut yang dipupuk.

Dari data Tabel 1 juga dapat diperkirakan besarnya kehilangan bahan gambut. Total bahan gambut yang hilang akibat pemupukan, berdasarkan peningkatan berat abu (mineral) dapat diprediksi dengan cara membagi nilai penambahan berat abu dengan nilai persentase abu pada plot yang tidak dipupuk. Hasil prediksi menemukan bahwa material gambut yang hilang akibat pemupukan lahan gambut selama periode waktu 8 bulan adalah 3172,87; 3713,53; 4241,44; 5280,53; dan 6666,67 g m^{-2} masing-masing secara berurutan pada penggunaan lahan kelapa sawit II di Desa Suakraya, hutan di Desa Simpang, semak di Desa Simpang, karet di Desa Simpang dan kelapa sawit II di Desa Suakraya.

Pada kajian ini nilai % $C_{organik}$ diperoleh dengan cara membagi persentase bahan organik (% BO) dengan nilai atau faktor konversi 1,9243 (yaitu konstanta yang diperoleh pada hasil evaluasi metode penentuan kadar C gambut pada kajian ini), sedangkan nilai pesentase bahan organik diperoleh dengan mengurangi nilai 100% (total % berat gambut) dengan persentase abu (% abu). Untuk mengonversi nilai/berat gambut yang hilang menjadi berat karbon yang hilang dapat dihitung dengan cara mengalikan nilai berat gambut yang hilang tersebut dengan persentase karbon (% $C_{organik}$) pada masing-masing gambut tersebut. Hasil prediksi menemukan bahwa besarnya karbon yang hilang selama periode waktu 8 bulan setelah pemupukan (November 2008-Agustus 2009) secara berturut-turut adalah 1,53; 1,81; 2,01; 2,51; dan 3,27 kg $C.m^{-2}$ atau setara dengan 22,95; 27,15; 30,15; 37,65; dan 49,05 ton C ha^{-1} th^{-1} masing-masing pada lokasi kajian kelapa sawit II di Desa Suakraya, hutan di Desa Simpang, semak di Desa Simpang, karet di Desa

Simpang, dan kelapa sawit I di Desa Suakraya. Apabila nilai kehilangan karbon ini dikonversi menjadi CO_2 yang diemisikan, maka diperoleh nilai sebesar 84,2; 99,64; 110,65; 138,18; dan 180,01 ton CO_2 ha^{-1} th^{-1}, masing-masing pada lokasi lahan kelapa sawit II di Desa Suakraya, hutan di Desa Simpang, semak di Desa Simpang, karet di Desa Simpang, dan kelapa sawit I di Desa Suakraya. Jadi, terlihat jelas bahwa pemupukan menyebabkan kehilangan karbon dan emisi CO_2 pada lahan gambut yang didrainase jauh lebih besar dibandingkan kehilangan karbon akibat terdekomposisi karena kondisi aerob saja (22,95-49,05 ton C ha^{-1} th^{-1} pada pemupukan berbanding 0,65-13,11 ton C ha^{-1} th^{-1} pada kondisi tidak dipupuk)

KESIMPULAN

1. Aplikasi pupuk NPK pada lahan gambut yang telah didrainase nyata meningkatkan kehilangan karbon dari gambut.
2. Kehilangan karbon gambut akibat pemupukan dapat diestimasi dari peningkatan konsentrasi abu pada lapisan permukaan lahan yang diberi pupuk dibandingkan dengan lahan yang tidak dipupuk.
3. Pengaruh pemupukan lahan gambut lebih dominan menyebabkan kehilangan karbon dibandingkan pengaruh/kontribusinya terhadap pemadatan.

DAFTAR PUSTAKA

Aerts, R. and Caluwe H. 1999. Nitrogen deposition effects on carbon dioxide and methane emission temperate peatlands soils. Oikos. 84 (1): 44-54.

Alex, K. and Joosten H. 2008. Global peatland assessment. Factbook for UNFCCC policies on peat carbon emission.

Etik, P.H. 2009. Emisi karbondioksida (CO_2) dan metan (CH_4) pada perkebunan kelapa sawit di lahan gambut yang memiliki keragaman dalam ketebalan gambut dan umur tanaman. Disertasi S3. Program Studi Ilmu Tanah, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. 158 hal.

Global Peatland Initiative. 2002. World Peatland Map.

Gronlund, A., Atle H., Anders H., and Daniel P.R. 2008. Carbon loss estimates from cultivated peat soils in Norway: a comparison of three methods. Nutr Cycl Agroecosyst. 81:157-167.

Hooijer, A., Silvius M., Wösten H., Page S. 2006. PEAT CO_2, Assessment of CO_2 Emission from drained peatlands in SE Asia. Wetland International and Delft Hydraulics Report Q3943.

Joosten, H. and Clarke D. 2002. Wise use of mires and peatlands-Background and principles including a framework for decision making. International Mire Conservation Group/International Peat Society. 304pp.

Joosten, H. 2009. Peatland status and drainage related emissions in all countries of the world. The Global Peatland CO_2 Picture. Wetlands International. www.wetlands.org. 35p.

Lai et al. 2002. Modeling the limits on the response of net carbon exchange to fertilization in a southeastern pine forest. Plant Cell Environ. 25: 1095-1119.

Saarnio, S. and Silvola J. 1999. Effect of increased CO_2 and N on CH_4 efflux from a boreal mire: a growth chamber experiment. Oecologia. 119: 349-356.

Silva, C.C., Guido M.L., Cebbalos J.M., Marsch R., and Dendooven L. 2008. Production of carbon dioxide and nitrous oxide in alkaline saline soil of Texcoco at different water content amanded with urea: A laboratory study. Soil Biol & Biochem. 40: 1813-1822.

Zhang *et al*. 2007. Effects of nitrogen on the ecosystem respiration, CH_4 and N_2O emissions to the atmosphere from the freshwater marshes in Northeast China. Environ Geol. 52: 529-539.

Pengaruh Aplikasi Urea Berlapis Arang Aktif terhadap Efisiensi Pemupukan N dan Produktivitas Padi

15

Indratin, Sri Wahyuni, dan Elizabeth S. Harsanti

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Lingkungan Pertanian,
Jl. Jakenan-Jaken Km 05, Pati 59182

Abstrak. Salah satu kendala dalam Program Peningkatan Produksi Beras Nasional (P2BN) yang dicanangkan sejak tahun 2007 adalah inefisiensi penggunaan pupuk urea. Hanya sekitar 20-30 % pupuk urea yang benar-benar dapat dimanfaatkan oleh tanaman padi sawah. Melalui pelapisan urea dengan arang aktif diharapkan proses volatilisasi dan pencucian urea akan dapat diminimalisir, sehingga efektivitas pemupukan akan meningkat. Tujuan penelitian adalah untuk mengevaluasi aplikasi urea berlapis arang aktif terhadap tingkat efisiensi pemupukan N dan produktivitas padi. Penelitian dilaksanakan di Desa Rawagempol Wetan, Kecamatan Cilamaya Wetan, Kabupaten Karawang tahun 2010. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak kelompok (RAK), 7 perlakuan dan 3 ulangan. Perlakuan terdiri dari:(a). kontrol urea prill (U1), (b).urea berlapis arang aktif tempurung kelapa (70:30), yaitu 70% urea 30% arang aktif (U2),(c).urea berlapis arang aktif tempurung kelapa (80:20) (U3), yaitu 80% urea 20% arang aktif (U3), (d).urea berlapis arang aktif tempurung kelapa (90:10) (U4), yaitu 90% urea 10% arang aktif (U4), (e). sulfur coated urea (U5) dengan perbandingan 66:34, (f). zeolit coated urea U6) dengan perbandingan 62:38 (g). Kontrol (zeolit) (U0) Hasil penelitian menunjukkan urea berlapis arang aktif dapat meningkatkan efisiensi pemupukan N sekitar 13,50%. Pengaruh terhadap produktivitas padi, perlakuan UAA (90:10) memberikan produktivitas tertinggi daripada urea prill yaitu 5,38 t ha-1 dengan peningkatan 13,5%.

Kata kunci:Urea berlapis arang aktif, efisiensi N, produktivitas padi.

Abstract. *One of obstacles in the National Rice Production Enhancement Program (P2BN) that was launched in 2007 is the inefficient use of urea fertilizer. Only about 20-30% of urea fertilizer that can actually be used by the paddy crops. Coating urea with activated charcoal expected urea volatilization and leaching will be minimized, so the effectiveness of the fertilizer will increase. The research objective was to evaluate the application of urea coated activated charcoal on the efficiency and productivity of rice N fertilization. The experiment was conducted in the Rawagempol Wetan, Cilamaya Wetan Sub-district of Karawang regency in 2010. Experimental design used was a randomized block design (RBD), 7 treatments and 3 replications. Treatment consists of: (a). Control prill urea (U1), (b). Urea coated coconut shell activated charcoal (70:30), which is 70% urea 30% activated charcoal (U2), (c). Urea coated coconut shell activated charcoal (80:20) (U3), ie 80% urea 20% activated charcoal (U3), (d). urea coated coconut shell activated charcoal (90:10) (U4), ie 90% urea 10% activated charcoal (U4), (e). Sulfur Coated Urea (U5) with a ratio of 66:34%, (f). Zeolite Coated Urea U6) with a ratio of 62:38 (g). Control (zeolite) (U0). Results research showed urea coated activated charcoal*

can enhance the efficiency of fertilizer N approximately 13.50%. Influence on the productivity of rice, treatment UAA (90:10) gave the highest productivity than urea prill is 5.38 t ha^{-1} with an increase of 13.5%.

Keywords: *Activated charcoal*-coated *urea*, *N efficiency*, *productivity of rice.*

PENDAHULUAN

Ketahanan pangan nasional, diidentifikasikan oleh ketersediaan pangan yang cukup dari segi kuantitas, kualitas, mutu, gizi, keamanan pangan, dan keberagaman dengan harga yang terjangkau oleh seluruh lapisan masyarakat, sebagai mana diatur dalam UU No. 7/1996 tentang pangan dan PP No. 68/2002 tentang ketahanan pangan (Suryana, 2008). Berdasarkan hal tersebut pemerintah bertekad mempercepat upaya peningkatan produksi padi nasional untuk memenuhi kebutuhan pangan yang terus meningkat seiring bertambahnya jumlah penduduk dari tahun ke tahun. Hal ini diimplementasikan melalui program Peningkatan Produksi Beras Nasional (P2BN) yang dimulai sejak 2007 hingga 2009 dengan mentargetkan peningkatan produksi beras 5% setiap tahun melalui penerapan inovasi teknologi.

Jumlah produksi beras nasional tahun 2007 mencapai 57,052 juta ton gabah kering giling (GKG) atau naik 4,77% (2,60 juta ton) dibanding produksi tahun 2006. Kenaikan produksi padi, terjadi karena adanya penambahan luas panen sebanyak 338,4 ribu hektar (2,87%) dan peningkatan produktivitas sebesar 0,85 kuintal per hektar (1,84%). Kenaikan produksi nasional tahun 2007 sebagian besar disumbang dari pulau luar Jawa sebesar 2,09 juta ton atau naik 8,54% dari catatan produksi tahun sebelumnya. Pulau Jawa menyumbang 0,51 juta ton atau naik sekitar 1,69% dari capaian produksi 2006 (BPS, 2008).

Jawa Barat merupakan salah satu lumbung padi nasional yang mempunyai area panen seluas 1.829.085 ha yang tersebar di 16 kabupaten dan 9 kota. Dari luas lahan tersebut produksi padi yang dihasilkan mencapai 9.914.019 ton. Karawang tercatat sebagai kabupaten yang mempunyai luas area pertanian terluas di Jawa Barat setelah Indramayu, dengan luas panen 188.384 ha yang dapat menghasilkan beras sebanyak 1.026.063 ton (BPS Jawa Barat, 2007)**.**

Dalam pelaksanaan program peningkatan produksi beras melalui proses intensifikasi sekarang ini terdapat berbagai kendala teknis antara lain inefisiensi penggunaan pupuk urea.

Hanya sekitar 20-30% pupuk urea yang benar-benar dapat dimanfaatkan oleh tanaman padi sawah. Apabila diasumsikan 60% dari jumlah pupuk yang diberikan tidak terserap tanaman, maka lebih dari 2,8 juta ton urea tiap tahun yang terbuang. Urea merupakan sumber pupuk N yang paling banyak digunakan oleh petani, sebab harganya murah dan banyak tersedia di pasaran. Urea bersifat higroskopis, mudah menguap, dan

cepat terdekomposisi, sehingga efektivitasnya rendah. Kehilangan N dalam proses pemupukan tanaman umumnya melalui volatilisasi ammonia, dan pencucian (De Datta and Buresh, 1991).

Proses volatilisasi dan pencucian pada urea dapat diminimalisir dengan pelapisan arang aktif. Arang aktif adalah suatu bahan hasil proses pirolisis arang pada suhu 600-800ºC. Bahan arang aktif dapat berasal dari limbah pertanian. Tempurung kelapa merupakan salah satu limbah pertanian terbaik untuk bahan pembuatan arang aktif yang memiliki daya jerap tinggi. Selain sebagai pelapis pupuk urea, arang aktif dapat berperan sebagai penjerap bahan polutan seperti residu pestisida. Melalui pelapisan urea dengan arang aktif diharapkan proses volatilisasi dan pencucian urea akan dapat diminimalisir, sehingga efektivitas pemupukan akan meningkat. Apabila efisiensi pupuk urea dapat ditingkatkan maka akan lebih banyak anggaran negara yang bisa dihemat.

Tujuan penelitian adalah untuk mengevaluasi aplikasi urea berlapis arang aktif terhadap tingkat efisiensi pemupukan dan produktivitas padi.

METODOLOGI PENELITIAN

Kegiatan penelitian dilaksanakan di lahan sawah milik petani Desa Rawagempol Wetan, Kecamatan Cilamaya Wetan, Kabupaten Karawang. Kabupaten Karawang merupakan lokasi Program Peningkatan Beras Nasional (P2BN) berupa Sekolah Lapang Pengelolaan Tanaman Terpadu (SLPTT). Kegiatan analisis dilakukan laboratorium kimia, Balai Penelitian Tanah Bogor (kimia tanah). Penelitian berlangsung selama 12 bulan, mulai bulan Januari hingga Desember 2010.

Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak kelompok (RAK), 7 perlakuan dan 3 ulangan. Perlakuan terdiri dari:

1. Kontrol urea prill (U1)
2. Urea berlapis arang aktif tempurung kelapa (70:30), yaitu 70% urea 30% arang aktif (U2)
3. Urea berlapis arang aktif tempurung kelapa (80:20) (U3), yaitu 80% urea 20% arang aktif (U3)
4. Urea berlapis arang aktif tempurung kelapa (90:10) (U4), yaitu 90% urea 10% arang aktif (U4)
5. *Sulfur Coated Urea* (U5) dengan perbandingan 66:34
6. *Zeolit Coated Urea* (U6) dengan perbandingan 62:38
7. Kontrol (*zeolit)* (U0)

Petakan dibuat dengan ukuran 4×6 m, dengan lebar saluran dan galengan 50 cm. varietas Ciherang umur bibit 21 hari ditanam dengan jarak tanam 25x25 cm, 3 bibit/lubang dan umur 7 HST bibit dijarangkan menjadi 2 tanaman/lubang.

Pemupukan tanaman diberikan secara berimbang antara pupuk N, P dan K (sesuai dosis yang umum digunakan petani setempat). Pupuk urea diberikan sesuai dengan perlakuan urea berlapis arang aktif (perbandingan sesuai perlakuan di atas). Dosis yang diberikan untuk urea kontrol maupun perlakuan urea berlapis adalah 250 kg ha^{-1}, diberikan 3 kali (0, 21 dan 42 HST). Pupuk dasar yang diberikan meliputi SP-36 100kg ha^{-1},1 kali pemberian (0 HST), dan KCl 100 kg ha^{-1}, 2 kali pemberian (0 dan 42 HST). Perawatan tanaman seperti penyiangan dan pengairan dilakukan sesuai kebiasaan petani setempat.

Pengambilan sampel tanah dan air sebanyak 3 kali, diambil secara diagonal dan komposit sebanyak 5 titik, tanah sebanyak 0,5 kg dan air 0,5 l. pengambilan dilakukan pada umur tanaman satu hari setelah aplikasi pertama, setelah tanaman berumur 22 HST (fase vegetatif) dan setelah pada saat tanaman berumur 43 HST(fase generatif)

Tinggi tanaman dan jumlah anakan pada umur 15, 30, 45, dan menjelang panen. Komponen hasil, diamati pada 3 rumpun sampel berupa jumlah gabah isi, jumlah gabah hampa, bobot 1000 butir. Berat dan kadar air gabah (kg $plot^{-1}$), dan berat biomassa pada saat panen.

Analisis data statistik menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA). Apabila terjadi perbedaan nyata maka dilakukan uji lanjutan menggunakan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5% (Gomez dan Gomez, 1993).

$$\text{Efisiensi Pupuk N} = \frac{\text{Output (Hasil dalam kg ha}^{-1})}{\text{Input (kg pupuk N (Urea) ha}^{-1})} \times 100$$

Efisiensi adalah merupakan ukuran luaran (output), dapat berupa hasil untuk setiap pupuk yang diberikan (input).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh aplikasi arang aktif terhadap efisiensi pemupukan

Kehilangan N dalam bentuk nitrat (NO_3^-) melalui pencucian (*leaching*) pada saat terjadi aliran air ke bawah permukaan tanah. Besarnya pencucian sangat dipengaruhi oleh sifat fisik dan kimia tanah, curah hujan, dan pemupukan. Kandungan N-nitrat dalam air pada perlakuan beberapa jenis urea berlapis menunjukkan tidak ada beda nyata menurut uji kisaran berganda Duncan pada taraf 5% saat 1, 22, dan 43 HST, sedangkan kandungan nitrat dalam tanah menunjukkan ada beda nyata saat 43 HST dan penggunaan urea

berlapis arang aktif menunjukkan konsentrasi dalam tanah relatif lebih besar dibandingkan dengan kontrol (Tabel 1).

Tabel 1. Kandungan nitrat dalam tanah dan air pada berbagai perlakuan urea berlapis arang aktif

Perlakuan	Kandungan NO_3^- (ppm)					
	1 HST		22 HST		43 HST	
	Tanah	Air	Tanah	Air	Tanah	Air
Urea pril	3,63 a	5,43 a	102,72 a	211,14 ab	14,38 c	14,68 ab
UAA 70:30	4,42 a	9,18 a	71,96 a	153,08 ab	32,73 a	7,58 b
UAA 80:20	4,74 a	6,49 a	36,33 a	121,41 ab	26,67 ab	6,59 b
UAA 90:10	5,27 a	5,78 a	108,13 a	111,15 ab	18,17 c	21,20 ab
SCU	4,06 a	4,77 a	64,01 a	73,75 ab	19,94 bc	24,32 ab
ZCU	5,79 a	6,49 a	104,02 a	226,93 a	16,62 c	13,05 ab
Zeolit	5,16 a	7,30 a	49,25 a	44,91 b	21,17 bc	31,77 a

Keterangan: Angka dalam lajur yang sama diikuti huruf sama berarti tidak berbeda nyata menurut uji kisaran berganda Duncan pada taraf 5%.

Urea arang aktif nyata meningkatkan nitrat tanah dan nyata (uji DMRT taraf 5%) menurunkan nitrat air pada umur 43 HST. Demikian pula kadar nitrat tanah pada perlakuan UAA nyata lebih tinggi, sedangkan kadar nitrat air nyata lebih rendah bandingkan dengan SCU, ZCU, dan Zeolit. Pada fase pertumbuhan lainnya (1 dan 22 HST) pengaruh perlakuan UAA terhadap ke-2 peubah tersebut tidak berbeda nyata.

Kehilangan N dalam bentuk amonium (NH_4) dalam air menunjukkan ada beda nyata antar perlakuan saat 22 HST dan 43 HST sedangkan kandungan NH_4 dalam tanah tidak ada beda nyata antar perlakuan menurut uji kisaran berganda Duncan pada taraf 5% saat 1 HST, 22 HST, dan 43 HST (Tabel 9). Sedangkan efisiensi pemupukan N berdasarkan N air (Tabel 2).

Tabel 2. Kandungan amonium dalam tanah dan air pada berbagai perlakuan urea berlapis arang aktif

Perlakuan	Kandungan NH_4^+ (ppm)					
	1 HST		22 HST		43 HST	
	Tanah	Air	Tanah	Air	Tanah	Air
Urea pril	54,83 a	59,53 a	40,79 a	28,19 abc	44,28 a	18,42 b
UAA 70:30	47,08 a	63,83 a	28,68 a	7,88 bc	28,50 a	16,69 b
UAA 80:20	60,68 a	58,41 a	39,94 a	21,90 abc	45,63 a	12,79 b
UAA 90:10	81,02 a	64,18 a	44,64 a	39,26 ab	25,29 a	61,38 a
SCU	43,03 a	28,83 a	24,87 a	0,43 c	32,88 a	4,90 b
ZCU	64,54 a	74,70 a	23,36 a	0,48 c	27,92 a	17,98 b
Zeolit	77,14 a	77,36 a	40,06 a	51,64 a	30,90 a	33,37 ab

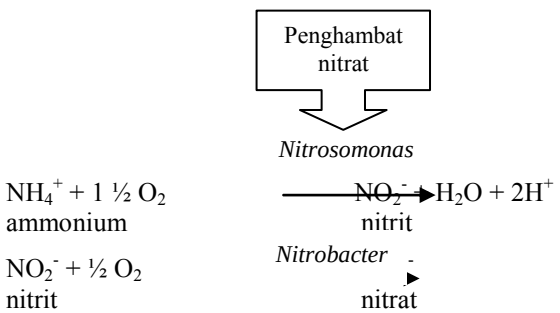
Keterangan: Angka dalam lajur yang sama diikuti huruf sama berarti tidak berbeda nyata menurut uji kisaran berganda Duncan pada taraf 5%

Tabel 3. Efisiensi pemupukan N berdasarkan Rasio produksi dengan pupuk N

Perlakuan	Efisiensi Pemupukan N	Kenaikan (%)
Urea pril	18,96	0,00
UAA 70:30	19,40	2,32
UAA 80:20	17,36	-8,44
UAA 90:10	21,52	13,50
SCU	18,44	-2,74
ZCU	16,00	-15,61
Zeolit	20,44	7,81

Tabel 3 menunjukkan UAA dapat meningkatkan efisiensi pemupukan N dari 18,96 menjadi 19,40 dan 21,52%, atau meningkat sekitar 2,32-13,50%. Penggunaan SCU dan ZCU sedikit menurunkan efisiensi pemupukan N dari 18,96 menjadi 18,44 dan 16,00% atau menurun sekitar 2,74-15,61%. Penggunaan zeolit meningkatkan efisiensi pemupukan N dari 18,96 menjadi 20,44% atau meningkat sekitar 7,81%.

Kemampuan urea berlapis ditunjukkan pula oleh konsentrasi nitrat dalam tanah yang relatif lebih tinggi daripada urea pril saat 43 HST. Hal ini karena terkait dengan mekanisme kemampuan arang aktif, sulfur dan zeolit. Arang aktif dan zeolit sebagai pelapis mempunyai kemampuan menjerap unsur hara termasuk N dan akan tersedia pada saat tanaman akan menggunakan sehingga bersifat *slow realease.* Sedangkan Sulfur apabila digunakan sebagai pelapis mempunyai kemampuan dapat menghambat aktivitas bakteri *Nitrosomonas* dan sehingga menunda oksidasi NH_4 dan pada akhirnya menunda pembentukan nitrat dan N-NH_4 lebih tersedia bagi tanaman. Mekanisme *slow release* sulfur dan arang aktif dapat dijelaskan sebagai berikut: Sulfur sebagai penghambat nitrat dengan melemahkan aktivitas bakteri *Nitrosomonas* dalam tanah (Ishikawa, T. 1998; Zerulla *et al*. 2001;) yang mekanismenya ditunjukkan sebagai berikut:



Dugaan mekanisme arang aktif dalam menghambat pelepasan N dalam bentuk NH4 dapat dijelaskan seperti pertukaran jerapan kation anion dalam komplek jerapan lempung tanah. NH_4 diikat pada permukaan spesifik arang aktif, sehingga NH_4 akan dilepaskan secara lambat.

Pengaruh aplikasi arang aktif terhadap produktivitas padi

Pertumbuhan agronomis tanaman padi baik pada jumlah anakan maupun tinggi tanaman pada beberapa perlakuan urea berlapis saat 15, 30, 45, dan 60 hari setelah tanam tidak berbeda nyata menurut uji kisaran berganda Duncan pada taraf 5% seperti terlihat pada (Tabel 4 dan Tabel 5).

Tabel 4. Jumlah anakan tanaman padi pada berbagai perlakuan urea berlapis arang aktif

Perlakuan	Jumlah anakan / rumpun			
	15 HST	30 HST	45 HST	60 HST
Urea pril	5,7 a	15,7 a	19,1 ab	15,8 a
UAA 70:30	5,2 a	14,1 a	17,8 ab	14,7 a
UAA 80:20	5,6 a	13,7 a	17,9 ab	15,5 a
UAA 90:10	5,1 a	12,9 a	16,7 ab	14,0 a
SCU	5,9 a	15,3 a	18,6 ab	15,8 a
ZCU	5,2 a	13,0 a	15,9 b	14,3 a
Zeolit	6,0 a	16,7 a	20,4 a	15,3 a

Keterangan: Angka dalam lajur yang sama diikuti huruf sama berarti tidak berbeda nyata menurut uji kisaran berganda Duncan pada taraf 5%.

Tabel 5. Tinggi tanaman padi pada berbagai perlakuan urea berlapis arang aktif

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)			
	15 HST	30 HST	45 HST	60 HST
Urea pril	39,7 a	53,1 a	74,3 a	89,3 a
UAA 70:30	38,0 a	52,3 a	71,2 a	93,1 a
UAA 80:20	37,5 a	49,3 a	66,5 a	82,2 a
UAA 90:10	37,9 a	50,5 a	69,3 a	85,0 a
SCU	39,1 a	51,2 a	69,5 a	80,2 a
ZCU	38,9 a	50,3 a	66,0 a	79,3 a
Zeolit	37,5 a	40,8 a	66,9 a	80,1 a

Keterangan: Angka dalam lajur yang sama diikuti huruf sama berarti tidak berbeda nyata menurut uji kisaran berganda Duncan pada taraf 5%

Pada Tabel 6 menunjukkan bahwa biomassa, kadar air, hasil dan komponen hasil pada beberapa perlakuan pupuk urea berlapis tidak berbeda nyata menurut uji kisaran berganda Duncan pada taraf 5% namun perlakuan pupuk urea berlapis arang aktif (UAA 90:10) memberikan produktivitas tertinggi daripada urea pril yaitu 5,38 t ha^{-1} (Gambar 2) dan memberikan nilai Efisiensi Agronomi Relatif (EAR) tertinggi yaitu 21,52 kg kg^{-1} dengan kenaikan produksi 13,5% sedangkan petani sekitarnya memberikan produktivitas 4,4 t ha^{-1} dengan nilai EAR sebesar 6,5 kg kg^{-1}. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan urea berlapis arang aktif selain dapat menekan kehilangan N juga dapat meningkatkan hasil dibandingkan dengan pemakaian urea pril. Menurut penelitian Ardiwinata *et al*. (2009), tingkat selektivitas kation/anion yang dierap:anion insektisida (Cl^-, PO_4^{-3}) > kation (logam berat Pb^{+2}, Cd^{2+}) > anion/kation pupuk (NH^{4+}), sehingga arang aktif selain dapat menjerap kontaminan juga dapat berperan menjerap anion/kation pupuk yang kemudian akan dilepaskan secara perlahan (*slow release*) sehingga akan lebih tersedia bagi tanaman. Ketersedian unsur hara N bagi tanaman akan mempengaruhi pertumbuhan tanaman dan pada akhirnya meningkatkan produktivitas padi.

Tabel 6. Hasil gabah dan komponen hasil tanaman padi pada berbagai perlakuan urea berlapis arang aktif

Perlakuan	Biomassa ($kg.m^{-2}$)	Kadar Air gabah	Hasil gabah ($t.ha^{-1}$)	EA N (kg kg^{-1})	Kenaikan (%)	Jumlah gabah/rumpun	
						Isi	Hampa
Urea pril	2,3 a	20,3 a	4,74 a	18,96	0	1318 a	234 a
UAA 70:30	2,3 a	21,2 a	4,85 a	19,40	2,32	873 a	197 a
UAA 80:20	2,5 a	21,0 a	4,34 a	17,36	(8,44)	932 a	456 a
UAA 90:10	2,5 a	21,6 a	5,38 a	21,52	13,5	1061 a	292 a
SCU	2,2 a	21,7 a	4,61 a	18,44	(2,74)	1010 a	291 a
ZCU	2,3 a	21,8 a	4,00 a	16,00	(15,61)	909 a	289 a
Zeolit	2,3 a	21,4 a	5,11 a	20,44	7,81	1038 a	226 a

Keterangan: Angka dalam lajur yang sama diikuti huruf sama berarti tidak berbeda nyata menurut uji kisaran berganda Duncan pada taraf 5%

KESIMPULAN

Urea berlapis arang aktif dapat meningkatkan efisiensi pemupukan N sekitar 13,50% terhadap urea pril. Peningkatan produktivitas UAA 90:10 dibandingkan dengan kontrol (urea pril) sebesar 13,5%, sedangkan jika dibandingkan dengan urea berlapis yang telah beredar di pasaran yaitu 16,70-34,50%.

DAFTAR PUSTAKA

Ardiwinata, A.N. 2009. Teknologi Arang Aktif untuk Pengendali Residu Pestisida di Lingkungan Pertanian http://www.balingtan.litbang.deptan.go.id. *Download* 16 Desember 2010.

BPS 2008 *dalam* Anton Apriantono. Pengabdian kepada rakyat Indonesia. http//antonapriantono.com/2008/04/18/bps-naik-477-ntp-/0863/

BPS Propinsi Jawa Barat 2007**.** http//jabar.bps.go.id/tabel//pertanian.htm.

De Datta, S.K., R.J. Buresh, R.J. Samson, M.N. Obecemea, and J.G. Real. 1991. Direct Measurement of Amonium and Denitrification Fluxes from Urea Applied to Rice. Soil Sci. Soc. Am. J. 55: 543-548.

Gomez, K.A. and A.A. Gomez. 1993. Statistical Procedures for Agricultural Research 2nd Ed. John Willey & Sons, New York. 680 p.

Ishikawa, T. 1998. Suppression of nitrification and nitrous oxide emission by a tropical grass. *JIRCAS 1998 Annual Report*. pp.5.

Suryana, A. 2008. Menyikapi isu dampak lingkungan di sektor pertanian. Prosiding seminar nasional. Pengendalian pencemaran lingkungan pertanian melalui pendekatan pengelolaan daerah alian sungai (DAS) secara terpadu. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan, Badan Litbang Pertanian..

Zerulla, W., T. Barth, J. Dressel. K. Erhardt, K.H. von Loequenghien, G. Pasda, M. Radle, and A.H. Wissemeier. 2001. 3,4-Dimethylpyrazole Phosphate (DMPP) - a New Nitrification Inhibitor for Agriculture and Horticulture. *Biol. Fertil. Soils* 34: 79-84.

Status Hara dan Rekomendasi Pupuk Padi Sawah di Kabupaten Siak

16

[1]Nurhayati, [1]Rathi Frima Zona, dan [2]Ali Jamil

[1]Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Riau, Jl. Kaharuddin Nasution, 341 Marpoyan

[2]Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sumatera Utara

Abstrak. Pemupukan di tingkat petani terus meningkat seiring dengan meningkatnya luas panen, dosis serta jenis pupuk untuk meningkatkan produksi padi. Sampai saat ini pupuk belum digunakan secara rasional sesuai kebutuhan tanaman serta kemampuan tanah menyediakan unsur-unsur hara. Kelebihan pemberian pupuk selain merupakan pemborosan dana, juga mengganggu keseimbangan unsur-unsur hara dalam tanah dan pencemaran lingkungan, sedangkan pemberian pupuk yang terlalu sedikit tidak dapat memberikan tingkat produksi yang optimal. Tujuan kegiatan ini untuk mengetahui status hara tanah sawah dan rekomendasi pemupukan padi sawah spesifik lokasi di Kabupaten Siak. Berdasarkan hasil kegiatan diperoleh bahwa rekomendasi pemupukan padi sawah pada lahan IP 100-200 baik di Desa Dayang Suri, Bunga Raya dan Kemuning Muda Kecamatan Bunga Raya, menggunakan Urea, SP-36 dan KCl berturut-turut adalah 200, 100 dan 50 kg ha-1. Pada RST di Desa Selat Guntung Kecamatan Sabak Auh untuk Urea, SP-36 dan KCl berturut-turut adalah 200, 75 dan 50 kg ha-1. Pada wilayah CSB kecamatan Sabak Auh dosis rekomendasi untuk Urea adalah 200 kg ha-1, SP-36 adalah 100 kg ha-1 dan KCl adalah 50 kg ha-1. Untuk Kecamatan Perincit Urea adalah 200 kg ha-1, SP-36 adalah 75 kg ha-1 dan KCl adalah 50 kg ha-1.

*Kata kunci: H*ara, rekomendasi pupuk, siak

Abstract. *Fertilization at the farmer to increase along with in harvested area, dose and type of fertilizer to increase rice production. Until now fertilizers not used rationally according to crop needs and the ability of the soil provides nutrients. Over fertilizer in addition to a waste of funds, also upset the balance of nutrients in the soil and environmental pollution, while giving too little fertilizer can not provide the optimal level of production. The purpose of this activity to determine the nutrient status of soil and nutrient management rice in Siak. Based on the results obtained activities that rice fertilizer recommendations on land IP 100-200 both in the village of Dayang Suri, Bunga Raya, and Kemuning Muda, using Urea, SP-36 and KCl respectively 200, 100 and 50 kg ha^{-1}. In the Strait of RST in the Village Sabak Auh for Urea, SP-36 and KCl respectively 200, 75 and 50 kg ha^{-1}. In the sub-region CSB Sabak Auh dose recommendation for Urea is 200 kg ha^{-1}, SP-36 about 100 kg ha^{-1} and KCl about 50 kg ha^{-1}. For District Perincit using Urea 200 kg ha^{-1}, SP-36 about 75 kg ha^{-1} and KCl about 50 kg ha^{-1}.*

Keyword: *Nutrient, recommendation, fertilizer, siak*

PENDAHULUAN

Upaya pemerintah pusat untuk mewujudkan kemandirian pangan dan ketahanan pangan di Indonesia adalah melalui program peningkatan beras nasional (P2BN). Provinsi Riau mendukung program pemerintah untuk peningkatan produksi beras dengan penambahan luas areal tanam padi seluas 100.000 ha. Program perluasan areal tanam ini dicanangkan oleh Gubernur Riau pada tahun 2007 dalam program operasi pangan riau makmur (OPRM), melalui 3 skenario yaitu 1) peningkatan IP 100-200 seluas 68.108,10 ha, 2) pencetakan sawah baru (CSB) seluas 18.765,05 ha, dan 3) pemanfaatan lahan-lahan sub optimal melalui Rehabilitasi Sawah Terlantar (RST) seluas 13.126, 85 ha. Lokasi OPRM tersebar di sembilan kabupaten yaitu Kabupaten Rokan Hilir, Indragiri Hilir, Pelalawan, Rokan Hulu, Bengkalis, Indragiri Hulu, Kampar, Siak, dan Kuantan Singingi (Anonim. 2009)

Produksi padi di Kabupaten Siak pada tahun 2011 sebesar 33.966 ton GKP dengan luas tanam 6.930 ha. Produktivitas tercatat sebesar 4,418 t.ha-1 GKG (Distannak Siak, 2011). Sedangkan produktivitas nasional sudah mencapai 4,98 t.ha-1 (BPS, 2011). Berdasarkan data tersebut masih diperlukan usaha peningkatan produktivitas lahan. Upaya peningkatan produktivitas lahan dapat dilakukan melalui perbaikan status hara tanah. Pada kenyataannya tidak semua lahan sawah memerlukan pupuk P dan K dalam jumlah yang sama, ada yang perlu banyak dan ada yang perlu hanya sedikit pupuk, bahkan ada pula yang tidak memerlukan tambahan pupuk karena kadar haranya sudah sangat tinggi di dalam tanah. Untuk menentukan dosis pupuk yang sesuai, maka perlu diketahui status hara P dan K, dilanjutkan dengan penyusunan rekomendasi pemupukan spesifik lokasi.

Rekomendasi pemupukan adalah suatu rancangan yang meliputi jenis dan takaran pupuk serta cara dan waktu pemupukan untuk tanaman pada areal tertentu. Dampak yang diharapkan dari suatu rekomendasi pemupukan adalah tepat jenis, tepat takaran, tepat cara dan tepat waktu (Supartini, 1995). Saat ini rekomendasi pemupukan spesifik lokasi masih terbatas pada lokasi-lokasi penelitian dan pengkajian atau di daerah yang sudah memiliki peta status hara P dan K yang lebih rinci. Namun peta status hara P dan K tanah sawah yang telah tersebar belum dilengkapi dengan arahan rekomendasi pemupukan spesifik lokasi hingga tingkat kecamatan.

Pemupukan di tingkat petani terus meningkat seiring dengan meningkatnya luas panen, dosis serta jenis pupuk yang digunakan dalam upaya untuk meningkatkan produksi padi. Sampai saat ini pupuk belum digunakan secara rasional sesuai kebutuhan tanaman serta kemampuan tanah menyediakan unsur-unsur hara, sifat-sifat tanah, kualitas air pengairan dan pengelolaannya oleh petani (Setyorini dan Widowati, 2006). Kelebihan pemberian pupuk selain merupakan pemborosan dana, juga mengganggu keseimbangan unsur-unsur hara dalam tanah dan pencemaran lingkungan, sedangkan pemberian pupuk

yang terlalu sedikit tidak dapat memberikan tingkat produksi yang optimal (Setyorini *et al*, 2007).

Sampai saat ini pemupukan P dan K untuk padi sawah masih bersifat umum yaitu sekitar 100-150 kg TSP/ha/musim tanam dan 100 kg KCl/ha/musim tanam. Penentuan rekomendasi tersebut dilakukan tanpa mempertimbangkan kandungan hara P dan K dalam tanah dan keperluan hara bagi tanaman padi, sehingga kurang efisien. Penggunaan pupuk secara rasional dan berimbang adalah salah satu faktor kunci untuk memperbaiki dan meningkatkan produktivitas lahan pertanian, khususnya di daerah tropis (Mario *et al.* 2008). Dalam implementasinya, penggunaan pupuk secara rasional dan berimbang perlu memperhatikan kadar hara di dalam tanah, jenis dan mutu pupuk, dan keadaan pedo-agroklimat, serta mempertimbangkan unsur hara yang dibutuhkan untuk tumbuh dan berproduksi optimal. Pendekatan ini dapat dilaksanakan dengan baik dan menguntungkan jika rekomendasi pemupukan berdasarkan pada hasil uji tanah dan analisis tanaman dengan menggunakan metodologi yang tepat dan teruji.

Salah satu metoda cepat dalam penentuan status hara tanah sawah adalah penggunaan Perangkat Uji Tanah Sawah (PUTS). PUTS merupakan alat untuk mengukur kadar hara P dan K serta pH tanah yang dapat dikerjakan langsung di lapangan. Hasil analisis P dan K tanah dengan PUTS ini selanjutnya digunakan sebagai dasar penyusunan rekomendasi pupuk P dan K spesifik lokasi untuk tanaman padi sawah, terutama varietas unggul dengan produktivitas setara dengan IR-64 atau Ciherang.

Prinsip kerja PUTS ini adalah mengukur hara P dan K tanah yang terdapat dalam bentuk tersedia, secara semi kuantitatif dengan metode kolorimetri (pewarnaan). Pengukuran kadar P dan K tanah dikelompokkan menjadi tiga kategori yaitu rendah (R), sedang (S), dan tinggi (TI). Satu unit perangkat uji tanah sawah terdiri atas: (1) satu paket bahan kimia dan alat untuk ekstraksi kadar P, K dan pH, (2) bagan warna untuk penetapan kadar pH, P, dan K, (3) buku petunjuk penggunaan dan rekomendasi pemupukan padi sawah.

Tujuan kegiatan ini untuk mengetahui status hara tanah sawah dan rekomendasi pemupukan padi sawah spesifik lokasi di Kabupaten Siak.

METODOLOGI

Pengkajian dilaksanakan pada lahan sawah tanah mineral intensif dan semi intensif di Kabupaten Siak Provinsi Riau pada bulan Januari hingga Desember 2011.

Alat dan bahan yang diperlukan untuk kegiatan ini adalah peta-peta tematik yaitu peta tata ruang kabupaten, peta administratif, peta penggunaan lahan, dan laporan dinas terkait, global positioning system (GPS), bor tanah, cangkul/sekop, ember plastik,

perangkat uji tanah sawah (PUTS), kantong plastik, karung, spidol, pena buku saku pengamatan, dll.

Kegiatan ini merupakan pengembangan konsep dari Permentan No.40 tahun 2007 dengan ruang lingkup kegiatan yang lebih spesifik meliputi survei di sentra pengembangan padi sawah irigasi.

Cara pengambilan contoh tanah komposit: 1) menentukan titik pengambilan contoh tanah individu secara diagonal. 2) contoh tanah diambil dalam keadaan lembab, tidak terlalu basah atau kering. 3) contoh tanah individu diambil dengan bor tanah pada kedalaman 0-20 cm. 4) Contoh tanah diaduk merata dalam ember plastik. 5) contoh tanah lembab yang sudah siap untuk dianalisis diambil dengan syringe dengan cara: (a) permukaan tanah lembab ditusuk dengan syringe sedalam 5 cm dan diangkat, (b) bersihkan dan ratakan permukaan syringe, didorong keluar dan potong contoh tanah setebal sekitar 0,5 cm dengan sendok stainless, lalu di masukkan ke dalam tabung reaksi.

Prinsip kerja PUTS ini adalah mengukur hara P dan K tanah yang terdapat dalam bentuk tersedia, secara semi kuantitatif dengan metode kolorimetri (pewarnaan). Pengukuran kadar P dan K tanah dikelompokkan menjadi tiga kategori yaitu rendah (R), sedang (S), dan tinggi (T).

Satu unit perangkat uji tanah sawah terdiri atas: (1) satu paket bahan kimia dan alat untuk ekstraksi kadar P, K dan pH, (2) bagan warna untuk penetapan kadar pH, P, dan K, (3) buku petunjuk penggunaan dan rekomendasi pemupukan padi sawah, dan (4) bagan warna daun (BWD) untuk menetapkan takaran pupuk urea. Sebaiknya tidak usah disajikan karena ada dalam penuntun penggunaan PUTS.

Selain pengukuran langsung, pada kegiatan ini juga dilakukan pengambilan contoh tanah untuk dianalisis di laboratorium untuk validasi data hasil PUTS. Penetapan P dan K di laboratorium menggunakan metode HCl 25%. Selanjutnya tanah digolongkan berdasarkan status P dan K guna menentukan rekomendasi pemupukan untuk tanaman padi sawah seperti terlihat pada (Tabel 1 dan 2).

Tabel 1. Rekomendasi pemupukan P untuk padi sawah berdasarkan status hara P di dalam tanah

Status Hara P Tanah	Kadar P_2O_5 (Ekstrak HCl 25%) (mg/100 gr tanah)	Dosis Pupuk P (kg SP36/ha/musim)
Rendah	< 20	100
Sedang	20– 40	75
Tinggi	>40	50

Sumber: Permentan No.40 tahun 2007

Tabel 2. Rekomendasi pemberian K untuk padi sawah berdasarkan status hara K di dalam tanah

Status Hara K tanah	Kadar hara K tanah terekstrak HCl 25% (mg K_2O/100 g)	Takaran rekomendasi pemupukan K (kg KCl/ha)	
		+ jerami	-jerami
Rendah	<10	100	50
Sedang	10-20	50	0
Tinggi	>20	50	0

Sumber: Permentan No. 40 tahun 2007

HASIL DAN PEMBAHASAN

Status hara dan rekomendasi pupuk padi sawah di Kabupaten Siak

Hasil analisis PUTS pada masing-masing desa OPRM di Kabupaten Siak. disajikan pada (Tabel 3). Status hara baik di wilayah pengembangan IP 100-200 di Desa Dayang Suri, Bunga Raya dan Kemuning Muda, Kecamatan Bunga Raya terlihat seragam, yaitu untuk N, P, K dan pH berturut-turut adalah sangat tinggi, rendah, sedang dan agak masam. Sedangkan di wilayah RST, Desa Selat Guntung Kecamatan Sabak Auh, status hara untuk N, P, K dan pH berturut-turut adalah sangat tinggi, sedang, tinggi dan agak masam.

Tabel 3. Data hasil analisis tanah menggunakan PUTS di Kabupaten Siak

No	Kecamatan	Desa	Nomor sampel	Status Hara			
				N	P	K	pH
IP 100 ke 200							
1	Bunga Raya	Dayang Suri	1	Sgt tinggi	Rendah	Sedang	Agak masam
		Bunga Raya	2	Sgt tinggi	Rendah	Sedang	Agak masam
		Kemuning Muda	3	Sgt tinggi	Rendah	Sedang	Agak masam
Rehabilitasi Sawah Terlantar (RST)							
1	Sabak Auh	Selat Guntung	1	Sgt tinggi	Sedang	Tinggi	Agak masam
Cetak Sawah Baru (CSB)							
1	Sabak Auh	Rempak	1	Sgt tinggi	Rendah	Sedang	Agak masam
			2	Sgt tinggi	Rendah	Sedang	Agak masam
			3	Sgt tinggi	Rendah	Sedang	Agak masam
		Selat Guntung	1	Sgt tinggi	Rendah	Sedang	Agak masam
			2	Sgt tinggi	Sedang	Tinggi	Agak masam
2	Pusako	Perincit	1	Sgt tinggi	Rendah	Sedang	Agak masam
			2	Sgt tinggi	Rendah	Sedang	Agak masam
			3	Sgt tinggi	Rendah	Tinggi	Agak masam

Untuk wilayah CSB, Desa Rempak dan Desa Selat Guntung Kecamatan Sabak Auh, status hara untuk N adalah sangat tinggi, P rendah-sedang, K sedang-tinggi serta pH agak masam. Status hara di Desa Perincit, Kecamatan Pusako untuk N adalah sangat

tinggi, P rendah-sedang, K sedang-tinggi serta pH agak masam. Berdasarkan hasil analisis PUTS tersebut, maka ditentukan dosis pupuk rekomendasi untuk N, P dan K seperti terdapat pada (Tabel 4).

Rekomendasi pemupukan padi sawah pada lahan IP 100-200 baik di Desa Dayang Suri, Bunga Raya dan Kemuning Muda Kecamatan Bunga Raya untuk dosis rekomendasi Urea, SP-36 dan KCl berturut-turut adalah 200, 100 dan 50 kg ha^{-1}. Pada RST di Desa Selat Guntung, Kecamatan Sabak Auh adalah 200, 75 dan 50 kg ha^{-1}. Pada wilayah CSB Kecamatan Sabak Auh rekomendasi untuk Urea adalah 200 kg ha^{-1}, P sekitar 100 kg ha^{-1} dan K adalah 50 kg ha^{-1}. Untuk Kecamatan Perincit Urea adalah 200 kg ha^{-1}, P sekitar 75 kg ha^{-1} dan K adalah 50 kg ha^{-1}.

Tabel 4. Rekomendasi pemupukan Urea, SP-36 dan KCl pada masing-masing desa di Kabupaten Siak

No	Kecamatan	Desa	Rekomendasi (kg ha^{-1})		
			Urea	SP-36	KCl
IP 100 ke 200					
1	Bunga Raya	Dayang Suri	200	100	50
		Bunga Raya	200	100	50
		Kemuning Muda	200	100	50
Rehabilitasi Sawah Terlantar (RST)					
1	Sabak Auh	Selat Guntung	200	75	50
Cetak Sawah Baru (CSB)					
1	Sabak Auh	Rempak	200	100	50
			200	100	50
			200	100	50
		Selat Guntung	200	100	50
			200	75	50
2	Pusako	Perincit	200	100	50
			200	100	50
			200	100	50

Validasi data dengan analisis laboratorium

Upaya untuk mendapatkan rekomendasi pemupukan padi sawah adalah dengan melakukan analisis/pengujian tanah, baik di laboratorium maupun langsung di lapangan menggunakan PUTS. Salah satu keuntungan melakukan analisis tanah di laboratorium adalah hasil yang diperoleh bersifat kuantitatif dan ketelitian sangat tinggi, sedangkan jika menggunakan PUTS maka hasil yang diperoleh bersifat semi kuantitatif dengan tingkat ketelitian lebih rendah. Namun dengan menggunakan PUTS keuntungannya adalah prosedurnya lebih cepat dan dapat dilakukan di lapangan.

Sebagai pembanding, pada kegiatan ini dilakukan juga analisis laboratorium beberapa sampel pewakil sebagai cara untuk validasi data hasil PUTS. Analisis P dan K di laboratorium untuk penentuan takaran pupuk P dan K tanaman padi sawah ditetapkan

berdasarkan hasil analisis tanah dengan metode HCl 25%. Dengan cara ini, tanah dapat digolongkan ke dalam salah satu kriteria status P dan K: rendah, sedang atau tinggi seperti terlihat pada (Tabel 5).

Tabel 5. Status hara tanah berdasarkan hasil uji laboratorium

No	Kecamatan	Desa	Hasil Analisis LAB		Kriteria		Rekomendasi Permentan 40 th 2007	
			P	K	P	K	SP-36 (kg ha^{-1})	KCl (kg ha^{-1})
1	Bunga Raya	Dayang Suri	24,96	15,15	Sedang	Sedang	75	50
		Bunga Raya	25,75	39,96	sedang	Tinggi	75	50
2	Sabak Auh	Selat Guntung	43,32	24,24	Tinggi	Tinggi	50	50
3	Pusako	Perincit	44,06	18,18	Tinggi	Sedang	50	50

Tabel 6. Perbandingan rekomendasi pupuk padi sawah menggunakan PUTS dan Uji Laboratorium

No	Kecamatan	Desa	Rekomendasi dari PUTS		Rekomendasi dari hasil Uji laboratorium	
			SP-36 (kg ha^{-1})	KCl (kg ha^{-1})	SP-36 (kg ha^{-1})	KCl (kg ha^{-1})
1	Bunga Raya	Dayang Suri	100	50	75	50
		Bunga Raya	100	50	75	50
2	Sabak Auh	Selat Guntung	75	50	50	50
3	Pusako	Perincit	100	50	50	50

Jika dibandingkan rekomendasi pemupukan menggunakan PUTS dan uji laboratorium, terlihat bahwa rekomendasi pemupukan SP-36 dari PUTS cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan hasil analisis laboratorium. Sedangkan untuk rekomendasi pupuk KCl adalah sama, baik menggunakan PUTS maupun uji laboratorium.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kegiatan diperoleh bahwa rekomendasi pemupukan padi sawah pada lahan IP 100-200 baik di Desa Dayang Suri, Bunga Raya dan Kemuning Muda Kecamatan Bunga Raya, menggunakan Urea, SP-36 dan KCl berturut-turut adalah 200, 100 dan 50 kg ha^{-1}. Pada RST di Desa Selat Guntung, Kecamatan Sabak Auh adalah 200, 75 dan 50 kg ha^{-1}. Pada wilayah CSB Kecamatan Sabak Auh dosis rekomendasi untuk Urea adalah 200 kg ha^{-1}, P antara 100 kg ha^{-1} dan K adalah 50 kg ha^{-1}. Untuk Kecamatan Perincit Urea adalah 200 kg ha^{-1}, P antara 75 kg ha^{-1} dan K adalah 50 kg ha^{-1}.

Dosis rekomendasi ini dapat digunakan sebagai panduan bagi petani untuk melakukan pemupukan spesifik lokasi pada 3 skenario OPRM (peningkatan IP Padi 100-200, RST dan CSB) di Kabupaten Siak. Selain itu, dosis rekomendasi pemupukan N, P

dan K ini juga dapat digunakan sebagai acuan bagi pengambil kebijakan untuk menyediakan kebutuhan pupuk pada 3 skenario OPRM di Kabupaten Siak.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2009. Pedoman Umum Operasi Pangan Riau Makmur (OPRM) Pengembangan Tanaman Padi Seluas 100.000 Ha di 9 Kabupaten Se-Provinsi Riau. Dinas Tanaman Pangan dan Hortikultura Provinsi Riau.

Badan Pusat Statistik. 2011. Statistik Indonesia 2011. Badan Pusat Statistik. Jakarta.

Distannak Siak, 2011. Evaluasi Pelaksanaan Kegiatan TA. 2011 dan Rencana Kegiatan TA. 2012 dalam rangka mendukung OPRM. Makalah disampaikan pada Acara Pertemuan Koordinasi dan Teknis OPRM dan Rapat Koordinasi Pengelolaan Lahan dan Air serta dan Penyusunan Sasaran Produksi Tanaman Pangan Tahun 2012 Pekanbaru. Tidak dipublikasikan.

Mario, Muljady D, Zubair, Anas. 2008. Rekomendasi Pemupukan Padi Sawah Spesifik Lokasi. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Gorontalo.

Peraturan Menteri Pertanian No.40/Permentan/OT.140/4/2007 tentang Rekomendasi Pemupukan N, P, dan K pada Padi Sawah Spesifik Lokasi.

Setyorini, D. dan L. R Widowati, 2006. Pemupukan Berimbang dengan Perangkat Uji Tanah Sawah V.01. Informasi Ringkas Teknologi Padi. Balai Penelitian Tanah

Setyorini, D. dan L. R Widowati, A. Kasno, 2006. Petunjuk Penggunaan dengan Perangkat Uji Tanah Sawah (paddy soil test kit) V1.1. Balai Penelitian Tanah.

Setyorini, D., Didi Ardi S., dan Nurjaya. 2007. Rekomendasi Pemupukan Padi Sawah Bukaan Baru, dalam: Tanah Sawah Bukaan Baru halaman 77-106. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor.

Soepartini. 1995. Status K tanah sawah dan tanggap padi terhadap pemupukan KCl di Jawa Barat. Pemb. Penelitian Tanah dan Pupuk. No. 13:27-40. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.

Pengaruh Pupuk Pugam terhadap Pertumbuhan dan Produksi Kacang Tanah dalam Rotasi Jagung-Kacang Tanah[1)]

17

I Gusti Made Subiksa

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Tanah, Jl. Tentara Pelajar No. 12, Bogor 16114

Abstrak. Dalam beberapa sesi pengujian pupuk Pugam telah diketahui bahwa pupuk Pugam mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung dan efisiensi pemupukan P. Dari penelitian tersebut diketahui bahwa faktor utama yang menginduksi pertumbuhan yang baik adalah perbaikan media tumbuh tanah gambut sehingga akar tanaman berkembang dengan baik. Untuk mengetahui efek residu pupuk Pugam, telah dilakukan penelitian lanjutan dimana tanaman jagung dirotasi dengan tanaman kacang tanah. Penelitian bertujuan untuk mengetahui efek residu pupuk Pugam serta faktor-faktor yang berpengaruh terhadap pertumbuhan kacang tanah. Penelitian dilakukan dalam pot di rumah kaca menggunakan rancangan acak kelompok. Penelitian terdiri dari 17 perlakuan yaitu kombinasi antara 5 jenis pupuk Pugam masing-masing 3 tingkat dosis, perlakuan NPK konvensional, dan kontrol. Dosis masing-masing perlakuan Pugam dan pupuk SP-36 adalah setengah dari dosis yang diberikan untuk tanaman jagung pada musim sebelumnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan dengan Pugam, baik Pugam A, Q, R, D, dan T dapat meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman kacang tanah. Hal ini ditunjukkan oleh berat biomassa tanaman yang meningkat sangat nyata dibandingkan perlakuan kontrol maupun perlakuan NPK tunggal konvensional. Namun demikian tinggi tanaman tidak berbeda nyata antara perlakuan kecuali dengan perlakuan kontrol. Pembentukan massa akar juga terlihat berbeda sangat nyata antara perlakuan Pugam dengan perlakuan kontrol dan NPK tunggal konvensional. Pertumbuhan generatif tanaman kacang tanah juga meningkat sangat nyata pada perlakuan semua jenis Pugam, baik pada dosis rendah maupun tinggi. Indikator yang sangat jelas terlihat dari jumlah polong yang terbentuk. Tanaman kacang tanah pada perlakuan kontrol dan NPK tunggal konvensional polong yang terbentuk sangat sedikit, bahkan ada yang tidak membentuk polong sama sekali. Perlakuan dengan semua jenis Pugam, pembentukan polong meningkat sangat nyata, walaupun sebagian masih menunjukkan polong hampa. Sejalan dengan pembentukan polong yang meningkat, produksi biji kacang tanah juga meningkat sangat nyata dengan pemberian Pugam. Pemupukan dengan NPK tunggal konvensional, tanaman kacang tanah menjadi mandul. Pemupukan dengan Pugam yang peningkatan produksinya paling rendah adalah Pugam R yaitu 4,22 g pot^{-1} atau 17 kali lipat, sedangkan yang paling tinggi adalah dengan Pugam T yaitu 13,6 g pot^{-1} atau meningkat 54 kali lipat jika dibandingkan dengan produksi pada perlakuan kontrol (0,25 g pot^{-1}).

Kata kunci: Pugam, pupuk, kacang tanah, pembentukan polong

Abstrak. *In several efficacy test of Pugam fertilizer has known that this fertilizer effective to improve plant growth of maize and fertilizer efficiency, especially P. It's likely due to better soil condition and the plant roots developed properly. Further studies have been*

carried out to determine the residual effect of Pugam fertilizer to peanut plant growth. The objectives of the study were to determine the residual effect of Pugam and the factors affecting plant growth. The study was conducted in pots using a randomized block design. The study consisted of 17 treatments namely the combination of 5 different types of Pugam with 3 dose levels respectively, conventional NPK treatment, and control. Dose of each treatment of Pugam and SP-36 is half of the dose given to the corn crop in the previous season. The results showed that treatment with all type of Pugam increased the vegetative growth of peanut. This is indicated by the increased weight of the biomass significantly compare to both of control treatment as well as conventional NPK treatment. There is no significantly different of plant height among treatment except the control treatment. The establishment of the root biomass was also significantly different between the Pugam treatment compare to both of conventional NPK and control treatment. Generative growth of peanut is also significantly increased by all type of Pugam, in both of low and high doses. The most visible indicator can observed is number of pods development. Peanuts pods in the control treatment and the conventional NPK treatment were formed very limited, in fact there are no pods formed at all in several pots. Pods development in all type of Pugam significantly increased, although there are empty pods observed. In line with the increased of pods formation, grain production of peanut has also increased very significant with Pugam treatment. No pod development in conventional NPK treatment likely due to sterile pollen of peanut plants. Fertilization with Pugam resulted grain production in range the lowest of 4.22 g.pot^{-1} or 17-fold increase with Pugam R and the highest with Pugam T is 13.6 g.pot^{-1} or increased 54-fold compared to the control treatment (0.25 g.pot^{-1}).

Keywords: *Pugam, fertilizer, peanut, pod development*

PENDAHULUAN

Pada umumnya lahan gambut tebal yang didominasi oleh gambut ombrogen secara inheren memiliki kandungan hara yang sangat rendah. Sebaliknya kandungan asam-asam fenolat yang dihasilkan dari proses degradasi lignin kandungannya semakin meningkat (Tadano *et al.* 1991; Tsutsuki and Kondo, 1995; Prasetyo, 1996). Oleh karenanya, gambut tebal biasanya memiliki produktivitas yang lebih rendah dibandingkan gambut dangkal. Lahan gambut yang diusahakan untuk pertanian memerlukan input luar yang tinggi untuk menanggulangi kendala yang dihadapi. Input luar yang diperlukan antara lain adalah amelioran dan pupuk. Seringkali amelioran dan pupuk yang diberikan hanya memberikan pengaruh sesaat karena *sorption power* gambut sangat lemah terhadap kation maupun anion (Agus dan Subiksa, 2008). Sebagian besar input tersebut akan tercuci sebelum diserap oleh tanaman sehingga tingkat efisiensi dan efektivitasnya rendah.

Tapak jerapan gambut didominasi oleh muatan negatif dari proses disosiasi gugus karboksil dan fenol sehingga unsur hara yang bermuatan negatif seperti fosfat sangat mudah tercuci. Hasil penelitian sebelumnya, pemupukan P menggunakan SP-36 menyebabkan P banyak tercuci, sedangkan menggunakan Pugam dengan dosis P yang sama, pencucian P dapat ditekan. Pemberian Pugam juga meningkatkan pertumbuhan akar

tanaman. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahan alami yang kaya dengan kation polivalen dapat mengurangi sifat toksik asam fenolat, menyediakan unsur hara makro dan mikro, dan meningkatkan jumlah tapak jerapan hara (Rachim, 1995; Sabiham *et al*. 1997; Salampak, 1999).

Untuk mengatasi kendala yang dihadapi, petani di lahan gambut memberikan bahan amelioran berupa abu, pupuk kandang, kapur, dan remah ikan dalam takaran yang sangat besar (10-15 t ha^{-1}) setiap musim (Subiksa *et al.* 2009). Hal ini tidak ekonomis karena amelioran tersebut harus didatangkan dari luar dengan biaya mahal. Untuk mendapatkan abu, petani sering membakar gambut dengan sengaja sehingga emisi GRK yang ditimbulkan menjadi jauh lebih besar. Selain merusak lingkungan, lama kelamaan gambut akan habis dan menyisakan tanah sulfat masam atau pasir kuarsa yang tidak produktif. Usaha pengelolaan lahan gambut berkelanjutan harus dilakukan dengan menerapkan teknologi pemupukan yang mampu mengurangi kebutuhan amelioran dan berdampak jangka panjang. Proses kompleksasi menghasilkan senyawa khelat yang stabil dalam jangka panjang. Oleh karena itu perlu dikembangkan formula pupuk yang mampu menyediakan unsur hara sekaligus mampu sebagai bahan amelioran dengan takaran rendah dan murah tetapi efektif.

Tujuan penelitian adalah untuk meningkatkan produktivitas lahan gambut melalui pemupukan yang mampu meningkatkan serapan hara, mengurangi pencucian hara, dan sekaligus mampu menekan kelarutan asam-asam fenolat yang beracun. Dampak hasil penelitian dalam jangka panjang adalah berkurangnya lahan bongkor pada lahan gambut, dan berkurangnya praktek budidaya dengan membakar gambut.

BAHAN DAN METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi dan bahan

Penelitian dilakukan di instalasi rumah kaca Balai Penelitian Tanah Bogor yang merupakan lanjutan dari musim gambut untuk percobaan dan media tanam diambil dari Desa Sepucuk, Kabupaten Ogan Komering Ilir, Sumatera Selatan. Tanaman kacang tanah merupakan tanaman rotasi ke 2, setelah sebelumnya ditanami dengan tanaman jagung. Gambut Sepucuk tergolong gambut pedalaman dengan ketebalan 4,5 m dan tingkat kematangan hemik. Tanah tergolong sangat masam dengan pH 3,7 dan kejenuhan basa (KB) sangat rendah. Kadar N dan P tergolong rendah dan K (ekstrak HCl 25%) tergolong sedang. KTK tergolong tinggi tetapi kation basa tergolong rendah (Tabel 1).

Metode

Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok dengan 17 perlakuan dan 3 ulangan sesuai dengan rancangan percobaan sebelumnya. Perlakuan terdiri dari: kontrol,

parsial kontrol, dan kombinasi 5 jenis formula PUGAM dengan 3 tingkat takaran PUGAM (Tabel 2). Perlakuan merupakan residu dari percobaan tanaman jagung pada musim sebelumnya dan ditambah setengah dari dosis Pugam dan SP-36 sebelumnya (Tabel 2). Pupuk dasar adalah urea 50 kg ha^{-1} dan KCl 100 kg ha^{-1}. Tanaman kacang tanah varietas Kelinci ditanam 3 biji per pot yang berisi sekitar 10 kg tanah gambut dengan kadar air sekitar 200% atau dalam kapasitas lapang.

Pemeliharaan tanaman kacang tanah meliputi penyiraman dan pengendalian hama/penyakit. Semua pot disiram dengan air bebas ion 2 hari sekali dengan jumlah yang sama untuk masing-masing pot. Serangan hama dikendalikan secara fisik dengan *hand picking* dan penyemprotan larutan insektisida.

Parameter tanaman yang diamati adalah: 1) tinggi tanaman dan jumlah cabang daun pada umur 14, 21, 28, 36, dan 42 hari setelah tanam (HST), 2) gejala visual selama masa pertumbuhan, 3) bobot tanaman/biomassa segar dan kering saat panen, 3) jumlah polong, dan 4) berat kering polong dan produksi biji kering. Parameter tanah dan air yang diamati adalah: 1) analisis tanah awal dan 2) tingkat pencucian hara dilakukan dengan mengumpulkan perkolat di dasar pot dengan memasang saringan dan selang di dasar pot. Air perkolat di ambil saat tanaman berumur 4 minggu, selanjutnya dianalisis kadar haranya di laboratoium. Unsur hara yang diukur adalah P, K, Ca, Mg, NH_4, dan NO_3^-. Contoh tanah diambil dari pot pada kedalaman 5-10 cm.

Tabel 1. Hasil analisiscontoh tanah bulk gambut asal Sepucuk Sumatera Selatan

No.	Parameter	Nilai	Keterangan
1	pH: H_2O	3,7	sangat rendah
	KCl	2,5	sangat rendah
2	Bahan organik:		
	C	-	
	N (%)	0,17	rendah
	C/N	-	
3	Ekstrak HCl 25%:		
	P_2O_5 (mg.100g^{-1})	14	rendah
	K_2O (mg.100g^{-1})	11	sedang
4	Nilai tukar kation:		
	Ca ($cmol_{(+)}.kg^{-1}$)	3,60	rendah
	Mg ($cmol_{(+)}.kg^{-1}$)	1,88	rendah
	K ($cmol_{(+)}.kg^{-1}$)	0,93	rendah
	Na ($cmol_{(+)}.kg^{-1}$)	0,86	rendah
	Jumlah ($cmol_{(+)}.kg^{-1}$)	7,28	rendah
5	KTK ($cmol_{(+)}.kg^{-1}$)	142,42	sangat tinggi
6	KB * (%)	5	sangat rendah
7	Ekstrak DTPA:		
	Fe (ppm)	456,6	cukup
	Mn (ppm)	16,9	cukup
	Cu (ppm)	2,3	cukup
	Zn (ppm)	5,5	cukup
8	Asam organik:		
	Humat (%)	11,00	tinggi
	Fulvat (%)	4,54	tinggi

Tabel 2. Perlakuan dan takaran pupuk PUGAM untuk tanaman kacang tanah

No.	Perlakuan	Takaran (kg ha^{-1})*			
		Urea	SP-36	KCl	PUGAM
1	Kontrol	0	0	0	0
2	Parsial kontrol	50	125	100	0
3	PUGAM-A-1	50	0	100	160
4	PUGAM-A-2	50	0	100	320
5	PUGAM-A-3	50	0	100	480
6	PUGAM-Q-1	50	0	100	154
7	PUGAM-Q-2	50	0	100	308
8	PUGAM-Q-3	50	0	100	462
9	PUGAM-R-1	50	0	100	80
10	PUGAM-R-2	50	0	100	160
11	PUGAM-R-3	50	0	100	240
12	PUGAM-D-1	50	0	100	166
13	PUGAM-D-2	50	0	100	332
14	PUGAM-D-3	50	0	100	473
15	PUGAM-T-1	50	0	100	167
16	PUGAM-T-2	50	0	100	333
17	PUGAM-T-3	50	0	100	500

Keterangan *= dosis pupuk P 50% dari dosis pupuk Pugam dan SP-36 dari percobaan sebelumnya

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinggi tanaman dan jumlah cabang daun

Hasil pengukuran tinggi tanaman jagung pada umur 14, 21, 28, 35 dan 42 hari setelah tanam (HST) ditampilkan pada Tabel 3. Sebagai pembanding digunakan perlakuan kontrol (tanpa pupuk sama sekali) dan parsial kontrol (pupuk konvensional: urea, SP-36, dan KCl). Pada awal pertumbuhannya, tanaman kacang tanah tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Perbedaan baru terlihat setelah tanaman berumur 2 minggu dan semakin nyata sampai umur 5 minggu, terutama dengan perlakuan kontrol. Perlakuan SP-36 tidak menunjukkan perbedaan tinggi yang nyata dengan perlakuan Pugam. Tanaman kacang tanah tampaknya cukup toleran dengan kondisi tanah yang ekstrim dibandingkan dengan tanaman jagung pada musim sebelumnya. Diantara formula Pugam, tampak Pugam T dan Pugam D sedikit lebih baik dibandingkan Pugam lainnya.

Jumlah cabang daun tanaman kacang tanah juga menunjukkan *trend* perkembangan yang sama dengan tinggi tanaman. Pada umur 2 minggu, jumlah daun pada perlakuan Pugam sudah berbeda dengan perlakuan kontrol, tetapi tidak berbeda dengan perlakuan SP-36. Pada umur 5 minggu setelah tanam, perbedaan jumlah daun semakin jelas. Kecepatan pertumbuhan daun tanaman pada perlakuan Pugam lebih tinggi 2 kali lipat dibandingkan dengan perlakuan SP-36 atau 3 kali lipat dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Jumlah daun tertinggi diperagakan oleh perlakuan Pugam D.

Dari data tinggi tanaman dan jumlah cabang daun dapat disimpulkan bahwa tanaman kacang tanah tampaknya lebih toleran dibandingkan tanaman jagung. Peningkatan pertumbuhan tanaman, baik tinggi tanaman maupun jumlah cabang daun, juga merupakan indikasi adanya perbaikan dibandingkan dengan perlakuan SP-36 dan kontrol.

Tabel 3. Rataan tinggi dan jumlah daun tanaman kacang tanah pada 2 dan 5 MST pada berbagai perlakuan dan peningkatan pertumbuhan dari 2 ke 5 MST.

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)			Jumlah daun (tangkai)		
	2 MST	5 MST	Peningkatan	2 MST	5 MST	Peningkatan
Kontrol	13,57 c	28,43 c	14,87	8,33 c	15,83 f	7,50
SP-36	19,27 ab	37,53 b	18,27	10,50 ab	21,17 f	10,67
PUGAM-A-1	19,85 ab	41,07 ab	21,22	10,33 ab	33,67 b-e	23,33
PUGAM-A-2	21,13 ab	40,83 ab	19,70	11,17 ab	39,67 abc	28,50
PUGAM-A-3	21,45 ab	41,90 ab	20,45	12,00 a	36,67 b-e	24,67
PUGAM-Q-1	20,33 ab	42,37 ab	22,03	10,67 ab	35,67 b-e	25,00
PUGAM-Q-2	21,65 ab	42,77 ab	21,12	10,67 ab	37,33 b-e	26,67
PUGAM-Q-3	20,80 ab	43,28 ab	22,48	10,50 ab	32,33 cde	21,83
PUGAM-R-1	19,58 ab	37,60 b	18,02	9,33 bc	29,33 e	20,00
PUGAM-R-2	17,83 b	39,18 ab	21,35	10,00 abc	30,67 de	20,67
PUGAM-R-3	19,57 ab	41,38 ab	21,82	10,50 ab	33,33 b-e	22,83
PUGAM-D-1	20,92 ab	42,13 ab	21,22	10,83 ab	38,00 bcd	27,17
PUGAM-D-2	20,72 ab	39,50 ab	18,78	11,83 a	41,67ab	29,83
PUGAM-D-3	22,33 a	44,25 a	21,92	11,67 a	46,67 a	35,00
PUGAM-T-1	20,37 ab	44,65 a	24,28	11,17 ab	36,50 b-e	25,33
PUGAM-T-2	20,05 ab	41,43 ab	21,38	10,67 ab	33,33 b-e	22,67
PUGAM-T-3	20,77 ab	43,70 ab	22,93	10,67 ab	35,33 b-e	24,67

**) Angka yang didampingi huruf sama tidak berbeda nyata pada taraf uji DMRT 5 %

Berat akar dan brangkasan tanaman

Perlakuan dengan Pugam, baik Pugam A, Q, R, D maupun T dengan nyata meningkatkan pertumbuhan akar tanaman kacang tanah dibandingkan dengan perlakuan kontrol maupun perlakuan SP-36 (Tabel 4). Diduga telah terjadi perbaikan kondisi media perakaran tanaman karena berkurangnya kelarutan asam-asam organik beracun. Perlakuan pemupukan SP-36 menghasilkan masa akar paling rendah, bahkan lebih rendah dari perlakuan kontrol. Sebaliknya Pugam-D menghasilkan masa akar yang paling tinggi diantara perlakuan Pugam lainnya.

Seiring dengan perkembangan akar tanaman yang lebih baik, maka pertumbuhan tanaman juga semakin baik. Perlakuan kontrol dan pemupukan dengan SP-36 menghasilkan masa tanaman yang sangat rendah dan daun tanaman lebih mudah rontok. Pemupukan tanaman dengan pupuk Pugam meningkatkan dengan nyata berat kering tanaman. Berat kering tanaman tertinggi diperagakan oleh perlakuan Pugam-D yang mengalami peningkatan lebih dari 400% dibandingkan kontrol.

Tabel 4. Perkembangan akar dan berat kering tanaman kacang tanah

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)		
	Berat kering Akar	Berat kering tanaman	Peningkatan (%)
Kontrol	1,28 d	8,1 d	
SP-36	0,65 e	7,3 d	-10
PUGAM-A-1	5,32 bc	29,4 bc	263
PUGAM-A-2	6,59 ab	31,5 bc	290
PUGAM-A-3	7,61 ab	31,8 bc	293
PUGAM-Q-1	4,91 bc	25,9 c	221
PUGAM-Q-2	6,66 ab	30,8 bc	281
PUGAM-Q-3	4,71 bc	30,7 bc	280
PUGAM-R-1	3,83 c	16,1 d	99
PUGAM-R-2	5,05 bc	26,5 cd	228
PUGAM-R-3	4,88 c	22,6 cd	180
PUGAM-D-1	5,23 bc	31,8 bc	294
PUGAM-D-2	6,19 bc	31,8 bc	294
PUGAM-D-3	8,27 a	41,2 a	410
PUGAM-T-1	7,74 ab	28,1 bc	247
PUGAM-T-2	6,84 ab	36,1 ab	347
PUGAM-T-3	5,12 bc	28,2 bc	248

Produksi kacang tanah

Data pengamatan parameter komponen produksi tanaman kacang tanah ditampilkan pada Tabel 5. Perlakuan dengan semua jenis pupuk Pugam dapat meningkatkan sangat nyata komponen hasil tanaman. Pembentukan polong sangat dipengaruhi oleh pemupukan Pugam. Jumlah polong yang terbentuk dengan pemupukan Pugam tergolong sangat banyak, walaupun juga banyak polong yang hampa. Pembentukan polong menandakan bahwa proses pembuahan kepala putik oleh benang sari dapat terjadi secara normal. Sementara itu pemupukan dengan SP-36 sebagai sumber P menyebabkan tanaman tidak berhasil membentuk polong. Hal ini diduga karena bunga jantan atau benang sari yang steril sehingga tidak mampu membuahi kepala putik. Kondisi ini sangat umum dijumpai pada tanah gambut tebal. Kekurangan unsur mikro biasanya menjadi penyebab utama kegagalan penyerbukan. Jumlah polong terbanyak terbentuk pada perlakuan Pugam-D yaitu rata-rata 61 polong per pot atau sekitar 20 polong per tanaman. Jumlah ini sudah melebihi potensi varietas Kelinci sesuai diskripsi varietas (Puslitbangtan, 2008).

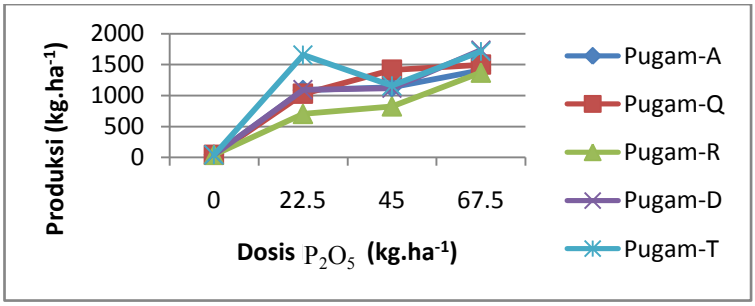
Tabel 5. Rataan jumlah polong dan produksi biji kacang tanah pada berbagai perlakuan

No.	Perlakuan	Jumlah polong	Jumlah polong hampa	Berat polong (g pot^{-1})	Produksi biji (kg ha^{-1})
1	Kontrol	4,7	0,7	1,51	42 d
2	Parsial kontrol	1,0	1,0	-	0 e
3	PUGAM-A-1	37,3	15,7	9,35	1.087 bc
4	PUGAM-A-2	34,3	11,0	10,26	1.134 bc
5	PUGAM-A-3	41,7	9,0	13,50	1.407 ab
6	PUGAM-Q-1	29,0	5,3	9,39	1.027 bc
7	PUGAM-Q-2	44,3	9,3	15,53	1.413 ab
8	PUGAM-Q-3	48,0	16,3	17,87	1.497 ab

No.	Perlakuan	Jumlah polong	Jumlah polong hampa	Berat polong (g pot^{-1})	Produksi biji (kg ha^{-1})
9	PUGAM-R-1	17,7	4,7	6,72	704 c
10	PUGAM-R-2	32,3	6,7	15,12	826 c
11	PUGAM-R-3	32,0	3,3	12,12	1.372 ab
12	PUGAM-D-1	41,3	7,7	13,29	1.093 bc
13	PUGAM-D-2	45,7	7,3	13,65	1.119 bc
14	PUGAM-D-3	61,0	17,3	20,71	1.732 a
15	PUGAM-T-1	38,7	13,7	17,44	1.653 ab
16	PUGAM-T-2	44,7	15,0	13,10	1.156 bc
17	PUGAM-T-3	39,0	13,5	20,53	1.711 a

* Angka yang didampingi huruf sama tidak berbeda nyata pada taraf uji DMRT 5 %

Produksi biji kacang tanah menunjukkan bahwa perlakuan semua jenis Pugam dapat meningkatkan produksi biji kacang tanah sangat nyata dibandingkan perlakuan kontrol maupun pemupukan dengan pupuk konvensional SP-36. Menurut Puslitbangtan (2008), rata-rata hasil varietas Kelinci mencapai 2,5 t ha^{-1}. Produksi biji tertinggi diperoleh dari perlakuan Pugam-D yang bisa mencapai 1,73 t ha^{-1}. Gambar 1 menunjukkan bahwa secara umum makin tinggi dosis pupuk Pugam yang diberikan, maka hasil biji kacang tanah akan diperoleh lebih besar pula.

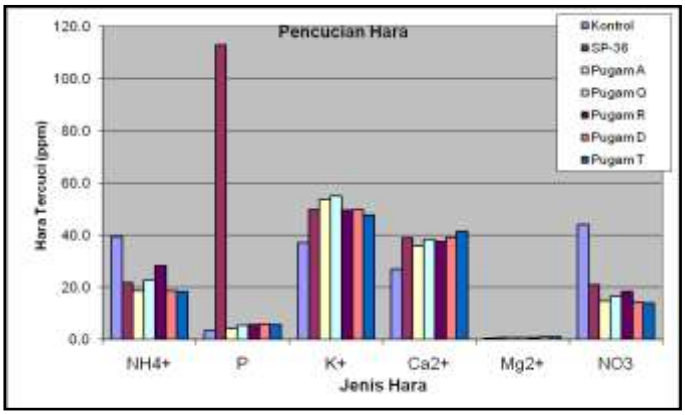


Gambar 1. Pengaruh pupuk Pugam terhadap produksi kacang tanah di lahan gambut

Pencucian hara

Walaupun gambut memiliki KTK yang besar, namun daya sangga kemasaman oleh ion hidrogen juga sangat besar. Selain itu tanah gambut memiliki muatan positif sangat kecil, sehingga unsur hara yang berbentuk anion tidak bisa dipegang oleh muatan tanah, sehingga mudah tercuci. Gambar 2 menunjukkan bahwa unsur hara P yang ditambahkan melalui pemupukan SP-36 akan mengalami banyak pencucian karena pupuk SP-36 tergolong mudah larut. Pupuk yang sudah larut bila tidak diserap tanaman, maka akan terjadi pencucian hara. Pemupukan dengan Pugam dalam jumlah P yang setara menunjukkan pencucian jauh lebih rendah dibandingkan pemupukan SP-36. Selain karena Pugam adalah pupuk *slow release*, Pugam juga mengandung bahan aktif kation polivalen yang akan meningkatkan tapak muatan positif pada tanah gambut. Pencucian hara lainnya yang cukup besar adalah hara N, K, dan Ca. Hara N kelihatan banyak tercuci pada

perlakuan kontrol. Sumber N kemungkinan adalah hasil proses dekomposisi bahan organik. Pencucian hara K dan Ca tidak memiliki pola yang jelas, namun pada umumnya perlakuan kontrol lebih rendah dibandingkan pemupukan Pugam maupun SP-36. Hara Mg pada umumnya tercuci lebih rendah dibandingkan unsur hara lainnya. Hal ini disebabkan karena kandungan Mg pada tanah gambut secara inheren sangat rendah dan mobilitasnya dalam tanah lebih rendah dibandingkan K dan Ca. Tambahan unsur Mg dari pupuk Pugam juga tidak terlalu tinggi sehingga pada akhirnya Mg yang tercuci menjadi lebih rendah dibandingkan unsur lainnya.



Gambar 2. Konsentrasi unsur hara yang terdapat pada air di dasar pot percobaan.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Perlakuan formula Pugam A, Q, R, D, dan T mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman kacang tanah secara sangat nyata yang diduga karena adanya proses perbaikan media perakaran tanaman.
2. Pemupukan dengan pupuk P konvensional seperti SP-36 tidak mampu memperbaiki pertumbuhan tanaman dan pembentukan polong. Kegagalan dalam proses penyerbukan diduga menjadi penyebab tidak terbentuknya polong.
3. Pemupukan Pugam A, Q, R, D, dan T meningkatkan sangat nyata produksi biji kacang tanah. Pugam-D terlihat secara konsisten memberikan dampak yang baik terhadap pertumbuhan dan produksi kacang tanah.
4. Pemupukan dengan SP-36 menyebabkan banyak hara P tercuci yang potensial menjadi inefisiensi pemupukan. Sebaliknya pemupukan dengan Pugam secara nyata menurunkan jumlah hara yang tercuci.

DAFTAR PUSTAKA

Agus, F. dan I G.M. Subiksa. 2008. Lahan Gambut: Potensi untuk Pertanian dan Aspek Lingkungan. Balai Penelitian Tanah dan Word Agroforestry Centre (ICRAF), Bogor.

Prasetyo, T.B. 1996. Perilaku asam-asam organik meracun pada tanah gambut yang diberi garam Na dan beberapa unsur mikro dalam kaitannya dengan hasil padi. Disertasi. Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.

Puslitbangtan, 2008. Diskripsi varietas tanaman palawija. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.

Rachim, A. 1995. Penggunaan kation-kation polivalen dalam kaitannya dengan ketersediaan fosfat untuk meningkatkan produksi jagung pada tanah gambut. Disertasi. Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.

Sabiham, S., T.B. Prasetyo, and S. Dohong. 1997. Phenolic acid in Indonesian peat. *In* Rieley and Page (*Eds*.). pp. 289-292. Biodiversity and sustainability of tropical peat and peatland. Samara Publishing Ltd. Cardigan. UK.

Salampak. 1999. Peningkatan produktivitas tanah gambut yang disawahkan dengan pemberian bahan amelioran tanah mineral berkadar besi tinggi. Disertasi Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.

Subiksa, I G.M., Ai Dariah, H. Hanafiah, dan F. Agus. 2009. Sejarah Penggunaan dan Sistem Pengelolaan Lahan Gambut di Kabupaten Pontianak dan Kubu Raya serta Implikasinya terhadap Pelestarian Lahan Gambut. Laporan Hasil Penelitian Ristek 2009.

Tadano, T., K.B. Ambak, K. Yonebayashi, and W. Pantanahiran. 1991. Occurrence of phenolic compounds and aluminum toxicity in tropical peat soils. *In* Tropical peat, Proceedings of the International Symposium on Tropical Peatland. MARDI, Malaysia.

Tsutsuki, K. and R. Kondo. 1995. Lignin-derived phenolic compounds in different types of peat profiles in Hokkaido. Japan. Soil Sci. and Plant Nutr. 41(3): 515-527.

Respon Padi Gogo terhadap Pupuk Nitrogen dan Dolomit di Lahan Rawa Tipe Luapan C Kawasan PLG

18

Ani Susilawati dan Khairil Anwar

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa, Jl. Kebun Karet, Loktabat Banjarbaru. Email: ani.nbl@gmail.com

Abstrak. Lahan rawa kawasan PLG berpotensi dijadikan lumbung padi nasional. Untuk mendukung pengembangan kawasan tersebut dibutuhkan dukungan teknologi spesifik lokasi yang mengacu pada faktor pembatas yaitu kemasaman dan kahat N. Pada lahan rawa kawasan PLG tipe luapan C padi gogo ditanam pada musim kemarau. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh beberapa paket pemberian kapur dan pemupukan nitrogen terhadap tanaman padi gogo di kawasan PLG, Kalimantan Tengah. Penelitian dilakukan pada lahan tipe luapan C di Lamunti B2, Kabupaten Kapuas, Kalimantan Tengah pada musim tanam 2008. Perlakuan berupa 6 paket pemupukan/ameliorasi dolomit dan pupuk N, yaitu (1) 90 kg N ha^{-1}, (2) 0,5 t ha^{-1} dolomit+90 kg N ha^{-1}, (3) 1,0 t ha^{-1} dolomit+90 kg N ha^{-1}, (4) 1,5 t ha^{-1} dolomit+90 kg N ha^{-1}, (5) 1,0 t ha^{-1} dolomit+45 kg N ha^{-1}, dan (6) 1,0 t ha^{-1} dolomit+135 kg N ha^{-1}. Diberikan pupuk dasar berupa 90 kg P_2O_5 dan 60 kg K_2O ha^{-1} dalam bentuk SP36 dan KCl. Rancangan lingkungan yang digunakan adalah rancangan acak kelompok (RAK) dan setiap perlakuan diulang 3 kali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian pupuk nitrogen mampu meningkatkan 33% hasil padi gogo, sedangkan pemberian kapur mampu menaikkan sekitar 10%.

Kata kunci: Padi gogo, paket pemupukan dan ameliorasi, kawasan PLG

Abstract. *PLG wetlands area has the potential to be a national food basket. To support the development of these areas for food crops, needed to support site-specific technology by refering to the main limiting factors namely soil pH and N deficiency. In the wetlands PLG area overflowing type C upland rice grown in the dry. The research aim is to study the effect of N fertilization and liming recommendations on some packages rice in PLG area, Central Kalimantan. The research was conducted on land overflow type C, in Lamunti B2, Kapuas, Central Kalimantan on the season planted 2008. Fertilization treatment in the form of 6 packets/amelioration of dolomite and fertilizer N, namely (1) 90 kg N* ha^{-1}*, (2) 0.5 t* ha^{-1} *of dolomite+90 kg N* ha^{-1}*, (3) 1.0 t* ha^{-1} *of dolomite+90 kg N* ha^{-1}*, (4) 1.5 t* ha^{-1} *of dolomite+90 kg N* ha^{-1}*, (5) 1.0 t* ha^{-1} *of dolomite+45 kg N* ha^{-1}*, and (6) 1.0 t* ha^{-1} *dolomite+135 kg N* ha^{-1}*. Given 90 kg P2O5 of basal fertilizer and 60 kg K2O* ha^{-1}*. The environment design used was complete randomized block design (RCBD) and each treatment was repeated 3 times. The results showed that nitrogen fertilizer can increase 33% yield upland rice, whereas the provision of dolomit can raise about 10%.*

Keywords*: Upland rice, fertilizer package and amelioration, PLG region*

PENDAHULUAN

Padi merupakan salah satu makanan pokok bagi penduduk dunia, lebih dari 50% penduduk dunia tergantung pada padi sebagai sumber kalori utama (Child, 2004) dan sekitar 90% padi tumbuh dan dikonsumsi di Asia (Tyagi *et al.* 2004). Hampir 1,750 milyar jiwa dari sekitar tiga milyar penduduk Asia termasuk 200 juta penduduk Indonesia, menggantungkan kebutuhan kalorinya dari padi (Andoko, 2008). Bagi masyarakat Indonesia padi merupakan bahan pangan pokok sehari-hari. Padi dijadikan sumber karbohidrat utama hampir di seluruh daerah di Indonesia karena rasanya enak dan dapat dikombinasikan dengan bahan pangan lain.

Upaya yang dapat ditempuh untuk memenuhi kebutuhan tersebut diantaranya adalah melalui ekstensifikasi dengan penambahan areal sawah, maupun dengan intensifikasi melalui pemupukan yang sesuai dan penerapan teknologi tepat guna

Lahan rawa yang luas pada kawasan PLG berpotensi untuk dijadikan lumbung pangan nasional, karena itu pemerintah pusat melalui Inpres No. 2 tahun 2007 mencanangkan program rehabilitasi dan revitalisasi kawasan PLG. Salah satu tipologi lahan yang sudah dibuka untuk kepentingan transmigrasi adalah lahan potensial dengan tipe luapan C. Sebagian besar lahan yang sudah dibuka (78%) saat ini dalam kondisi terlantar. Salah satu penyebabnya adalah kemasaman tanah yang tinggi, kurang tersedianya unsur hara makro seperti N, P, dan K yang sangat dibutuhkan oleh tanaman dan meningkatnya konsentrasi Al, Fe, dan Mn dalam tanah yang dapat meracuni tanaman sehingga dibutuhkan dukungan teknologi spesifik lokasi yang mengacu pada faktor pembatas. Pengelolaan hara spesifik lokasi merupakan salah satu upaya mewujudkan penyediaan tanaman secara tepat baik jumlah maupun waktu, yang mempertimbangkan kebutuhan tanaman/varietas, kondisi lahan atau kapasitas penyediaan hara bagi tanaman (Makarim *et al.* 2003)

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan paket pemupukan nitrogen dan ameliorasi kapur yang dapat meningkatkan produktivitas pada tanaman padi gogo sehingga dapat dijadikan sebagai acuan teknologi pemupukan dan ameliorasi dalam pengembangan padi gogo di kawasan tersebut.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan pada lahan tipe luapan C di Lamunti B2, Kabupaten Kapuas, Kalimantan Tengah pada musim tanam 2008. Perlakuan berupa paket pemupukan dan amelioran pada tanaman padi gogo varietas Situ Patenggang.

Perlakuan berupa 6 paket ameliorasi dolomit dan pupuk N, yaitu (1) 90 kg N ha^{-1}, (2) 0,5 t ha^{-1} dolomit+90 kg N ha^{-1}, (3) 1,0 t ha^{-1} dolomit+90 kg N ha^{-1}, (4) 1,5 t ha^{-1}

dolomit+90 kg N ha^{-1}, (5) 1,0 t ha^{-1} dolomit+45 kg N ha^{-1}, dan (6)1,0 t ha^{-1} dolomit+135 kg N ha^{-1}. Diberikan pupuk dasar berupa 90 kg P_2O_5 dan 60 kg K_2O ha^{-1}.

Perlakuan disusun berdasarkan rancangan acak kelompok dengan 3 ulangan. Ukuran petak 4x5 m dengan jarak tanam 25x25 cm. Pengendalian hama dan penyakit dilakukan bila terdapat serangan pada tanaman.

Parameter yang diamati antara lain karakteristik lokasi penelitian, keragaan agronomis, komponen hasil, dan hasil padi gogo.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Lokasi Penelitian

Hasil pemboran tanah lokasi penelitian menunjukkan bahwa kedalaman lapisan gambut bervariasi antara 30-45 cm, dengan kadar C-organik lebih dari 12%, sedangkan di bawah lapisan tersebut merupakan lapisan berpirit. Hasil ini menunjukkan bahwa tanah tersebut merupakan lahan bergambut, karena lahan yang mempunyai lapisan gambut (C-organik >12%) dengan ketebalan < 50 cm termasuk tanah mineral bergambut.

Hasil analisis tanah lokasi penelitian (Tabel 1) menunjukkan bahwa tanah tersebut termasuk kriteria tanah sangat masam dan miskin hara, hal ini terlihat nilai pH yang rendah (<4,5) dan rendahnya nilai basa-basa tersedia (Ca, Mg, dan K). Untuk mengatasi hal ini lahan tersebut perlu diberi pupuk dan kapur dolomit yang cukup, agar pertumbuhan tanaman normal.

Keragaan Agronomis

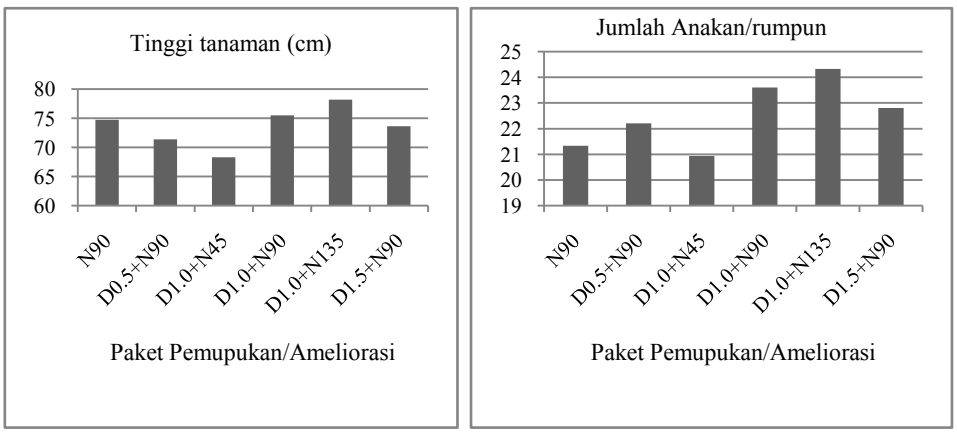
Pemberian amelioran dan pemupukan pada tanaman padi gogo mampu memperbaiki pertumbuhan tanaman (Gambar 1). Tinggi tanaman tertinggi pada perlakuan 1,0 t ha^{-1} dolomit+135 kg N ha^{-1}, hal yang sama juga ditunjukkan oleh parameter jumlah anakan/rumpun. Hal ini menunjukkan bahwa dengan kombinasi pemberian dolomit 1,0 t ha^{-1} dan pupuk nitrogen 135 kg N ha^{-1} mampu mendukung pertumbuhan tanaman padi gogo. Pemberian dolomit diperlukan untuk memperbaiki kondisi sifat kimia tanah. Prinsip dasar pemberian kapur dolomit untuk menekan kemasaman tanah terutama akibat kelarutan Al^{3+} yang tinggi dan juga untuk keefektifan pemupukan. Masganti (1996) menunjukkan bahwa kapur berperan dalam menurunkan ion-ion beracun H^+, Al^{3+}, Fe^{2+}, dan SO_4^{2+} serta meningkatkan ketersediaan hara makro dan mikro. Perubahan konsentrasi Al berbanding terbalik dengan pH tanah (Priatmadi, 2004). Pupuk N sangat diperlukan dalam fase vegetatif dan generatif sehingga mempengaruhi pertumbuhan tanaman dan komponen hasil. Unsur hara N diperlukan tanaman sepanjang pertumbuhannya. Nitrogen

merupakan hara utama dan merupakan penyusun dari semua protein dan asam nukleik, yang merupakan penyusun protoplasma secara keseluruhan. Dobermann dan Fairhust (2000) menambahkan bahwa unsur hara N berfungsi dalam mempercepat pertumbuhan tanaman yang dalam hal ini menambah tinggi tanaman dan jumlah anakan.

Tabel 1. Sifat kimia tanah awal petak penelitian di UPT Lamunti Blok B2, Kecamatan Mentangai, Kabupaten Kapuas, Kalimantan Tengah

No.	Sifat kimia tanah	Nilai	Kriteria PPT 1983
1.	pH H_2O	3,84	Sangat masam
2.	DHL (uS.cm^{-1})	157	-
3.	KTK (me.100g^{-1})	49,5	Sangat tinggi
4.	C-organik (%)	12,74	Sangat tinggi
5.	N-organik (%)	0,50	Sedang
6.	P-Bray I (ppm P)	20,90	Sedang
7.	P-total (me.100g^{-1})	89,41	Sangat tinggi
8.	K-dd (me.100g^{-1})	0,06	Sangat rendah
9.	K-total (me.100g^{-1})	16,12	Rendah
10.	Ca-dd (me.100g^{-1})	0,72	Sangat rendah
11.	Mg-dd (me.100g^{-1})	0,17	Sangat rendah
12.	Na-dd (me.100g^{-1})	0,08	-
13.	Fe-dd (ppm)	178,34	-
14.	Al-dd (me.100g^{-1})	1,15	-
15.	Tekstur: - pasir (%)	4,25	Liat
	- debu (%)	15,50	
	- liat (%)	80,25	

Keterangan: PPT = Pusat Penelitian Tanah

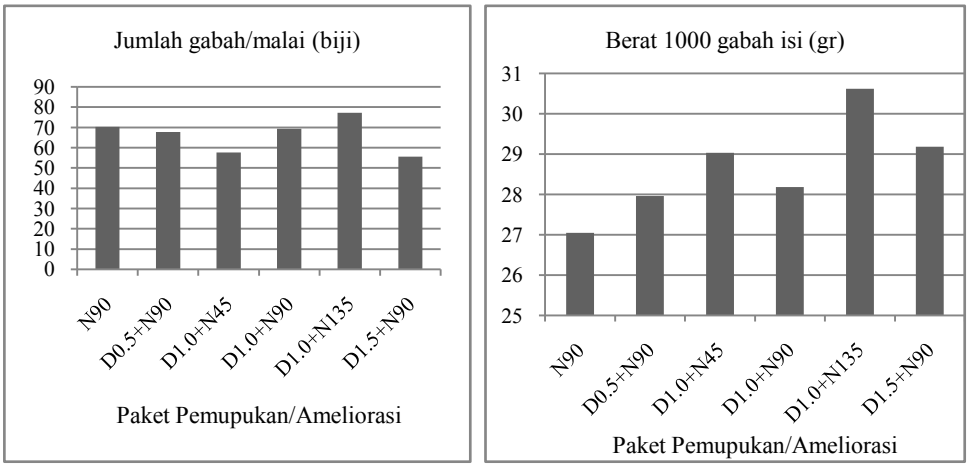


Gambar 1. Pertumbuhan tanaman padi gogo (tinggi tanaman dan jumlah anakan/rumpun) akibat pemberian paket pemupukan dan ameliorasi di lahan rawa tipe luapan C kawasan PLG

Komponen Hasil

Jumlah gabah/malai dan berat 1.000 gabah isi merupakan komponen hasil tanaman yang dapat menentukan produktivitas tanaman. Jumlah gabah/malai tertinggi ada pada perlakuan 1,0 t ha^{-1} dolomit+135 kg N ha^{-1}, hal yang sama juga ditunjukkan oleh parameter berat 1.000 gabah isi. Kombinasi pemberian dolomit dan pupuk N ini diduga sudah cukup mendukung pertumbuhan padi gogo yang optimum sehingga diperoleh komponen hasil yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya.

Upaya peningkatan kesuburan tanah dapat dilakukan dengan penambahan unsur hara tanah dalam bentuk pemupukan dan penambahan amelioran. Menurut Tisdale *et al*. (1985), pemupukan dilakukan guna mempertahankan konsistensi produktivitas lahan dan daya sangga tanah dalam mendukung pertumbuhan tanaman. Pupuk N meningkatkan jumlah gabah/malai. Selain pemberian pupuk, pemberian kapur di lahan masam akan memperbaiki sifat fisik, biologi, dan kimia tanah (Soepardi, 1983). Kapur merupakan sumber bahan amelioran yang banyak digunakan untuk memperbaiki reaksi tanah, meningkatkan ketersediaan unsur hara dalam tanah, mengefektifkan penambahan hara dari luar, sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman (Gregan *et al*. 1989; Saragih *et al*. 2001).

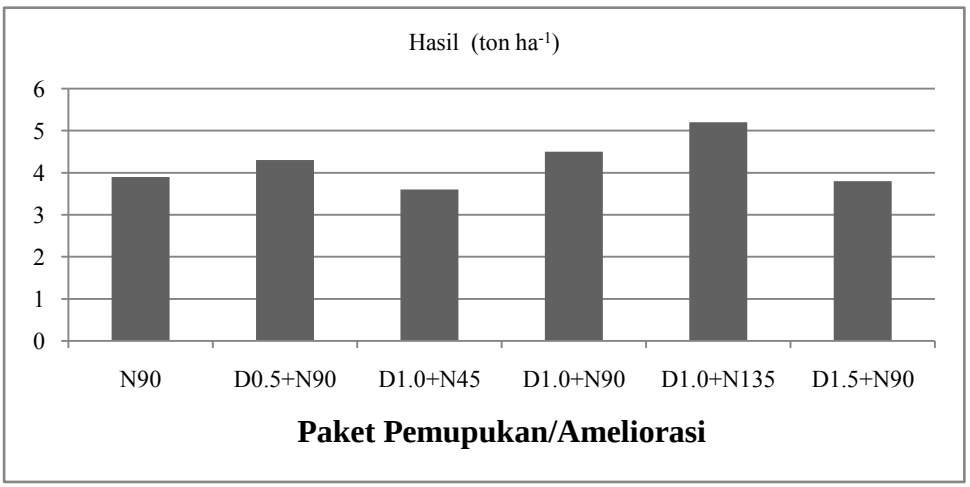


Gambar 2. Komponen hasil tanaman padi gogo (jumlah gabah/malai dan berat 1.000 gabah isi) akibat pemberian paket pemupukan dan ameliorasi di lahan rawa tipe luapan C kawasan PLG

Hasil

Pemberian pupuk N sangat besar pengaruhnya dalam peningkatan hasil gabah (Gambar 3). Pemberian pupuk N dari 45 kg N ha^{-1} menjadi 90 kg N ha^{-1} mampu menaikkan hasil gabah sebesar 33% tapi kenaikan tersebut menurun dengan bertambahnya pupuk yang diberikan. Pada pemberian dari 90 kg N ha^{-1} menjadi 135 kg N ha^{-1}, hanya menaikkan hasil gabah sebesar 15%. Pengaruh pemberian kapur jauh lebih rendah dibanding pupuk N. Peningkatan hasil gabah rata-rata hanya sekitar 10% pada setiap pemberian 500 kg ha^{-1} dolomit.

Aplikasi pemupukan N sebesar 135 kg N ha^{-1} dan penambahan amelioran berupa kapur dolomit sebanyak 1,0 t ha^{-1} cenderung meningkatkan jumlah anakan/rumpun, jumlah gabah/malai, dan bobot 1.000 butir. Peningkatan komponen hasil tersebut juga cenderung meningkatkan hasil gabah per ha, dan hasil padi gogo tertinggi diperoleh dari perlakuan ini. Hasil penelitian Ahmad dan Heru Pratama (2008) menunjukkan bahwa jumlah malai dan berat 1.000 biji berkorelasi positif nyata terhadap hasil gabah dan memberikan pengaruh langsung terhadap hasil padi. Keadaan demikian juga dikemukakan oleh Suhartini *et al*. (1999) yang mengemukakan bahwa bobot 1.000 biji mempunyai hubungan yang erat dengan hasil. Hasil fotosintat (karbohidrat) dalam batang dan daun, dan translokasi serta akumulasinya dalam gabah sangat menentukan tingkat pengisian gabah.



Gambar 3. Hasil tanaman padi gogo akibat pemberian paket pemupukan dan ameliorasi di lahan rawa tipe luapan C kawasan PLG

KESIMPULAN

Penerapan pemupukan dan ameliorasi di lahan rawa tipe luapan C kawasan PLG mampu memperbaiki pertumbuhan tanaman dan komponen hasil serta meningkatkan hasil tanaman padi gogo. Pemberian pupuk nitrogen sebesar 135 kg N ha^{-1} mampu meningkatkan 33% hasil padi gogo, sedangkan pemberian kapur mampu menaikkan hasil gabah sekitar 10% per 500 kg ha^{-1} dolomit.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad Muliadi, R. dan Heru Pratama. 2008. Korelasi antara Komponen Hasil dan Hasil Galur Harapan Padi Sawah Tahan Tungro. Prosiding Seminar Nasional Padi 2008. Inovasi Teknologi Padi Mengantisipasi Perubahan Iklim Global Mendukung Ketahanan Pangan (1): 165-171. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Sukamandi.

Andoko, A. 2008. Budidaya Padi Secara Organik. Jakarta: Penebar Swadaya

Child, N.W. 2004. Production and Utilization of Rice. *Dalam* Elaine T. Champagne (ed). Rice: Chemistry and Technology. Minnesota. American Association of Cereal Chemist, Inc.

Dobermann, A. and T. Fairhust. 2000. Nutrient Disorders and Nutrient Management. Tham Sin Chee. 191p.

Gregan, P.D., J.R. Hirth, and M.K. Convers. 1989. Amelioration of soil acidity by liming and other amendments. pp: 205-264. *In* A.D. Robson (ed). Soil Acidity and Plant Growth. Academic Press, Australia.

Makarim, A.K., I.N., Widiarta, S. Hendarsih, dan Abdurachman. 2003. Panduan Teknis Pengelolaan Hara dan Pengendalian Hama Penyakit Tanaman Padi Secara Terpadu. Puslitbangtan. 37 p.

Masganti. 1996. Pengaruh Pemberian Kapur Dosis Rendah Terhadap Padi di Lahan Rawa Pasang Surut. Prosiding Symposium dan Konggres PERAGI. Perhimpunan Agronomi Indonesia. Jakarta.

Priatmadi, B.J. 2004. Karakteristik Tanah Sulfat Masam di Lahan Pasang Surut Kalimantan Selatan. Disajikan dalam Lokakarya Pengelolaan Lahan Pasang Surut. Program Studi Ilmu Tanah-Proyek Due-Like TA. 2000, 9 Agustus 2004. Banjarbaru.

Saragih, S., I. Ar-Riza, dan N. Fauziah. 2001. Pengelolaan lahan dan hara untuk budidaya palawija di lahan rawa pasang surut. Hal: 65-81. *Dalam* Ar-Riza, Alihamsyah, dan Sarwani (eds). Pengelolaan Tanah dan Air di Lahan Pasang Surut. Monograf Balai Penelitian Tanaman Pangan Lahan Rawa Banjarbaru.

Soepardi, G. 1983. Pengelolaan Pupuk P di Lahan Kering. Makalah disajikan pada Pertemuan Teknis Evaluasi Kerjasama Penelitian Pengujian Pupuk ZA dan TSP di Petrokimia Gresik, 5-6 Desember 1983.

Suhartini, S., Aan A. Daradjat, Warsono, Sudarno, dan W.S. Ardjasa. 1999. Analisis Korelasi dan Koefisien Lintasan Komponen Hasil Terhadap Hasil Padi Sawah pada Lahan Keracunan Fe. Penelitian Pertanian 18(2): 1-6.

Tisdale, S.L., W.I. Nelson, and J.D. Beatonoil. 1985. Fertility and Fertilizers. 4th ed. Macmillan Publishing Company. New York.

Tyagi *et al*. 2004. Structural and Functional Analysis of Rice Genome. Journal of Genetics 83 (1): 79-99.

Distribusi Unsur Hara dan Perakaran pada Pola Pemupukan Kelapa Sawit Di Dalam Piringan Di Kabupaten Muaro Jambi, Provinsi Jambi

19

[1]Setiari Marwanto, [2]Supiandi Sabiham, [2]Untung Sudadi, dan [1]Fahmuddin Agus

[1]Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Tanah, Jl. Tentara Pelajar No. 12, Bogor 16114. e-mail: setiari_mr@yahoo.com

[2]Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Jl. Meranti, Kampus IPB Dramaga, Bogor

Abstrak. Pemupukan yang tepat (cara, bentuk, dosis, waktu) merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan efisiensi serapan hara pupuk oleh tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari distribusi unsur hara dan akar pada pola pemupukan di dalam piringan. Penelitian dilaksanakan pada perkebunan kelapa sawit rakyat umur 15 tahun dengan ketebalan gambut 575,3±65,7 cm dan jarak tanam 8x9 m di Desa Sumber Agung, Kecamatan Sungai Gelam, Kabupaten Muaro Jambi pada bulan Januari-Maret 2012. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif untuk mengindentifikasi sifat tanah yang telah diberi pupuk dan kapur oleh petani di dalam piringan yang berjarak 2 m dari pusat batang sawit. Sembilan pohon kelapa sawit yang tersebar di tiga transek telah dipilih sebagai pewakil. Pengambilan contoh akar dan gambut dilakukan 3 bulan setelah pengapuran dan 2 bulan setelah pemupukan, masing-masing pada jarak 1m, 1,5 m, 2 m, 2,5 m, 3 m, 3,5 m, 4 m dan 4,5 m dari pusat batang kelapa sawit pada kedalaman 0-15 cm dan 15-30 cm. Parameter sifat tanah yang diamati meliputi total unsur hara N, P, K, Ca, Mg, K, Na, Fe, Al, B, Mn, Cu dan Zn. Sedangkan parameter akar yang diamati adalah kerapatan akar dengan empat kelas diameter, yaitu: <0,5 mm, 0,5-2,5 mm, 2,5-5 mm dan >5 mm. Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa jarak pengambilan contoh dari pusat batang memiliki hubungan nyata dengan konsentrasi unsur hara ($p<0,05$) kecuali pada unsur N, Fe dan Mn pada kedalaman 0-15 cm dan unsur N, Mg, Fe dan Mn pada kedalaman 15-30 cm. Semakin kecil ukuran akar, maka kerapatannya semakin tinggi. Kerapatan akar yang tertinggi adalah akar kuarter (Ø<0,5 mm) disusul oleh akar tersier (Ø 0,5-2,5 mm), sekunder (Ø2,5-5 mm) dan primer (Ø>5 mm). Jarak pengambilan contoh menghasilkan koefisien regresi linear yang tinggi dengan kerapatan akar kuarter dan tersier (R^2 =>0,8). Hasil ini membuktikan bahwa distribusi akar berhubungan erat dengan tingkat konsentrasi hara. Pola pemupukan di dalam piringan kelapa sawit menghasilkan pola distribusi unsur hara yang sama dengan pola distribusi kerapatan akar, dimana konsentrasi hara dan kerapatan akar tertinggi terdapat pada jarak terdekat dengan batang dan menurun secara berangsur pada jarak yang semakin jauh.

Kata kunci: Distribusi, unsur hara, akar, gambut, pemupukan, kelapa sawit

Abstract. *Broadcasting fertilizer into the circle of oil palm was effected on nutrient and roots distribution. This research was aimed at studying distribution of both nutrient and roots in the site where fertilizer applied into the circle of oil palm. Research was*

conducted at 15 year of oil palm plantation with 575.3±65.7 depth of peat and 8x9 m of planting distance, during January-March 2012. Administratively laid on Sumber Agung Village, Sungai Gelam Sub District, Muaro Jambi District, Jambi Province. This research was considered as descriptively research to identified soil properties which obtained fertilizer and lime within 2 m of circle of oil palm radius from the center of the trunk. Nine oil palm trees within three transect was choose as representative point. Peat sampling, conducted 3 months after fertilizing and 2 months after liming, was carried on the distance of 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4 and 4.5 m from the centre of the trunk there are 0-15 and 15-30 cm. was sampled at each sampling point for chemical properties and root analysis. Chemical soil analysis consist of N, P, K, Ca, Mg, K, Na, Fe, Al, B, Mn, Cu, and Zn. Roots were washed and separated from peat material then dried oven at 70^0C as long as 48 hours. Finally, four size class of root diameter was determined then weighted. Research results significant correlation (at $p<0.05$) between soil sampling distance and all nutrient concentration except N, Fe, and Mn at 0-15 cm depth, and N, Mg, Fe, and Mn at 15-30 cm depth. The smaller root size the higher its activity. The highest root density was quaternary roots (Ø <0.5 mm), following with tertiary roots (Ø 0.5-2.5 mm), secondary roots (Ø 2.5-5 mm) and primary roots (Ø >5 mm) respectively. Soil sampling distance was resulted high linear coefficient with quaternary and tertiary roots density (R^2 = >0.8). In this research we also knew that roots distribution has strong correlation with nutrient concentration. Placing fertilizer onto the surface of circle of oil palm was effected on the equality pattern between nutrient distribution and roots distribution. At the nearest point from the trunk has the highest nutrients concentration and roots density, where decrease gradually with the increasing distance.

Keywords*: Distribution, nutrient, root, peat, fertilizing, oil palm*

PENDAHULUAN

Pemupukan di dalam piringan kelapa sawit merupakan praktek yang sangat umum dijumpai, baik di perkebunan rakyat maupun perusahaan. Pupuk dan amelioran disebar di sekitar batang (piringan) sejak bibit mulai ditanam hingga usia produksi. Pemupukan dilakukan untuk memberikan unsur tersedia bagi perakaran tanaman. Beberapa unsur hara juga dibutuhkan oleh mikroba dalam mendekomposisi tanah gambut seperti N, P, Mg, Fe, Co, Ni dan Mn (Yavitt *et al*. 2004. Keberadaan unsur hara yang diberikan ke tanah sangat dipangaruhi oleh reaksi biologi, fisik dan kimiawi, sehingga menyebabkan konsentrasi unsur hara yang diberikan akan mengalami perubahan. Proses fisik yang mempengaruhi perubahan konsentrasi hara disebabkan oleh serapan akar, suhu, aliran air dan pengolahan lahan (Bassirirad, 2000; Bertol *et al*. 2003). Pemanasan tanah menyebabkan unsur hara mobil akan tervolatilisasi. Pencucian (*leaching*) menyebabkan unsur hara terdistribusi ke arah vertikal atau ke bawah lapisan gambut (van Beek *et al*. 2007). Erosi akibat aliran permukaan menyebabkan unsur hara terdistribusi ke arah horisontal dan lateral (Subagyono and Tanaka, 2007; Faucette *et al*. 2004).

Akar sangat vital sebagai organ penyerap unsur hara secara selektif pada tanaman (Xing dan Xiu, 2006). Pada kebun kelapa sawit di tanah mineral, akar tumbuh ke arah

horisontal hingga >4,5 m dan terkonsentrasi pada kedalaman 30 cm (Harahap, 1999). Pertumbuhan kontinyu akar kelapa sawit menyebabkan diversifikasi ukuran dan fungsinya. Dari pangkal batang akan tumbuh akar yang terus membesar dan memanjang membentuk akar primer. Bagian yang lebih kecil akan membentuk akar sekunder, tersier hingga kwarter. Penyerapan hara dan air oleh kelapa sawit dilakukan oleh akar tersier dan kwarter. Akar primer memiliki ukuran 6-10 mm, akar sekunder tumbuh pada ukuran 2-4 mm, sementara akar tersier ditemukan pada ukuran 0,7-2 mm dan akar kuarter pada ukuran 0,1-0,3 mm (Tinker, 1976; Hartley, 1977; Fatmawaty dan Ginting, 1987).

Pada umur puncak produksi, radius piringan dari pangkal batang kelapa sawit di lahan gambut rata-rata mencapai 2 m, sedangkan distribusi perakaran kelapa sawit mencapai >4 m. Pemberian pupuk dan kapur di dalam piringan menimbulkan pertanyaan apakah hara yang diberikan dapat terserap oleh tanaman secara efisien atau tidak. Untuk meningkatkan efisiensi pemupukan, maka distribusi unsur hara pada pola pemupukan di dalam piringan yang selama ini dilakukan di lokasi penelitian, menjadi sangat penting untuk diteliti. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari distribusi hara dan distribusi perakaran pada pola pemupukan di dalam piringan kelapa sawit di lahan gambut.

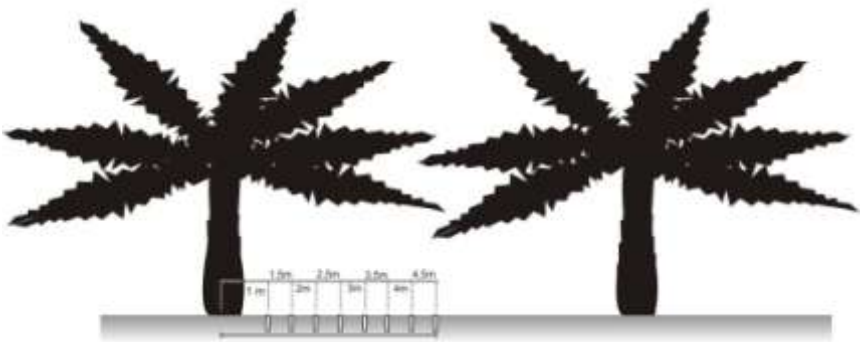
METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari-Maret 2012 di perkebunan kelapa sawit rakyat (dikelola mulai tahun 1996) pada lahan gambut Desa Sumber Agung, Kecamatan Sungai Gelam, Kabupaten Muaro Jambi dengan titik koordinat bumi 1^0 43' 0,7" LS 103^0 52' 56,7" BT. Lokasi berada di dalam satu blok kebun (*planting block*) yang dibatasi oleh saluran drainase dimana satu blok kebun berukuran 200x1.000 m, sedangkan jarak tanam 9x8 m dengan umur sawit sekitar 16 tahun.

Pemupukan, pengapuran dan perawatan dilakukan secara intensif oleh pemilik kebun. Kebun sawit tersebut diberi kapur dolomit dengan dosis 1,1 kg per pohon setiap 6 bulan sekali. Pupuk yang digunakan terdiri dari NPK dengan dosis 1,1 kg per pohon setiap 3 bulan sekali. Selain NPK, pupuk yang pernah diberikan adalah Phonska, TSP dan urea tergantung dari modal dan ketersediaan pupuk tersebut. Pemberian pupuk dan amelioran dilakukan di dalam piringan kelapa sawit yang memiliki diameter 4 m dengan cara ditebar. Sejak penanaman bibit kelapa sawit hingga umur kelapa sawit 10 tahun, tanah di dalam piringan pernah diurug/ditimbun dengan tanah gambut dari sekitarnya sebanyak dua kali. Hal ini dilakukan untuk memperkuat daerah perakaran di dekat batang sehingga menghindari resiko rebahnya pohon kelapa sawit akibat rendahnya daya topang tanah (*bearing capacity*) gambut. Pengamatan dan pengambilan contoh tanah dilaksanakan 3 bulan setelah pemberian amelioran berupa kapur dolomit dan 2 bulan setelah pemupukan NPK.

Penelitian ini dilaksanakan pada 3 transek pewakil (T_1, T_2 dan T_3) yang masing-masing memiliki 3 titik pengamatan berupa pohon (P_1, P_2 dan P_3) dimana jarak rata-rata dari saluran drainase ke P_1 adalah 12 m, P_2 54 m dan P_3 99 m. Jumlah pohon pengamatan adalah: (T) 3 x (P) 3 =9 pohon. Pada setiap pohon pengamatan ditentukan titik pengamatan sebanyak 8 titik (S) dengan interval jarak dari pusat batang kelapa sawit adalah 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0 dan 4,5 m (Gambar 1). Jumlah titik pengamatan adalah: (T) 3 x (P) 3 x (S) 8 =72 titik.

Parameter yang diamati langsung pada setiap titik pengamatan (S) adalah mikrotopografi piringan sawit, yang dilakukan dengan menggunakan prinsip *waterpass* dimana jarak terjauh (4,5 m) menjadi *benchmark* pengukuran. Pada masing-masing titik tersebut diambil contoh tanah pada 2 kedalaman (D) yaitu 0-15 cm dan 15-30 cm untuk diketahui sifat kimia tanah dan kerapatan akarnya. Secara keseluruhan, jumlah contoh tanah dan perakaran sebanyak:(T) 3 x (P) 3 x (S) 8 x (D) 2 =144 contoh.



Gambar 1. Ilustrasi lokasi delapan titik pengamatan (S) pada berbagai interval jarak dari pangkal batang pada satu pohon pengamatan

Contoh tanah untuk analisis kerapatan akar diambil dengan menggunakan alat pengambil akar (*root auger*). Alat tersebut ditusukkan ke dalam tanah gambut hingga kedalaman mata bor (15 cm), kemudian diangkat hingga tanah gambut beserta akar yang berada di dalamnya dapat terambil. Pengambilan contoh daerah perakaran tersebut dilakukan pada dua kedalaman yaitu 0-15 dan 15-30 cm. Contoh tanah ditempatkan pada kantong kertas untuk dibawa ke laboratorium. Setiap contoh tanah gambut utuh dicuci menggunakan ember berisi air bersih dan dilakukan pemisahan antara akar dan tanah gambut. Pemisahan akar dari tanah gambut dilakukan berdasarkan kenampakan visual dengan bantuan alat penyaring dan pinset. Setelah akar terkumpul, dilakukan pengeringan menggunakan oven pada suhu 70^0C selama 48 jam hingga mencapai berat konstan. Jaringan akar yang telah kering oven tersebut dipisahkan lagi berdasarkan diameter akar fungsional sebagai berikut: (i) akar primer (Ø>5 mm), (ii) akar sekunder (Ø 2,5-5 mm), (iii) akar tersier (Ø 0,5–2,5 mm) dan (iv) akar kuarter (Ø <0,5 mm).

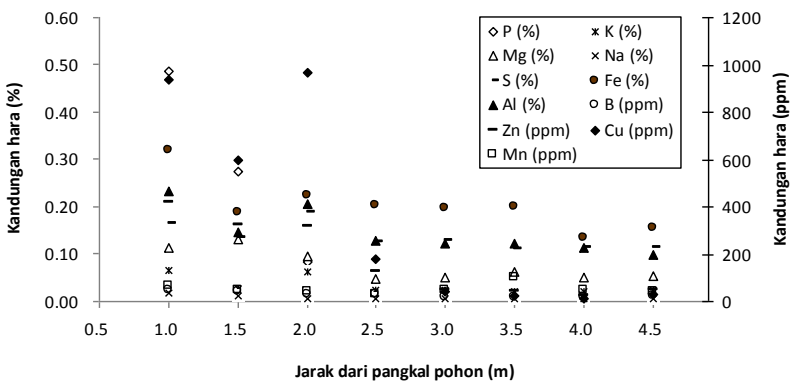
Contoh tanah terganggu yang diambil untuk mengetahui konsentrasi hara, pada kedalaman 0-15 dan 15-30 cm dilakukan secara komposit. Analisa yang dilakukan meliputi analisis pH H_2O, total unsur hara makro dan total mikro. Unsur hara makro total meliputi N, P, K, Ca, Na, dan Mg. Unsur hara mikro total yang diamati meliputi Fe, Al, B, Mn, Cu, dan Zn. Sebelum dianalisis, contoh tanah komposit terlebih dahulu dikeringanginkan dan disaring hingga lolos ayakan ukuran 2 mm. Analisis laboratorium dilaksanakan di laboratorium kimia dan fisika tanah Balai Penelitian Tanah, Bogor.

Data hubungan jarak dari pangkal batang kelapa sawit dan parameter yang diamati, dianalisis menggunakan matriks korelasi (Uji Pearson). Perbandingan parameter yang berbeda nyata dilakukan dengan analisis perbandingan rata-rata. Pengolahan data dilakukan dengan MS. Excel dan STATISTICA 7.0 (Statsoft. Inc).

HASIL DAN PEMBAHASAN

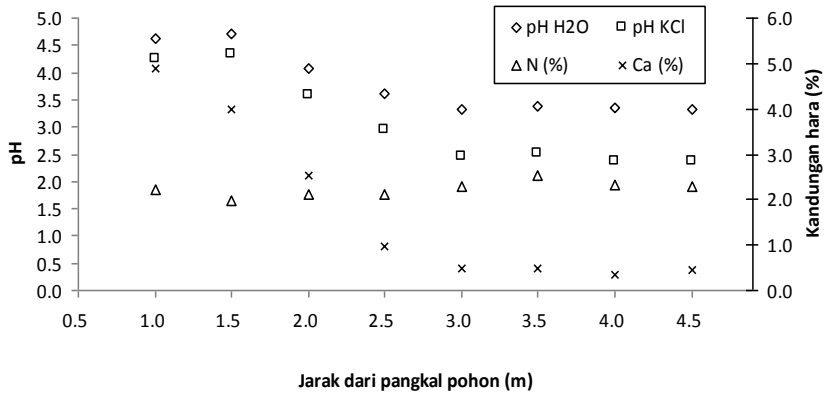
Distribusi Unsur Hara

Pemupukan kelapa sawit telah dilakukan dua bulan sebelum pengamatan sehingga pada saat pengambilan contoh tanah sebagian unsur hara sudah berkurang melalui proses penguapan (*volatilization*), diserap parakaran tanaman (*adsorbtion*), larut dalam air (*leaching*) dan terbawa aliran permukaan (*run off*). Konsentrasi hara P, K, Ca, Mg, Na, S, Al, Cu, Zn dan B pada kedalaman 0-15 cm ini berkorelasi nyata dengan jarak dari batang, dimana semakin dekat dengan pangkal batang maka semakin tinggi konsentrasi hara, kemudian menurun secara gradual seiring dengan jauhnya jarak dari batang kelapa sawit (Gambar 2 dan 3). Piringan kelapa sawit dengan radius 2 m merupakan daerah dengan rata-rata konsentrasi unsur hara yang lebih besar dibanding daerah lain di luar piringan.



Gambar 2. Rata-rata kandungan hara P, K, Mg, Na, S, Fe, Al, B, Zn, Cu dan Mn pada setiap titik pengamatan terhadap jarak dari pangkal batang kelapa sawit pada kedalaman tanah 0-15 cm (n=72)

Konsentrasi unsur hara yang tinggi terdapat pada tanah yang memiliki pH tinggi juga. Pemberian amelioran berupa kapur di dalam piringan kelapa sawit dapat meningkatkan pH tanah. Dengan pH yang lebih tinggi akan membantu memperbaiki reaksi kimia di dalam tanah khususnya dalam penyediaan unsur hara. Penelitian pada tanah gambut di Serawak, Malaysia menyimpulkan bahwa tanah yang diberi kapur akan meningkatkan serapan Cu dan Zn (Abat *et al*. 2012).



Gambar 3. Rata-rata pH H_2O, pH KCl, N dan Ca pada setiap titik pengamatan terhadap jarak dari pangkal batang kelapa sawit pada kedalaman tanah 0-15 cm (n=72)

Tabel 1. Konsentrasi rata-rata, standar deviasi dan koefisien korelasi unsur hara terhadap jarak dari batang kelapa sawit (kedalaman gambut 0-15 cm)

Analisis/Unsur	Satuan	Rata-rata	Standar Deviasi	Koefisien korelasi (r)
pH H_2O		3,81	0,70	-0,71*
pH KCl		3,11	0,94	-0,78*
N	%	2,23	0,56	0,19
P	%	0,12	0,27	-0,48*
K	%	0,03	0,04	-0,32*
Ca	%	1,77	2,28	-0,67*
Mg	%	0,08	0,06	-0,42*
Na	%	0,01	0,01	-0,40*
S	%	0,13	0,06	-0,34*
Fe	%	0,20	0,20	-0,21
Al	%	0,15	0,11	-0,33*
Mn	ppm	52,90	73,93	0,02
Cu	ppm	348,61	722,59	-0,47*
Zn	ppm	166,95	243,38	-0,56*
B	ppm	28,62	18,12	-0,52*

Keterangan: Angka rata-rata yang diberi tanda asterik adalah berbeda nyata pada $p<0,05$ (n =72)

Dari Tabel 1 dapat diketahui bahwa unsur hara yang tidak berhubungan dengan jarak dari pangkal batang adalah N, Fe, dan Mn. Unsur N merupakan unsur yang sangat dibutuhkan tanaman dan sangat mudah menguap serta terbawa aliran air, sementara unsur Fe dan Mn mungkin telah diserap kuat oleh akar atau mengalami retensi kuat pada beberapa titik jarak sehingga jejak konsentrasinya tidak simultan seperti unsur yang lain. Standar deviasi yang tinggi pada beberapa unsur hara makro dan mikro menunjukkan sebaran data pada unsur tersebut terjadi pada rentang yang lebar terhadap nilai rata-ratanya

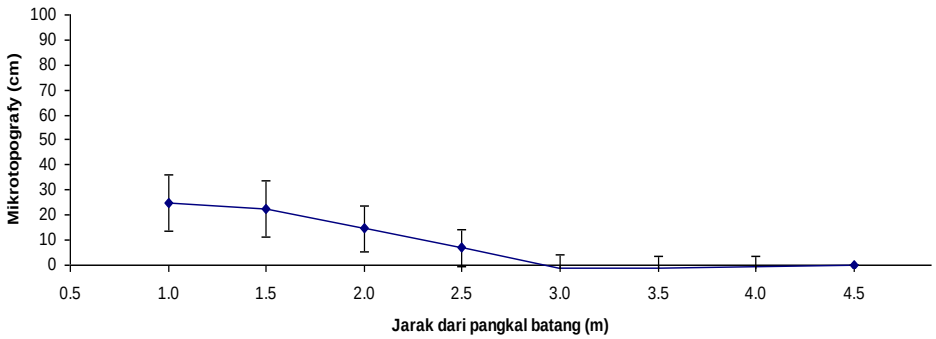
Tabel 2. Konsentrasi rata-rata, standar deviasi dan koefisien korelasi unsur hara terhadap jarak dari batang kelapa sawit (kedalaman gambut 15-30 cm)

Analisis/Unsur	Unit	Rata-rata	Standar deviasi	Koefisien korelasi (r)
pH H_2O		3,45	0,24	-0.41*
pH KCl		2,60	0,43	-0.64*
N	%	1,99	0,45	-0.09
P	%	0,05	0,13	-0.38*
K	%	0,02	0,03	-0.30*
Ca	%	0,78	0,96	-0.59*
Mg	%	0,05	0,02	-0.07
Na	%	0,01	0,01	-0.28*
S	%	0,13	0,05	-0.36*
Fe	%	0,13	0,15	-0.17
Al	%	0,09	0,06	-0.38*
Mn	ppm	22,50	17,34	-0.04
Cu	ppm	147,96	500,65	-0.27*
Zn	ppm	91,54	139,22	-0.62*
B	ppm	25,39	15,56	-0.34*

Keterangan: Angka yang diberi tanda asterik adalah berbeda nyata pada $p<0,05$ (n masing-masing unsur = 72)

Konsentrasi sebagian besar unsur hara pada lapisan atas lebih besar dibandingkan pada lapisan bawah. Kondisi ini sama dengan hasil penelitian Gao *et al*. (2010) pada lahan basah di Delta Sungai Kuning, Cina. Pemberian pupuk dan amelioran di dalam piringan dengan cara ditebar di permukaan tanah menyebabkan perbedaan tingkat konsentrasi di kedua lapisan. Pola variasi konsentrasi unsur hara terhadap jarak dari pangkal batang pada kedalaman gambut 0-15 cm juga terjadi pada kedalaman 15-30 cm meskipun tidak sekuat pada lapisan atas (Tabel 2). Hubungan konsentrasi unsur hara terhadap jarak dari pangkal batang pada lapisan atas menghasilkan nilai r yang lebih tinggi dibandingkan dengan nilai r pada lapisan 15-30 cm. Hubungan tersebut nyata pada $p<0,05$ kecuali pada unsur N, Mg, Fe dan Mn. Faktor yang mempengaruhi konsentrasi unsur hara pada lapisan 15-30 cm ini sama dengan faktor pada lapisan atas. Unsur Mg kemungkinan diserap kuat oleh akar atau juga bisa mengalami retensi kuat sehingga tidak terdistribusi ke lapisan bawah dengan baik.

Pada kedalaman 15-30 cm ini konsentrasi unsur hara tertinggi juga terdapat pada titik terdekat dengan batang dan semakin jauh dari pangkal batang menyebabkan konsentrasi semakin turun. Dengan pola pemupukan di dalam piringan dengan cara ditebar di permukaan tanah, unsur hara masih makro dan mikro dapat terdistribusi dengan baik pada arah vertikal ke bawah, horisontal dan lateral. Piringan kelapa sawit pada tanah gambut tampak lebih jelas dibandingkan pada tanah mineral. Hal ini dikarenakan pada tanah gambut terdapat bentuk gundukan yang merupakan hasil timbunan dari tanah gambut di sekelilingnya ataupun karena tanah di sekeliling pohon kelapa sawit sudah mengalami penurunan (*subsidence*). Gundukan dibuat oleh petani untuk meningkatkan daya sangga (*bearing capacity*) gambut. Hasil pengukuran dari 72 titik pengamatan menunjukkan bahwa mulai jarak 3 m dari pangkal batang, permukaan gambut meninggi hingga tepi batang kelapa sawit (Gambar 5). Mikrotopografi piringan kelapa sawit yang berbentuk cembung tersebut menghasilkan kelerengan yang mampu meningkatkan energi aliran air dalam mengangkut unsur hara ke tempat yang lebih rendah. Mikrotopografi dan faktor penyebab erosi oleh air kemungkinan menjadi sebab utama terjadinya distribusi gradual unsur hara dari piringan kelapa sawit.

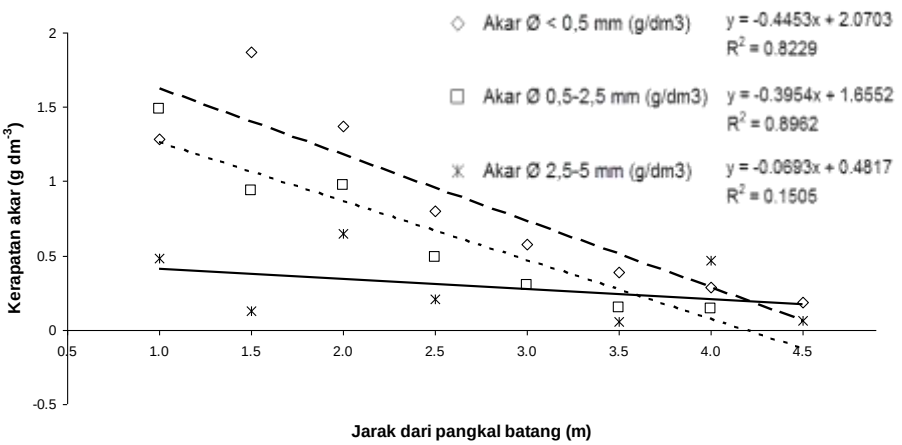


Gambar 5. Mikrotopografi permukaan tanah pada berbagai interval jarak dari pangkal batang kelapa sawit. Batang (bars) pada titik rata-rata adalah nilai standar deviasi (n=72)

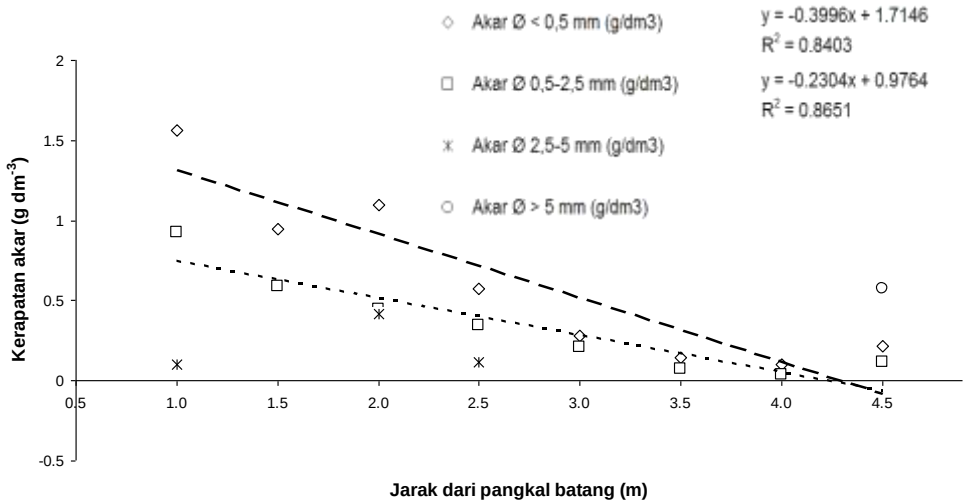
Distribusi Perakaran

Pada kedalaman 0-15 cm akar kuarter (Ø <0,5 mm) berkembang paling dominan. Konsentrasi hara yang lebih tinggi di lapisan atas menjadi salah satu penyebab tingginya pertumbuhan akar kuarter. Sebagai akar paling aktif dalam menyerap hara dan air, akar kuarter sangat dibutuhkan tanaman untuk mencukupi kebutuhan terhadap dua unsur tersebut di atas. Dengan interval waktu pemupukan 3 bulan sekali, maka konsentrasi hara pada lapisan atas akan tetap terjaga dan tidak terangkut seluruhnya ke lapisan bawah

akibat pencucian. Kerapatan akar kuarter hingga radius 4,5 m dari pangkal batang rata-rata berkisar antara 0,19-1,87 g dm^{-3}. Pada Gambar 6 diperlihatkan bahwa penurunan kerapatan akar kuarter terhadap jarak dari pangkal batang mengikuti pola linear dengan R^2 =0,82. Akar tersier (Ø 0,5-2,5 mm) juga mengikuti pola seperti pada akar kuarter dengan R^2 = 0,90. Kerapatan akar tersier lebih rendah dibandingkan akar kuarter yaitu rata-rata berkisar antara 0,06–1,49 g dm^{-3}. Kerapatan akar paling tinggi berada pada jarak terdekat dari pangkal batang sedangkan kerapatan akar terendah berada pada jarak terjauh atau di tengah jarak tanam kelapa sawit (4,5 m). Semakin jauh dari pangkal batang kelapa sawit, kerapatan akar tersier akan semakin menurun. Kerapatan akar sekunder (Ø 2,5-5 mm) berkisar antara 0,06 – 0,65 g dm^{-3}. Hubungan kerapatan akar dengan jarak dari pangkal batang sangat lemah dengan R^2 = 0,15. Pada kedalaman 0-15 tidak dijumpai akar primer. Akar ini kemungkinan tumbuh di lapisan lebih dalam karena lebih dibutuhkan sebagai penopang pohon kelapa sawit.



Gambar 6. Rata-rata kerapatan akar Ø <0,5 mm, 0,5-2,5 mm, 2,5-5,0 mm pada setiap titik pengamatan terhadap jarak dari pangkal batang kelapa sawit pada kedalaman tanah 0-15 cm (n masing-masing ukuran akar = 72)



Gambar 7. Rata-rata kerapatan akar Ø <0,5 mm, 0,5-2,5 mm, 2,5-5,0 mm dan Ø > 0,5 mm, pada setiap titik pengamatan terhadap jarak dari pangkal batang kelapa sawit pada kedalaman tanah 15-30 cm (n masing-masing ukuran akar = 72)

Kerapatan akar pada kedalaman 15-30 cm juga lebih rendah dibandingkan pada lapisan 0-15 cm baik pada akar kuarter, tersier maupun sekunder. Kondisi ini sangat sesuai dengan konsentrasi hara yang juga lebih rendah pada lapisan ini dibandingkan dengan lapisan atasnya. Pada akar kuarter, kerapatan akar berkisar antara 0,10–1,56 g dm^{-3} sedangkan akar tersier berkisar antara 0,04-0,92 g dm^{-3}. Pertumbuhan akar pada kedalaman 15-30 cm memiliki pola yang hampir sama dengan akar pada kedalaman 0-15 cm dimana kerapatan tertinggi pada daerah perakaran terdekat dari pangkal pohon dan menurun secara gradual dengan bertambahnya jarak (Gambar 7). Hal ini terlihat dari koefisien regresi yang tinggi antara kerapatan akar kuarter (R^2 = 0,84) dan akar tersier (R^2 =0,87) dengan jarak daerah perakaran. Pada akar sekunder, kerapatan akar hanya dijumpai pada jarak 1,0 m (0,10 g dm^{-3}), 2,0 m (0,41 g dm^{-3}) dan 2,5 m (0,114 g dm^{-3}) dari pangkal batang sawit. Akar kelapa sawit terbukti dapat beradaptasi dengan baik terhadap distribusi lateral unsur hara. Kerapatan akar dan konsentrasi unsur hara di dekat batang kelapa sawit memiliki nilai tertinggi dan kemudian menurun secara gradual dengan bertambahnya jarak dari batang.

KESIMPULAN

1. Dengan pola pemupukan di dalam piringan, unsur hara makro dan mikro terdistribusi nyata ($p<0,05$) sepanjang titik pengamatan dari 1 m hingga 4,5 m dari pangkal batang kelapa sawit kecuali unsur N, Fe dan Mn pada kedalaman 0-15 cm dan N, Mg, Fe dan Mn pada kedalaman 15-30 cm. Konsentrasi tertinggi terdapat pada titik terdekat dengan pangkal batang dan menurun dengan semakin jauh jarak dari pangkal batang.

2. Konsentrasi hara yang tinggi diikuti dengan kerapatan akar yang tinggi, begitu pula sebaliknya dan semakin kecil diameter akar maka kerapatan akar pun semakin tinggi dibandingkan dengan akar yang diameter lebih besar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada pihak yang telah membiayai penelitian ini melalui kegiatan kerjasama REDD-ALERT (*Reducing Emission from Deforestation and Degradation through Alternative Landuses in Rainforest of the Tropics*) di Balai Penelitian Tanah.

DAFTAR PUSTAKA

Abat, M., McLaughlin MJ, Kirby JK, Stacey SP. 2012. Adsorption and desorption of copper and zinc in tropical peat soils of Sarawak, Malaysia. Geoderma 175-176, 58-63.

Bassirirad, H. 2000. Kinetics of nutrient uptake by roots: responses to global change. Review New Phytol. (2000), 147, 155±169.

Bertol, I., Mello EL, Guadagnin JC, Zaparolli ALV, Carrafa MR. 2003. Nutrient Losses by Water Erosion. Scientia Agricola, v.60, n.3, p.581-586.

Fatmawaty dan Ginting G. 1987. Morfologi kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). Pusat Penelitian Marihat, Pematang Siantar, Indonesia. h: 37-51.

Faucette, L.B., Risse LM, Nearing MA, Gaskin JW, West LT. 2004. Runoff, erosion, and nutrient losses from compost and mulch blankets under simulated rainfall. Journal of Soil and Water Conservation Vol 59 No 4.

Gao, H., Bai J, Wang Q, Huanga L, Xiao R. 2010. Profile distribution of soil nutrients in unrestored and restored wetlands of the Yellow River Delta, China. Procedia Environmental Sciences 2: 1652-1661.

Harahap, E.M. 1999. Perkembangan akar tanaman kelapa sawit pada tanah terdegradasi di Sosa, Tapanuli Selatan, Sumatera Utara. Disertasi Doktor (*Unpublised*). Program Pascasarjana (S3) IPB.

Hartley, C.W.S. 1977. The oil palm. Second edition. Tropical agriculture series. Longman. London and New York. p: 806.

Subagyono, K. and Tanaka T. 2007. The role of subsurface flow dynamic on spatial and temporal variation of water chemistry in a headwater catchment. Indonesian Journal of Agricultural Science 8(1): 17-30.

Tinker, P.B. 1976. Soil requirements of the oil palm research. Cortley, R.H.V., Hardon, J.J. and Wood, B.J. (Ed). Elseiver Scientific Publishing Company. Amsterdam. p: 165-181.

van Beek, C.L., Droogers P, van Hardeveld HA, van den Eertwegh GAPH, Velthof GL, Oenema O. 2007. Leaching of Solutes from an Intensively Managed Peat Soil to Surface Water. Water Air Soil Pollut 182:291-301. DOI 10.1007/s11270-007-9339-7.

Xing, S.H. and Xiu LS. 2006. Root function in nutrient uptake and soil water effect on NO_3^--N and NH_4^+-N migration. Agricultural Sciences in China. 5(5):377-383.

Yavitt, J., Williams C, Wieder R. 2004. Soil chemistry versus environmental controls on production of CH_4 and CO_2 in northern peatlands. European Journal of Soil Science. 56. 2: 169-178.

Pengaruh Silikat Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Padi Sawah pada Tanah Ultisol

20

Didi Ardi Suriadikarta dan Husnain

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Tanah, Jl. Tentara Pelajar No. 12, Bogor 16114

Abstrak. Percobaan ini dilaksanakan bulan Februari 2011 pada tanah Ultisols Bogor. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh pupuk Silikat terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman padi sawah pada tanah Ultisols Bogor. Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (*Randomized Complete Block Design*) (Gomez and Gomez, 1984), dengan 12 perlakuan dan 3 ulangan. Takaran pupuk Silikat yang diuji terdiri dari 5 level dosis adalah 0, 100 , 250, 500, 1000, 1500, dan 2000 kg ha^{-1}, ditambah dengan perlakuan dosis P yang dikurangi menjadi 25, 50, dan 75 kg SP-36 ha^{-1} masing-masing dikombinasikan dengan silikat 1000kg ha^{-1}, NPK saja dan kontrol lengkap. Tanaman indikator padi sawah varietas Ciherang. Sebagai pupuk dasar digunakan pupuk NPK yang berasal dari Urea, SP-36 dan KCl, dengan dosis pupuk 300 kg ha^{-1} Urea, 100 kg ha^{-1} SP-36, dan 100 kg ha^{-1} KCl. Pupuk Silikat diberikan 2 minggu sebelum tanam , pupuk Urea, SP-36 dan KCl diberikan saat tanam disebar pada petak tanam. Pupuk Urea diberikan 2 kali pemberian yaitu setengah dosis 2 minggu setelah tanam dan setengah dosis lagi pada umur 30 hari setelah tanam. Pupuk silikat berbentuk butiran dengan kadar air 1,82%, kadar Silikat 37,50%, CaO 43,50%, MgO 2,79%, Cd 0,23 ppm, As 12,1 ppm, Hg 0,41 ppm dan Pb tidak terdeteksi. Pengamatan tinggi tanaman dan jumlah anakan dilakukan pada setiap 2 minggu hingga menjelang panen, yaitu 4, 6, 8 dan 10 minggu setelah tanam dan tanaman padi dipanen umur 110 hari. Tanah sawah tempat percobaan termasuk tanah Ultisol dengan sifat-sifatnya dicirikan oleh pH tanah agak masam, bertekstur liat berdebu, kadar C rendah, dan kadar N sangat rendah, kadar P_2O_5 potensial tinggi tetapi yang tesedia sangat rendah, dan kadar K_2O potensial juga rendah. KTK tanah sangat rendah, Si tersedia juga rendah dan Kejenuhan basa (KB) juga rendah. Pemberian silikat nyata meningkatkan pertumbuhan tanaman dan jumlah anakan dibandingkan dengan kontrol tetapi tidak nyata dengan perlakuan NPK saja. Hasil tertinggi diperoleh pada perlakuan NK dengan pengurangan pupuk SP-36 50% ditambah 1000 kg silikat ha^{-1} berbeda nyata terhadap kontrol, tetapi tidak berbeda nyata terhadap perlakuan NPK saja Hasilnya diperoleh sebesar 7,4 t ha^{-1} GKP, dengan nilai RAE sebesar 112 %, dengan B/C ratio 1,9 dan IBCR 7,3.

Kata kunci: Silikat, pertumbuhan dan hasil tanaman, lahan sawah, tanah Ultisols

PENDAHULUAN

Latar belakang

Pupuk merupakan salah satu faktor produksi yang sangat penting selain lahan, tenaga kerja dan modal. Pemupukan berimbang memegang peranan penting dalam upaya meningkatkan hasil pertanian. Anjuran (rekomendasi) pemupukan harus dibuat lebih

rasional dan berimbang berdasarkan kemampuan tanah menyediakan hara dan kebutuhan tanaman itu sendiri, sehingga efektivitas dan efisiensi penggunaan pupuk dan produksi meningkat tanpa merusak lingkungan akibat pemupukan yang berlebihan.

Kebijakan penghapusan subsidi harga pupuk serta mahalnya harga pupuk anorganik telah menumbuh kembangkan mekanisme pasar yang terbuka bagi pengadaan dan penyaluran berbagai jenis pupuk anorganik maupun organik. Pupuk silikat merupakan pupuk anorganik yang dahulu selalu diperhatikan pada budidaya padi, baik di luar negeri maupun di dalam negeri, hampir dapat dipastikan akan meningkatkan produktivitas, kestabilan dan kualitas hasil padi. Mempopulerkan kembali penggunaan pupuk Silikat pada tanaman padi saat ini sangat tepat, seiring dengan kebijakan pemerintah untuk meningkatkan produksi padi nasional sebesar 5%, dimana pemanfaatan lahan-lahan sub optimal, lahan-lahan endemik hama dan penyakit, serta lahan optimal dengan penggunaan pupuk N dosis tinggi semakin meluas dan intensif. Lahan-lahan tersebut memerlukan tambahan Silikat (Husnain *et al*. 2008)

Tanaman kahat Si menyebabkan tanaman kurang terlindungi oleh lapisan silikat yang kuat, akibatnya: (1) daun tanaman lemah terkulai, tidak efektif menangkap sinar matahari sehingga produktivitas tanaman rendah/tidak optimal; (2) penguapan air dari permukaan daun dan batang tanaman dipercepat, sehingga tanaman mudah layu atau peka terhadap kekeringan; (3) daun dan batang menjadi peka terhadap serangan penyakit dan hama; (4) tanaman mudah rebah; dan (5) kualitas gabah (padi) berkurang karena mudah terkena hama dan penyakit. Akibatnya, hasil optimal tanaman tidak tercapai, kestabilan hasil rendah (fluktuatif) dan mutu produk rendah.

Menurut Takahashi dan Miyake (1977) *dalam* De Data (1981), di Jepang penggunaan pupuk Si dosis rata-rata sebesar 1,5 t-2 t ha^{-1} Kalsium Silikat. Hasil penelitian Suriadikarta (2010), dosis terbaik untuk pertumbuhan dan bobot kering tanaman padi adalah sebasar 800 kg ha^{-1} Kalsium Silikat. Bila hasil tanaman padi 10 t ha^{-1} gabah, maka Si yang diambil oleh tanaman sebesar 1 t ha^{-1}. Imaizumi dan Yoshida (1958) *dalam* De Data (1981), melaporkan bahwa rata-rata Si yang diambil tanaman padi sebesar 443 kg ha^{-1}.

Tanaman padi mengalami defisiensi Si adalah bila kadar Si dalam jerami tanaman padi yang sudah matang sebesar 5%, sedangkan dalam tanah sebesar 300 mg kg^{-1} (Sumida, 1970 *dalam* Husnain *et al*. 2008). Tujuan penelitian ini untuk mengetahui efektivitas pupuk Silikat terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman padi sawah di lapang.

BAHAN DAN METODE

Lokasi dan waktu penelitian

Penelitian pupuk Silikat dilaksanakan di lapang pada lahan sawah petani, pada jenis Tanah Ultisol Bogor, dimulai pada bulan Februari sampai dengan bulan Juni 2011**.** Lahan sawah yang digunakan merupakan lahan sawah irigasi setengah teknis atau irigasi pedesaan.

Bahan dan alat penelitian

Bahan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah pupuk Urea, SP-36, KCl, dan pupuk Silikat. Selain itu untuk digunakan juga obat-obatan terutama insektisida dan pestisida untuk pencegahan dan pemberantasan hama dan penyakit. Bahan lainya ATK, karung plastik , kantong plastik, meteran dan bor tanah.

Metode penelitian

Rancangan percobaan dan perlakuan

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (*randomized complete block design*) (Gomez and Gomez, 1984), dengan 12 perlakuan dan 3 ulangan. Takaran pupuk Silikat yang diuji disajikan pada Tabel 1 dengan tanaman indikator padi sawah. Sebagai pupuk dasar digunakan pupuk N, P, K yang berasal dari Urea, SP-36 dan KCl, dengan dosis pupuk 300 kg ha^{-1} Urea, 100 kg ha^{-1} SP-36, dan 100 kg ha^{-1} KCl.

Pelaksanaan penelitian

Kegiatan diawali dengan pembuatan petunjuk pelaksanaan penelitian, penyiapan bahan dan peralatan, penentuan lokasi percobaan yang berstatus silikat rendah, kemudian dilakukan pengambilan contoh tanah komposit kedalaman 0-20 cm untuk analisis tanah.

Pupuk Silikat diberikan 2 minggu sebelum tanam, pupuk Urea, SP-36 dan KCl diberikan saat tanam disebar pada petak tanam. Pupuk Urea diberikan 2 kali pemberian yaitu setengah dosis saat tanam dan setengah dosis lagi pada umur 30 hari setelah tanam. Tanaman padi yang digunakan adalah varietas Ciherang dipelihara hingga hasil tanaman dipanen. Tanaman dijaga dari serangan hama dan penyakit. Apabila jumlah serangan hama masih sedikit (< 5%) maka dilakukan *handpicking*, tetapi apabila serangan hama atau penyakit > 5% maka dilakukan penyemprotan dengan pestisida/insektisida.

Tabel 1. Perlakuan dan takaran pupuk anorganik Silikat terhadap tanaman padi sawah

No	Perlakuan	Pupuk			
		Urea	SP-36	KCl	Dosis silikat
		..... kg ha^{-1}			kg ha^{-1}
1	Kontrol Lengkap	-	-	-	-
2	Silikat	-	-	-	1000
3	NPK (partial kontrol)	300	100	100	-
4	NPK + Silikat-1	300	100	100	100
5	NPK + Silikat-2	300	100	100	250
6	NPK + Silikat-3	300	100	100	500
7	NPK + Silikat-4	300	100	100	1000
8	NPK + Silikat-5	300	100	100	1500
9	NPK + Silikat-6	300	100	100	2000
10	NK(P75) + Silikat-4	300	75	100	1000
11	NK(P50) + Silikat-4	300	50	100	1000
12	NK(P25) + Silikat-4	300	25	100	1000

Pengamatan pertumbuhan dan pemanenan

Pengamatan tinggi tanaman dan jumlah anakan dilakukan pada setiap 2 minggu hingga menjelang panen, yaitu 4, 6, 8, dan 10 minggu setelah tanam. Tanaman padi dipanen umur 110 hari. Hasil tanaman dinyatakan dalam bobot kering panen, dan serta kulitas biji (gabah hampa dan bernas), dan bobot 1000 butir. Contoh tanah sebelum tanam diambil untuk analisa pH H_2O dan KCl, C-organik, N-total, P dan K terekstrak HCl 25%, P Bray 1 basa-basa dapat ditukar, KTK KB dan kadar SiO_2 tersedia.

Pengolahan data

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan yang diberikan dilakukan analisis ragam (anova) dan pengujian beda antar perlakuan dengan uji beda nyata Duncan pada selang kepercayaan 95%. Efektivitas pupuk dihitung dengan menggunakan relative agronomic effectiveness (RAE). Nilai RAE adalah perbandingan antara kenaikan hasil karena penggunaan pupuk yang diuji dengan kenaikan hasil pada pupuk standar dikalikan 100% (Machay *et al*. 1984).

$$RAE = \frac{\text{Hasil pada Pupuk yang diuji} - \text{Hasil pada Kompos}}{\text{Hasil pada Pupuk Standar} - \text{Hasil pada Kompos}} \times 100\%$$

Nilai usahatani

Selain nilai RAE, juga dilakuan analisa usaha tani dengan menggunakan perhitungan analisis ekonomi B/C dan atau IBCR. B/C ratio dihitung berdasarkan keuntungan bersih dibagi biaya pengeluaran sedangkan, IBCR dihitung berdasarkan nilai

penerimaan pupuk yang diuji dikurangi kontrol dibagi pengeluaran pupuk yang diuji dikurangi kontrol. Bila nilai B/C atau IBCR > 1 berarti pupuk yang dijuji mempunyai nilai ekonomis yang baik (Permentan, 2007).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat-sifat tanah percobaan

Penelitian ini dilaksanakan pada lahan sawah dengan jenis tanah Ultisol yang berasal dari tanah ultisol Cibungbulang, Bogor, dengan sifat-sifat tanahnya disajikan pada (Tabel 2).

Berdasarkan hasil analisis tanah pada Tabel 2 diatas tanah percobaan termasuk agak masam, bertekstur liat berdebu, kadar C rendah, kadar N sangat rendah, kadar P_2O_5 potensial tinggi tetapi yang tersedia sangat rendah, kadar K_2O potensial rendah. KTK tanah sangat rendah, Si tersedia dan kejenuhan basa (KB) rendah. Tanah seperti ini memang sangat memerlukan pemupukan dan bahan amelioran seperti bahan organik dan Silikat.

Tabel 2. Sifat-sifat tanah percobaan

No	Jenis analisis	Hasil	Keterangan
1	pH	4,9	masam
2	Tekstur (%) :		-
	Pasir	21	liat berdebu
	Debu	32	-
	Liat	47	-
3	C (%)	1,93	rendah
	N (%)	0,15	sangat rendah
	C/N	13	baik
4	HCl 25 %		-
	P_2O_5 (mg 100 gr^{-1})	85	tinggi
	K_2O (mg 100 gr^{-1})	16	rendah
	Bray 1		-
	P2O5 (ppm)	10	rendah
5	KTK cmol(+) kg^{-1}	1,99	sangat rendah
6	Si tersedia (NH_4OAC, pH 4,0) ppm	35,3	rendah
7	Al dapat ditukar cmol(+) kg^{-1}	0,05	sangat rendah
8	H+ cmol(+) kg^{-1}	0,16	rendah
9	KB (%)	29	rendah

Kualitas pupuk silikat

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan oleh Laboratorium Balai Penelitian Tanah pupuk silikat ini termasuk kedalam pupuk anorganik, berbentuk butiran dengan

kadar air 1,82%, kadar Silikat 37,50%, CaO 43,50%, MgO 2,79%, Cd 0,23 ppm, As 12,1 ppm, Hg 0,41 ppm, dan Pb tidak terdeteksi. Dari hasil analisis tersebut menunjukan bahwa pupuk silikat tersebut tidak berbahaya untuk lingkungan karena kadar logam beratnya rendah.

Pertumbuhan tanaman

Tinggi tanaman

Data hasil pengamatan rata-rata tinggi tanaman pada umur 4, 6, 8, dan 10 minggu setelah tanam (MST) disajikan pada (Tabel 3).

Berdasarkan data pada Tabel 3 di atas tinggi tanaman padi pada umur 4 dan 6 MST menunjukkan perbedaan yang tidak nyata diantara perlakuan kecuali dengan kontrol dan perlakuan silikat saja. Tinggi tanaman tertinggi diperoleh pada perlakuan NPK saja dengan rata-rata 52,6 cm pada umur 4 MST, tetapi pada umur 6 MST pada perlakuan 1000 kg silikat dengan rata-rata 73,8 cm sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan NPK (partial kontrol) namun perbedaannya tidak nyata. Tetapi pada umur 8 MST tinggi tanaman rata-rata tertinggi pada perlakuan NPK saja tetapi beberbeda nyata dengan perlakuan kontrol, perlakuan silikat saja, 100 kg silikat ha^{-1}, 250 kg silikat ha^{-1}, 1500 kg silikat ha^{-1}, dan NK (P25) + 1000 kg Silikat. Pada umur 10 MST pemberian pupuk silikat menunjukan pengaruh yang nyata terhadap perlakuan kontrol, silikat saja dan terhadap perlakuan NK (P25) + 1000 silikat ha^{-1}. Pemberian silikat secara umum tidak menunjukan pengaruh yang nyata terhadap pertumbuhan tanaman padi.

Tabel 3. Rata-rata tinggi tanaman pada masing-masing perlakuan

No	Perlakuan	Rata-rata tinggi tanaman (cm)			
		4 MST	6 MST	8 MST	10 MST
1	Kontrol lengkap	44,6 bc	53,6 b	65,2 d	85,6 c
2	Silikat	41,2 c	52,8 b	64,3 d	82,4 c
3	NPK (partial kontrol)	52,6 a	73,7 a	87,6 a	100,7 a
4	NPK + S1	51,4 a	71,7 a	83,2 bc	95,7 b
5	NPK + S2	51,5 a	72,1 a	82,0 bc	97,3 ab
6	NPK + S3	51,5 a	72,0 a	84,4 abc	99,2 ab
7	NPK + S4	51,6 a	73,8 a	83,8 abc	97,9 ab
8	NPK + S5	51,2 a	70,2 a	82,7 bc	97,4 ab
9	NPK + S6	50,1 a	70,3 a	86,0 ab	99,3 ab
10	NK(P75) + Si 4	50,9 a	71,2 a	85,9 ab	97,7 ab
11	NK(P50) + Si 4	47,8 ab	72,5 a	85,2 abc	98,7 ab
12	NK(P25) + Si 4	44,8 bc	68,3 a	81,3 c	95,6 b

Jumlah anakan

Data hasil pengamatan rata-rata jumlah anakan pada umur tanaman 4, 6, 8, dan 10 minggu setelah tanam (MST) disajikan pada (Tabel 4).

Tabel 4. Rata-rata jumlah anakan dan malai produktif pada masing-masing perlakuan

No	Perlakuan	Rata-rata jumlah anakan			Malai produktif/ perumpun
		4 MST	6 MST	8 MST	10 MST
1	Kontrol Lengkap	18,2 c	17,2 b	17,8 b	11,8 ns
2	Silikat	17,3 c	17,9 b	18,2 b	11,9
3	NPK (partial kontrol)	25,0 a	25,3 a	26,4 a	12,8
4	NPK + S1	23,7 ab	25,1 a	25,5 a	11,8
5	NPK + S2	25,1 a	25,1 a	25,9 a	12,9
6	NPK + S3	23,1 ab	23,4 a	24,8 a	13,4
7	NPK + S4	23,3 ab	24,1 a	26,2 a	12,7
8	NPK + S5	22,9 ab	25,3 a	26,0 a	12,6
9	NPK + S6	23,2 ab	23,3 a	24,5 a	13,1
10	NK(P75) + Si 4	21,4 abc	23,5 a	24,8 a	12,8
11	NK(P50) + Si 4	20,4 abc	24,5 a	25,9 a	13,6
12	NK(P25) + Si 4	19,9 bc	22,8 a	24,1 a	12,6

Berdasarkan Tabel 4. rata-rata jumlah anakan pada umur tanaman 4 MST tidak menunjukan perbedaan yang nyata antara perlakuan N, P, K dengan perlakuan lainnya kecuali terhadap perlakuan kontrol, silikat saja dan perlakuan no.12 yaitu perlakuan NK(P25) + 1000 kg silikat, Pada umur 6 MST dan 8 MST pemberian pupuk silikat nyata meningkatkan jumlah anakan tanaman padi dibandingkan dengan perlakuan kontrol dan silikat saja, tetapi tidak nyata antar perlakuan kombinasi pupuk silikat dengan perlakuan N,P, K saja.

Selanjutnya untuk jumlah malai produktif walaupun tidak berbeda nyata diantara perlakuan tetapi pemberian silikat 500 kg ha^{-1} menunjukan jumlah malai produktif yang tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya dengan rata-rata jumlah malai 13,5/rumpun. Selanjutnya pemberian silikat 1000 kg ha^{-1} + NK (P50) juga menunjukan jumlah malai produktif tertinggi dengan rata-rata 13,6/rumpun, dengan demikian pemberian silikat ini dapat mengurangi kebutuhan pupuk P sampai 50 kg ha^{-1} (50% dari dosis rekomendasi) dibandingkan dengan NPK saja hanya sebanyak 12,8 malai/rumpun,

Hasil tanaman

Produksi tanaman telah diamati beberapa parameter yaitu bobot 1000 butir gabah kering, dan bobot jerami kering disajikan pada Tabel 5. dan hasil gabah kering panen (GKP) disajikan pada (Tabel 6).

Tabel 5. Rata-rata bobot 1000 butir dan bobot jerami kering tanaman

No	Perlakuan	Bobot 1000 butir gabah (gr)	Bobot jerami kering (t ha^{-1})
1	Kontrol Lengkap	18,6 d	4,2 c
2	Silikat	19,2 bc	5,0 bc
3	NPK (partial kontrol)	19,5 ab	6,8 a
4	NPK + S1	19,6 ab	7,0 a
5	NPK + S2	19,7 ab	6,3 ab
6	NPK + S3	19,7 ab	6,7 a
7	NPK + S4	19,8 a	6,7 a
8	NPK + S5	18,7 cd	6,8 a
9	NPK + S6	19,7 ab	6,7 a
10	NK(P75) + Si 4	19,4 ab	6,5 ab
11	NK(P50) + Si 4	19,8 a	7,6 a
12	NK(P25) + Si 4	19,7 ab	6,5 ab

Dari Tabel 5 dapat dilihat bahwa pengaruh pupuk silikat terhadap bobot 1000 butir cukup berpengaruh walaupun tidak nyata diantara kombinasi perlakuan dosis silikat, kecuali terhadap Bobot 1000 butir tertinggi diperoleh pada perlakuan no.7 dan no 11 yaitu pemberian silikat 1000 kg ha^{-1} dan dengan mengurangi dosis P 50% yang dikombinasikan dengan silikat 1000 kg ha^{-1}.

Selanjutnya untuk bobot kering jerami perlakuan terbaik juga sama pada no.11 dengan bobot jerami kering rata-rata sebesar 7,6 t ha^{-1}, sedang perlakuan pupuk NPK saja hanya 6,8 t ha^{-1} namun secara statistik tidak berbeda nyata Namun ada indikasi penggunaan silikat mengurangi terhadap kebutuhan hara fosfor.

Pengaruh pupuk silikat terhadap bobot gabah kering panen (GKP) disajikan pada Tabel 6. Hasil tertinggi diperoleh oleh perlakuan NPK dengan pengurangan pupuk P sebesar 50% dan 1000 kg silikat ha^{-1} sebesar 7,4 t ha^{-1} GKP, namun tidak berbeda nyata dengan dengan perlakuan lain kecuali dengan control dan silikat saja. Berdasarkan data bobot gabah kering panen (GKP), ada indikasi bahwa penggunaan silikat 1000 kg ha^{-1} telah dapat mengurangi kebutuhan pupuk P sampai separuhnya (50%) dari dosis rekomendasi, yaitu 50 kg SP-36 dan dengan peningkatan produksi sebesar 12 % atau nilai RAE 112 % (Tabel 6).

Nilai usahatani

Penilaian terhadap nilai usaha tani dapat dilakukan dengan menghitung nilai BC, atau R/C dan atau IBCR. Nilai IBCR adalah (penerimaan dari pupuk uji dikurangi kontrol) dibagi (pengeluaran pupuk uji dikurangi kontrol). Bila nilainya > 1 berarti pupuk yang diuji mempunyai nilai ekonomis yang baik

Tabel 6. Hasil tanaman dan nilai RAE masing-masing perlakuan

No	Perlakuan	GKP (t ha^{-1})	RAE (%)
1	Kontrol Lengkap	5,5 d	-
2	Silikat	6,2 c	41
3	NPK (partial kontrol)	7,2 ab	100
4	NPK + S1	6,6 bc	65
5	NPK + S2	7,0 ab	88
6	NPK + S3	6,9 ab	82
7	NPK + S4	6,9 ab	82
8	NPK + S5	6,9 ab	82
9	NPK + S6	6,9 ab	82
10	NK(P75) + Si 4	6,9 ab	82
11	NK(P50) + Si 4	7,4 a	112
12	NK(P25) + Si 4	7,3 ab	106

Pengeluaran tenaga kerja

Biaya pengeluaran upah tenaga kerja, pupuk dan obat-obatan per ha untuk tanaman padi sawah disajikan pada Tabel 7. Cara perhitungan biaya untuk masing-masing perlakuan disajikan pada (Tabel Lampiran 1).

Tabel 7. Pengeluaran untuk masing-masing perlakuan

Perlakuan	Upah X Rp.1000,-	Masukan		Total X Rp.1000,-
		Pupuk x Rp.1000,-	Obat-obatan(RP) x Rp.1000	
Kontrol Lengkap	5000	0	200	5.200
Silikat	5200	350	200	5.400
NPK standar	5200	2.120	200	7.520
NPK standar + S1	5200	2.155	200	7.555
NPK standar + S2	5200	2.207	200	7.607
NPK standar + S3	5200	2.295	200	7.695
NPK standar + S4	5200	2.470	200	7.870
NPK standar + S5	5200	2.645	200	8.045
NPK standar + S6	5200	2.820	200	8.220
N(P75) K + Si 4	5200	2.390	200	7.790
N(P50) K + Si 4	5200	2.310	200	7.710
N(P25) K + Si 4	5200	2.230	200	7.630

Penerimaan

Penerimaan dihitung berdasarkan hasil yang diperoleh dari masing-masing perlakuan dalam t ha^{-1} GKP dikalikan harga yang berlaku saat ini. Harga gabah saat ini sekitar Rp. 3000,- kg^{-1} atau Rp. 3.000.000,- ton^{-1} GKP. Penerimaan masing-masing perlakuan disajikan pada (Tabel 8).

Tabel 8. Penerimaan masing-masing perlakuan

No	Perlakuan	GKP ($t\ ha^{-1}$)x Rp.1000,-	Penerimaan Rp.x 1000
1	Kontrol Lengkap	5,5 x Rp.3000,-	16500
2	Silikat	6,2 x Rp.3000,-	18600
3	NPK standar	7,2 x Rp.3000,-	21600
4	NPK standar + S1	6,6 x Rp.3000,-	19800
5	NPK standar + S2	7,0 x Rp.3000,-	21000
6	NPK standar + S3	6,9 x Rp.3000,-	20700
7	NPK standar + S4	6,9 x Rp.3000,-	20700
8	NPK standar + S5	6,9 x Rp.3000,-	20700
9	NPK standar + S6	6,9 x Rp.3000,-	20700
10	N(P75) K + Si 4	6,9 x Rp.3000,-	20700
11	N(P50) K + Si 4	7,4 x Rp.3000,-	22200
12	N(P25) K + Si 4	7,3 x Rp.3000,-	21900

Untuk menghitung secara ekonomis maka nilai B/C, dan IBCR disajikan pada Tabel 9. Berdasarkan Tabel 9. maka keuntungan tertinggi diperoleh pada perlakuan no.11 yaitu NPK standar dengan pengurangan pupuk SP-36 sebesar 50 kg ha^{-1}, sebesar Rp.14.490.000,- dengan B/C ratio 1,9 dan IBCR 7,3. Dibandingkan dengan perlakuan NPK standar tanpa penggunaan silikat keuntungan diperoleh lebih besar yaitu Rp. 410.000,- (empat ratus sepuluh ribu rupiah), tetapi bila dibandingkan dengan kontrol sebesar Rp. 3.490.000,- (tiga juta empat ratus sembilan puluh rupiah). Penggunaan pupuk silikat ini nampaknya tidak langsung kelihatan pada musim pertama tetapi pada musim berikutnya karena kelarutan pupuk silikat perlu waktu (*redidual effect*).

Tabel 9. B/C dan IBCR pada masing-masing perlakuan

Perlakuan	Pengeluaran (Rp) x 1000	Penerimaan (Rp) x 1000	Keuntungan (Rp) x 1000	IB/C	IBCR
Kontrol Lengkap	5.200	16500	11.300	2,1	-
Silikat	5.750	18600	12.850	2,2	1,7
NPK standar	7.520	21600	14.080	1,9	1,8
NPK standar + S1	7.555	19800	12.245	1,6	2,1
NPK standar + S2	7.607,5	21000	13.392,5	1,8	1,9
NPK standar + S3	7.695	20700	13.005	1,7	2,0
NPK standar + S4	7.870	20700	12.830	1,6	2,1
NPK standar + S5	8.045	20700	12.655	1,6	2,1
NPK standar + S6	8.220	20700	12.480	1,5	2,1
N(P75) K + Si 4	7.790	20700	12.910	1,7	2,0
N(P50) K + Si 4	7.710	22200	14.490	1,9	1,8
N(P25) K + Si 4	7.630	21900	14.270	1,9	1,8

KESIMPULAN

1. Pemberian silikat nyata meningkatkan pertumbuhan tanaman dan jumlah anakan dibandingkan dengan kontrol tetapi tidak nyata dengan perlakuan NPK saja (partial kontrol)
2. Pemupukan silikat tidak menunjukan pengaruh yang bebeda nyata terhadap jumlah malai produktif tetapi jumlah malai produktif tertinggi diperoleh pada pengurangan pupuk SP-36 50% dengan pemberian silikat 1000 kg ha^{-1}.
3. Hasil tertinggi diperoleh pada perlakuan dengan pengurangan pupuk SP-36 50% ditambah 1000 kg silikat ha^{-1}. Hasilnya diperoleh sebesar 7,4 t ha^{-1} GKP, dengan nilai RAE sebesar 112%, dengan B/C ratio 1,9 dan IBCR 7,3.
4. Penggunaan pupuk silikat 1.000 kg ha^{-1} dapat mengurangi kebutuhan pupuk posfat sebesar 50% dari dosis rekomendasi.

DAFTAR PUSTAKA

De Data, S.K., 1981. Principles and Practices of Rice Production. John Wiley & Sons. New York.

Gomez, K.A. and A.A. Gomez, .1984. Statistical Procedures for Agriculture Research. An International Rice Research Institute Book. John Wiley and Sons.

Husnain, T. Watkasuki, D. Setyorini, Hermansyah, K. Sato, and T. Matsunaga. 2008. Silica availability in soils and river water in two watersheds on Java Island, Indonesia. Japanese Society of Soil Science and Plant Nutrition.

Machay, A.D., J.K. Syers, and P.E.H. Gregg. 1984. Ability of chemical extraction procedures to assess the agronomic effectiveness of phosphate rock material. New Zealand Journal of Agricultural Research 27: 219 -230

Permentan, 2007. Peraturan Menteri Pertanian Tentang Tata cara Pendaftaran pupuk organic dan anorganik, No 02/Pert/HK.060/2/2006 tentang Persyaratan dan Tatacara Pendaftaran Pupuk Organik dan Pembenah Tanah.

Suriadikarta, D.A. 2010. Laporan hasil penelitian uji efektivitas pupuk Silikat di Rumah kaca. Balai Penelitian Tanah, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2010.

Lampiran Tabel 1. Rata-rata biaya upah penanaman padi sawah ha^{-1}

No	Jenis pengeluaran	Besarnya biaya (Rp)
1.	Tenaga kerja:	-
2.	Pengolahan tanah	1.200.000,-
3.	Penananman	800.000,-
4.	Pemupukan *)	200.000,-
5.	Penyiangan	800.000,-
6.	Penyemprotan hama dan penyakit	200.000,-
7.	Pengairan	1.500.000,-
8.	Panen	500.000,-
9.	Pembelian obat hama dan penyakit	200.000,-
	Total biaya ha^{-1} tanaman padi	5.400.000,-

*) Catatan: untuk perlakuan kontrol tidak ada biaya pemupukan dan beli pupuk

Pengelolaan Hara Silika pada Tanah Pertanian di Indonesia

21

Husnain, Sri Rochayati, dan Ibrahim Adamy

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Tanah, Jl. Tentara Pelajar No. 12 Bogor 16114

Abstrak. Tanah-tanah di daerah beriklim tropis cenderung mengalami pelapukan dan proses desilikasi yang cepat ditandai dengan hilangnya basa-basa dan silika (Si) dari mineral-mineral tanah. Sementara itu Si diperlukan dalam jumlah besar oleh tanaman terutama famili *Angiospermae* seperti padi dan tebu. Unsur hara Si belum banyak dikenal dan diketahui bahwa tanah sawah dapat mengalami defisiensi hara Si tersebut. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui respon tanaman padi terhadap pemberian silika. Penelitian dilakukan di tiga lokasi di lapangan yaitu Taman Bogo, Lampung; Pariaman, Sumatera Barat dan Maros, Sulawesi Selatan. Hasil penelitian menunjukkan tanaman padi respon terhadap pemberian unsur hara silika. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian pupuk silika 160-200 kg ha^{-1} memberikan hasil yang tidak berbeda nyata dengan kombinasi kompos jerami dan abu sekam serta perlakuan terak baja. Hasil percobaan lapangan di Maros dan Pariaman memberikan hasil tertinggi gabah kering panen berturut-turut 7,11 t ha^{-1} dan 8,04 t ha^{-1} dengan perlakuan kompos jerami (5.000 kg ha^{-1}) + abu sekam (100 kg ha^{-1}). Sedangkan hasil tertinggi di Taman Bogo diperoleh pada dua perlakuan yaitu pupuk Si (160 kg ha^{-1}) dan terak baja 1.000 kg ha^{-1}. Hasil percobaan menunjukkan bahwa pemberian unsur hara silika mampu meningkatkan hasil padi. Peningkatan hasil padi nyata dengan pemberian Si yang dapat diperoleh dari berbagai sumber alam yaitu kompos jerami, sekam padi, terak baja, dan pupuk silika.

Kata kunci: Pupuk silika, kompos jerami, abu sekam, terak baja, desilikasi

Abstract. *Decreasing of soil available silica in tropical soils mostly caused by dessilication. Silicon is a beneficial element for rice and sugarcane. The main purpose of this study is to evaluate rice plant response on the application of silica. The research was done in farmer fields in three sites i.e Taman Bogo, Lampung; Maros, South Sulawesi and Pariaman, West Sumatra. The result of on farm trial showed that applying 160 kg ha^{-1} to 200 kg ha^{-1} silica fertilizer produced higher yield in all study sites and it was not significantly different with applying straw compost and rice husk ash and sludge. The highest rice yields found in Taman Bogo, Maros, and Pariaman were about 6.34 ton ha^{-1}, 7.11 t ha^{-1}, and 6.44 t ha^{-1}, respectively. As summary, applying rice straw compost and rice husk as in to the rice filed could substitute Si lost through harvest as well as Si fertilizer.*

Keywords: *Silica fertilizer, straw compost, rice husk ash, sludge, dessilication*

PENDAHULUAN

Program peningkatan produktivitas tanaman pangan melalui perbaikan teknologi pemupukan telah berhasil meningkatkan produksi tanaman pangan terutama padi. Namun demikian, sejak dua dekade terakhir telah terjadi pelandaian dan *stagnancy* produktivitas

padi (FAOSTAT, 2005). Peningkatan teknologi pemupukan NPK tidak mampu meningkatkan produktivitas seperti yang diharapkan. Pengelolaan unsur hara tanah yang belum berimbang dan optimal merupakan penyebab utama pelandaian produktivitas tersebut. Kekurangan unsur hara mikro seperti Zn, Cu, Fe, Mn, Mo, B serta unsur hara *beneficial* Si merupakan salah satu kendala dalam mencapai produktivitas tanaman padi yang optimal. Hingga saat ini belum banyak penelitian diarahkan untuk unsur-unsur tersebut.

Kekurangan unsur hara mikro dan unsur hara *beneficial* Si dapat menurunkan produktivitas optimum tanaman. Unsur hara mikro dibutuhkan tanaman dalam jumlah kecil tetapi sangat vital dalam menunjang sistem produksi tanaman. Sedangkan unsur hara Si merupakan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman padi dalam jumlah besar. Unsur silika (Si) telah lama dilaporkan sebagai unsur hara penting bagi beberapa tanaman pangan termasuk padi dan tebu (Epstein 1999; Matichenkov and Calvert 2002). Silika (Si) dikenal sebagai *beneficial element* untuk tanaman padi (Epstein, 1999). Meskipun syarat sebagai unsur hara esensial tidak terpenuhi, unsur ini telah lama diketahui diserap tanaman dalam jumlah besar terutama tanaman akumulator Si. Beberapa tanaman akumulator Si diantaranya adalah famili *Gramineae* dan *Cyperaceae* (Ma and Takahashi, 2002). Kebutuhan unsur hara Si tanaman padi jauh melebihi kebutuhan unsur hara makro N, P maupun K. Untuk setiap 5 t ha^{-1} hasil padi, dikeluarkan sebanyak 230-470 kg Si ha^{-1} oleh tanaman padi, sedangkan N, P, dan K berkisar 75-120 kg N ha^{-1}, 20-25 kg P ha^{-1}, dan 23-257 kg K ha^{-1} berturut-turut (Casman *et al.* 1997; Dobermann *et al*. 1996a,b; Yoshida, 1981). Namun tidak seperti unsur hara N, P, dan K, Si belum mendapat perhatian dalam peranannya sebagai unsur hara. Padahal menurut Savant *et al*. (1997a,b), rendahnya ketersediaan Si pada tanah-tanah sawah di daerah tropis merupakan salah satu penyebab penurunan produktivitas tanaman padi.

Sumber unsur hara Si bagi tanaman berasal dari tanah, air irigasi, dan residu tanaman seperti jerami dan sekam padi apabila dikembalikan ke dalam tanah. Kandungan Si tersedia di dalam tanah sawah tidak berbanding lurus dengan kandungan totalnya. Sehingga meskipun total kandungan Si dalam tanah tinggi (43-70%wt), tetapi kandungan Si tersedia bisa sangat rendah. Ketersediaan Si di dalam tanah terutama di daerah tropis sangat rendah disebabkan oleh proses desilikasi. Namun demikian ketersediaan Si dalam tanah juga dipengaruhi oleh sebaran bahan induk, iklim, dan pengelolaan lahan. Rata-rata kandungan Si pada tanah-tanah sawah di daerah tropis di Asia berkisar antara 104 hingga 629 mg SiO_2 kg^{-1} (Kawaguchi and Kyuma, 1977). Batasan kritis unsur hara silika (SiO_2) untuk tanaman padi menurut Sumida (1992) adalah 300 mg kg^{-1}, sedangkan batas kritis yang lebih rendah dilaporkan sekitar 126 mg kg^{-1} (Yang *et al*. 2011), 86 mg kg^{-1} (Dobermann and Fairhurst, 2000), pada tanah Histosols sekitar 40 mg kg^{-1} (Korndorfer *et al*. 2001). Batasan kritis kebutuhan Si untuk jenis tanah dapat berbeda-beda. Untuk tanah sawah di Indonesia khususnya belum ada batasan kritis Si sehingga ke depan perlu

dilakukan penelitian penetapan batasan kritis tersebut. Sampai saat ini masih mengacu kepada kriteria Sumida (1992).

Pemahaman dan penelitian tentang Si sebagai nutrisi tanaman masih sangat terbatas di Indonesia. Belum ada sejarah pemupukan tanah sawah dengan Si. Dengan demikian metode penetapan yang digunakan juga belum berkembang. Selama ini dipahami bahwa ketersediaan Si sangat tinggi apabila total Si di dalam tanah juga tinggi. Namun kenyataannya tidak demikian, tingginya total kandungan Si tidak berkorelasi positif dengan ketersediaannya bagi tanaman (Husnain, 2009). Untuk memahami apakah tanah-tanah sawah di Indonesia membutuhkan unsur hara Si maka dilakukan penelitian bertujuan untuk mengetahui respon tanaman padi terhadap pemberian Si.

METODOLOGI PENELITIAN

Kegiatan penelitian dilakukan pada tahun 2011 di tiga lokasi yaitu Taman Bogo, Lampung; Desa Punggung Kasiek, Kecamatan Lubuk Alung, Padang Pariaman, Sumatera Barat dan Desa Talamengape, Maros, Sulawesi Selatan. Penelitian merupakan percobaan respon pemupukan dari berbagai sumber Si baik pupuk silika maupun sumber Si *in situ* seperti jerami dan sekam padi. Percobaan dilakukan di lahan sawah yang memiliki kandungan Si rendah. Lokasi percobaan adalah di Taman Bogo, Lampung; Pariaman, Sumatera Barat dan Maros, Sulawesi Selatan yang merupakan daerah sentra padi.

Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan 9 perlakuan yang diulang tiga kali. Petak perlakuan yang digunakan disesuaikan dengan kondisi lapangan berukuran 4 x 5 m^2. Varietas padi yang ditanam adalah padi IR-42 di Pariaman, Sumatera Barat; Inpari 13 di Taman Bogo, Lampung dan Inpari 4 di Maros, Sulawesi Selatan. Pengamatan dilakukan terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman. Analisis tanah merupakan analisis rutin ditambah penetapan Si tersedia menggunakan metode ekstraksi dengan *acetate buffer* 1N, pH 4,0.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik tanah di lokasi penelitian

Hasil analisis tekstur dan sifat kimia tanah di lokasi penelitian ditampilkan dalam (Tabel 1). Percobaan lapangan dilakukan pada tanah sawah di Taman Bogo, Pariaman, dan Maros dengan kandungan Si tersedia berturut-turut 281, 94, dan 195 mg kg^{-1}. Kandungan Si tersedia pada percobaan lapangan dilakukan pada jenis tanah dengan Si rendah.

Karakteristik sifat tanah secara umum dijelaskan sebagai berikut: tanah Ultisols di Lampung memiliki tekstur lempung liat berpasir dengan pH masam dan kandungan bahan organik serta hara lainnya tergolong rendah hingga sangat rendah. Tanah sawah irigasi di Pariaman, Sumatera Barat juga tergolong masam karena bahan induk yang masam, bertekstur lempung dengan kandungan hara tergolong sedang hingga rendah. Tanah sawah di Maros, Sulawesi Selatan memiliki pH netral dengan tekstur tanah liat berdebu. Kandungan bahan organik termasuk rendah namun tanah ini kaya akan basa-basa tertukar.

Tabel 1. Karakteristik tanah awal yang digunakan dalam percobaan lapangan

Parameter	Ultisols Lampung	Keterangan	Pariaman Sumatera Barat	Keterangan	Maros Sulawesi Selatan	Keterangan
pH:						
H_20	5,0	Masam	4,9	Masam	6,9	Netral
KCl	4,1		4,4		5,9	
Tekstur:						
Pasir (%)	54	Lempung liat	49	Lempung	12	Liat
Debu (%)	22	berpasir	32		46	berdebu
Liat (%)	24		19		42	
Bahan organik:						
C (%)	0,90	S. rendah	2,67	Sedang	1,53	Rendah
N (%)	0,09		0,30		0,17	
C/N	10		9		9	
P_2O_5 HCl 25% (mg $100g^{-1}$)	37	Sedang	21	Sedang	81	S. tinggi
P_2O_5 Bray (mg kg^{-1})	4,7	S. rendah	4,0	S. rendah	14	Tinggi
K (cmol $_{(+)}$ kg^{-1})	0,07	S. rendah	0,09	S.rendah	0,23	Rendah
Ca	2,21	Rendah	9,41	Sedang	24,72	S. tinggi
Na	0,24	Rendah	0,19	Rendah	0,17	Rendah
Mg	0,36	S. rendah	0,95	S. rendah	2,16	Tinggi
KTK (cmol $_{(+)}$ kg^{-1})	4,71	S. rendah	17,57	Sedang	25,01	Tinggi
KB (%)	61	Sedang	61	Sedang	>100	S. tinggi
Al (KCl 1 M) (cmol $_{(+)}kg^{-1}$)	0,42	Sedang	Td		tt	
Kejenuhan Al (%)	0,31 16					
Avail. Si (mg kg^{-1})	281		94		195	
Parameter	Ultisols Lampung	Keterangan	Pariaman Sumatera Barat	Keterangan	Maros Sulawesi Selatan	Keterangan

Td: Tidak diukur
Tt: Tidak terukur

Hasil pengamatan percobaan lapangan

Hasil penelitian di tiga lokasi menunjukkan respon pemupukan Si yang hampir sama karena kandungan hara Si ketiga lokasi tergolong rendah. Hasil pengukuran tinggi tanaman dan jumlah anakan padi di lokasi Taman Bogo, Lampung; Maros, Sulawesi Selatan dan Pariaman, Sumatera Barat disajikan pada (Tabel 2, 3, dan 4).

Hasil pengamatan di Taman Bogo, Lampung menunjukkan bahwa pemupukan NPK yang diikuti dengan pemberian pupuk silika memberikan rata-rata hasil tinggi tanaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol dengan tinggi berkisar antara 56,13 cm hingga 58,03 cm, ini menunjukkan bahwa silika mampu meningkatkan tinggi tanaman padi. Akan tetapi tidak terlihat adanya pengaruh peningkatan dosis pemberian silika terhadap peningkatan tinggi tanaman baik pada awal pertumbuhan maupun memasuki fase generatif. Hal yang hampir sama terjadi pada parameter jumlah anakan. Kompos jerami dan abu sekam mampu mensuplai kebutuhan Si tanaman, yang ditandai dengan tidak adanya perbedaan hasil tinggi dan jumlah anakan yang nyata antara perlakuan lahan sawah yang dipupuk NPK dan diikuti pemberian jerami dan abu sekam dengan lahan sawah yang dipupuk NPK dan diikuti penambahan pupuk silika.

Tabel 2. Tinggi tanaman dan jumlah anakan padi sebagai respon terhadap pemupukan silika di lokasi Taman Bogo, Lampung

No.	Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)			Jumlah anakan (batang)		
		4 MST	8 MST	Menjelang panen	4 MST	8 MST	Menjelang panen
1.	Kontrol	52,33 b	90,90 b	92,33 b	11,00 b	8,83 b	8,33 b
2.	NPK Tunggal Dosis Rek.	55,87 ab	102,67 a	104,83 a	13,23 a	10,03 ab	9,33 ab
3.	NPK Tunggal + Si 20	56,20 ab	105,60 a	107,70 a	12,47 ab	10,53 a	9,60 ab
4.	NPK Tunggal + Si 40	56,40 ab	106,70 a	105,63 a	12,03ab	10,30 ab	9,73 a
5.	NPK Tunggal + Si 80	57,33 a	107,20 a	106,17 a	13,03 a	9,83 ab	9,83 a
6.	NPK Tunggal + Si 160	56,13 ab	105,20 a	107,63 a	13,10 a	10,83 a	9,87 a
7.	NPK Tunggal + Si 200	58,03 a	108,33 a	110,23 a	13,70 a	9,57 ab	9,87 a
8.	NPK Tgl + k. jerami + a. sekam	56,87 a	107,70 a	109,63 a	12,80 ab	10,57 a	9,67 ab
9.	NPK Tunggal + terak baja	57,63 a	105,97 a	108,40 a	12.53 ab	10.63 a	9.80 a

Tabel 3. Tinggi tanaman dan jumlah anakan padi sebagai respon terhadap pemupukan silika di Maros, Sulawesi Selatan

No.	Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)			Jumlah anakan (batang)		
		4 MST	8 MST	Menjelang Panen	4 MST	8 MST	Menjelang Panen
1.	Kontrol	46,17 b	52,30 b	98,63 b	6,03 c	11,87 d	10,10 d
2.	NPK Tunggal Dosis Rek.	48,40 ab	84,23 a	113,33 a	6,93 bc	19,00 abc	15,70 a
3.	NPK Tunggal + Si 20	54,30 a	92,37 a	113,47 a	9,67 a	20,10 ab	15,43 ab
4.	NPK Tunggal + Si 40	50,27 ab	88,93 a	113,70 a	8,30 ab	19,73 abc	15,60 ab
5.	NPK Tunggal + Si 80	47,17 b	88,67 a	113,77 a	6,70 bc	18,53 abc	14,90 b
6.	NPK Tunggal + Si 160	50,97 ab	89,20 a	113,30 a	8,10 abc	17,60 c	13,80 c
7.	NPK Tunggal + Si 200	49,50 ab	88,07 a	115,23 a	8,03 abc	19,87 ab	15,13 ab
8.	NPK Tggl + k. jerami + a. sekam	54,27 a	93,93 a	114,60 a	9,80 a	20,60 a	15,17 ab
9.	NPK Tunggal + terak baja	47,93 b	88,03 a	113,53 a	7,13 bc	18,03 bc	15,27 ab

Respon tanaman padi terhadap pemberian pupuk silika pada berbagai dosis pupuk silika di Maros, Sulawesi Selatan (Tabel 3) memperlihatkan bahwa pemupukan NPK yang dikombinasi dengan pemberian pupuk silika 200 kg ha^{-1} telah mampu memberikan hasil

tinggi tanaman dan jumlah anakan padi terbaik terutama di fase awal pertumbuhan. Tinggi tanaman dan jumlah anakan yang tercatat pada perlakuan ini berturut-turut adalah 54,30 cm dan 10 batang. Namun hingga menjelang fase primordia (8 MST) dosis 20 kg ha^{-1} pupuk silika tetap mampu mempertahankan suplai hara Si bagi tanaman padi. Hal ini ditunjukkan dengan tetap lebih tingginya tinggi tanaman dan jumlah anakan pada perlakuan dibandingkan dengan dosis pemupukan silika yang lebih tinggi maupun perlakuan tanpa silika kecuali pemupukan NPK yang diikuti dengan pemberian pupuk kompos jerami dan abu sekam. Sementara itu penggunaan terak baja pada lahan sawah yang dipupuk NPK tidak kalah hasilnya dengan perlakuan pemupukan NPK yang diikuti penambahan pupuk silika.

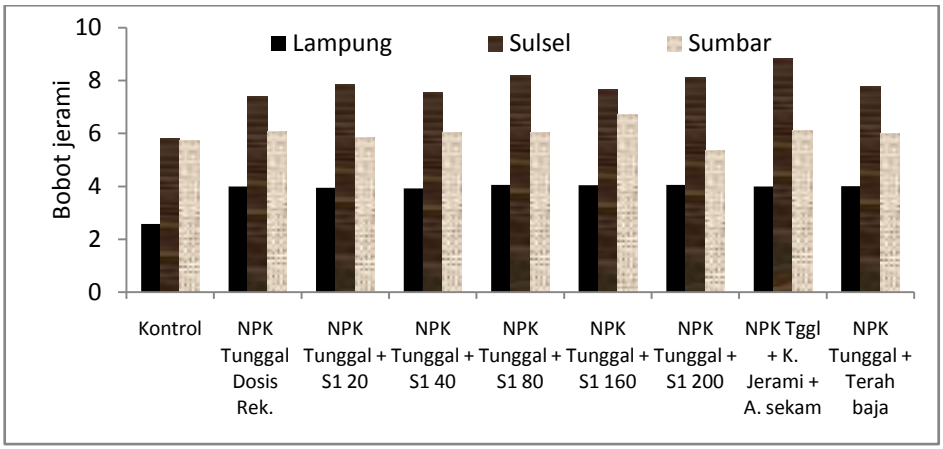
Tabel 4. Tinggi tanaman dan jumlah anakan padi sebagai respon terhadap pemupukan di lokasi Pariaman, Sumatera Barat

No.	Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)			Jumlah anakan (batang)		
		4 MST	8 MST	Menjelang panen	4 MST	8 MST	Menjelang panen
1.	Kontrol	53,43 b	76,52 a	102,57 ab	16,50 b	23,90 a	20,10 a
2.	NPK Tunggal Dosis Rek.	53,50 ab	80,28 a	101,25 ab	21,37 a	25,73 a	19,17 a
3.	NPK Tunggal + Si 20	53,47 ab	72,40 a	98,23 ab	20,17 a	26,17 a	19,50 a
4.	NPK Tunggal + Si 40	55,47 a	78,38 a	101,03 ab	22,13 a	25,73 a	19,77 a
5.	NPK Tunggal + Si 80	53,55 ab	77,85 a	96,45 b	21,13 a	26,10 a	20,73 a
6.	NPK Tunggal + Si 160	53,17 ab	81,78 a	103,77 ab	20,03 a	26,50 a	20,50 a
7.	NPK Tunggal + Si 200	52,90 ab	78,50 a	101,12 ab	19,37 a	24,50 a	18,10 a
8.	NPK Tggl + k. jerami + a. sekam	53,33 ab	80,03 a	101,73 ab	21,17 a	24,57 a	19,47 a
9.	NPK Tunggal + terak baja	54,52 a	80,38 a	104,92 a	21,27 a	23,17 a	18,07 a

Seperti di lokasi Lampung dan Sulawesi Selatan, pola peningkatan tinggi tanaman dan penambahan jumlah anakan padi di Sumatera Barat tidak jauh berbeda. Pada saat tanaman berumur satu bulan terlihat bahwa lahan sawah yang dipupuk NPK dan diikuti penambahan pupuk silika 40 kg ha^{-1} menghasilkan tinggi tanaman dan jumlah anakan padi tertinggi yaitu 55,47 cm dan 22 batang anakan. Sejalan dengan bertambahnya umur dan tinggi tanaman maka kebutuhan hara juga meningkat tak terkecuali Si. Berdasarkan pengamatan pada umur 8 MST hingga panen diketahui bahwa dosis 160 kg ha^{-1} pupuk silika memberikan hasil terbaik dengan tinggi tanaman saat panen 103,77 cm dan anakan produktif 21 batang.

Silika yang diserap tanaman akan terakumulasi di daun dan batang tanaman padi, tentu akan dapat mempengaruhi bobot kering jerami. Perbandingan bobot kering jerami di tiga lokasi penelitian Taman Bogo, Lampung; Maros, Sulawesi Selatan dan Pariaman, Sumatera Barat diilustrasikan dalam Gambar 3. Pemupukan NPK yang diimbangi dengan pemberian silika 80-200 kg ha^{-1} menghasilkan bobot jerami kering 4 t ha^{-1} dan bobot jerami kering paling rendah diperoleh dari petak kontrol. Hal serupa terjadi di lokasi penelitian Maros, Sulawesi Selatan dimana pemupukan silika 80-200 kg ha^{-1} menghasilkan bobot kering jerami sekitar 8 t ha^{-1}. Selain itu, pemupukan NPK yang

dibarengi dengan penambahan kompos jerami dan abu sekam justru menghasilkan bobot kering jerami padi tertinggi yaitu 8,8 t ha^{-1}. Ini berarti kompos jerami dan abu sekam mampu memenuhi kebutuhan hara silika tanaman dan menggantikan pupuk silika. Sementara di Pariaman, Sumatera Barat dosis 160 kg ha^{-1} pupuk silika menghasilkan bobot jerami tertinggi yaitu 6,7 t ha^{-1}.



Gambar 1. Bobot kering jerami di Lampung, Sulawesi Selatan, dan Sumatera Barat

Tidak hanya terkumpul dalam batang dan daun padi, silika juga terangkut hingga ke bulir padi. Keberadaan Si dalam jaringan tanaman akan meningkatkan daya tahan padi terhadap serangan hama dan penyakit dan juga rendemen padi. Peningkatan hasil padi sebagai respon terhadap pemberian pupuk NPK dan silika dapat disajikan dalam (Tabel 5).

Tabel 5. Bobot gabah kering giling (GKG) di lokasi Taman Bogo, Lampung; Maros, Sulawesi Selatan dan Pariaman, Sumatera Barat.

No	Perlakuan	Bobot gabah kering giling (t ha^{-1})		
		Taman Bogo, Lampung	Maros, Sulawesi Selatan	Pariaman, Sumatera Barat
1.	Kontrol	3,82 d	5,09 d	3,50 b
2.	NPK Tunggal Dosis Rek.	5,71 c	6,52 abc	5,36 ab
3.	NPK Tunggal + Si 20	5,88 c	5,88 cd	4,80 ab
4.	NPK Tunggal + Si 40	6,10 b	5,92 cd	4,84 ab
5.	NPK Tunggal + Si 80	6,09 b	6,09 bcd	5,18 ab
6.	NPK Tunggal + Si 160	6,34 a	6,52 abc	5,24 ab
7.	NPK Tunggal + Si 200	6,42 a	6,99 ab	5,16 ab
8.	NPK Tunggal + k. jerami + abu sekam	5,75 c	7,11 a	6,44 a
9.	NPK Tunggal + terak baja	6,47 a	5,95 cd	5,20 ab

Dapat dijelaskan bahwa bobot gabah kering giling yang dihasilkan berbeda akibat pengaruh perlakuan pemberian Si di Taman Bogo, Lampung dan Maros, Sulawesi

Selatan. Pada lahan sawah yang dipupuk NPK dan dikuti pemberian 160 kg ha^{-1} silika ternyata menghasilkan 6,34 ton GKG dan tidak berbeda nyata dengan pemberian silika 200 kg ha^{-1} dan yang diberi terak baja di Lampung. Demikian juga untuk lokasi Sulawesi Selatan dan Sumatera Barat peningkatan hasil gabah tertinggi adalah dengan pemberian pupuk silika 160 kg ha^{-1}, namun demikian pemberian kompos jerami dan abu sekam ternyata memberikan hasil gabah kering giling tertinggi untuk lokasi Maros dan Pariaman dengan bobot masing-masing 7,11 t ha^{-1} dan 6,44 t ha^{-1}.

Secara umum respon tanaman padi tertinggi ditemukan pada tanah sawah di Lampung diikuti dengan Pariaman dan Sulawesi Selatan. Namun demikian, dalam penelitian ini belum dapat dilihat efek sisa pemberian pupuk dan amelioran sumber Si tersebut terhadap pertumbuhan tanaman padi. Namun secara visual terlihat jelas pengaruh pemberian pupuk silika terhadap warna hijau daun, kekuatan tegak batang, dan ketahanan terhadap serangan penyakit. Lahan sawah petani di sekitar percobaan terserang hama wereng namun demikian di lokasi percobaan tidak menunjukkan kerusakan seperti di sekelilingnya.

Hasil analisis tanah setelah panen tidak menunjukkan perubahan yang nyata terhadap sifat kimia tanah (data tidak ditampilkan). Hanya sedikit terlihat peningkatan kandungan Si tersedia tanah di Sumatera Barat. Untuk lokasi Lampung, terjadi peningkatan kandungan P dan kejenuhan basa setelah panen. Sedangkan untuk lokasi Maros, terjadi peningkatan kandungan bahan orgnaik tanah. Namun demikian, secara umum dapat dilihat penurunan kandungan Si tersedia dalam tanah yang disebabkan oleh terangkutnya Si melalui panen. Dengan kondisi demikian, sama halnya dengan unsur hara N, P, dan K bila Si tidak dikembalikan melalui jerami atau ditambahkan melalui pupuk maka akan terjadi kekurangan hara Si untuk panen berikutnya. Apabila kondisi ini terjadi dalam jangka panjang, maka ini akan mengurangi produktivitas tanaman serta kemampuan tanaman bertahan terhadap bermacam gangguan stress maupun serangan hama dan penyakit.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Tanaman padi respon terhadap pemberian unsur hara silika di ketiga lokasi penelitian yaitu Taman Bogo, Lampung; Maros, Sulawesi Selatan dan Pariaman, Sumatera Barat. Ketiga lokasi memiliki kandungan Si tersedia tanah yang rendah.
2. Pemberian pupuk silika 160 kg hingga 200 kg ha^{-1} nyata meningkatkan hasil padi. Hasil ini setara dengan pemberian sumber silika dalam bentuk kompos jerami dan abu sekam serta terak baja.

3. Pemberian kompos jerami dan abu sekam yang mengandung Si yang tinggi dapat menggantikan pupuk Si yang diberikan ke tanah. Kompos jerami dan abu sekam kaya akan unsur-unsur hara mikro, *beneficial element* serta enzim dan hormon tumbuh yang memiliki nilai lebih dibandingkan hanya pupuk silika. Namun demikian aplikasi kompos jerami tidak mudah dilakukan oleh petani

DAFTAR PUSTAKA

Casman, K.G., S. Peng, and A. Dobermann. 1997. Nutritional physiology of the rice plants and productivity declined of irrigated rice systems in the tropics. Soil Sci. Plant Nutr., 43: 1101-1106.

Dobermann, A., K.G. Cassman, P.C. Sta Cruz, M.A. Advianto, and M.F. Pampolino. 1996b. Fertilizer inputs, nutrient balance, and soil nutrient supplying power in intensive, irrigated rice systems. III. Phosphorus. Nutr.Cycl. Agroecosys., 46: 111-125.

Dobermann, A., P.C. Sta Cruz, and K.G. Casman. 1996a. Fertilizer inputs, nutrient balance, and soil nutrient-supplying power in intensive, irrigated rice systems. I. Potassium uptake and K balance. Nutr.Cycl. Agroecosys., 46**:** 1-10.

Dobermann, A. and Fairhurst. 2000. Rice: Nutrient Disorders and Management. Potash and Phosphate Insitute/Potash and Phosphate Institute of Canada.

Epstein, E. 1999. Silicon. Annu. Rev. Plant. Physiol. Plant. Mol. Biol., 50: 641–664. doi:10.1146/annurev.arplant.50.1.641.

FAOSTAT. 2005. Food and Agricultural Organization. Food and Agriculture Organization, Rome. Available at http://faostat.fao.org [cited November 2006].

Husnain. 2009. Nutrient Dynamics in Watersheds and Lowland Sawah in Java Island in Relation to the Sustainability of Sawah Farming Systems in Indonesia. PhD Dissertation. The United Graduate School of Agricultureal Sciences of Tottori University.

Kawaguchi, K. and K. Kyuma. 1977. Paddy Soils in Tropical Asia, Their Material Nature and Fertility. University Press of Hawaii, Honolulu.

Korndorfer, G., H. Snyder, M. Ulloa, G. Powell, and L.E. Datnoff. 2001. Calibration of soil and plant silicon analysis for rice production. Journal of Plant Nutrition.

Ma, J.F. and E. Takahashi. 2002. Soil, Fertilizer, and Plant Silicon Research in Japan. Elsevier, Amsterdam.

Matichenkov, V.V. and D.V. Calvert. 2002. Silicon as a beneficial element for sugarcane. J. Am. Soc. Sugarcane Tech., 22: 21-30.

Savant, N.K., L.E. Datnoff, and G.H. Snyder. 1997a: Depletion of plant available silicon in soils: a possible cause of declining rice yields. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 28: 1245-1252.

Savant, N.K., G.H. Snyder, and L.E. Datnoff. 1997b. Silicon management and sustainable rice production. *In* Advances in Agronomy. D.L. Sparks (Ed.), pp. 151-199. Academic Press, San Diego.

Sumida, H. 1992. Silicon supplying capacity of paddy soils and characteristics of silicon uptake by rice plants in cool regions in Japan. Bull. Tohoku. Agric. Exp. Stn, 85, 1-46 (in Japanese with English summary).

Yang, D., M.D. Liu, and Y.L. Zhang. 2011. Evaluation of silicon supplying capacity in paddy field soil by isothermal adsorption. Proceedings of The 5Th International Conference on Silicon in Agriculture.

Yoshida, S. 1981. Fundamentals of rice crop science. International Rice Research Institute, IRRI, Los Banos.

Neraca Hara dan Produktivitas pada Usahatani Padi Sistem Konvensional, PTT, SRI, dan Semi Organik di Lahan Sawah Irigasi dengan Tingkat Kesuburan Rendah

22

Nurjaya, Ibrahim Adamy, dan Sri Rochayati

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Tanah, Jl. Tentara Pelajar No. 12 Bogor 16114

Abstrak. Untuk mendukung pencapaian swasembada beras sebesar 10 juta ton pada tahun 2014, Kementerian Pertanian melalui Badan Litbang Pertanian telah melakukan usaha menggunakan pendekatan Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT). Bersamaan dengan itu, Kementerian Kimpraswil mengembangkan SRI (*System of Rice Intensification*) dalam rangka peningkatan efisiensi penggunaan air irigasi. Untuk mengkaji kelebihan dari kedua pendekatan tersebut dilakukan penelitian di lapang di Serang, Banten pada lahan sawah irigasi yang memiliki tingkat kesuburan rendah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis neraca hara dan tingkat produktivitas padi pada sistem pertanian konvensional, PTT, SRI, dan semi organik di lahan sawah irigasi dengan tingkat kesuburan rendah. Penelitian dilakukan selama dua musim tanam dari tahun 2009 dan 2010. Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok terdiri atas 6 perlakuan dengan 3 ulangan, perlakuan terdiri atas: sistem pertanian konvensional (petani), PTT, SRI, SPH-1, SPH-2, dan SPH-3. Parameter yang diamati yaitu: tinggi tanaman dan jumlah anakan umur 30, 45 dan 60 HST, bobot gabah dan jerami serta neraca hara N, P, dan K. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengelolaan hara dengan pemberian pupuk organik saja belum mencukupi kebutuhan hara tanaman yang ditunjukkan dengan pertumbuhan tanaman, jumlah anakan, hasil gabah, dan jerami yang lebih rendah dibandingkan dengan sistem pertanian PTT dan semi organik. Neraca hara K negatif pada sistem konvensional dan PTT di lahan sawah dengan tingkat kesuburan rendah di Serang pada MK 2009 dan positif pada MK 2010. Usahatani sistem SRI pada tanah sawah dengan tingkat kesuburan rendah menghasilkan bobot gabah dan jerami lebih rendah dibandingkan dengan sistem PTT dan semi organik.

***Abstract**, To support the achievement of self-sufficiency in rice as mach as 10 million tonnes in 2014, the Ministry of Agriculture through Agency for Agriculture Research and Development was been taken on itself by integrated plants management (IPM) approach. But at the same time, the Ministry of Kimpraswil developing the System of Rice Intensification in order to increase the efficiency of irrigation water usage. To examine the advantages of both approaches, it was carried out field experiment in Serang, Banten in the irrigated paddy fields with low fertility rates. The aim of this research is to analyze the nutrient balance and the level of rice productivity on conventional farming systems, IPM, SRI, and semi-organic in irrigated paddy fields with low fertility rates status. Research was conducted over the last two seasons of the years 2009 and 2010. The research used a randomized block design consists of 6 treatments, 3 replications. The treatment consisted of: a conventional farming systems (farmer), IPNM, SRI, Nutrient*

Management System (NMS)-1, NMS-2, and NMS-3. Parameters that observed, namely: plant height and number of tillers rice at 30, 45 and 60 days after planting, straw and grain weight, balance of nutrient N, P, and K. The results showed that nutrient management, by adding of organic fertilizer was not enough to supply plant nutrient which are indicated by the plant growth, the number of tillers rice, grain, and straw were low compared to lower agricultural system IPM and semi organic. K balance were negatif in the conventional system in the paddy field with a low fertility rate in Serang in dry season 2009 and positive in dry season 2010. Farming system at SRI with low fertility produce grain and straw weight lower than the PTT and semi organic systems.

PENDAHULUAN

Produktivitas padi di lahan sawah di Indonesia masih beragam dan belum optimal dibandingkan dengan negara lain sesama daerah tropik. Sebenarnya tingkat produktivitas padi Indonesia rata-rata 4,88 t ha^{-1}, nomor dua tertinggi dan sedikit di bawah Vietnam, sedangkan potensinya dapat mencapai 6-7 t ha^{-1}. Menurut Makarim *et al.* (2000) bahwa belum optimalnya produktivitas padi di lahan sawah antara lain disebabkan oleh rendahnya efisiensi pemupukan, kahat unsur mikro, sifat fisik tanah tidak optimal, penggunaan benih kurang bermutu, varietas yang dipilih kurang adaptif, belum efektifnya pengendalian hama penyakit, dan pengendalian gulma kurang optimal.

Untuk mendukung pencapaian swasembada beras sebesar 10 juta ton pada tahun 2014 melalui P2BN (Peningkatan Produksi Beras Nasional), Kementerian Pertanian menggunakan pendekatan Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT). Pada awal pencanangan P2BN, teknologi PTT diterapkan pada padi sawah seluas 2,0 juta ha. Akan tetapi bersamaan dengan itu, Kementerian Kimpraswil menggunakan SRI (*System Rice Intensification*) dalam rangka peningkatan efisiensi penggunaan air irigasi. Sejak saat itu timbul dua macam pendekatan, bahkan di Kementerian Pertanian sendiri, yaitu Ditjen Tanaman Pangan menggunakan PTT (telah diselenggarakan Sekolah Latihan PTT), sedangkan Ditjen Pengelolaan Lahan dan Air menggunakan SRI. Di daerah, dualisme ini membingungkan pelaksana di lapang/penyuluh. Jika hal ini dibiarkan terus berlangsung maka dikhawatirkan dapat terjadi kontra produktif. Untuk itu diperlukan persamaan persepsi mengenai pendekatan ini sehingga diharapkan diperoleh satu model pengembangan dari kedua teknologi sistem pertanian di lahan sawah tersebut. Meskipun sistem pertanian model PTT dan SRI telah dikembangkan secara luas, namun pada kenyataannya sebagian besar petani di Indonesia masih mempraktekkan budidaya tanaman padi dengan sistem pertanian konvensional.

Pengelolaan hara melalui pemupukan berimbang terpadu spesifik lokasi merupakan kunci untuk meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk, produktivitas, dan pendapatan petani serta mengubah pertanian berbasis eksploitasi tanah menjadi pertanian berbasis pembangunan kesuburan tanah. Pemberian pupuk yang berlebihan selain

menurunkan efisiensi pupuk dapat memberikan dampak negatif terhadap lingkungan. Dampak negatif penggunaan pupuk yang berlebihan dan tidak berimbang dapat menyebabkan ketidakseimbangan hara dalam tanah, kerusakan struktur tanah, penurunan keragaman dan populasi biota tanah serta pencemaran lingkungan. Di areal sawah intensifikasi terutama di Pulau Jawa, petani menggunakan pupuk secara berlebihan terutama urea sekitar 350-400 kg ha^{-1} bahkan ada yang menggunakan hingga 650 kg ha^{-1}, melampaui takaran yang direkomendasikan sekitar 200-250 kg ha^{-1}.

Pemanfaatan bahan organik dalam sistem pertanian padi sawah merupakan faktor yang sangat penting. Bahan organik sangat diperlukan untuk memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Bahan organik dapat berfungsi: (1) menyimpan air tersedia lebih banyak, mengurangi penguapan, membuat kondisi tanah mudah untuk pergerakan akar tanaman baik untuk tanah liat berat maupun tanah berpasir, (2) menyediakan hara makro dan mikro bagi tanaman dalam batas tertentu, (3) meningkatkan daya menahan kation (KTK) dan anion (KTA) sehingga hara tidak mudah hilang dari tanah, (4) menetralkan keracunan Al dan Fe, (5) media tumbuh mikroorganisme tanah, seperti organisme penambat N udara, pelarut P, dan sebagainya (Makarim dan Suhartatik, 2006).

Pada prinsipnya sistem pertanian padi sawah harus memaksimalkan pemanfaatan bahan organik secara *in situ* dan mengurangi penggunaan pupuk kimia anorganik. Penelitian menunjukkan bahwa pada sistem pertanian padi sawah intensif di China dan Vietnam, bahan organik dan pupuk kimia anorganik masih sama-sama digunakan dan saling melengkapi untuk memenuhi kebutuhan hara tanaman. Penggunaan bahan organik di China dan Vietnam sekitar 25% dari total kebutuhan hara untuk tanaman (Nguyen Van Bo *et al.* 2002; Portch and Ji-yun, 2002). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis neraca hara dan tingkat porduktivitas padi pada sistem pertanian konvensional, PTT, SRI, dan semi organik di lahan sawah irigasi dengan tingkat kesuburan rendah.

METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan di Serang, Banten, selama dua musim tanam yaitu MT 2009 dan 2010 di lahan sawah irigasi dengan tingkat kesuburan rendah. Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok dengan 3 ulangan. Perlakuan terdiri atas: Kontrol lengkap, sistem pertanian konvensional (petani), PTT, SRI, SPH-1, SPH-2, dan SPH-3. Dosis pemupukan petani disesuaikan dengan dosis setempat, PTT dosis berdasarkan uji tanah, SRI (kompos pupuk kandang 3t ha^{-1} + kompos jerami 12 t ha^{-1}); SPH-1 (125 kg urea ha^{-1} + 100 kg SP-36 ha^{-1} + 100 kg KCl ha^{-1} + 1,5 t ha^{-1} kompos jerami+ 6 t ha^{-1} pupuk kandang), SPH-2 (125 kg urea ha^{-1} + 50 kg SP-36 ha^{-1} + 50 kg KCl ha^{-1} + 3 t ha^{-1} kompos jerami + 12 t ha^{-1} pupuk kandang) dan SPH-3 (125 kg urea ha^{-1} + 50 kg SP-36 ha^{-1} + 50 kg KCl ha^{-1}-1,5 t ha^{-1} kompos jerami+ 6 t ha^{-1} pupuk kandang). Parameter yang diamati:

sifat kimia tanah sebelum tanam meliputi: pH (KCl dan H_2O), C-organik (Kalium Dichromat/Kjeldhal), N-total (Kjeldal), NH_4^+ dan NO_3^-, P_2O_5 dan K_2O (HCl 25%), P-Bray 1, P-Olsen, nilai tukar kation Ca, Mg, K, dan Na (NH_4OAc 1M pH 7), KTK, dan kejenuhan basa (KB) (Balai Penelitian Tanah, 2005). Aspek agronomis: tinggi tanaman dan jumlah anakan pada umur 30, 45 dan 60 HST, gabah kering panen (GKP), gabah kering giling (GKG) KA 14%, jerami basah dan jerami kering serta neraca hara (dihitung berdasarkan *input* dikurangi *output* dengan menggunakan data pengamatan berasal dari penelitian. Komponen *input* meliputi hara yang berasal dari pupuk baik anorganik maupun organik, air irigasi (*inlet*), sumbangan dari mikroba, air hujan, *indigenous* tanah. Adapun komponen *output* terdiri dari hara yang terkandung dalam gabah maupun jerami, air drainase (*outlet*), kehilangan N dalam bentuk gas (NH_3 dan N_2O). Persamaan neraca hara untuk masing-masing unsur (N, P, dan K) sebagai berikut:

Neraca Hara (Cara) = *Input– Output*

Komponen *input* meliputi hara yang berasal dari pupuk baik anorganik maupun organik, air irigasi (*inlet*), air hujan, *indigenous* tanah. Adapun komponen *output* terdiri dari hara yang terkandung dalam gabah maupun jerami, air drainase (outlet), kehilangan N dalam bentuk gas N_2O.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik tanah lokasi penelitian

Data tekstur dan sifat kimia tanah lokasi penelitian di Serang, Banten disajikan pada Tabel 1. Hasil analisis tanah bertekstur lempung berdebu, pH tanah terekstrak H_2O masam, kadar C-organik, N-total, dan C/N rasio tanah semuanya tergolong rendah. Kadar P terekstrak HCl 25% sangat rendah, kadar K terekstrak HCl 25% lokasi tergolong sangat rendah, P-tersedia (terekstrak Bray 1) tergolong sedang. Nilai tukar kation Ca, Mg, K, dan Na tanah sawah Ciruas tergolong sangat rendah sampai rendah.

Kapasitas tukar kation (KTK) dan kejenuhan basa (KB) tergolong sedang. Berdasarkan hasil analisis laboratorium, tanah Inceptisols Ciruas memiliki tingkat kesuburan rendah.

Rendahnya tingkat kesuburan tanah Inceptisols Serang, Banten dicirikan oleh kandungan C-organik dan N-total serta sifat kimia tanah tergolong rendah, kecuali P-tersedia terekstrak Bray 1 dan kejenuhan basa (KB) tergolong sedang. Rendahnya kapasitas tukar kation (KTK) menyebabkan komplek pertukaran tidak dapat mengikat kation-kation Ca, Mg, dan K sehingga kation-kation tersebut mudah tercuci dari komplek pertukaran.

Tabel 1. Hasil analisis tanah Inceptisols Serang, Banten sebelum penelitian dilaksanakan

Jenis penetapan	Nilai	Kriteria
Tekstur:		Lempung berdebu
Liat (%)	23	
Debu (%)	56	
Pasir (%)	21	
pH:		Masam
H_2O	5,0	
KCl	4,2	
Bahan Organik:		
C-organik (%)	1,25	Rendah
N-total (%)38	0,15	Rendah
C/N	8	Rendah
P_2O_5 (HCl 25%) mg $100g^{-1}$	5	SR
K_2O (HCl 25%) mg $100g^{-1}$	5	SR
P-Bray 1 (mg kg^{-1} P)	9	Sedang
Kation: (cmol (+) kg^{-1}		
Ca	5,77	Rendah
Mg	1,18	SR
K	0,10	Rendah
Na	0,18	SR
KTK (cmol (+) kg^{-1}	13,69	Rendah
KB (%)	54	Sedang

Tinggi tanaman

Data tinggi tanaman padi umur 30, 45, dan 60 HST sebagai respon pada berbagai sistem di Ciruas, Banten pada MT 2009 dan MT 2010 disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data tinggi tanaman padi umur 30, 45, dan 60 HST pada berbagai sistem pertanian di lahan irigasi Serang, Banten tahun 2009 dan 2010

Perlakuan	2009			2010		
	30 HST	45 HST	60 HST	30 HST	45 HST	60 HST
Petani	38,47 b	62,57 b	75,00 b	53,87 a	73,40 a	83,20 a
PTT	44,67 a	65,13 b	80,67 ab	49,10 abc	72,73 a	83,63 a
SRI	38,60 b	57,77 c	65,33 c	45,00 bc	64,33 b	75,77 b
SPH-1	44,47 a	69,01 a	83,33 a	47,30 abc	73,77 a	86,57 a
SPH-2	43,50 a	63,03 b	77,00 b	44, 03 c	69,67 a	86,33 a
SPH-3	44,30 a	65,20 b	80,67 ab	51,60 ab	72,77 a	82,90 a

Pada MT 2009 hasil uji statistik menunjukkan sistem SRI secara nyata menghasilkan pertumbuhan yang lebih rendah dibandingkan sistem pertanian lainnya, sedangkan pada sistem pengelolaan hara 1 (SPH-1) secara nyata menghasilkan pertumbuhan yang lebih tinggi dibandingkan dengan sistem konvensional dan PTT. Hasil penelitian pada MT 2010 pada pengamatan 45 dan 60 HST sistem SRI secara nyata masih menghasilkan pertumbuhan lebih rendah dibandingkan sistem pertanian lainnya, sedangkan antara sistem konvensional, PTT, dan sistem pengelolaan hara 1, 2, dan 3 (SPH-1, SPH-2, dan SPH-3) tidak berbeda nyata.

Jumlah anakan

Data jumlah anakan padi umur 30-60 HST disajikan pada Tabel 3. Hasil uji statistik menunjukkan pada MT 2009 secara umum tidak berbeda nyata kecuali dibandingkan dengan sistem pengelolaan hara 2 (SPH-2), sistem SRI secara nyata menghasilkan jumlah anakan lebih rendah. Namun secara kuantitatif sistem pengelolaan hara 2 (SPH-2) menghasilkan jumlah anakan tertinggi yaitu mencapai 28,7 rumpun (29 rumpun) sedangkan jumlah anakan terendah pada sistem SPH-3 yaitu 21,0 rumpun.

Pada MT 2010 hasil penelitian menunjukkan bahwa secara statistik antara perlakuan berbagai sistem pertanian berbeda nyata kecuali antara sistem SRI dan SPH-1 tidak berbeda nyata. Jumlah anakan tertinggi dicapai pada sistem SPH-2 yaitu mencapai 21,37 rumpun pada umur 60 HST dan terendah pada sistem SPH-3 13,9 rumpun. Berdasarkan data tersebut, sistem SRI menunjukkan pertumbuhan yang lebih baik yang ditunjukkan dengan peningkatan jumlah anakan yang meningkat mencapai 16,9 rumpun, namun secara nyata masih lebih rendah dibandingkan dengan sistem SPH-2 akan tetapi sistem SRI secara nyata menghasilkan jumlah anakan lebih tinggi dibandingkan dengan sistem PTT dan sistem konvensional.

Tabel 3. Data jumlah anakan padi umur 30, 45, dan 60 HST panen pada berbagai sistem pertanian di lahan sawah irigasi Serang, Banten

Perlakuan	MT 2009			MT 2010		
	30 HST	45 HST	60 HST	30 HST	45 HST	60 HST
Petani	11,3 b	31,3 b	25,3 abc	15,90 a	19,83 b	14,93 c
PTT	13,7 ab	32,7 ab	27,7 ab	11,03 b	15,30 c	14,37 c
SRI	11,0 b	27,0 b	22,7 bc	10,53 b	19,73 b	16,97 b
SPH-1	17,0 a	32,7 ab	25,3 abc	15,07 a	21,83 ab	16,33 b
SPH-2	12,7 b	37,3 a	28,7 a	11,87 b	24,00 a	21,37 a
SPH-3	16,7 a	29,0 b	21,0 c	15,37 a	19,90 b	13,87 d

Bobot gabah

Data bobot gabah kering panen dan kering giling pada MT 2009 sebagai respon terhadap perlakuan pada berbagai sistem pertanian disajikan pada Tabel 4. Terhadap hasil gabah kering panen, hasil uji statistik menunjukkan perbedaan yang nyata antara berbagai sistem pertanian, dimana sistem SPH-1 secara nyata menghasilkan bobot gagah kering panen tertinggi yaitu 7,533 t ha^{-1} selanjutnya diikuti PTT dan SPH-3 masing-masing 6,639 dan 6,184 t ha^{-1} sedangkan sistem SRI menghasilkan gabah kering panen terendah hanya mencapai 2,494 t ha^{-1}. Demikian pula terhadap hasil gabah kering giling, sistem SPH-1 secara nyata menghasilkan tertinggi akan tetapi tidak berbeda nyata dibandingkan dengan sistem PTT yang manghasilkan gabah kering giling 4,285 t ha^{-1}. Sedangkan pada sistem SRI menghasilkan gabah kering panen terendah yaitu hanya mecapai 1,171 t ha^{-1}.

Pada MT 2010 hasil uji statistik menunjukkan, sistem PTT secara nyata menghasilkan bobot gagah kering panen tertinggi (6,13 t ha^{-1}), dibandingkan dengan dengan sistem pertanian lainnya, dan terendah pada sistem SRI hanya menghasilkan gabah kering panen 2,73 t ha^{-1}. Sedangkan antar sistem SPH-1, SPH-2, SPH-3, dan sistem konvensional (petani) tidak berbeda nyata. Terhadap bobot gabah kering giling, hasil uji statistik menunjukkan antara berbagai sistem tidak berbeda nyata, tetapi berbeda nyata dibandingkan dengan sistem SRI. Secara kuantitatif antara sistem PTT menghasilkan gabah kering giling tidak jauh berbeda masing-masing 4,23 t ha^{-1} dan 4,30 t ha^{-1}, walaupun pada sistem SRI menghasilkan gabah kering panen paling rendah yaitu 2,27 t ha^{-1}, namun terjadi peningkatan yang tinggi mencapai 93,8% apabila dibandingkan dengan hasil gabah kering giling pada MT 2009 yang hanya mencapai 1,171 t ha^{-1}.

Tabel 4. Data bobot bagah kering panen dan kering giling (t ha^{-1}) pada berbagai sistem pertanian di Ciruas, Banten MT 2009 dan MT 2010

Perlakuan	MT 2009		MT 2010	
	Kering panen	Kering giling	Kering panen	Kering giling
Petani	5,585 c	3,765 c	4,27 b	3,90 a
PTT	6,639 b	4,285 ab	6,13 a	4,23 a
SRI	2,494 e	1,171 e	2,73 c	2,27 b
SPH-1	7,533 a	4,624 a	4,87 b	4,30 a
SPH-2	4,744 d	3,193 d	4,90 b	3,97 a
SPH-3	6,184 bc	4,085 bc	5,33 b	3,77 a

Bobot jerami

Hasil penelitian di Serang pada MT 2009, hasil pengujian menunjukkan, sistem SPH-1 secara nyata menghasilkan bobot jerami basah tertinggi (21,185 t ha^{-1}) diikuti PTT dan SPH-3, dan terendah pada sistem SRI hanya mencapai 6,852 t ha^{-1}. Tidak demikian halnya dengan bobot jerami kering, sistem PTT secara kuantitatif menghasilkan bobot kering tertinggi mencapai 6,655 t ha^{-1} tetapi tidak berbeda nyata dengan sistem SPH-1, SPH-3, petani, dan SPH-2 tetapi berbeda nyata dibandingkan dengan sistem SRI yang menghasilkan bobot jerami kering terendah 3,070 t ha^{-1}.

Tabel 5. Data bobot jerami basah dan jerami kering pada berbagai sistem pertanian di Ciruas, Banten MT 2009 dan MT 2010

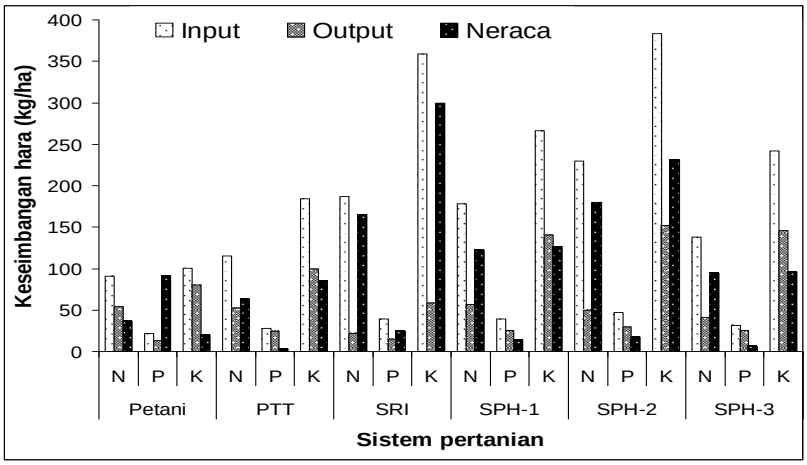
Perlakuan	MT 2009		MT 2010	
	Basah	Kering	Basah	Kering
Petani	14,333 bc	5,325 ab	12,33 ab	5,700 ab
PTT	17,482 b	6,655 a	16,17 a	7,527 a
SRI	6,852 d	3,070 c	6,13 c	3,660 b
SPH-1	21,185 a	6,130 ab	11,60 b	7,773 a
SPH-2	11,704 c	4,819 b	10,50 b	7,350 a
SPH-3	15,667 b	6,078 ab	12,53 ab	6,917 a

Pada MT 2010, hasil pengujian menunjukkan sistem SPH-1 secara nyata menghasilkan bobot jerami basah tertinggi yaitu 16,17 t ha^{-1} berbeda nyata dibandingkan dengan sistem SPH-1, SPH-2, dan SRI; akan tetapi tidak berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan petani dan SPH-3. Hasil jerami basah terendah diperoleh pada sistem SRI yaitu hanya mencapai 6,13 t ha^{-1}. Sedangkan terhadap bobot jerami kering, tertinggi diperoleh pada sistem SPH-1 yaitu mencapai 7,77 t ha^{-1} tidak berbeda nyata dibandingkan dengan sistem PTT, SPH-1 SPH-2, dan SPH-3 tetapi berbeda nyata dibandingkan dengan sistem SRI. Secara kuantitatif sistem SRI menghasilkan bobot jerami kering terendah hanya mencapai 3,66 t ha^{-1}.

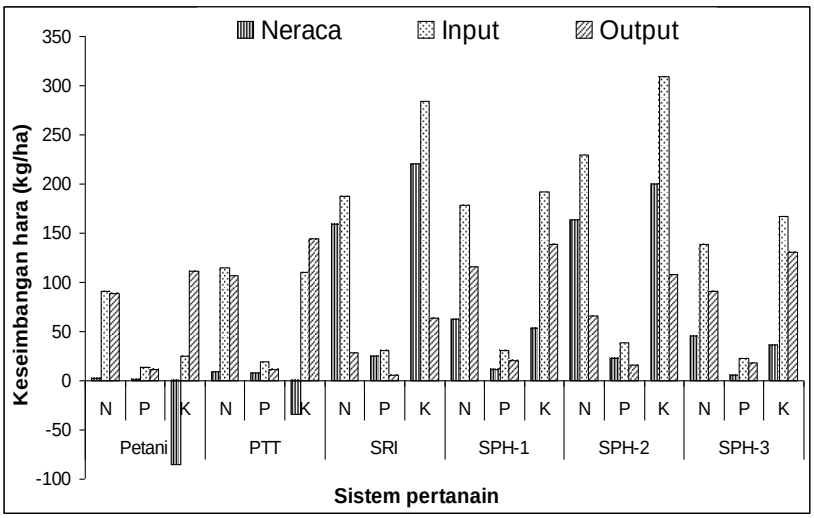
Neraca hara

Hasil analisis neraca hara pada sistem pertanian konvensional (petani), PTT, SRI, SPH-1, SPH-2, dan SPH-3 disajikan pada (Gambar 1). Hasil analisis menunjukkan bahwa secara umum neraca hara NPK tanah bernilai positif, kecuali pada sistem konvensional (petani) dan PTT neraca hara K negatif atau defisit. Pada sistem konvensional neraca hara K negatif mencapai 85,7 kg K ha^{-1} dan pada sistem PTT 34,6 kg K ha^{-1}. Neraca hara positif tertinggi diperoleh pada sistem SRI mencapai 158,74 kg N ha^{-1} dan 220,6 kg K ha^{-1} selanjutnya pada sistem SPH-2 yang mencapai 163,5 kg N ha^{-1} dan 200,5 kg K ha^{-1}. Secara umum neraca hara P positif akan tetapi relatif kecil, sehingga untuk menjaga keseimbangan hara dalam tanah maka untuk menanam padi pada musim berikutnya pemberian pupuk P masih diperlukan. Tingginya defisit hara K pada sistem konvensional (petani) disebabkan petani tidak melakukan pemupukan KCl sebagai sumber hara K tapi diberikan dalam bentuk Phonska dengan dosis 200 kg ha^{-1} atau setara dengan 30 kg KCl ha^{-1}.

Pada MT 2010, hasil analisis menunjukkan bahwa secara umum neraca hara N,P, dan K tanah bernilai positif, neraca hara positif tertinggi untuk N diperoleh pada sistem SPH-2 selanjutnya diikuti SRI dan dan SPH-1 masing-masing mencapai 179,69 kg N ha^{-1}, 165,04 kg N ha^{-1}, dan 122,00 kg N ha^{-1} dan terendah pada sistem konvensional (petani) yaitu hanya mencapai 36,61 kg N ha^{-1}. Untuk hara P neraca positif tertinggi diperoleh pada sistem pertanian konvesional (petani), selanjutnya diikuti oleh sistem SRI dan SPH-2 yaitu masing-masing 91,00 kg P ha^{-1}, 24,54 kg P ha^{-1}, dan SPH-2 17,74 kg P ha^{-1} dan terendah pada sistem PTT yaitu hanya mencapai 3,19 kg P ha^{-1}. Sedangkan untuk hara K, neraca hara positif tertinggi dicapai pada sistem SRI mencapai 299,63 kg K ha^{-1}, selanjutnya diikuti oleh sistem SPH-2 dan SPH-1 masing-masing 231,26 kg K ha^{-1} dan 126,42 kg K ha^{-1} dan neraca hara K terendah diperoleh pada sistem konvensional (petani) yaitu 20,16 kg K ha^{-1}.



Gambar 1. Neraca hara N, P, dan K pada berbagai sistem pertanian pada lokasi penelitian di Cirusa, Banten MT 2009



Gambar 2. Neraca hara N, P, dan K pada berbagai sistem pertanian pada lokasi penelitian di lahan sawah irigasi di Ciruas, Banten MT 2010

Rendahnya tingkat ketersediaan hara N dan K dalam tanah setelah panen serta defisit hara K pada sistem PTT setelah panen, hal ini disebabkan sumber hara berasal dari pupuk anorganik mudah larut sehingga lebih cepat diserap oleh tanaman yang ditunjukkan oleh hasil gabah dan jerami paling tinggi dibandingkan dengan sistem pertanian lainnya (SRI dan semi organik). Sedangkan pada SRI sumber hara semua dari pupuk organik dalam bentuk kompos jerami dan pupuk kandang dengan dosis tinggi sedangkan pada sistem PTT selain dari pupuk anorganik juga berasal dari kompos jerami yang tingkat

ketersediaannya relatif lambat karena proses pelepasannya secara bertahap, sehingga dalam tanah masih tersedia cukup tinggi. Ditunjukkan dengan hasil gabah dan jeraminya pada sistem SRI lebih rendah dari PTT, pemberian bahan organik dengan dosis tinggi umumnya baru terlihat responnya pada musim berikutnya.

KESIMPULAN

1. Pengelolaan hara dengan hanya mengandalkan pemberian pupuk organik saja belum mencukupi kebutuhan hara tanaman yang ditunjukkan hasil gabah dan jerami padi yang rendah.
2. Pengembangan usahatani padi sistem SRI pada tanah sawah dengan tingkat kesuburan rendah menghasilkan bobot gabah dan jerami lebih rendah dibandingkan dengan sistem PTT dan semi organik.
3. Neraca hara N, P, dan K pada usahatani padi sistem SRI positif pada musim tanaman ke dua (MT II), pemberian pupuk organik yang dikombinasi pemberian pupuk anorganik pada sistem pertanian semi organik menghasilkan neraca hara N, P, dan K positif.

DAFTAR PUSTAKA

Makarim, A.K, S. Abdurachman, dan S. Purba. 2000. Efisiensi input tanaman pangan melalui prescription farming. *Dalam* A.K. Makarim dkk. (Eds). Tonggak Kemajuan Penelitian Tanaman Pangan. Konsep dan strategi Peningkatan Produksi Pangan. Puslitbang Tanaman Pangan, Bogor.

Makarim, A.K. dan E. Suhartatik. 2006. Budi daya padi dengan masukan *in situ* menuju perpadian masa depan. Iptek Tanaman Pangan, No. 1.

Nguyen Van Bo, E. Muter, and Bui Huy Hien. 2002. Balanced fertilization for better crops in Vietnam. Prosiding Lokakarya Pemupukan Berimbang. Lembaga Pupuk Indonesia. Jakarta, 25 Juni 2002.

Portch, S. and Ji-yun Jin. 2002. Balanced Fertilizer use in China. Prosiding Lokakarya Pemupukan Berimbang. Lembaga Pupuk Indonesia. Jakarta, 25 Juni 2002.

Pengelolaan Hara Nitrogen untuk Komoditas Sayuran Dataran Tinggi pada Aquandic Dystrudepts Karang Anyar, Jawa Tengah

23

[1]Ladiyani Retno Widowati, [1]Diah Setyorini, dan [2]S. De Neve

[1] Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Tanah, Jl. Tentara Pelajar No. 12 Bogor 16114
[2] Department of Soil Management, University of Ghent

Abstrak. Nitrogen merupakan salah satu pupuk makro yang sangat dibutuhkan oleh tanaman sayuran. Pada sistem usahatani sayuran dataran tinggi, umumnya petani mengaplikasikan pupuk N sangat tinggi tidak memperhatikan tingkat kebutuhan tanaman serta perilaku hara tersebut dalam tanah. Untuk itu, pada tahun 2007 telah dilakukan penelitian pengelolaan hara nitrogen pada tanah Inceptisols Karang Anyar dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi pemupukan serta mengurangi dampak pencemaran NO_3^--N. Penelitian dilaksanakan di lahan petani Desa Punthuk Rejo, Kecamatan Argoyoso, Karang Anyar ($07^o36'25''$-$07^o37'30''$ LS, $111^o05'10''$-$111^o06'45''$LT.) yang tergolong dalam famili Aquandic Dystrudepts, medial, isohyperthermic. Tanaman indikator adalah daun bawang dan wortel. Perlakuan yang diujikan adalah Dosis Petani atau FP (per hektar: 40 ton pukan campuran kotoran ayam dan sapi + 500 kg Urea untuk bawang daun; 25 ton pukan sapi/ayam + 500 kg Urea + 500 kg ZA untuk wortel) dan Rekomendasi Perbaikan atau IP (15 ton pukan campuran ayam dan sapi + 250 kg Urea + 250 kg ZA untuk bawang daun; 15 ton pukan ayam + 250 kg Urea untuk wortel). Pengamatan meliputi pergerakan N profil, produksi, dan serapan N. Tanah ini mempunyai BD rendah 0,8-0,9 mg m^{-3}, indeks permeabilitas tergolong cepat 2,78-4,78 cm $hari^{-1}$ dengan pori drainase cepat 26,5-31,9%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah yang berkadar liat 32% dan mempunyai BD 0,8 sangat mudah memindahkan NO_3^+-N dari lapisan 0-25 ke lapisan yang lebih dalam, hal ini terukur pada hasil pengamatan perlakuan Dosis Petani (FP) dan Rekomendasi Perbaikan (IP). Produksi bawang daun dan wortel masing-masing perlakuan Dosis Petani sebesar 24,4 t ha^{-1} dan 11,3 t ha^{-1} dengan total serapan N 22 dan 58 kg ha^{-1}, setara dengan 9 dan 4% terhadap total N yang ditambahkan. Produksi Rekomendasi Perbaikan adalah 18,3 dan 11,6 t ha^{-1} dengan total serapan N 20 dan 50 kg ha^{-1}, setara dengan 12 dan 7% terhadap total N yang ditambahkan. Hasil perhitungan N-*balance* jangka pendek (*short term N-balance*) diperoleh masing-masing 599 dan 558 untuk Dosis Petani, serta 374 dan 245 untuk Rekomendasi Perbaikan.

Kata kunci: Nitrogen, Thaptic Endoaquands; pemupukan; sayuran

Abstracts. *Nitrogen fertilizer is one macro nutrient that is required by vagetable crop. In the highland vegetable farming system, farmers generally apply high N fertilizer which is not consider to crop needs and behavior of plant nutrients in the soil. In purpose to improve fertilizer efficiency and reduce the environmental impact of NO_3^-N, in 2007, has conducted research on soil nitrogen nutrient management on Inceptisols from Karang Anyar. The experiment was conducted in farmers' fields Punthuk Rejo village, District Argoyoso, Karang Anyar ($07^o36'25''$ - $07^o37'30''$ LS, $111^o05'10''$ - $111^o06'45$ LT.) belong*

to the family Aquandic Dystrudepts, medial , isohyperthermic. Plant indicator is leek and carrot. The treatments tested were Farmers Practice or FP (per hectare: 40 t e mixture of chicken manure and cow + 500 kg Urea for leek; 25 t cattle manure/chicken + 500 kg Urea + 500 kg ZA for carrots) and Improve Practice or IP (15 t chicken and cattle manure mixture + 250 kg Urea + 250 kg ZA for leek; 15 t chicken + 250 kg Urea for carrots). Observations included the movement of N in soil profiles, crop production and N uptake. This soil has a low BD 0.8 to 0.9 mg m^{-3}, relatively rapid permeability index from 2.78 to 4.78 cm day^{-1} with rapid drainage pore from 26.5 to 31.9%. The results showed that this soil capable to tranfer NO_3^-N very fast from 0-25 layers to deeper layers, it is measured in FP and IP. Production of leek and carrot each treatment is 24.4 t ha^{-1} and 11.3 t ha^{-1} with a total uptake 22 and 58 kg N ha, equivalent to 9 and 4% of the total N added, respectively. Vegetable production of IP were 18.3 and 11.6 t ha^{-1} with a total uptake of 20 and 50 kg N ha^{-1}, equivalent to 12 and 7% of the total N added, respectivelly. The results of the calculation of short term N-balance were obtained 599 and 558 for FP , as well as 374 and 245 for IP.

Keywords*: Nitrogen, Thaptic Endoaquands, fertilizer, vegetable*

LATAR BELAKANG

Kebutuhan tanaman akan hara N termasuk yang terbanyak dibanding hara makro lainnya. Cepatnya respon tanaman terhadap pemupukan N, berkaitan dengan fungsi N tersebut diantaranya dalam pembentukan zat hijau daun. Selain itu, N sangat dibutuhkan dalam fase pertumbuhan, sehingga bila kekurangan N, daun akan berwarna pucat dan tanaman tumbuh kerdil.

Berdasarkan pengaruh N terhadap pertumbuhan tersebut, petani sayuran dataran tinggi berkecenderungan untuk memupuk dalam jumlah yang melebihi kebutuhan tanaman sebagai jaminan bagi mereka untuk mendapatkan produksi yang tinggi. Sumber nitrogen yang petani pergunakan tidak hanya berasal dari pupuk anorganik juga pupuk organik. Sebagai contoh kasus adalah petani sayuran di Daerah Buntu Kejajar-Wonosobo memupuk total N hingga lebih dari 500 kg setiap musimnya (Widowati *et al*. 2011). Jumlah tersebut sangat berlebihan bila mengingat total serapan N tanaman adalah sekitar 150 hingga 250 kg N ha^{-1}. Terdapat kelebihan N di lahan pertanian tersebut atau dapat disebut sebagai surplus *N-balance*.

Praktisi pertanian umumnya tidak menyadari bahwa sesungguhnya lahan pertanian juga mempunyai kemampuan untuk mensuplai N yang berasal dari penguraian bahan organik tanah oleh mikroba. Jumlah suplai N ini termasuk cukup besar, misalnya untuk tanah Andisols di Wonosobo dan Kopeng mampu mensuplai sebesar 163,3±44,5 kg N ha^{-1} (Widowati *et al*. 2011). Dari nilai mineralisasi tersebut atau dikenal sebagai potensi mineralisasi N adalah potensi *indigenous* dari tanah tersebut, baik bahan organik yang diperoleh secara alami maupun sebagai akibat dari aktivitas bercocok tanam. Bahan organik yang ditambahkan juga mempunyai kecepatan mensuplai N atau mineralisasi

yang berbeda-beda. Bila diaplikasikan dengan memperhatikan kecepatan mineralisasinya maka tidak menutup kemungkinan N dari bahan organik dapat dimanfaatkan tanaman secara optimal.

Bila serapan tidak optimal dan terjadi surplus *N-balance*, nitrogen sangat mudah tercuci dari lapisan atas ke bawah atau bahkan hilang. Sifat nitrogen yang mudah berubah bentuk serta diikat tanah dalam jumlah yang sedikit berakibat N mudah ditranslokasi. Dilaporkan bahwa di Waduk Mrican (Jawa Tengah) dan Waduk Cirata (Jawa Barat) telah terukur polusi nitrat di badan air sebagai akibat dari aktivitas pertanian tanaman sayuran dataran tinggi (Arshanti, 2008; Korakura *et al*. 2001).

Berkaitan dengan hal tersebut sudah seharusnya aplikasi N harus berdasarkan pada ketersediaan N tanah, jumlah N yang ditambahkan, serta berapa yang dibutuhkan tanaman. Dari sifat N serta praktik petani yang berlebihan dalam pemupukan sumber N, rekomendasi pemupukan N dapat disusun dalam bentuk perhitungan sederhana.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyusun rekomendasi N pada tanah di sentra produksi sayuran di Karang Anyar dengan komponen pendukungnya.

BAHAN DAN METODE

Penelitian penyusunan rekomendasi pemupukan dilaksanakan di Desa Punthuk Rejo, Kec. Argoyoso, Kabupaten Karang Anyar, Jawa Tengah. Klasifikasi tanah ini termasuk famili Thaptic Endoaquands, medial, isohyperthermic. Penelitian lapangan dilaksanakan pada MH 2007 dan dalam waktu bersamaan juga dilakukan pengambilan contoh tanah untuk penelitian pengukuran potensi mineralisasi N di laboratorium. Perlakuan yang diujikan adalah Perlakuan Petani (*Farmer Practice*) selanjutnya disebut sebagai FP dan Perlakuan Perbaikan (*Improve Practice*) disebut sebagai IP.

Inkubasi

Penelitian inkubasi dilaksanakan dengan metode yang diuraikan oleh De Neve *et al.* (2004). Contoh tanah *bulk* dikeringanginkan sampai mencapai kadar air di bawah kadar air kering udara, dengan tujuan agar mineralisasi mencapai batas terendah saat inkubasi dimulai. Contoh tanah ditimbang kurang lebih 250 g per kontainer yang terbuat dari paralon dengan diameter 2,5 inci dan tinggi 10 cm. Setelah kebutuhan air untuk mencapai 50% kapasitas lapangan tercapai maka contoh tanah dimasukkan ke dalam kontainer, dikompakkan untuk mencapai BD mendekati BD lapang (0,7 g cm^{-3}) dan diairi dengan cara disemprotkan dangan *sprayer* kecil. Pada setiap *sampling* per minggunya, 1 seri perlakuan dan ulangan diambil dan di-*subsampling* dengan cara dituangkan seluruh tanahnya ke atas lembar plastik. Pada hari yang sama langsung dilakukan ekstraksi untuk

pengukuran mineral N (NH_4 dan NO_3). Inkubasi berlangsung selama 102 hari, dimulai dari 7, 18, 31, 46, 60, 74, 88, dan 102 hari.

Pencucian (*leaching*)

Pengukuran *leaching* dilakukan pada petak perlakuan di lapangan. Setiap 3 minggu sekali pada setiap bedeng perlakuan dibor menggunakan bor tanah pada setiap kedalaman 20 cm. Contoh tanah per kedalaman kemudian dianalisa mineral N di mini laboratorium Salatiga. Satu contoh berasal dari 3 anak contoh yang diambil dari tiga bedeng. Satu perlakuan (IP ataupun FP) diwakili oleh 3 ulangan.

Penyusunan rekomendasi

Pelaksanaan penelitian rekomendasi pemupukan diawali dengan penghitungan keseimbangan hara N (Widowati *et al*. 2011) yang sesungguhnya dengan rumus sebagai berikut :

$$N_{balans}\ \text{Jangka Pendek} = (N_{awal} + N_{min} + N_{tersedia_BO} + N_{pupuk}) - (N_{uptake_marketable} + N_{uptake_residu} + N_{panen})$$

Keterangan :

N_{awal} = kadar N tanah awal
N_{min} = potensi mineralisasi N tanah
$N_{tersedia_BO}$ = N tersedia dari hasil mineralisasi N bahan organik
$N_{uptake_marketable}$ = serapan N yang diangkut keluar
N_{uptake_residu} = N dari residu tanaman
N_{panen} = kadar N tanah saat panen

Percobaan lapangan

Penelitian lapangan terdiri dari dua perlakuan yakni IP dan FP. Petak IP seluas 10 m^2 kemudian dibagi menjadi 10 bedeng dengan ukuran masing-masing bedeng lebar 0,75 cm, tinggi 20 cm, dan panjang 10 m. Pada pertanaman pertama adalah bawang daun dan diikuti tanaman wortel. Tanaman bawang daun ditanam dengan membuat lubang tanam dengan jarak 20 x 40 cm^2, kemudian diberi pupuk kandang ayam yang telah matang dan ditanam di atasnya 1 bibit per lubang. Untuk wortel, pupuk kandang dicampur dalam bedengan kemudian benih ditanam dengan cara dilarik dengan jarak antar larikan 20 cm. Pemberian pupuk dilakukan dengan cara ditugal diantara dua tanaman bawang, sedangkan untuk wortel pupuk diberikan dengan membuat larikan pupuk antar larikan tanam.

Kadar C-organik, N-organik dan C/N disajikan pada Tabel 1. Kadar C-organik pukan kambing yang terendah, termasuk kadar N-organik juga yang terendah. Pukan sapi dan pukan ayam mempunyai kadar C dan N yang sama, yang membedakan adalah kadar

air, pukan sapi mempunyai kadar air sekitar 15-30% dan pukan ayam sekitar 10-15%. Sehingga untuk aplikasi dengan kuantiti yang sama, maka pukan ayam akan menyumbangkan hara yang lebih tinggi.

Tabel 1. Kadar hara C, N, dan C/N rasio yang dipergunakan pada penelitian

Bahan organik	C (%)	N (%)	C/N
Pukan kambing	14,26	0,98	14,59
Pukan sapi	27,75	1,34	13,28
Pukan ayam	27,54	1,14	13,20

Pengolahan data

Model *first order* telah difitkan ke potensi mineralisasi data menggunakan regresi non linear (Levenberg-Marquardt algoritm) di SPSS v.15. Persamaan *first order* adalah sebagai berikut:

$$N_{min}(t) = N_{A,min}(1-\exp(-k_{min}t))$$

Dimana $N_{min}(t)$ (mg kg^{-1}) adalah total N termineralisasi pada waktu t, $N_{A,min}$ (mg kg^{-1}) adalah potensi N yang dapat dimineralisasi, dan k_{min} (day^{-1}) adalah koefisien kecepatan mineralisasi (Campbell and Zetner, 1993).

Untuk data pergerakan N atau N-profil, tidak dilakukan pengolah data secara statistik tetapi data tersebut diplotkan pada grafik. Dan data yang diperoleh dari percobaan lapangan diuji signifikannya dengan menggunakan T-test.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat tanah

Sifat tanah dari milik petani Sumardjo, Desa Argoyoso bertekstur ringan dengan kadar bahan C-organik tergolong sedang (2,08%) dengan kadar N-organik (0,14%). Kadar P dan K potensial termasuk tinggi masing-masing 123 mg P_2O_5 $100g^{-1}$ dan 35 mg K_2O $100g^{-1}$. Kapasitas tukar kation tanah ini termasuk sangat tinggi (32,91 meq $100g^{-1}$). Dari sifat tanah tersebut tanah Argoyoso berkesuburan tanah tinggi. Pengelolaan tanah dengan input yang seimbang dapat mempertahankan tingkat kesuburan tanah. Mengingat tanah ini mempunyai BD yang rendah 0,8-0,9 mg m^{-3}, indeks permeabilitas tergolong cepat 2,78-4,78 cm $hari^{-1}$ dengan pori drainase cepat 26,5-31,9% sehingga mempunyai sifat melalukan solut (garam-garam yang mudah larut) seperti nitrat ke lapisan yang lebih dalam ataupun membawa ke badan air. Penggunaan bahan organik merupakan salah satu

cara untuk mempertahankan kelembaban tanah dan juga bahan makanan bagi mikroba untuk menyehatkan tanah dan mendorong terbentuknya agregat.

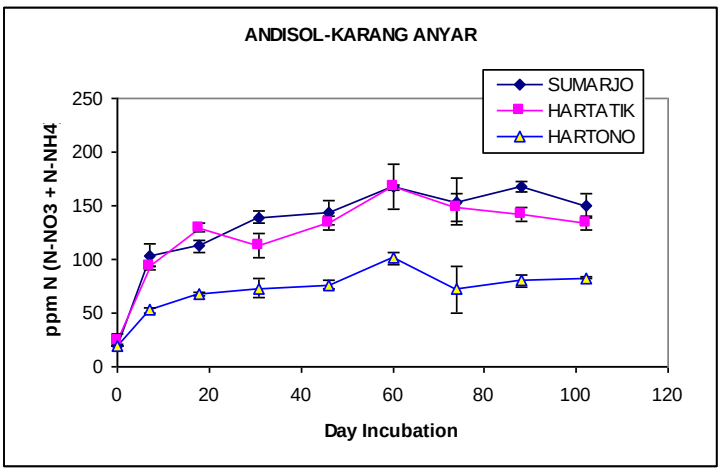
Mineralisasi

Hasil pengukuran potensi mineralisasi N pada ketiga tanah milik petani dari desa Argoyoso menunjukkan pola yang hampir sama. Mulai hari pertama inkubasi kadar N-mineral meningkat drastis sampai hari ke-7 inkubasi. Peningkatan yang besar tersebut terjadi karena adanya perubahan kadar air pada tanah sehingga terjadi peningkatan aktivitas mikroba pengurai dalam melepaskan mineral N (NO_3 + NH_4).

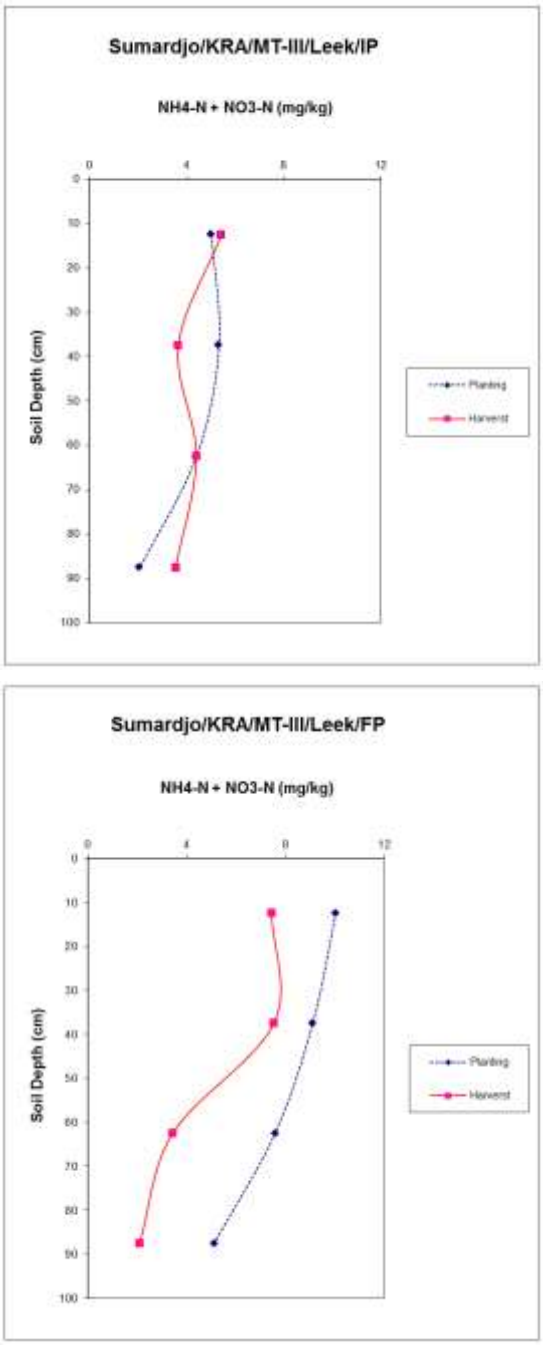
Hasil aplikasi data N pada model *first order* diperoleh nilai k (koefisien kecepatan mineralisasi) sebesar 0,1460 $hari^{-1}$, dan nilai Nm sebesar 68,307 mg kg^{-1}. Total N termineralisasi dari bahan organik tanah pada kedalaman 20 cm selama 102 hari adalah ±164,8 kg N ha^{-1}.

Pencucian

Hasil pengukuran N diplotkan pada grafik di bawah ini (Gambar 2). Dari grafik tersebut jelas terlihat bahwa perlakuan FP menunjukkan kadar mineral N (NH_4-N + NO_3-N) yang lebih tinggi dibanding perlakuan IP. Selanjutnya telah diketahui bahwa efisiensi N adalah sangat rendah (<25%) sehingga sebagian besar N tersedia dari pupuk anorganik dan organik diprediksi tercuci ke lapisan tanah yang lebih dalam atau masuk dalam badan air. Hal ini didukung oleh hasil analisa sifat tanah yakni BD yang rendah (<0,9 g cm^{-3}) dan *hidrolic conductivity* termasuk sedang hingga cepat.



Gambar 1. Pola pelepasan N tanah dari Desa Punthuk Rejo, Kec. Argoyoso, Kab. Karang Anyar pada pengukuran potensi mineralisasi N



Gambar 2. Pergerakan N dalam profil tanah pada kondisi awal dan setelah panen perlakuan IP (atas) dan FP (bawah)

Rekomendasi pemupukan

Dari perhitungan rekomendasi pemupukan dengan memasukkan komponen data penunjang diperoleh besaran rekomendasi untuk bawang daun sebesar 15 ton pukan ayam/sapi + 250 kg Urea + 250 kg ZA untuk perlakuan IP dan 40 ton pukan ayam/api + 500 kg Urea ha^{-1} + 500 kg ZA ha^{-1} untuk perlakuan FP. Dengan asumsi produksi sebesar 25 t ha^{-1} dan tidak ada residu yang dikembalikan ke lahan. Kalaupun ada pengembalian sangat kecil sekali sumbangannya.

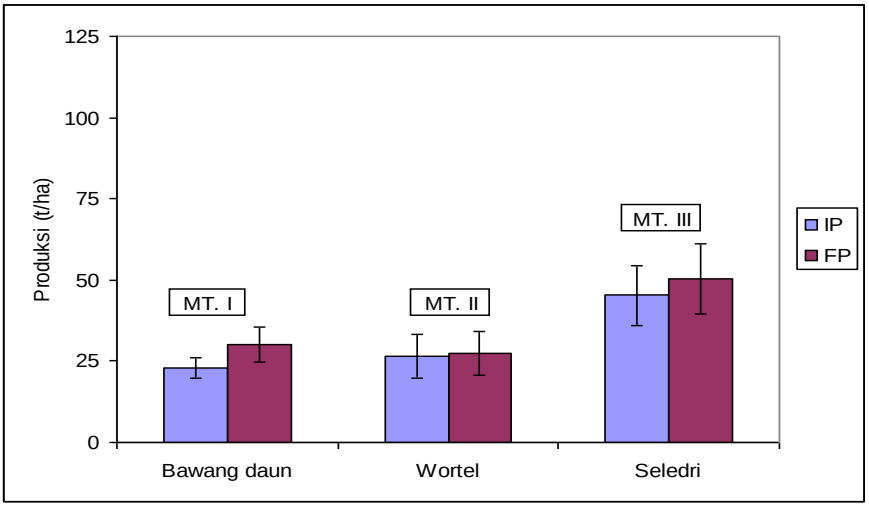
Sebagian besar petani di Desa Punthuk Rejo mengaplikasikan pupuk untuk tanaman wortel sebesar 25 ton pukan sapi/ayam + 500 kg Urea + 500 kg ZA untuk FP, sedangkan hasil penghitungan kebutuhan N tanaman untuk wortel adalah 15 ton pukan ayam + 250 kg Urea untuk perlakuan IP. Pada tanaman wortel tidak diaplikasikan P dan K karena hasil analisis menunjukkan bahwa hara P dan K tercukupi dari aplikasi pupuk kandang.

Percobaan lapangan

Hasil penelitian percobaan lapangan diperoleh data seperti yang disajikan pada Gambar 3. Pada musim tanam pertama, ditanam bawang daun dan dipanen pada umur 45 HST. Tanaman tumbuh baik dengan produksi bawang daun 24,4 t ha^{-1} (FP) dan 18,3 t ha^{-1} (IP) dengan serapan 22 kg N ha^{-1} dan 20 kg N ha^{-1}. Perbedaan produksi antara perlakuan IP dan FP tidak nyata. Bila dipersentasekan berdasarkan total N yang diaplikasikan, maka persentase serapan N atau efisiensi N masing-masing adalah 9% (FP) dan 12% (IP). Surplus neraca N yang telah terjadi sebesar 599 kg N ha^{-1} (FP) dan 374 kg N ha^{-1} (IP). Jumlah N surplus adalah sangat besar, bila dilakukan pengelolaan dengan baik dengan jumlah dan cara aplikasi yang tepat maka N surplus bisa ditekan sehingga efisiensi N dapat meningkat.

Tanaman musim kedua adalah wortel yang ditanam pada MK 2007. Tanaman wortel tumbuh dengan baik dan dipanen pada umur 60 HST. Produksi wortel sebesar 13,3 t ha^{-1} untuk perlakuan FP dan 11,8 t ha^{-1} untuk perlakuan IP, dengan serapan N masing-masing sebesar 58 kg ha^{-1} dan 50 kg ha^{-1}. Jika dihitung efisiensinya hanya sebasar 4% dan 7% untuk FP dan IP. Nilai efsiensi ini sangat rendah dan merupakan tantangan yang besar untuk meningkatkannya. Dan dapat pastikan bahwa N surplus adalah sangat besar dengan nilai sebesar 558 kg N ha^{-1} untuk FP dan 245 kg N ha^{-1} untuk IP.

Dari kedua pertanaman tersebut, nilai efisiensnya hanya mencapai <25%. Dengan kata lain hampir 75% atau lebih N berpeluang untuk hilang. N surplus yang sangat besar dengan efisiensi yang rendah selain mencemari lingkungan juga pemborosan sumberdaya energi serta biaya. Perlu penanganan yang serius terhadap sistem usahatani tanaman sayuran dataran tinggi terutama yang termasuk tanaman yang bernilai ekonomi.



Gambar 3. Pengaruh perlakuan FP dan IP terhadap produksi tanaman bawang daun dan wortel

KESIMPULAN

Tanah Aquandic Dystrudepts dari Desa Punthuk Rejo, Kec. Argoyoso, Kab. Karang Anyar berkesuburan tinggi tetap mempunyai kelemahan yakni ber-BD rendah dan mudah melakukan solut melalui profil tanah. Pengelolaan tanah dan hara yang baik seperti penambahan bahan organik yang tepat serta aplikasi beberapa kali N dapat mengurangi tingkat kehilangan N melalui pencucian dan meningkatkan serapan yang terukur saat panen pada akhirnya dapat meningkatkan efisiensi pupuk N baik anorganik maupun organik.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini terlaksana atas dana dari kerjasama VLIR Ugent-Balittanah. Ucapan terimakasih disampaikan kepada Dr. Sukristyonubowo, Ir. Didik Sukristyohastomo, Ibrahim Adamy Sipahutar, SSi, dan Iin Dwi Suharti, SSi hingga terlaksana penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Arshanti, I.W. 2008. Evaluation of Vegetable Farming System in Upland Areas of Java and Sumatera, Indonesia, PhD Dissertation. Der Humboldt-Universitat zu Berlin, Germany.

Champbell, C.A. and R.P. Zetner. 1993. Soil organic matter as influenced by crop rotations and fertilization. Soil Sci. Soc. of Am. J., 57: 1034-1040.

De Neve, S., Susana Gaona Saez, Barbara Chaves Daguilar, Steven Sleutel, and Georges Hofman. 2004. Manipulating N mineralization from high N crop residues using on- and off-farm organic materials. Soil Biology and Biochemistry, 36: 127-134.

Korakura, H., M. Zairin, I. Effendie, K. Nirmala, and A.O. Sudrajat. 2001. Cage culture in lake Cirata. *In* Proceedings of the First Seminar on Toward Harmonization between Development and Environmental Conservation in Biological Production, The University of Tokyo. p. 300.

Widowati, L.R., S. De Neve, Sukristiyonubowo, D. Setyorini, A. Kasno, and I.A. Sipahutar. 2011. Nitrogen balances and nitrogen use efficiency of intensive vegetable relations in South East Asian tropical Andisols. Nutrients Cycle in Agroecosystems, 91: 131-143.

Pertumbuhan Pegagan (*Centella Asiatica*) di Inceptisols dari Toposekuen Lereng Selatan Gunung Merapi pada Berbagai Dosis Pupuk P

24

[1]Agus Suprihatin, [1]Abdul Syukur, dan [2]Benito Heru Purwanto

[1]Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sumatera Selatan, Palembang. Email: a9035t@yahoo.co.id

[2]Dosen Fakultas Pertanian UGM, Yogyakarta

Abstrak. Inceptisols dari toposekuen lereng selatan Gunung Merapi berkembang dari bahan induk abu vulkan kaya akan unsur hara K, Ca, Na, dan Mg. Inceptisols tersebut memiliki potensi sebagai media tanam pegagan. Permasalahan yang dihadapi pada tanah tersebut yaitu memiliki retensi P yang tinggi, sehingga perlu dilakukan pemupukan P yang diharapkan dapat meningkatkan kandungan asiatikosida pegagan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dosis pupuk SP-36 terhadap P tersedia, serapan P, pertumbuhan, produksi dan kandungan asiatikosida pegagan yang ditanam di Inceptisols dari toposekuen lereng selatan Gunung Merapi. Penelitian ini merupakan percobaan pot dengan rancangan acak kelompok lengkap (RAKL) faktorial dengan 2 faktor dan 3 ulangan. Faktor dalam penelitian ini adalah (1) dosis pupuk SP-36 dengan 4 taraf yaitu: 0,75, 150, dan 300 kg SP-36 ha^{-1} dan (2) asal Inceptisols ada 3 lokasi. Data dianalisis dengan analisis sidik ragam (uji F) dan dilanjutkan dengan uji DMRT taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan dosis pupuk SP-36 semakin meningkatkan P-tersedia setelah pemupukan di Inceptisols dari toposekuen lereng selatan Gunung Merapi.

Kata kunci: Pegagan, SP-36, Inceptisols

Abstract. *Inceptisols Merapi developed from volcanic ash parent material cantaining high concentration of K, Ca, Na, and Mg had a potential for growing media of* Centella asiatica*. However the soil have a several constraints such as high P retention, so that P fertilization was needed and water stress was expected to increased the asiaticoside contents of* Centella asiatica*. The aims of this study to determine the effect of SP-36 fertilizer, moisture conditions and its combination treatments on available P, P uptake, growth, yield and asiaticoside contents of* Centella asiatica *were grown in Inceptisols Merapi toposequent. This study was pot experiment with factorial experiment was design in Randomized Complete Block Design (RCBD) with two factors and three replications. The factor used in this research were (1) SP-36 fertilizer, within four dosage levels: 0, 75, 150, and 300 kg SP-36* ha^{-1} *and (2) Inceptisols, within three locations. The data was analyse by analysis of variance and followed by the Duncan's Multiple Range Test on level of significant 5%. The results showed that increasing dosage of SP-36 fertilizer and moisture conditions were increasing available P after fertilization in Inceptisols Merapi toposequent.*

Keywords*: Centella asiatica, SP-36 fertilizer, Inceptisols*

PENDAHULUAN

Pegagan mengandung asiatikosida sehingga banyak digunakan sebagai bahan simplisia obat (Talalaj and Czechowics, 1989; Pramono dan Ajiastuti, 2004; Kristijarti *et al.* 2004). Asiatikosida merupakan antilepra dan penyembuh luka yang sangat luar biasa (Talalaj and Czechowics, 1989). Asiatikosida dapat meningkatkan vitalitas dan daya ingat serta mengatasi pikun. Hasil analisis pegagan dalam 100 g terkandung 34 kalori, 8,3 g air; 6,9 g karbohidrat; 1,6 g protein; 0,6 g lemak; 2,0 g serat; 1,6 g abu; 170 mg kalsium, 30 mg fosfor; 3,1 mg besi; 414 mg kalium, 6580 µg betakaroten; 0,15 mg tiamin; 0,14 mg riboflavin; 1,2 mg niasin; dan 4 mg askorbat.

Tanah yang berkembang pada lereng selatan Gunung Merapi mengarah ke dalam Ordo Inceptisols. Berdasarkan Peta Geologi Lembar Yogyakarta, menjelaskan bahwa lereng selatan Gunung Merapi berasal dari endapan vulkanik Merapi muda yang terdiri dari tuf, abu, breksi, aglomerat dan leleran lava tak terpisahkan. Hal ini didukung oleh Resman *et al.* (2006) menyatakan bahwa tanah pada toposekuen lereng selatan Gunung Merapi termasuk dalam sub grup Andic Dystrudepts dan Vitrandic Dystrudepts.

Inceptisols dari toposekuen lereng selatan Gunung Merapi masih sangat dipengaruhi oleh bahan induknya yaitu abu vulkan, yang kaya mineral-mineral terlapukkan dan unsur K, Ca, Na, dan Mg yang diperlukan untuk perkembangan dan kontinuitas budidaya pegagan. Permasalahan yang dihadapi oleh tanah tersebut adalah retensi P yang tinggi. Berdasarkan hasil penelitian Resman *et al.* (2006), bahwa Inceptisols pada toposekuen lereng selatan Gunung Merapi (pada ketinggian 400-800 m dpl) memiliki retensi fosfat berkisar 78,82-89,26%.

TUJUAN

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dosis pupuk SP-36 terhadap P tersedia, serapan P, pertumbuhan, produksi dan kandungan asiatikosida pegagan yang ditanam di Inceptisols dari toposekuen lereng selatan Gunung Merapi.

METODE

Penelitian merupakan percobaan pot yang telah dilaksanakan dari bulan Agustus 2010-Februari 2011. Analisis sampel tanah dan jaringan tanaman dilakukan di laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian UGM dan analisis bahan aktif pegagan di Balittro Cimanggu, Bogor. Media tanam menggunakan Inceptisols dari toposekuen lereng selatan Gunung Merapi dan bibit pegagan menggunakan CASI 003 dari Balittro. Faktor yang diuji dalam penelitian ini yaitu: (1) takaran pupuk SP–36, dengan 4 taraf: 0,75, 150 dan 225 kg SP-36 ha^{-1}. (2) asal Inceptisols dari 3 lokasi: Desa Ngipiksari (toposekuen bagian

atas), Desa Argomulyo (toposekuen bagian tengah) dan Desa Kalitirto (toposekuen bagian bawah) yang diulang 3 kali. Percobaan ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RCBD) faktorial.

Parameter yang diamati antara lain pertumbuhan pegagan seperti jumlah daun, jumlah stolon primer, jumlah stolon sekunder dan jumlah anakan, kadar P-tersedia sebelum dan setelah perlakuan dan produksi pegagan seperti bobot segar dan kering trubus, serapan P oleh trubus pegagan, kadar asiatikosida.

HASIL

Kesuburan tanah awal

Hasil analisis laboratorium terhadap sifat fisika dan kimia tanah awal menunjukkan bahwa Inceptisols Argomulyo dan Ngipiksari memiliki tektur lempung berpasir, sedangkan Inceptisols Ngipiksari memiliki tekstur pasir berlempung. Inceptisols lereng selatan Gunung Merapi memiliki pH dari agak masam-netral. Inceptisols Argomulyo memiliki tingkat kesuburan lebih baik daripada Inceptisols Ngipiksari dan Kalitirto, dimana nilai KPK, kadar C-organik dan bahan organik, jumlah kation-kation basa dan P-tersedia pada Inceptisols Argomulyo lebih tinggi daripada Inceptisols Ngipiksari dan Kalitirto (Tabel 1).

Tabel 1. Hasil analisis awal terhadap sifat kimia Inceptisols lereng selatan Gunung Merapi

Parameter	Inceptisols Ngipiksari	Inceptisols Argomulyo	Inceptisols Kalitirto
Kelas tekstur	Pasir geluhan	Geluh pasiran	Geluh pasiran
C-organik (%)	2,75	3,49	1,07
Bahan organik (%)	4,74	6,02	1,84
N total (%)	0,24	0,19	0,07
KPK (c mol (+) kg^{-1})	12	22	12
P-tersedia (ppm P)	4	153	18

Pertumbuhan pegagan

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam bahwa kombinasi perlakuan antara asal Inceptisols dan dosis pupuk SP-36 menunjukkan tidak ada interaksi terhadap parameter pertumbuhan tanaman dari umur 2-14 MSP. Perlakuan asal Inceptisols memberikan keragaman terhadap parameter pertumbuhan pegagan seperti jumlah daun, jumlah stolon primer dan jumlah anakan dari umur 2-14 MSP. Perlakuan asal Inceptisols memberikan keragaman terhadap jumlah stolon sekunder dari umur 8-14 MSP. Dosis pupuk SP-36 tidak memberikan keragaman terhadap parameter pertumbuhan dari umur 2-14 MSP.

Tabel 2. Pertumbuhan pegagan pada umur 14 MSP yang ditanam di Inceptisols dari toposekuen lereng selatan Gunung Merapi pada berbagai dosis pupuk SP-36

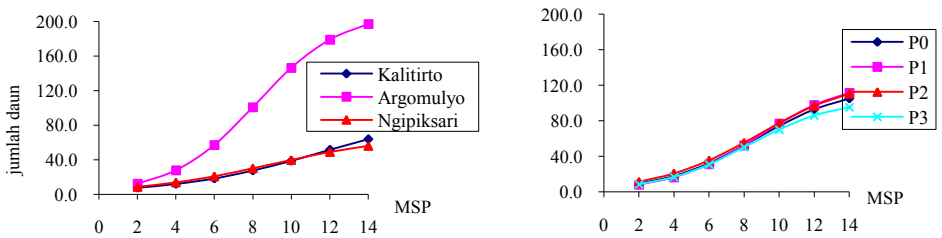
Perlakuan	Jumlah daun	Jumlah stolon primer	Jumlah stolon sekunder	Jumlah anakan
Asal Inceptisols:				
- Kalitirto	63,8 b	3,7 b	4,0 b	28,5 b
- Argomulyo	197,9 a	4,5 a	14,8 a	106,8 a
- Ngipiksari	57,5 b	2,8 b	3,3 b	27,2 b
Dosis pupuk SP-36:				
- 0 kg SP-36 ha^{-1}	105,7	3,7	7,2	58,6
- 75 kg SP-36 ha^{-1}	112,6	3,5	7,3	56,8
- 150 kg SP-36 ha^{-1}	112,7	3,6	8,2	53,6
- 225 kg SP-36 ha^{-1}	94,6	3,7	6,7	47,7

Keterangan: Huruf pada kolom yang sama berbeda nyata pada uji DMRT 5%

Pertumbuhan pegagan yang ditanam di Inceptisols Argomulyo memberikan pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan dengan pegagan yang ditanam di Inceptisols Kalitirto dan Ngipiksari. Berdasarkan Tabel 2 di atas menunjukkan bahwa pada perlakuan dosis pupuk 225 kg SP-36 ha^{-1}, pertumbuhan pegagan cenderung menurun. Hal ini diduga pegagan mulai mengalami keracunan P atau kelebihan pemupukan P.

1. Jumlah daun

Pegagan yang ditanam di Inceptisols Argomulyo memberikan pertumbuhan jumlah daun yang lebih baik daripada pegagan yang ditanam di Inceptisols Kalitirto dan Ngipiksari (Gambar 1). Pada saat panen jumlah daun pegagan yang ditaman di Inceptisols Argomulyo mencapai 198 helai.

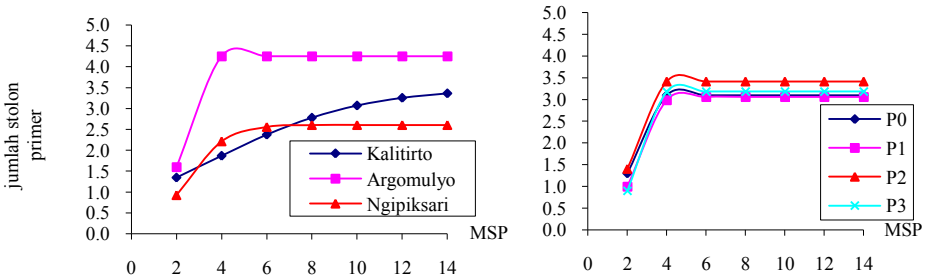


Gambar 1. Pertumbuhan jumlah daun pegagan yang ditanam di Inceptisols dari lereng selatan Gunung Merapi (kiri), berbagai dosis pupuk SP-36 (kanan).

2. Jumlah stolon primer

Pertumbuhan jumlah stolon primer pegagan yang ditanam di Inceptisols Argomulyo memberikan pertumbuhan terbaik dibandingkan dengan yang ditanam di

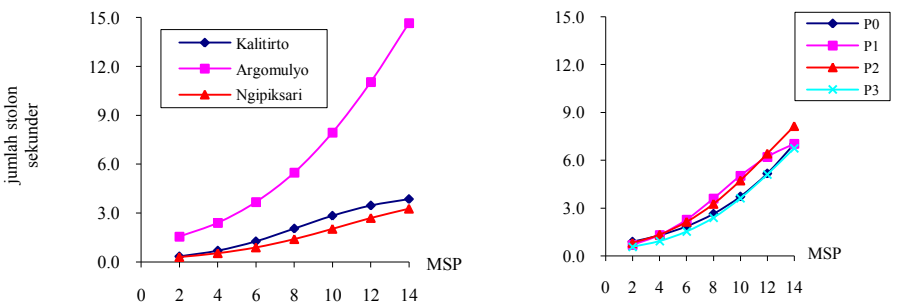
Inceptisols Kalitirto dan Ngipiksari. Penambahan stolon primer tertinggi pada umur 4 MSP, setelah itu mengalami penurunan pada umur 6 MSP dan peningkatan lagi (Gambar 2). Penurunan jumlah stolon primer tersebut dikarenakan pegagan mengalami *senesence* tetapi tahap tersebut selalu diikuti munculnya stolon primer yang baru dan seterusnya bergantian.



Gambar 2. Pertumbuhan jumlah stolon primer yang di tanam di Inceptisols dari lereng selatan Gunung Merapi (kiri) dan berbagai dosis pupuk SP-36 (kanan)

3. Jumlah stolon sekunder

Pertumbuhan jumlah stolon sekunder pegagan yang ditanam di Inceptisols Argomulyo memberikan pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan dengan pegagan yang ditanam di Inceptisols Kalitirto dan Ngipiksari (Gambar 3).

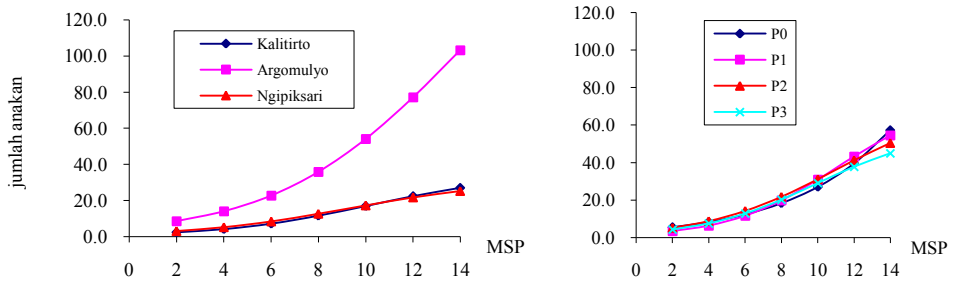


Gambar 3. Pertumbuhan jumlah stolon sekunder pegagan yang ditanam di Inceptisols dari lereng selatan Gunung Merapi (kiri) dan berbagai dosis SP-36 (kanan)

4. Jumlah anakan

Pegagan yang ditanam di Inceptisols Argomulyo memberikan pertumbuhan jumlah anakan yang lebih bagus dibandingkan dengan pegagan yang ditanam di Inceptisols Kalirto dan Ngipiksari. Pada saat panen jumlah anakan pegagan yang ditanam di Inceptisols Argomulyo mencapai 106,8 anakan, sedangkan pegagan yang ditanam di

Inceptisols Kalitirto dan Ngipiksari masing-masing mencapai 28,5 dan 27,2 anakan. Pegagan yang ditanam di Inceptisols Argomulyo berpotensi sebagai tanaman induk untuk perbanyakan pegagan secara vegetatif. Pegagan yang dijadikan tanaman induk untuk pembibitan selain memiliki pertumbuhan yang baik, harus memiliki produksi asiatikosida yang tinggi pula.



Gambar 4. Pertumbuhan jumlah anakan pegagan yang ditanam di Inceptisols lereng selatan Gunung Merapi (kiri) dan berbagai dosis pupuk SP-36 (kanan)

Produksi pegagan

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan antara asal Inceptisols dan dosis pupuk SP-36 tidak terdapat interaksi terhadap berat basah dan kering trubus pegagan. Perlakuan asal Inceptisols yang digunakan sebagai media tanam memberikan keragaman terhadap berat basah dan kering trubus pegagan. Perlakuan dosis pupuk SP-36 tidak memberikan keragaman terhadap berat basah dan kering trubus pegagan.

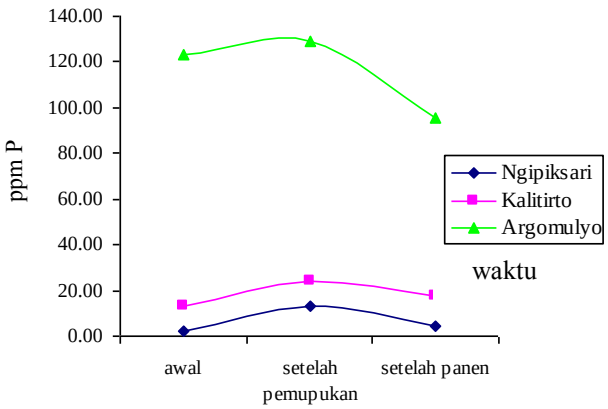
Hasil penelitian menunjukkan bahwa pegagan yang ditanam di Inceptisols Argomulyo memberikan berat basah dan kering trubus pegagan tertinggi yaitu masing-masing mencapai 201,3 g dan 27,8 g. Kadar air dalam jaringan trubus pegagan mencapai 86%, sehingga jaringan pegagan didominasi oleh air karena pegagan merupakan tanaman bukan berkayu (berkambium). Air merupakan komponen utama pembangun sel-sel tanaman. Kandungan air tanaman hijau mencapai 70-90% dari berat segar, terutama pada kebanyakan spesies tanaman tak berkayu.

Perlakuan dosis pupuk SP-36 tidak memberikan perbedaan terhadap berat basah dan kering trubus tetapi pemberian pupuk P sebesar 225 kg SP-36 ha^{-1} cenderung menurunkan berat basah dan kering trubus. Sehingga apabila dosis ini ditingkatkan akan semakin menurunkan hasil pegagan. Hal ini dimungkinkan karena pegagan sudah mengalami keracunan atau kelebihan hara P.

Dinamika P dalam tanah Inceptisols

Perubahan ketersedian hara P pada Inceptisols Kalitirto, Argomulyo dan Ngipiksari didasarkan dari hasil analisis P tersedia tanah awal setelah pemupukan dan setelah panen (P tersedia tanah yang tidak terangkut panen) yang diharapkan dapat menggambarkan dinamika P dalam tanah.

Gambar di bawah ini menunjukkan bahwa Inceptisols Ngipiksari lebih responsif terhadap pemupukan SP-36 dibandingkan dengan Inceptisols Kalitirto dan Argomulyo. Hal ini terlihat pada peningkatan kadar P tersedia tanah setelah pemupukan pada Inceptisols Ngipiksari yang sangat tinggi yaitu mencapai 5,6 kali dari P tersedia awal, dibandingkan dengan peningkatan kadar P tersedia Inceptisols Kalitirto dan Argomulyo masing-masing hanya sebesar 1,9 dan 1,0 kali. Kadar P tersedia setelah panen di Inceptisols Argomulyo lebih rendah daripada kadar P tersedia tanah awal. Lain halnya dengan Inceptisols Kalitirto dan Ngipiksari, kadar P tersedia setelah panen masih lebih tinggi daripada kadar P tersedia tanah awal. Hal ini terkait dengan tingginya serapan P oleh pegagan yang ditanam di Inceptisols Argomulyo yaitu mencapai 42,54 mg P.tanaman^{-1}, sedangkan serapan P oleh pegagan di Inceptisols Kalitirto dan Ngipiksari masing-masing sebesar 6,06 dan 5,57 mg tanaman^{-1}.



Gambar 5. Dinamika perubahan ketersediaan P dalam Inceptisols

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa ada interaksi dalam kombinasi perlakuan antara asal Inceptisols dan dosis pupuk SP-36 terhadap P tersedia tanah setelah pemupukan. Hasil analisis P-tersedia setelah pemupukan sebelum tanam yang optimum diperoleh di Inceptisols Argomulyo, dosis pupuk 75 kg SP-36 ha^{-1} yaitu sebesar 134,84 ppm P_2O_5. Hasil perhitungan P-tersedia terendah sebesar 7,59 ppm P_2O_5 di tanah Inceptisols dari daerah Ngipiksari tanpa pupuk P.

Peningkatan dosis pupuk SP-36 sampai 225 kg SP-36 ha^{-1} pada Inceptisols Kalitirto diikuti dengan peningkatan P-tersedia tanah tersebut. Sedangkan pada Inceptisols Argomulyo dan Ngipiksari peningkatan dosis pupuk SP-36 tidak diikuti dengan peningkatan P tersedia tanah setelah pemupukan tetapi mengalami penurunan P tersedia setelah pemupukan SP-36 pada dosis 150 kg SP-36 ha^{-1} untuk Inceptisols Argomulyo dan 225 kg SP-36 ha^{-1} untuk Inceptisols Ngipiksari.

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam terhadap kadar P tersedia setelah panen menunjukkan bahwa ada interaksi dalam kombinasi perlakuan antara asal Inceptisols dan dosis pupuk SP-36. P tersedia setelah panen pegagan mencapai nilai tertinggi pada 110,35 ppm P_2O_5 dan terendah pada 3,8 ppm P_2O_5.

Serapan hara P oleh pegagan

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan antara asal Inceptisols dan dosis pupuk SP-36 tidak memberikan interaksi terhadap serapan P oleh trubus pegagan. Serapan P oleh trubus pegagan yang ditanam di Inceptisols Argomulyo lebih tinggi daripada Inceptisols Kalitirto dan Ngipiksari, yaitu sebesar 42,54 mg P per tanaman. Pemberian dosis pupuk 75 kg SP-36 ha^{-1} dan 150 kg SP-36 ha^{-1} cenderung meningkatkan serapan P oleh trubus pegagan sebesar 2,89% dan 23,30%, tetapi pada dosis 225 kg SP-36 ha^{-1} cenderung menurunkan serapan P oleh trubus pegagan sebesar 16,72%. Penambahan fosfat melalui pemberian pupuk fosfat ternyata kurang efisien, hanya 20–30% dari jumlah hara P yang diberikan dapat diserap oleh tanaman, sebagian besar terikat oleh mineral tanah (Hedley *et al.* 1990). Ditambahkan oleh Schenk and Barber (1979), bahwa distribusi dan morfologi akar di dalam tanah merupakan salah satu faktor yang sangat menentukan serapan P oleh tanaman, terutama apabila P di dalam larutan tanah sangat rendah.

Serapan P oleh trubus pegagan yang ditanam di Inceptisols Argomulyo berkisar dari 28,75-67,30 mg P per tanaman lebih tinggi daripada pegagan yang ditanam di Inceptisols Kalitirto yaitu berkisar 3,59-8,63 mg P per tanaman dan Ngipiksari berkisar dari 2,20-12,00 mg P per tanaman. Peningkatan serapan P oleh trubus pegagan seiring dengan peningkatan berat kering trubus pegagan. Kadar P yang tinggi dalam trubus pegagan tidak selalu memberikan serapan P yang tinggi pula oleh trubus pegagan apabila berat kering trubus pegagan rendah.

Pada tanah dengan kandungan P sangat tinggi belum tentu akan diperoleh bobot kering tanaman yang tinggi pula. Hal ini mungkin karena kekurangan unsur mikro seperti Zn, Cu, dan lain-lain sehingga hasil yang diperoleh tidak seperti pada tanah dengan kandungan P dan unsur-unsur lain yang optimal. Dengan demikian jumlah unsur hara diserap tanaman merupakan indeks yang lebih baik daripada presentase hasil, karena hasil tanaman merupakan fungsi dari beberapa faktor, termasuk ketersediaan unsur hara (Menon, 1981).

Produksi asiatikosida

Analisis kadar asiatikosida pada trubus pegagan tidak dilakukan terhadap semua populasi pegagan yaitu sebanyak 36 sampel, tetapi hanya dilakukan terhadap 1 ulangan untuk masing-masing perlakuan sehingga hanya 12 sampel. Analisis kadar asiatikosida pegagan hanya dilakukan di bagian trubus pegagan. Hal ini dikarenakan kandungan asiatikosida pegagan di bagian trubus jauh lebih besar daripada di bagian akar. Hasil penelitian Kim *et al.* (2004a) bahwa 82,6% dari seluruh asiatikosida yang terkandung dalam pegagan disintesis di bagian daun 15,9% disintesis di tangkai daun pegagan dan 1,5% disintesis di akar.

Pegagan yang ditanam di Inceptisols Kalitirto memiliki kadar asiatikosida yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang ditanam di Inceptisols Argomulyo dan Ngipiksari. Rata-rata kadar asiatikosida pegagan yang ditanam di tanah Inceptisols Kalitirto sebesar 2,73%, sedangkan pegagan yang ditanam di Inceptisols Argomulyo dan Ngipiksari masing-masing sebesar 1,2 dan 0,93%. Hal ini juga diikuti dengan serapan P oleh pegagan yang cenderung tinggi yaitu sebesar 59,73 mg P.tanaman^{-1}. Nilai tersebut jauh lebih tinggi dari penelitian Djauhariya dan Hernani (2004) hasil analisis nutrisi pegagan dalam 100 g terkandung 30 mg P. Hasil penelitian Bermawie *et al.* (2005) pegagan asal Cimanggu yang ditanam secara konvensional mengandung asiatikosida 1,76%. Penelitian Bermawie *et al.* (2008) menyatakan bahwa 16 aksesi pegagan koleksi Balittro memiliki kadar asiatikosida berkisar 0,15-1,49%. Menurut Bermawie *et al*. (2008) bahwa kadar asiatikosida yang tinggi diperoleh pada penanaman pegagan di dataran tinggi.

Pegagan yang ditanam di Inceptisols Argomulyo memberikan produksi asiatikosida yang lebih tinggi yaitu sebesar 47,8 cg.tanaman^{-1}, daripada pegagan yang ditanam di Inceptisols Kalitirto dan Ngipiksari masing-masing sebesar 32,4 cg.tanaman^{-1} dan 8,6 cg.tanaman^{-1}. Hal ini terkait dengan berat kering trubus pegagan tertinggi juga diperoleh pada pegagan yang ditanam di Inceptisols Argomulyo yaitu berkisar 24,8-61,0 g.tanaman^{-1}, sedangkan untuk pegagan yang ditanam di Inceptisols Kalitirto dan Ngipiksari masing-masing berkisar dari 8,3-19,0 g.tanaman^{-1} dan 3,0-14,6 g.tanaman^{-1}. Pendapat Kim *et al.* (2004b) bahwa biomassa yang besar lebih mampu melakukan biosintesis asiatikosida. Peningkatan produksi asiatikosida pegagan diikuti dengan peningkatan berat kering trubus pegagan.

KESIMPULAN

Kombinasi perlakuan antara asal Inceptisols dari lereng selatan Gunung Merapi dan dosis pupuk SP-36 mempengaruhi peningkatan P-tersedia setelah pemupukan dan panen. Peningkatan dosis pupuk SP-36 tidak mempengaruhi serapan P, pertumbuhan, produksi dan kandungan asiatikosida pegagan yang ditanam di Inceptisols lereng selatan Gunung Merapi. Pegagan yang ditanam di Inceptisols Argomulyo memiliki serasspan P, pertumbuhan dan produksi pegagan yang lebih tinggi dari pegagan yang ditanam di Inceptisols Ngipiksari dan Kalitirto. Pegagan yang ditanam di Inceptisols Kalitirto memiliki kadar asiatikosida yang lebih tinggi daripada pegagan yang ditanam di Inceptisols Ngipiksari dan Argomulyo.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kepada Prof. Dr. Ir. Bambang Hendro Sunarminto, SU. dan Ir. Damaskus Riyanto, MSi. yang telah memberikan kesempatan untuk bergabung dalam kegiatan penelitian KKP3T.

DAFTAR PUSTAKA

Bermawie, N., Purwiyanti, S. dan Mardiana. 2008. Keragaman sifat morfologi, hasil dan mutu plasma nutfah pegagan (*Centella asiatica* (L) Urban.). Bul. Littro. Vol. XIX. No. 1. hal: 1-17.

Bermawie, N., M. Ibrahim, S.D. dan Ma'mun. 2005. Karakteristik mutu aksesi pegagan (*Centella asiatica* L.). Prosiding Semnas TOI XXVII. Surabaya 15-16 Maret 2005. Balai Materia Medica. Dinkes Propinsi Jatim. hal: 259-264.

Djauhariya, E. dan Hernani. 2004. Gulma Berhasiat Obat. Penebar Swadaya. Jakarta. 128 hal.

Hedley, M. J., A. Hussin, and N. S. Bolan. 1990. New approaches to phosphorus fertilization. Phosphorus requirements for sustainable agriculture in Asia and Oceania. pp: 125-142.

Kim, O.T., Kim, M.Y., M.H. Hong, and J.C. Ahn. 2004a. Stimulation of asiaticoside accumulation in the whole plant cultures on *Centella asiatica* (L.) Urban by elicitor. Physiology and Biochemistry. Springer-Verlag. Plant Cell Rep. 23: 339-344.

Kim, O.T., Kim, M.Y., Huh, S.M., Ahn, J.C., Seong, N.S., and B. Hwang. 2004b. Effect of growth regulators on asiaticoside production in whole plant cultures of *Centella asiatica* (L.) Urban. Journal of Plant Biology. Des. 2004. 47 (4):361-365.

Kristijarti, A.P., Handoko H, Franky, Mariana S, dan Bisowarna BH. 2004. Kajian Awal Pengaruh Jenis Pelarut, Rasio Umpan Dengan Pelarut, Ukuran Daun, dan Temperatur Terhadap Ekstrasi Triterpenoid Pada Pegagan (*Centella asiatica*). Nasional Conference Design Application Tecnology 2004. Jurusan Teknik Kimia, Universitas Katolik Parahyangan Bandung.

Menon, R.G. 1981. Soil Testing. National Soil Service, Agric. Res. Inst. Mlingano. AG. URT/73/006.

Pramono, S dan Ajiastuti D. 2004. Majalah Farmasi Indonesia. Fakultas Farmasi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. 15(3): 118-123.

Resman, Siradz, S.A. dan Sunarminto, B.H. 2006. Kajian Beberapa Sifat Kimia dan Fisika Inceptisols pada Toposekuen Lereng Selatan Gunung Merapi Kabupaten Sleman. Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan. Lampung. Vol. 6 (2) (2006). Hal: 101-108.

Schenk, M.K. and S.A. Barber. 1979. Phosphate uptake by corn as affected by soil characteristics and root morphology. Soil Sci. Sco. Am. J. 43: 880-883.

Talalaj, S. and Czechowics. 1989. Herbal Remedies Harmful and Beneficial effects, Melbourne.

Pengaruh Pemupukan NPK, Kapur, dan Kompos Jerami Terhadap Kesuburan Tanah, Pertumbuhan dan Hasil Padi Varietas Ciliwung yang Ditanam Pada Sawah Bukaan Baru

25

[1]Sukristiyonubowo, [1]Tagus Vadari, dan [2]Kusumo Nugroho

[1]Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Tanah, Jl. Tentara Pelajar No. 12, Bogor 16114
[2]Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Jl. Tentara Pelajar No. 12, Bogor 16114

Abstrak. Penelitian ini merupakan penelitian yang didanai oleh program SINTA dan Insentif Ristek T.A. 2009 sampai 2011 yang dilaksanakan di Panca Agung, Kabupaten Bulungan, Kalimantan Timur. Penelitian dilaksanakan pada sawah bukaan baru yang berumur tiga tahun, yang dibuka pada tahun 2007. Perlakuan yang diuji sebanyak dua belas perlakuan yang diatur dalam Rancangan Acak Kelompok yang diulang tiga kali. Hanya untuk perlakuan T7 dan T8, dimana pupuk N dan K diberikan 3 kali, yaitu 50% saat tanam, 25% saat tanaman padi berumur 21 HST (Hari Setelah Tanam) dan 25% sisanya saat tanaman padi berumur 35 HST. Sementara, untuk perlakuan lainnya pupuk N dan K diberikan 2 kali, yaitu 50% saat tanam dan 50% saat tanaman berumur 21 HST. Dolomit dan kompos jerami diberikan tujuh hari sebelum tanam dengan cara disebar merata dalam petak. Ukuran petak percobaan adalah 5 m x 5 m dengan jarak antar ulangan 1 m. Padi varietas Ciliwung digunakan sebagai tanaman indikator, yang ditanam dengan cara pindahan (*transplanting system*) dengan jarak tanam 25 cm x 25 cm dengan tiga bibit per lubang. Tujuan penelitian adalah mempelajari pengaruh pemupukan NPK, kapur dan kompos jerami terhadap sifat tanah, pertumbuhan dan hasil padi varietas Ciliwung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara umum sawah bukaan baru baik yang berasal dari tanah kering dan basah mempunyai kesuburan tanah yang rendah. Pemupukan NPK, dolomit dan kompos jerami, terutama pada perlakuan T8 mampu meningkatkan N tanah, P dan K potensial yang diekstrak dengan HCl 25%, P tersedia dengan metode Bray I serta menurunkan kadar besi (Fe) dan mangan (Mn) lebih baik dibandingkan perlakuan lainnya dan tanah awal. Pemupukan NPK dosis rekomendasi yang dikombinasikan dengan dolomit dan kompos jerami dimana pupuk N dan K diberikan tiga kali (T8) berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan (tinggi dan jumlah anakan) dan produksi biomasa (berat jerami dan gabah) padi varietas Ciliwung. Dibandingkan dengan cara petani, perlakuan T8 mampu meningkatkan hasil padi sebesar 73% atau setara dengan 1,62 t ha-1.

Kata kunci: Sawah bukaan baru, dolomit, kompos jerami, pemupukan NPK

PENDAHULUAN

Beras merupakan bahan makan pokok dan penyedia lapangan kerja bagi sebagian besar penduduk Indonesia, sehingga kedudukan beras menjadi sangat strategis baik ditinjau dari

aspek sosial, politik maupun ekonomi. Lebih dari 90% total beras dihasilkan melalui sawah beririgasi dan sisanya dihasilkan dari sistem sawah non irigasi (BPS, 2006). Penciutan lahan sawah irigasi di Pulau Jawa dan Bali akibat alih fungsi lahan, gejala *leveling off* (pelandaian hasil) pada sawah beririgasi teknis, dan semakin meningkatnya kompetisi penggunaan air untuk keperluan industrI, rumah tangga dan pengairan serta meningkatnya kebutuhan akan beras telah mengganggu produksi padi dan kemandirian beras nasional. Impor beras tahun 2010 dari Vietnam dan China sebanyak 400 ribu ton menyadarkan kita bahwa pencetakan sawah bukaan baru harus dipandang sebagai pencetakan lumbung lumbung beras baru untuk Indonesia di masa mendatang.

Sawah bukaan baru yang dicetak di luar Pulau Jawa berasal dari lahan kering dan lahan basah. Tanah ini umumnya mempunyai kendala-kendala yang berhubungan dengan aspek fisik, kimia dan biologi tanah. Pemberian pupuk yang tidak berimbang dan bergantung pada pupuk mineral saja menyebabkan produksi padi masih belum optimal. Pengembangan teknologi pemupukan dengan mengkombinasikan antara pupuk buatan dengan pupuk organik dan pemberian kapur akan meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk yang berlanjut pada perbaikan hasil padi.

Sawah bukaan baru yang berasal dari lahan kering yang digenangi mempunyai sifat yang relatif sama dengan tanah asalnya. Dilaporkan bahwa penggenangan akan menyebabkan perubahan sifat kimia tanahnya. Ponnamperuma (1978) menyimpulkan bahwa penggenangan akan menurunkan Eh, meningkatkan pH serta meningkatnya ketersediaan P dan Ca. Selanjutnya Tadano dan Yoshida (1978) mengamati hal yang sama bahwa penggenangan pada tanah masam meningkatkan pH tanah, dan pada tanah alkali akan menurunkan pH tanah.

Pencetakan sawah baru dari lahan kering di luar pulau Jawa umumnya didominasi tanah jenis Oxisols, Ultisols, dan Inceptisols. Menurut Tan (1982) tanah tanah tersebut terutama yang berwarna kemerahan sampai merah mempunyai kandungan oksida Fe dan Al yang tinggi. Dalam suasana reduksi, oksida-oksida yang terlarut dapat meracuni tanaman. Apabila kandungan Fe dalam tanah melebihi 200 ppm, maka tanaman akan keracunan Fe (Puslittanak, 1993) atau apabila konsentrasi besi dalam tanaman lebih dari 300 ppm (Yusuf *et al.* 1990). Tanah sawah bukaan baru yang berasal dari lahan basah, misalnya lahan pasang surut, lahan rawa lebak maupun aluvial umumnya tidak terjadi pergerakan air vertikal ke arah solum, sehingga tidak terjadi horison penimbunan Fe maupun Mn.

Produksi padi sawah bukaan baru yang berasal dari tanah kering masam tergolong rendah karena yaitu (1) belum efektifnya pemanfaatan air berkaitan dengan belum terbentuknya lapisan tapak bajak (*plow pan*), (2) rendahnya efisiensi pemupukan karena tingginya kehilangan hara akibat pelindian dan pencucian, (3) terjadinya perubahan fisiko kimia maupun biologi yang meningkatkan kelarutan beberapa unsur hara mikro yang

meracuni tanaman dan (4) keracunan besi merupakan penyebab utama gagal panen (Anonymous, 2005). Dilaporkan bahwa penambahan amelioran yang mengandung Ca, Mg dan unsur mikro disamping penambahan pupuk NPK dan bahan organik dapat meningkatkan produktivitas sawah bukaan baru (Sukristiyonubowo *et al.* 2012; Sukristiyonubowo *et al. 2011a* and b; Sukristiyonubowo and Tuherkih, 2009; Widowati dan Rochayati, 2008; Yan *et al.* 2007; Fageri and Baligar, 2001).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh pemberian pupuk NPK, kompos jerami dan dolomit terhadap sifat tanah, pertumbuhan dan hasil padi varietas Ciliwung pada sawah bukaan baru.

BAHAN DAN METODE

Data yang digunakan berasal dari hasil penelitian T.A. 2009 sampai 2011 di sawah bukaan baru yang dibuka tahun 2007 di Panca Agung, Kabupaten Bulungan. Dua belas perlakuan dicobakan yang mencakup dosis petani, dosis introduksi dan waktu pemberian pupuk yang dikombinasi dengan dolomit dan kompos jerami, yang diatur dalam rancangan percobaan rancangan acak kelompok (RAK) yang diulang tiga kali. Dosis pemupukan NPK introduksi adalah dosis rekomendasi yang ditetapkan berdasarkan PUTS (Perangkat Uji Tanah Sawah). Dosis rekomendasi NPK yang digunakan berasal dari pupuk tunggal urea, SP-36, dan KCl masing-masing sebesar 250 kg urea, 100 kg SP-36 dan 100 kg KCl ha^{-1}. Dosis dolomit dan kompos jerami masing masing 2 t ha^{-1}. Sementara, untuk dosis petani adalah 100 kg urea dan 100 kg SP-36 ha^{-1}. Perlakuan selengkapnya disajikan pada Tabel 1. Ukuran petak yang digunakan adalah 5 m x 5 m dengan jarak antar ulangan 1 m. Padi varietas Ciliwung digunakan sebagai tanaman indikator yang ditanam dengan cara pindahan dengan jarak tanam 25 cm x 25 cm dengan 3 bibit per lubang. Bibit padi dipindahkan saat berumur 21 hari setelah sebar dipersemaian.

Pada perlakuan T7 dan T8, pupuk urea dan KCl diberikan tiga kali pemberian. Pemberian pertama sebanyak 50%, yaitu pada saat tanam bersamaan dengan pupuk SP36 yang diberikan semuanya saat tanam. Pemberian pupuk N dan K kedua sebanyak 25% diberikan saat tanaman berumur 21 hari setelah tanam (HST), dan pemberian ketiga sebanyak 25% diberikan saat tanaman berumur 35 HST. Sementara, untuk perlakuan yang lain, pupuk urea dan KCl diberikan dua kali pemberian, yaitu 50% saat tanam dan 50% sisanya saat tanaman padi berumur 21 HST. Kompos jerami dan dolomit masing-masing sebanyak 2 t ha^{-1} diberikan saat pengolahan tanah kedua selesai, yaitu setelah pemetakan selesai dikerjakan yaitu satu minggu sebelum tanam dengan cara disebar merata pada petak.

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan dilakukan analisa sidik ragam dan untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan dilanjutkan dengan uji Duncan Multiple Range Test masing masing pada tingkat kepercayaan 95%.

Tabel 1. Perlakuan pada penelitian pengaruh pemupukan NPK, kompos jerami dan dolomit terhadap sifat kimia dan hasil padi sawah bukaan baru

Kode	Perlakuan	Urea	SP-36	KCl	Dolomit	Kompos Jerami
		---------- kg ha^{-1} ----------				
T0	Dosis petani (kontrol)	100	100	-	-	-
T1	Dosis petani + BO + Dolomit	100	100	-	2000	2000
T2	NPK dosis rekomendasi	250	100	100	-	-
T3	NPK dosis rekomendasi + BO	250	100	100	-	2000
T4	¾ NPK dosis rekomendasi + Bo	187,5	75	75	-	2000
T5	½ NPK dosis rekomendasi + BO	125	50	50	-	2000
T6	1¼ NPK dosis rekomendasi + BO	312,5	125	125	-	2000
T7	NPK dosis rekomendasi (N dan K diberikan 3 kali)	250	100	100	-	2000
T8	NPK dosis rekomendasi + BO + Dolomit (N dan K diberikan 3x)	250	100	100	2000	2000
T9	NPK dosis rekomendasi + BO + Dolomit	250	100	100	2000	2000
T10	NPK dosis rekomendasi + 1 ½ BO	250	100	100	-	2000
T11	NPK dosis rekomendasi + ½ BO	250	100	100	-	2000

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kesuburan tanah alami sawah bukaan baru (*Inherent Soil Fertility*)

Pada umumnya, sawah bukaan baru yang berasal dari lahan kering dikelola untuk padi gogo dan palawija, hutan tidak produktif dan lahan tidur (*sleeping land*), tetapi sejak diubah ke sawah bukaan baru pada tahun 2007 karena ada upaya masyarakat untuk mengalirkan air dari hutan di daerah atas dengan pipa, ditampung dan dialirkan ke lahan, maka sawah bukaan baru berjalan.

Secara alami kesuburan kimia dan fisika sawah bukaan baru baik yang berasal dari lahan kering (*dryland*) maupun lahan basah (*wetland*) di Panca Agung dan Tanjung Buka

SP-2 disajikan pada Tabel 2. Tekstur tanah bervarias dari lempung liat berdebu (*silty clay loam*) sampai liat (*clay*), dan digolongkan kedalam tektur sedang dan halus. Mempunyai pH masam yang bervariasi dari 4,62 dan 4,70. Kapasitas tukat kation (KTK) tergolong rendah bervariasi antara 5,81and 9,51 $cmol^{+}\ kg^{-1}$ diduga karena adanya keseragaman mineral liat (*uniformity in clay mineralogy*) dan rendahnya bahan organik tanah. Tingkat kandungan carbon (*soil organic carbon*) dan N total termasuk sangat rendah, yang beragam masing masing dari 0,71-1,29% C dan dari 0,03-0,05% N. Ada dugaan bahwa dimasa lampau, semua jerami dari padi gogo dan sisa tanaman diangkut keluar lapang untuk pakan ternak dan dibakar. Menurut Clark *et al.* (1998) mengamati tanah dengan kandungan bahan organik tinggi ditemui pada tanah yang diperlakukan dengan pupuk kandang dan tanaman penutup tanah

Kandungan P total bervariasi dari 31 sampai 58 mg $P_2O_5\ kg^{-1}$ dan termasuk sangat rendah. Lebih lanjut, kandungan P tersedia juga tergolong rendah, bervariasi dari 1,09 sampai 2,69 mg $P_2O_5\ kg^{-1}$ sehingga dapat diduga bahwa pemberian 100 kg SP36 ha^{-1} $musim^{-1}$ dapat meningkatkan P tersedia. Kandungan K potensial yang diekstrak dengan HCl 25% tergolong rendah, bervariasi 55 sampai 138 mg $K_2O\ kg^{-1}$. Ini juga diduga bahwa aplikasi 100 kg KCl ha^{-1} $musim^{-1}$ akan meningkatkan K dalam tanah. Clark *et al.* (1998) dan Rasmussen dan Parton (1994) melaporkan hasil yang sama.

Hal yang sama juga diamati pada sawah bukaan baru yang berasal dari lahan basah (Tabel 2). Tanah bersifat sangat masam dengan pH 3,78 sampai 4,50. Kapasitas tukar kation tergolong tinggi dengan nilai antara 23-25 $cmol^{+}\ kg^{-1}$. Kandungan karbon organik (SOC) dan N total rendah, masing masing bervariasi antara 1,96%-2,10% C dan 0,20-0,60% N. Kandungan P total atau P potensial yang diekstraksi dengan HCl 25% adalah sangat rendah, bervariasi antara 58 sampai 79 mg $P_2O_5\ kg^{-1}$. Kandungan P tersedia juga termasuk rendah, antara 11,61 sampai 19,61 mg $P_2O_5\ kg^{-1}$, diharapkan aplikasi dari 100 kg SP36 $ha^{-1}.musim^{-1}$ meningkatkan P tersedia dan menaikkan fungsi tanah yang pada akhirnya terhadap hasil padi . Kandungan K Total atau potensial termasuk rendah yang bervariasi dari 129 sampai 176 mg $K_2O\ kg^{-1}$, mengindikasikan bahwa pemberian 100 kg KCl ha^{-1} $musim^{-1}$ juga akan meningkatkan kandungan K total maupun tersedia. Clark *et al.* (1998), Rasmussen dan Parton (1994) melaporkan hasil yang sama.

Kandungan Ca dapat ditukar (1,36-5,49 $cmol^{+}\ kg^{-1}$), K (0.11-0.19 $cmol^{+}\ kg^{-1}$) dan Mg dapat ditukar (1,73-2,61 $cmol^{+}\ kg^{-1}$) tergolong rendah sampai sedang. Dilihat dari perbandingan antara calcium, magnesium, dan potassium, data juga mengindikasikan perbandingan yang tidak seimbang. Pada kondisi normal ratio berkisar antara 60-65% calcium, 10-15% magnesium, dan 5-7% potassium. Dengan demikian, secara umum kondisi kesuburan tanah alami sawah bukaan baru baik yang berasal dari lahan kering maupun lahan sawah adalah rendah, dengan pH asam sampai sangat asam, kandungan bahan organik, N, P, dan K rendah. Oleh karena itu pemberian pupuk N, P, dan K (dosis

rekomendasi) yang dikombinasikan dengan pemberian dolomit dan kompos perlu untuk memperbaiki kesuburan alami dan hasil padi.

Tabel 2**.** Sifat kimia sawah bukaan baru yang berasal dari lahan basah di Desa Tanjung Buka SP-2 yang dibuka tahun 2007 (contoh tanah diambil Juni 2011) dan yang berasal dari lahan kering Desa Panca Agung (contoh tanah diambil Juni 2009), Kabupaten Bulungan**.**

Parameter	Unit	Tanjung Buka SP-2		Panca Agung	
		Nilai	Kriteria	Nilai	Kriteria
pH		3,78 – 4.50	Sangat Masam	4,62 – 4,70	Sangat Masam
Bahan Organik					
C-organik	%	1.96 – 2.10	Rendah	0.71 – 1.29	Sangat Rendah
N Total	%	0,20 – 0.60	Rendah	0.03 – 0.05	Sangat Rendah
C/N ratio		9.80	Rendah	20 - 26	
P ekstrak HCl 25%	ppm	58 -79	Sangat Rendah	31 -58	Sangat Rendah
K ekstrak HCl 25%	ppm	129 - 176	Rendah	55 - 138	Rendah
P Bray I	ppm	11,61-19.61	Sangat Rendah	1.09 – 2.69	Sangat Rendah
CEC	cmol(+) kg^{-1}	23 - 25	Tinggi	5.81 – 9.53	Rendah
K	cmol(+) kg^{-1}	0.11 – 0.19	Sangat Rendah	0.05 – 0.11	Sangat Rendah
Ca	cmol(+) kg^{-1}	1.36 - 5,49	Rendah	1.04 – 1.83	Sangat Rendah
Mg	cmol(+) kg^{-1}	1,73 – 2.61	Rendah-sedang	0.21 – 0.27	Rendah
Fe	ppm	251 - 270	Tinggi	170 - 210	Tinggi

Pengaruh Perlakuan terhadap Sifat Tanah

Pengaruh pemupukan NPK, dolomit dan kompos jerami terhadap sifat tanah disajikan pada Tabel 3.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara umum, pemupukan NPK, dolomit dan kompos jerami menaikkan N organik, P tersedia, P dan K potensial serta menurunkan kandungan Fe dan Mn jika dibandingkan dengan tanah awal dan cara petani (kontrol). Pada perlakuan T7 dan T8 peningkatkan N organik tanah, P dan K potensial yang diekstrak dengan HCl 25%, P tersedia yang diekstrak dengan Bray I serta menurunkan kadar besi dan Mn lebih baik dibandingkan perlakuan lainnya, sehingga hara N, P, dan K yang dibutuhkan tanaman lebih banyak tersedia bagi tanaman padi (Tabel 3).

Tabel 3. Pengaruh pemupukan, kapur dan kompos jerami terhadap sifat kimia tanah sawah bukaan baru di lokasi Panca Agung, Kabupaten Bulungan

Perlakuan	Sifat tanah					
	N Total (%)	P HCl 25% (ppm P_20_5)	K HCl 25% (ppm K_20)	P Bray I (ppmP_20_5)	Fe (ppm)	Mn (ppm)
Tanah Awal	0,05	58	31	1,09	210	50
T0: Dosis petani (Kontrol)	0,10	162	37	4,91	185	16,09
T1: Dosis petani + pupuk Organik + dolomit	0,12	171	29	7,40	183	17,46
T2: NPK dosis rekomendasi	0,10	172	28	7,06	190	19,58
T3: NPK dosis rekomendasi + Pupuk organik	0,10	141	29	6,42	193	17,41
T4: ¾ NPK dosis rekomendasi + Pupuk organik	0,11	161	31	6,32	181	16,45
T5: ½ NPK dosis rekomendasi + Pupuk organik	0,12	127	33	4,91	189	19,51
T6: 1¼ NPK dosis rekomendasi + Pupuk organik	0,09	145	32	5,66	189	19,32
T7: NPK dosis rekomendasi (N dan K diberikan 3X)	0,14	149	39	9,63	157	16,80
T8: NPK dosis rekomendasi + Pupuk Organik + dolomit (N dan K diberikan 3 kali)	0,16	195	38	10,62	167	13,52
T9: ½ NPK dosis rekomendasi + pupuk organik + dolomit	O,14	154	31	9,25	171	18,31
T10:½ NPK dosis rekomendasi+1½ Pupuk Organik	0,14	185	38	9,37	197	17,49
T11:½ NPK dosis rekomendasi + ½ Pupuk Organik	0,13	143	31	7,18	188	7,20

Perbaikan sifat tanah khususnya pada perlakuan T7 dan T8, terutama meningkatnya kandungan N dan P tersedia ini diduga kuat karena adanya pengaruh langsung dari penambahan dolomit, kompos jerami dan pupuk NPK (dimana pupuk N dan K diberikan tiga kali pemberian). Pemberian ini akan secara langsung memperbaiki pH tanah, kandungan bahan organik dan P tersedia, disamping pengaruhnya terhadap penurunan Fe dan Mn. Menurunnya kandungan besi dari 170-185 ppm menjadi 157-167 ppm dan kandungan Mn dari 50 ppm menjadi 16,80 dan 13, 52 ppm disamping karena pengaruh langsung dari penambahan dolomit, diduga juga karena pengaruh penggenangan (De Datta, 1981). Selanjutnya dilaporkan bahwa penggenangan akan meningkatkan pH

dan P tersedia, kadar N, K dan Ca, dapat ditukar dan kadar Mn (Hartatik, 1997; Ponnamperuma, 1978; Sulaeman *et al.* 1997).

Pengaruh pemupukan NPK, penambahan dolomit dan kompos jerami terhadap Pertumbuhan dan Hasil Padi

Pengaruh pemupukan NPK, dolomit, dan kompos jerami terhadap tinggi tanaman dan jumlah anakan padi umur 60 HST dan saat panen disajikan pada Tabel 4. Pada saat tanaman padi berumur 60 hari setelah tanam (HST) semua perlakuan yang dicoba (pemupukan NPK dosis rekomendasi dan kombinasinya dengan dolomit dan kompos jerami) cenderung menunjukkan tinggi tanaman padi yang lebih baik dibandingkan dosis petani. Pada umur 60 HST tanaman padi varietas Ciliwung pada perlakuan T10 (NPK dosis rekomendasi +1½ kompos jerami) menunjukkan tinggi tanaman yang tertinggi, yaitu 85,60 ± 28,4 cm, walaupun tidak menunjukkan beda yang nyata dengan perlakuan T7 dan T8. Namun demikian pada saat panen, perlakuan T8 menunjukkan tinggi tanaman yang tertinggi, yaitu 96,97± 5,5 cm (Tabel 4). Hasil ini memperkuat dugaan awal bahwa disamping karena perbaikan sifat tanah akibat pemberian dolomit, kompos jerami, dan penggenangan juga disebabkan karena unsur hara N dan K yang diberikan tiga kali pemberian lebih banyak tersedia ketika dibutuhkan oleh tanaman padi.

Kejadian yang sama terjadi pada jumlah anakan tanaman padi, baik pada umur 60 HST dan saat panen. Pada perlakuan T8 (pupuk NPK dosis rekomendasi yang dikombinasikan dengan dolomit dan kompos jerami dimana pupuk N dan K diberikan 3 kali) menunjukkan jumlah anakan padi yang terbanyak dan berbeda nyata dibandingkan kontrol. Ini membuktikan bahwa pemupukan N dan K yang diberikan 3 kali lebih baik dibandingkan dosis petani dan pupuk N dan K yang diberikan 2 kali. Artinya bahwa jumlah hara N dan K yang tersedia dan dibutuhkan tanaman padi lebih baik, sehingga tanaman dapat menggunakan secara optimal untuk pertumbuhannya. Jumlah anakan padi varietas Ciliwung pada umur 60 HST dan saat panen masing-masing sebanyak 21,20 ± 6,0 dan 13,80 ± 1,6.

Selanjutnya, pengaruh pemupukan NPK dosis rekomendasi dan kombinasi dengan dolomit dan kompos jerami terhadap produksi biomas padi varietas Ciliwung lokasi Panca Agung disajikan pada Tabel 5. Pada umumnya, pemupukan NPK dosis rekomendasi yang dikombinasikan dengan 2 t ha^{-1} dolomit dan 2 t ha^{-1} kompos jerami meningkatkan produksi biomas padi jika dibandingkan perlakuan dosis petani. Lebih lanjut, perlakuan T8 (dimana pupuk N dan K diberikan 3 kali, yaitu 50% saat tanam, 25% umur 21 HST dan 25% umur 35 HST) memberikan produksi jerami segar dan berat gabah saat panen dan berat gabag kering giling yang tertinggi, masing masing sebesar 11,26 ± 1,2 ; 4,48 ± 0,2 dan 3,85 ± 0,2 t ha^{-1}. Apabila dibandingkan dengan kontrol atau dosis petani, perlakuan T8 meningkatkan produksi gabah kering giling sebesar 1,62 t ha^{-1} atau meningkat sebesar 73% (Tabel 6).

Tabel 4. Pengaruh pemupukan, kapur, dan kompos jerami terhadap tinggi dan jumlah anakan padi varietas Ciliwung umur 60 HST dan saat panen sawah bukaan baru di lokasi Panca Agung, Kabupaten Bulungan

Perlakuan		Tinggi Tanaman (cm)		Jumlah Anakan	
		60 HST	Panen	60 HST	Panen
T0:	Dosis petani (Kontrol)	50,53±7,3 b	81,93±7,4 cd	14,93±2,5 bc	10,43±1,4 c
T1:	Dosis petani + kompos jerami + dolomit	46,53±25,8 b	79,90±9,0 d	13,37±2,9 c	10,73±1,6 bc
T2:	NPK dosis rekomendasi	56,67±9,0 b	93,37±3,1 a	16,83±2,0 bc	12,17±1,4 abc
T3:	NPK dosis rekomendasi + kompos jerami	62,23±2,8 ab	90,57±1,1 abc	15,50±1,0 bc	12,73±0,5 abc
T4:	¾ NPK dosis rekomendasi + kompos jerami	59,73±2,8 b	89,47± 3,6 abc	16,73±0,8 bc	11,90±1,1 abc
T5:	½ NPK dosis rekomendasi + kompos jerami	57,93±6,3 b	89,67±7,2 abc	16,47±1,3 bc	12,20±1,7 abc
T6:	1¼ NPK dosis rekomendasi + kompos jerami	64,50 ±5,9 ab	89,93±3,5 abc	18,50±0,7 ab	12,30±0,4 abc
T7:	NPK dosis rekomendasi (N dan K diberikan 3X)	62,53±3,5 ab	92,10±3,5 ab	17,87±2,3 ab	13,10±1,1 ab
T8:	NPK dosis rekomendasi + kompos jerami + dolomit (N dan K diberikan 3 kali)	62,27±0,7 ab	96,97± 5,5 a	21,20±6,0 a	13,80±1,6 a
T9:	½ NPK dosis rekomendasi + kompos jerami + dolomit	57,77±5,5 b	89,30±8,2 abc	15,57±1,2 bc	12,60±1,1 abc
T10:	½ NPK dosis rekomendasi+1½ kompos jerami	85,60±28,4 a	91,57±0,9 ab	16,00±1,8 bc	11,57 ±0,4 abc
T11:	½ NPK dosis rekomendasi + ½ kompos jerami	55,57±9,3 b	83,83±7,6 bcd	14,50±0,7 bc	10,40±0,5 c
	CV (%)	20,90	5,40	12,70	10,1

Tabel 5. Pengaruh pemupukan N P K, kapur dan kompos jerami terhadap produksi biomas padi varietas Ciliwung yang ditanam di sawah bukaan baru di Panca Agung, Kabupaten Bulungan, Kalimantan Timur

Perlakuan		Berat jerami segar (t ha^{-1})	Berat gabah saat panen (t ha^{-1})	Berat gabah kering (t ha^{-1})
T0:	Dosis petani (kontrol)	6,90 ± 2,0 c	2,58 ± 0,6 f	2,23 ± 0.5 e
T1:	Dosis petani + kompos jerami + dolomit	8,38 ± 1,5 bc	3,12 ± 0,3 def	2,70 ± 0,3 cde
T2:	NPK dosis rekomendasi	9,86 ± 0,9 ab	3,94 ± 0,1 abc	3,06 ± 0,6 abcd
T3:	NPK dosis rekomendasi + kompos jerami	9,36 ± 0,5 abc	3,84 ± 0,4 abcd	3,32 ± 0,3 abc
T4:	¾ NPK dosis rekomendasi + kompos jerami	8,48 ± 0,2 abc	3,50 ± 0,4 bcde	3,04 ±0,3 bcd
T5:	½ NPK dosis rekomendasi + kompos jerami	9,54 ± 2,1 abc	4,04 ± 0,8 abc	3,48 ± 0,7 abc

Perlakuan	Berat jerami segar (t ha^{-1})	Berat gabah saat panen (t ha^{-1})	Berat gabah kering (t ha^{-1})
T6: 1¼ NPK dosis rekomendasi + kompos jerami	8,74 ± 3,3 abc	3,80 ± 0,4 abcd	3,41 ± 0,5 abc
T7: NPK dosis rekomendasi (N dan K diberikan 3X)	9,68 ± 2,9 ab	4,18 ± 0,3 ab	3,60 ± 0,2 ab
T8: NPK dosis rekomendasi + kompos jerami + dolomit (N dan K diberikan 3 kali)	11,26 ± 1,2 a	4,48 ± 0,2 a	3,85 ±0,2 a
T9: NPK dosis rekomendasi + kompos jerami + dolomit	7,82 ± 1,6 bc	3,14 ± 0,7 23 a	3,60 ± 0,6 ab
T10: NPK dosis rekomendasi + 1½ kompos jerami	8,90 ± 2,4 abc	3,30 ± 0,5 cdef	2,80 ± 0,5bcde
T11: NPK dosis rekomendasi + ½ kompos jerami	7,42 ± 0,9 bc	2,78 ± 0,8 ef	2,50 ± 0,7 de
CV (%)	15,60	11,60	13,9

Tabel 6. Prosentase kenaikan hasil padi varietas Ciliwung terhadap kontrol yang ditanam pada sawah bukaan baru di Panca Agung, Kabupaten Bulungan

Perlakuan	Prosentase kenaikan hasil terhadap kontrol (%)	
	t ha^{-1}	%
T0: Dosis petani (kontrol)		
T1: Dosis petani + Kompos Jerami + dolomit	0,47	21
T2: NPK dosis rekomendasi	0,83	37
T3: NPK dosis rekomendasi + Kompos Jerami	1,09	49
T4: ¾ NPK dosis rekomendasi + Kompos Jerami	0,81	36
T5: ½ NPK dosis rekomendasi +Kompos Jerami	1,25	56
T6: 1¼ NPK dosis rekomendasi + Kompos Jerami	1,18	53
T7: NPK dosis rekomendasi (N dan K diberikan 3 kali)	1,37	61
T8: NPK dosis rekomendasi + Kompos Jerami + dolomit (N dan K diberikan 3x)	1,62	73
T9: NPK dosis rekomendasi + Kompos Jerami + dolomit	1,37	61
T10: NPK dosis rekomendasi + 1½ Kompos Jerami	0,57	26
T11: NPK dosis rekomendasi + ½ Kompos Jerami	0,27	12

KESIMPULAN

1. Kesuburan alami tanah sawah bukaan baru yang berasal dari lahan kering (*dryland*) maupun basah *(wetland*) tergolong rendah dan dapat diperbaiki dengan penambahan pupuk mineral yang dikombinasikan dengan dolomit dan kompos
2. Pemupukan NPK dengan dosis rekomendasi yaitu 250 kg urea, 100 kg SP36 dan 100 kg KCl ha^{-1} dimana pupuk N dan K diberikan tiga kali (50% saat tanam, 25% umur 21 HST dan 25% sisanya umur 35 HST) yang dikombinasikan dengan pemberian dolomit 2 t ha^{-1} dan kompos jerami sebanyak 2 t ha^{-1} meningkatkan kandungan N total, P dan K total yang diekstraksi dengan HCl 25% dan P tersedia yang diukur dengan Metode Bray I, serta menurunkan kadar Fe dan Mo.

3. Pemupukan NPK dengan dosis rekomendasi yaitu 250 kg urea, 100 kg SP36, dan 100 kg KCl ha^{-1} dimana pupuk N dan K diberikan tiga kali (50% saat tanam, 25% umur 21 HST dan 25% sisanya umur 35 HST) yang dikombinasikan dengan pemberian dolomit 2 t ha^{-1} dan kompos jerami sebanyak 2 t ha^{-1} secara nyata meningkatkan pertumbuhan padi, produksi jerami, dan gabah padi sawah bukaan baru Panca Agung-Kabupaten Bulungan. Besarnya hasil gabah kering giling varietas Ciliwung yang dicapai adalah 3,85 ± 0,2 t ha^{-1}, meningkat 1,62 t ha^{-1} atau setara dengan 73% jika dibandingkan cara petani

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai Kementerian Riset dan Teknologi Republik Indonesia melalui program SINTA, INSENTIVE dan Direktorat Perluasan dan Pengelolaan Lahan, Kementerian Pertanian. Terima kasih untuk Sdr: Anda Suhanda, Suwandi, dan Rahmat Hidayat atas kerjasamanya dan waktunya di lapang.

DAFTAR PUSTAKA

Anonymous. 2005. Teknologi sawah bukaan baru areal irigasi Batang Hari. http://www.bbp2tp.litbang.deptan.go.id. 22 Januari 2009

BPS.2006. Statistik Indonesia. Biro Pusat Statistik. Jakarta

Clark, M.S., W.R. Horwath, C. Shennan, and K.M. Scow. 1998. Changes in soil chemical properties resulting from organic and low-input farming practices. Agronomy Journal. 90: 662-671

De Datta, S.K. 1981. Principles and practices of rice production. IRRI, Los Banos, Philippines. 618 p.

Fageri, N.K. and C.V. Balligar. 2001. Improving nutrient use efficiency of annual crops in Brazilian acid soils for sustainable crop production. Communication Soil Science Plan Analysis. 32 (7 and 8): 1301 - 1319

Hartatik, W., Widowati, L. Retno, dan Sulaeman. 1997. Pengaruh potensial redoks terhadap ketersediaan hara pada tanaman padi sawah. Prosiding Pertemuan Pembahasan dan Komunikasi Hasil Penelitian Tanah dan Agroklimat. Hal: 19-33

Ponnamperuma, F.M. 1978. Electrochemical changes in submerged soil and the growth of rice. IRRI. Los Banos, Philippines.

Puslittanak (Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat). 1993. Survey dan Penelitian Tanah Merowi I, Kalimantan Barat. Badan Litbang Pertanian. Bogor.

Rasmussen, P.E. and W.J. Parton. 1994. Long-term effects of residue management in wheat-fallow: I. Inputs, yields, and soil organic matter. Soil Science Society of America Journal. 58: 523-530

Sukristiyonubowo and E. Tuherkih. 2009. Rice production in terraced paddy field systems. Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan. 28(3): 139-147

Sukristiyonubowo, Ibrahim A.S., Tagus V., Agus S. 2011a. Management of inherent soil fertility of newly opened wetland rice fields for sustainable rice farming in Indonesia. Journal of Plant Breeding and Crop Science 3 (8): 146-153

Sukristiyonubowo, Fadhli Y., and Agus S. 2011b. Plot scale nitrogen balance of newly opened wetland rice at Bulungan District. Journal of Agriculture Science and Soil Science 1 (7): 234-241

Sukristiyonubowo, S. Ritung, and K. Nugroho. 2012. Nitrogen and pottasium balances of newly opened wetland rice field. Journal of Agriculture Science and Soil Science . 2(5): 207-216

Sulaeman, Eviati, dan Sri Adiningsih, J. 1997. Pengaruh Eh dan pH terhadap sifat erapan fosfat, kelarutan besi, dan hara lain pada tanah Hapludox Lampung. Prosiding Pertemuan Pembahasan dan Komunikasi Hasil Penelitian tanah dan Agroklimat. Hal: 1- 18. Cisarua, Bogor 4-6 Maret 1997.

Tadano, T. and S. Yoshida. 1978. Chemical changes in submerged soils and their on rice growth. The International Rice Research Institute.

Tan, K.H. 1982. Principle of soils chemistry. The University of Georgia. College of Agriculture, Athens, Georgia.

Widowati, L.N. dan S. Rochayati. 2008. Pengelolaan hara untuk meningkatkan produktivitas lahan sawah bukaan baru di Harapan Masa, Tapin, Kalimantan Selatan. Makalah disajikan pada Seminar Nasional BBSDLP, 25-27 November 2008. 13 hal.

Yusuf, A., D. Syamsudin, G. Satari, dan S. Djakasutmi. 1990. Pengaruh pH dan Eh terhadap kelarutan Fe, Al dan Mn pada lahan sawah bukaan baru jenis Oxisol Sitiung. Prosiding Pengelolaan Sawah Bukaan Baru Menunjang Swasembada Pangan dan Program Transmigrasi: Prospek dan Masalah. hal. 237-269

Yan, D., D. Wang, and L. Yang. 2007. Long term effect chemical fertiliser, straw, and manure on labile organic matter in a paddy soil. Biol. Fertil. Soil Journal. 44:93-101

Capasitive Deionization for Desalination with Zinc Oxide Nanorods

26

Setyono Hari Adi

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi,
Jl. Tentara Pelajar No. 1 Bogor 16111

Abstract. *Desalination by capacitive deionization (CDI) is of interest as it promises lower energy and environmentally friendly process to separate dissolved ions in the saline water. In this research, a new technique of CDI based desalination device based on zinc oxide (ZnO) nanorods has been studied. The importance of ZnO nanorods in desalination is that its anti-bacterial property enabling the anti-clogging property of the desalination cell. ZnO as a semiconductor is able to form nanorod which is able to mimic carbon porous material which has high specific surface area. Moreover, ZnO is known to be growth by simple hydrothermal method which uses solution as a reaction medium. Controllable ZnO nanorods growth can be achieved by controlling precursor concentration and the pH solution. Results from this research showed that 16 cm^2 of ZnO nanorod based cell was able to desalinate 100 ppm of NaCl from its input solution. This result showed that ZnO can be an alternative to solve clogging problem to current desalination membrane.*

Keywords: *Desalination, capacitive deionization, zinc oxide, ZnO nanorods, cyclic voltammetry.*

BACKGROUND

Water, chemically known as H_2O, consists of two hydrogen atoms and one oxygen atom which are bonded covalently. This compound is one of the three essential components of life, while the other two are air and earth. Earth has ca. 1.4 billion cubic kilometers of water, which consist of 97.5% of saline water and only 2.5% are fresh water. However, even out of the 35 million cubic kilometers of fresh water, 69% of it is in the form of ice while the other 30% is groundwater, and only 0.3% (ca. 100 thousand cubic kilometers), is concentrated in lakes, reservoirs, and river systems, that is feasible to be used for daily life. From overall water suitable for daily use, agricultural sector utilize most of the globally available water. Agricultural applications need around 80% of available fresh water for irrigation. From this point of view, water is thus directly related to food security. However, although global reserve water is enough to support the growth of crops, uneven distribution across the continents makes water scarcity arise. Another problems related to water crisis include climate change which lead to a change in the rainfall distribution both spatially and temporally, varying population distribution across the globe further increases competition among sectors, regions, and countries, and food security programs with an

objective to increase food production that leads to increased demands of water for sustainable crops growth. Water crisis is a complex problem because it cannot be bounded by administrative borders; there must be concrete solutions which involve cooperation between the water users. Several scientists in water management area have been trying to find solutions, and have suggested and demonstrated new ideas and technologies to address with the water crisis problem (Herman Bouwer, 200; Qadir *et al.* 2007; Charalambous, 2011). Those solutions include implementation of virtual water, new methods on rainfall-run off harvesting, plant scheduling management, marginal quality water treatment, and desalination. This research has addressed only the area of desalination, especially for finding a new technology to treat saline water to be used as a source for agriculture irrigation.

Capacitive Deionization (CDI) based desalination systems are known to have low desalination performance compared to Reverse Osmosis (RO) and low output of flow rate. However, irrigation water does not need high quality of fresh water. According to Food and Agriculture Organization of United Nations (FAO) (Rhoades *et al* 1992), most agriculture crops are tolerant to degree of salinity under 1500 mg l^{-1}. With current CDI technology which is only able to remove around 70-90% of salt ions (Yoram Oren, 2008; Yu-Jin Kim and Jae-Hwan Choi 2010; Jae-Bong Lee *et al* 2006; Marc A. Anderson *et al*, 2010) , this technique then is suitable for desalination of brackish water as it can produce fresh water with TDS less than 1000 mg l^{-1}. Moreover, problem with low output flow rate can be overcome by implementation of multi stacked CDI systems. Irrigation requirement is different depending on what kinds of crop are nurtured. Wet-land maize require at least 400 mm of water (Renault and Facon, 2004), while paddy needs minimum 900 mm of irrigation water during one cropping session, for 100 and 120 days respectively (FAO, 2003). Maize need water in the first 65 of the planting days while paddy require high level of irrigation in the first 100 days. If the average area of the planting field is around 0.2 Ha (this value is average land holding of Indonesian farmer, Erizal *et al*, 2002), water requirement in one cropping session for maize and paddy are 1000 and 1800 m^3 for the 0.2 Ha cropping area respectively, or it needs a desalination system which is able to produce at least 15 m^3 day^{-1}. However, for a single CDI device which is able to produce 0.06 m^3 day^{-1} of fresh water (Jae-Bong Lee *et al*, 2006), implementation of multi stacks device, with maximum of 250 stacks of parallel cells, will be able to cover 80-90% of irrigation water. This value is enough as the water requirement also depends on the soil water content, rainfall and evapotranspiration rate. Another water-effective crop which is well known as dry-land paddy may be suitable for this application as this crop only need 40% of water compared to wet-land paddy. Hence the implementation of CDI to support irrigation water is feasible, especially for irrigation from desalinated brackish water. This research study a new technique of CDI based desalination device based on zinc oxide

(ZnO) nanorods. The importance of ZnO nanorods in desalination is that its anti-bacterial property will enabling the anti-clogging property of the desalination cell.

METHODOLOGY

The research experiments use methods which are detailed as follows:

1. Fabrication of ZnO nanorods on nickel substrate as a CDI electrodes

The synthesis of ZnO nanorods on the nickel substrates were carried out using hydrothermal method. First, ZnO nanoparticles are seeded through spray coating technique. A seeding of ZnO nanoparticle on the substrate is needed to form seed layers for ZnO nanorods growth. This procedure is known to produce highly oriented of the nanorods (Baruah and Joydeep Dutta, 2009). Moreover, the spray coating method is used as it has been shown to lead to a high density and uniformly deposited layer. The seeding procedure is done following the work of Mahmood *et al.* (Mohammad Abbas Mahmood and Joydeep Dutta, 2010) with minor modification.

Second is the growth of ZnO nanorods through hydrothermal method. Zinc oxide nanorods were hydrothermally grown using a procedure that was first described by Vayssieres *et al.*; Vayssieres, *et al.*) which later has also been used with modification in other works (Sunandan Baruah and Joydeep Dutta, 2009; Sunandan Baruah and Joydeep Dutta, 2009; Baruah and Dutta, 2009; Baruah *et al*, 2008). A chemical bath of equimolar solution of 30 mM zinc nitrate hexahydrate and hexamethylene tetramine is used to dip the as prepared ZnO seeded substrate at 90°C. Dipping process was carried out for 20h, with the change of precursor solution every 5h to replenish the growth solution. Further heating at 250°C for 30 minutes in the ambient later being carried out to remove any organic deposits.

2. Characterization and testing of ZnO nanorods based CDI electrodes

Microstructural characterization of as prepared CDI electrodes were carried out using scanning electron microscopy–SEM (JEOL JSM-6301F Scanning Microscope) techniques. SEM was used to reveal topographical, morphological details, and the surface area of the electrodes. Along with characterization process, cyclic voltammetry test were also conducted to study the capacitance of the electrodes. Regarding the resulted voltammogram, the electrode capacitance was calculated according to equation given below:

$$C = \frac{\sum i(E)dE}{2 \cdot (E_i - E_f) \cdot S} \quad (1)$$

where C is the capacitance value (Farad), $\sum i(E)dE$ is the area of the voltammogram in non-redox region, E_i and E_f are initial and final scan potential respectively, and S is the scan rate (V s^{-1}) used in the cyclic voltammetry analysis.

3. *Study of the desalination performance*

Desalination performance studies were carried out through several observation parameters. These parameters included the applied DC voltage (ranging from 0.5 to 1.2 volts), the artificial brackish water concentration, i.e. NaCl solution (ranging from 0 to 8,000 ppm), the resistor values (ranging from 15 to 60 kΩ) and the total dissolved solid (TDS) measurements of the input and output salt solution. The output curve of voltages, i.e. source (V_s), resistor (V_r), and cell voltage (V_c), were analyzed using RC time constant technique to gather information about the resulting cell capacitance (Thomas Floyd, 2007). During charging process, redox reactions might happened which can be identified from decay curve after V_c peak. Cell desalination efficiency then was calculated from the percentage of the removed ions using formula:

$$efficiency\ (\%) = \frac{(Conc_i - Conc_c)}{Conc_i} x100 \quad (2)$$

where $Conc_i$ is input salt concentration and $Conc_c$ is cleaned salt concentration, both are in the unit of parts per million (ppm).

RESULT AND DISCUSSION

1. CDI electrodes fabrication and characterization

ZnO nanorods was synthesized hydrothermally for 20 H at 95°C using 30 mM equimolar solution of $Zn(NO_3)_2.6H_2O$ and $(CH_2)_6N_4$ as a precursor on a nickel plate. A seeding layer of ZnO NPs was previously deposited on the plate surface by spray coating method using 10 mM solution of $Zn(CH_3COO)_2$ as the precursor. The SEM picture of the resulting ZnO nanorods layer is presented in Figure 1.

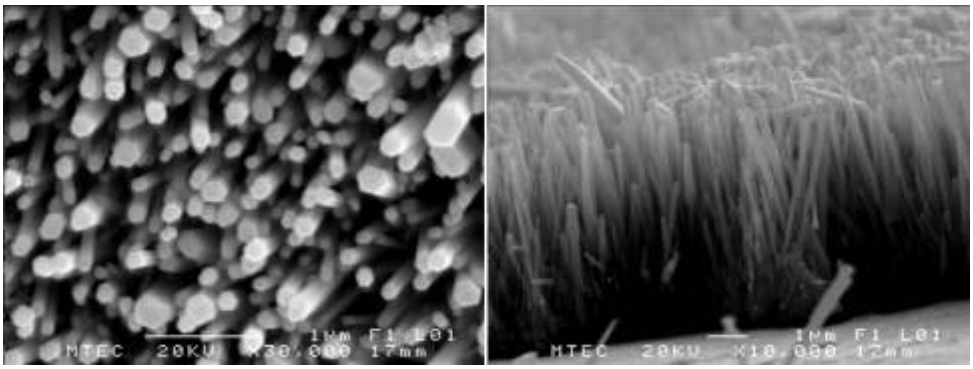
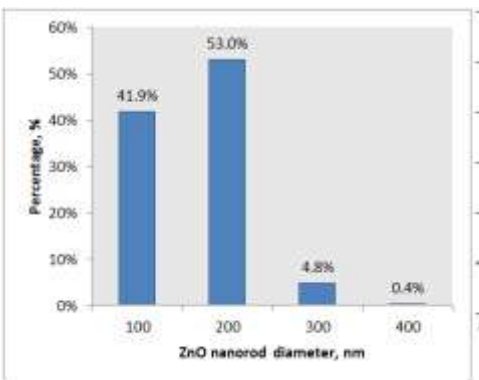


Figure 1. SEM pictures of ZnO nanorods on nickel plate

SEM picture shows that hydrothermal method was able to produce dense and mostly vertically aligned ZnO nanorods on the nickel surface. Furthermore, an image analysis was then carried using ImageJ software to measure the height and the area distribution of the nanorods by which the diameter and the surface area were calculated. The resulted statistical distribution of the rods size is shown in Figure 2.



Diameter (nm)	Number of rod	Percentage	Mean	Std. Dev.
0-100	113	41.9%	82.0	12.1
100-200	143	53.0%	141.5	28.4
200-300	13	4.8%	236.7	27.5
300-400	1	0.4%	370.2	-
Summary	270	100%	122.0	47.5

Analyzed area : 4.09 μm2

Figure 2. Statistical distribution of ZnO nanorods diameter analyzed using Image J software

The statistical distribution data shows that ~95% of the rods have diameter up to 200 nm with the average diameter is 122 nm. With the height of the rod was measured ~4 μm, deposition of ZnO nanorods was able to increase the surface area of nickel plate by ~63 times; hence 16 cm^2 of nickel electrode has effective surface area of ~1,000 cm^2. However, this value is low compared to the carbon based electrode which has specific surface area in between 400-1000 $m^2\ g^{-1}$(Yu-Jin Kim and Jae-Hwan Choi, 2010; Jae-Bong Lee *et al*, 2006; Welgemoed and Schutte, 2010; Eran Avraham *et al*, 2010). With assumption that carbon based electrode has weight 250 g m^{-2} of electrode, the area of the

resulted ZnO nanorods based electrode was 4000 times lower than the carbon based electrode. Furthermore, as carbon based electrode was able to achieved 35 F g^{-1} of specific capacitance (resulted from cyclic voltammetry analysis with 50 mV s^{-1} of scan rate in 0.1 M of Na_2SO_4 solution, Selvakumar *et al*, 2010), the expected value of ZnO nanorods based electrode is then ~200 µF cm^{-2} of electrode area.

2. Cyclic voltammetry (CV) analysis for ZnO nanorod based CDI electrodes

In house built CV instrument was used to study the specific capacitance of ZnO nanorods based electrode. In this research, the effect of ZnO nanorods deposition on nickel plate and the effect of salt concentration to the electrode capacitance were studied. The results of CV experiments are discussed below.

The effects of ZnO nanorods deposition to the electrode capacitance

To study the effect of ZnO nanorods to the electrode capacitance value, a CV experiments were conducted using 100 ppm of NaCl solution as chemical bath, Ag/AgCl electrode as reference electrode (RE), platinum electrode as conducting electrode (CE), and both ZnO nanorods coated nickel plate and also bare nickel plate as working electrode (WE). However, as the objective of the measurements was to measure the specific capacitance, low scan voltage, in the range of 0.2 to-0.2 volts, was applied. The CV results comparison between nickel and ZnO nanorod coated nickel electrode is presented in Figure 3.

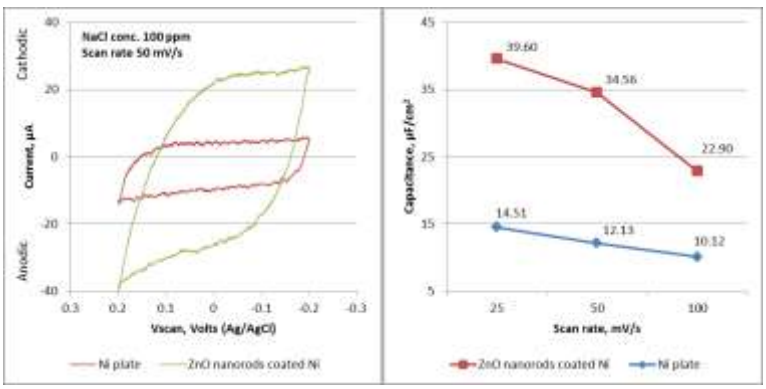


Figure 3. Voltammogram shows CV results comparison between nickel and ZnO nanorods coated nickel plate using 50 mV s^{-1} as the scan rates (left) and the comparison of the capacitance value (µF cm^{-2}) for both electrodes in three different scan rates, i.e. 25, 50 and 100 mV s^{-1} (right)

Figure 3 shows that deposition of ZnO nanorods layer on nickel substrate was able to increase the electrode capacitance by factor ~2. This improvement was mainly caused by higher surface area resulted from the deposited ZnO nanorods layer. However, it also can be noticed that increasing the scan rates caused faster drop in the capacitance value of ZnO nanorod electrode compared to the nickel plate. This behavior was possibly due to the increasing resistance value of the electrode caused by ZnO nanorod layer deposition, which reduce the respond to electro-sorption/desorption process.

The effects of the concentration variation to the electrode capacitance

The effects of the concentration variation to the capacitance of ZnO nanorod coated nickel electrode were studied using eight different electrolyte concentrations, i.e. 100, 200, 500, 1000, 2000, 4000, 8000, and 16000 ppm, in three different scan rate: 25, 50 and 100 mV s^{-1} . The comparison of the resulted voltammogram is presented in Figure 4.

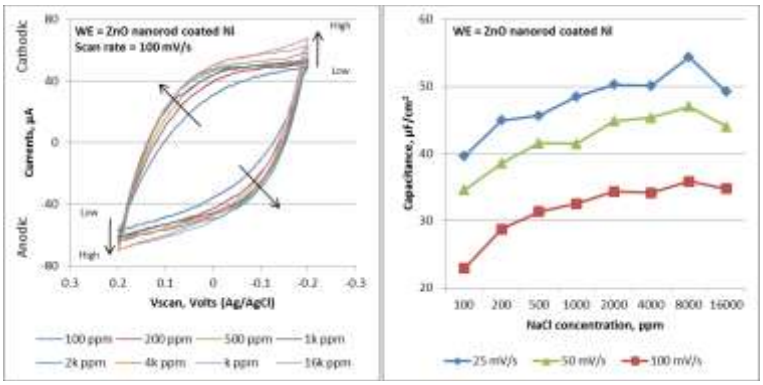


Figure 4. Voltammogram of ZnO nanorods coated nickel plate as working electrode shows CV results comparison for eight different NaCl concentrations ranging from 100 to 16000 ppm (left) and the comparison of the capacitance value (µF cm^{-2}) for the electrodes in the same electrolytes in three different scan rates, i.e. 25, 50 and 100 mV s^{-1} (right)

The voltammogram in Figure 4 shows that increasing the concentration of the electrolyte was able to increase the time to reach the maximum current before it become steady. As the number of ions in the solution increase, more ions move toward the working electrodes causing faster escalation of potential differences on the electrode-solution interface. Furthermore, as this potential differences is proportional to the current being supplied by the DC source to the working electrode, higher capacitance value was then recorded from higher concentration of NaCl solution. However, the graphs also show that highest capacitance improvement was achieved from the first improvement of NaCl concentration of 100 to 200 ppm. This fact shows that, in ZnO nanorod based electrode,

the compact layer and the region close to it of the electric double layer had been fulfilled by lower concentration of NaCl solution, hence, increasing ions concentration in the solution just increased the diffusion layer which resulted lower improvement of the capacitance value.

In the beginning, it was expected to obtain ~200 μF cm^{-2} of ZnO nanorod electrode capacitance value, while ~47 μF cm^{-2} was yielded from the CV measurements with scan rate of 50 mV s^{-1} with 8000 ppm of NaCl solution (0.136 M of $NaCl_{(aq)}$). This data show that less than 25% of the surface area was usable for the adsorption sites. The low effective surface area for ions adsorption is probably caused by imperfect vertical orientation of ZnO nanorods which inhibit the area to be exposed to the stream.

3. Desalination performance study of ZnO nanorod based CDI electrodes

Series RC circuit configuration was used to study performance of the desalination cell. The performance was measured from the resulted capacitance value and the cell efficiency from TDS measurements. In the context of desalination with series RC circuit configuration, the combinations of the resistor value, the applied voltage, and the input NaCl solution concentration, affect the resulted capacitance value. These three parameters were able to be monitored through charging/discharging V_c curve in which the combinations of those parameters were studied.

The effects of the resistor value and the applied voltage variation to the desalination performance

To understand the effects of resistor value to the cell performance, three values of resistor, i.e. 15, 30, and 60 kΩ, were used. A 1 volt potential was applied to the system while three different input NaCl solution concentration, i.e. 2000, 4000, and 8000 ppm, were flowed to the system with constant flow rates ~0.1 ml s^{-1}. The resulted V_c graph recorded from the desalination software and the related capacitance values are presented in Figure 5.

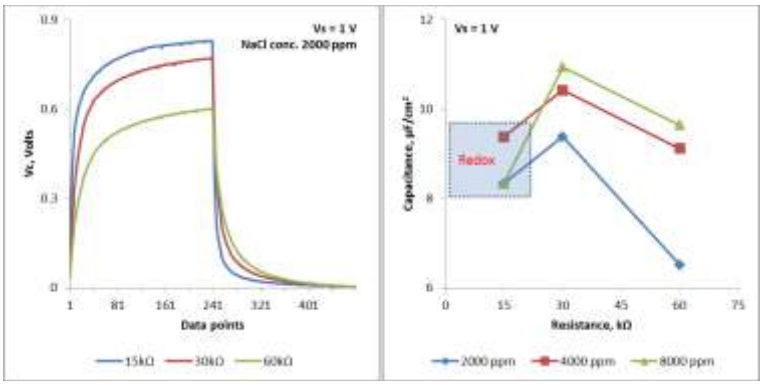


Figure 5. V_c curve comparison for three different resistor value, i.e. 15, 30, and 60 kΩ (left) and the related capacitance values comparison which were calculated for three different input NaCl solution concentration, i.e. 2000, 4000, and 8000 ppm (right), using 1 V of applied potential, 60 seconds for both charging and discharging time, and ~0.1 mL s^{-1} of flow rates.

Figure (left) shows that during charging process, smaller resistor value was able to increase the maximum Vc, as more current were gathered on the electrode surface resulted in higher potential different across the cell. Furthermore, during discharging process, higher resistor resulted in slower discharging rate. Although double reversed potential value was applied, higher resistor value blocking the flow of current reduced the speed of discharging process. However, from the right figure, the trend of capacitance values does not follow the increasing trend of the resistor value. Highest capacitance was achieved using 30 kΩ of resistor, while lower capacitance values were resulted from 15 and 60 kΩ resistor. For lower resistance, lower capacitance values were probably caused by the redox reaction, while for higher resistor value, lower capacitance values were attributed to smaller number collected charges on the surface causing lower potential different. Number of charges on the surface is proportional to the number of adsorbed ions, in which small charges yields low capacitance, while during redox reaction, electrons are transferred into/from the solution which also reduces the capacitance. From the capacitance graphs, it also can be noticed that the maximum capacitance value was very less compare to the capacitance value resulted from CV experiment. This fact shows that lesser ions took apart in the formation of electric double layer, as most ions were carried away by the stream flow.

Next the effects of voltage variation are discussed. In this study three different voltage values were applied to the system, i.e. 0.5, 1.0, and 1.2 volts. The comparison of V_c curves and the respected capacitance values are presented in Figure 6.

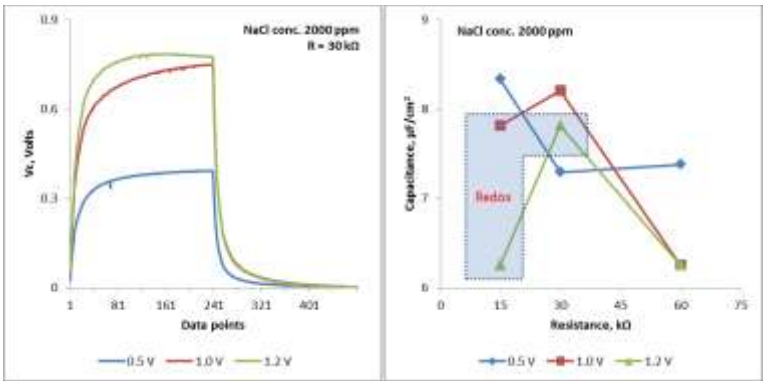


Figure 6. V_c curve comparison for three different applied potential values, i.e. 0.5, 1.0, and 1.2 kΩ (left) and the related capacitance values comparison which were calculated for three different resistor values, i.e. 15, 30, and 60 kΩ (right), using 2000 ppm of NaCl solution concentration, 60 seconds for both charging and discharging time, and ~0.1 mL s^{-1} of flow rates.

Figure 6 (left) shows that the maximum V_c was increased by increasing the applied voltage. However, with 30 kΩ of resistor value, application 1.2 volts of applied potential to the system triggered redox reaction which is denoted by decaying curve after reaching maximum V_c. In CDI desalination, this redox reaction is avoided as it will change the chemical composition of the desalinated water. From the right figure, it can be seen that increasing the resistor value result negative trend of the respected capacitance value. Highest capacitance was achieved from combination of 0.5 volts and 15 kΩ However, combinations of 15 kΩ resistor with higher applied voltage were at risk triggered redox reaction which resulted inconsistent capacitance value. Lowest capacitance was obtained from 60 kΩ of resistor value, with applied voltage 1.0 and 1.2 volts. Low capacitance in high resistor value is probably attributed to shorter charging time during th e experiments. Higher resistor value needs longer time to achieve maximum V_c as it generates low current. However, as maximum V_c is proportional to the capacitance value, as it used to calculate τ ($\tau = 63.2\% \cdot V_{cmax}$), shorter charging time than its required resulted lower capacitance value.

The comparison of desalination efficiencies resulted from TDS measurement for different combination of the resistor and applied potential value is presented in Figure7.

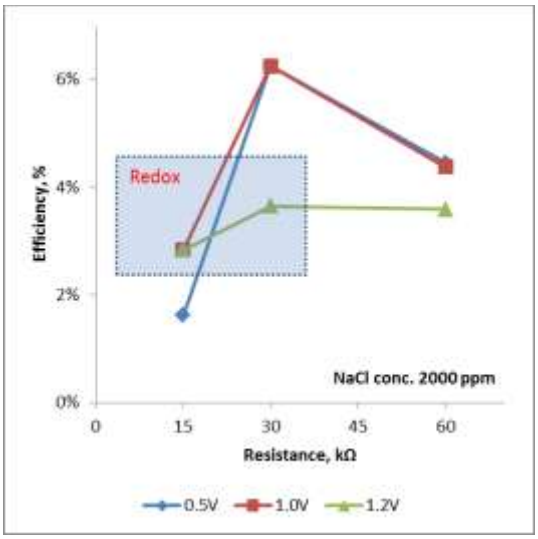


Figure 7. Desalination efficiencies comparison for different combination of resistor and applied voltage values using 2000 ppm of input NaCl solution concentration and ~0.1 mL s^{-1} of flow rates

From desalination efficiency point of view, it can be seen that combination of the resistor and applied voltage value of 30 kΩ and 1 volts, respectively, was able to give maximum efficiency. Although 0.5 volts of applied potential also result in comparable efficiency, however, as time passes, low applied voltage then gave lower efficiency as it caused double reversed potentials during discharging process to be low which resulted slower electrode cleaning. Hence, longer time was required to clean the electrode surface from adsorbed ions. Moreover, application of high applied voltage and low resistor value, 1.2 volts and 15 kΩ respectively, mostly triggered redox reaction which is avoided in CDI desalination, while high resistor value, 60 kΩ, resulted in low desalination efficiency.

The effects of the NaCl concentration variation to the desalination performance

Salt concentration effects to the capacitance values and the cell efficiencies were studied using four different salt concentrations, i.e. 0, 2000, 4000, and 8000 ppm. Deionized water was used represented 0 ppm of NaCl solution. In this study, 1 volts of applied potential and 60 kΩ resistor values were still used, as no redox reactions were noticed. The graphs showing the comparison curves during charging and discharging for different input NaCl solution concentrations and the respected capacitance values for different applied potentials are presented in Figure 88.

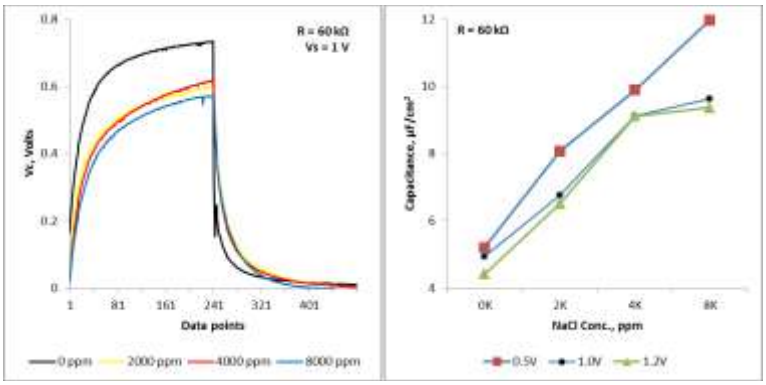
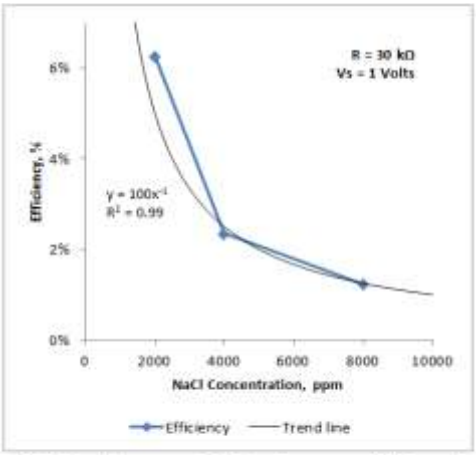


Figure 8. V_c curve comparison for four different input NaCl solution concentrations, i.e. 0, 2000, 4000 and 8000 ppm (left) and the related capacitance values comparison which were calculated for three different applied potentials, i.e. 0.5, 1.0, and 1.2 volts (right), using 60 kΩ of resistor values, 60 seconds for both charging and discharging time, and ~0.1 mL s^{-1} of flow rates

Figure 88 shows that increasing the concentration of input solution slow the charging process. Increasing the NaCl concentration means more ions available in the solution; hence more counter ions available to balance the surface charges. This also can be seen from the capacitance graph, the capacitance values increase in line with increasing the input NaCl concentration. Slow charging process resulted higher τ, which result in higher capacitance value. However, Figure 88 also shows that the differences of the charging curves for 2000, 4000, and 8000 ppm are very small, for the capacitance value, the differences only in order of ~2 µF cm^{-2}. This shows that in those concentrations, compact layers of the electric double layer had just fulfilled, and only the diffusion layer took a part in increasing the capacitance value. Furthermore, the efficiency comparison resulted from TDS measurements are presented in Figure 9.



NaCl Conc.	TDS (ppm)			Efficiency
mg/L	Input	Output	Differences	%
2000	2560	2400	160	6.25
4000	4690	4580	110	2.35
8000	8110	8010	100	1.23

Figure 9. Graph shows the trend of desalination efficiency by increasing the concentration of the input NaCl solution (2000, 4000, and 8000 ppm) using optimum combination 30 kΩ of the resistor value and 1 volts of the applied voltage with 40 seconds for both charging and discharging time and 0.1 mL s^{-1} of flow rates (top), and the related data from TDS measurements (bottom)

Figure 9 shows that the cell efficiency decreases by increasing the input NaCl solution concentration. However, from the table, it can be seen that only ~100 ppm of NaCl was able to be removed from the solution. This data show that the electrodes had reached its maximum capacity to adsorb ions from the solution. Although Figure 8 shows that there was an improvement in the resulted capacitance value by increasing the input NaCl solution concentration, as this improvement was only caused by increasing the number of the counter ions in the diffusion layer of the EDLC, this improvement then failed to enhance the efficiency, as mostly only ions which adsorbed on the compact layer and the region close to it were able to be hold by the surface charges.

Next, if 100 ppm is taken as the maximum adsorbed ions concentration, a trend line with the coefficient correlation 99% is then can be developed using formula $y = 100 \cdot x^{-1}$ with y is the desalination efficiency, while x is the input NaCl solution concentration. From this result, then, theoretically 75 such cells in series, with total dimension of 2x8x15 cm^3 for width, length, and height respectively, are able to desalinate moderate saline water from salt concentration up to ~8000 ppm to satisfy the allowed concentration for irrigation water (500 – 1500 ppm) with total efficiency more than 90%. However, as the flow rates of this single multi stacks desalination device is only 0.1 mL s^{-}

[1], for dry-land paddy which requires ~6 m^3 day^{-1} of irrigation water per 2000 m^2 of cultivation area, application of two of such device are then able to fulfill irrigation water for 3 m^2 of the area (with assumption half days are required for the electrodes cleaning process).

The effects of the flow rates to the desalination performance

In the area of agricultural irrigation, flow rates of the desalination device are important as crops need exact amount of water to yield maximum productivity. The effect of the flow rates to the desalination efficiency was studied using two flow rates value, i.e. 0.10 and 0.33 mL s^{-1}. Table shows the comparison of the resulted desalination efficiency for two different flow rates using 1 volts of applied voltage, 30 kΩ of resistor value, and 4000 ppm of input NaCl solution concentration.

Table 1. Comparison of the desalination efficiency for two different flow rates

Flow rates (mL s^{-1})	TDS (ppm)			Efficiency (%)
	Input	Output	Differences	
0.10	4690	4580	110	2.35
0.33	4750	4690	60	1.26

Vs = 1 volts, R = 30 kΩ, NaCl concentration 4000 mg l^{-1}

Data from Table shows that by increasing the flow rates by factor ~3, the desalination efficiency was decreased by factor ~2. As the maximum adsorbed ions had been achieved, increasing the flow rate will increased the concentration of the cleaned solution; hence reducing the efficiency. However, increasing the flow rate during charging process is then not recommended as if the efficiency is reduced by half, it then requires double amount of cells in order to achieve allowed salt concentration for irrigation water.

CONCLUSIONS

Based on the SEM images, hydrothermal growth of ZnO nanorods used in this research was able to produce a layer of ZnO nanorods which increase the surface area of the nickel plate substrate by ~63. However, from CV analyses, it showed that only less than 25% of the total surface area was used for ions adsorption/desorption processes. The vertical orientation of the nanorods plays the important role to increase the effective surface area for the adsorption sites. Furthermore, CV analyses showed that deposition of ZnO nanorod layer on the nickel plate was able to increase the capacitance of the nickel plate by factor ~2. The capacitance values increased along with the decreasing scan rates and the increasing concentration of NaCl solution.

From the desalination system using series RC in DC circuit configuration, it was obtained that combination of 30 kΩ of resistor value and 1 volts of applied potential was able to yield optimum capacitance value. From this configuration, using 0.1 mL s^{-1} of flow rates and 40 seconds for both charging and discharging time, a 16 cm^2 of ZnO nanorod based cell was able to remove 100 ppm of NaCl from its input solution, which efficiency satisfied equation $y = 100 \cdot x^{-1}$, with y is the efficiency, while x is the input solution. From this result, then, theoretically, application of 75 such cells in series, with approximate dimension is around 2x8x15 cm^3, will able to desalinate moderate saline water (up to 8000 ppm) to be used as irrigation water, with acceptable salinity in 500-1500 ppm, with overall efficiency more than 90%. However as the device only supports low flow rate (0.1 mL s^{-1}), for dry-land paddy, application of two such desalination devices will then able to fulfill the irrigation water for 3 m^2 of cultivation area.

REFERENCES

C.N. Charalambous, Water management under drought conditions. Desalination, 2001. 138(1-3): p. 3-6.

D. Renault and T. Facon, Beyond drops for crops: a system approach for assessing the values of water in rice-based systems. Proceedings of the FAO Rice Conference, International Rice Commission Newsletter, 2004. 53.

Eran Avraham, Malachi Noked, Yaniv Bouhadana, Abraham Soffer, and Doron Aurbach, Limitations of charge efficiency in capacitive deionization processes III: The behavior of surface oxidized activated carbon electrodes. Electrochimica Acta, 2010. 56(1): p. 441-447.

Erizal Jamal, Syahyuti, and Aten M. Hurun, Agrarian Reform and Agriculture in the Future. Jurnal Litbang Pertanian, 2002. 21(4): p. 7.

FAO. Crop Water Information: Maize. 2003 [cited 2010 September 2]; Available from: http://www.fao.org/nr/water/cropinfo_maize.html.

Hae-Hyun Jung, Sung-Woo Hwang, Sang-Hoon Hyun, Kang-Ho Lee, and Gye-Tai Kim, Capacitive deionization characteristics of nanostructured carbon aerogel electrodes synthesized via ambient drying. Desalination, 2007. 216(1-3): p. 377-385.

Herman Bouwer, Integrated water management: emerging issues and challenges. Agricultural Water Management, 2000. 45(3): p. 217-228.

Igor A. Shiklomanov, World Water Resources and Their Use. 1999, International Hydrological Programme (IHP) of UNESCO: St. Petersburg.

J.D. Rhoades, A. Kandiah, and A.M. Mashali. The use of saline waters for crop production. FAO Irrigation and Drainage Papers 1992 [cited 2010 July]; Available from: http://www.fao.org/docrep/t0667e/t0667e00.HTM.

Jae-Bong Lee, Kwang-Kyu Park, Hee-Moon Eum, and Chi-Woo Lee, Desalination of a thermal power plant wastewater by membrane capacitive deionization. Desalination, 2006. 196(1-3): p. 125-134.

Juan Yang, Linda Zou, Huaihe Song, and Zhengping Hao, Development of novel MnO2/nanoporous carbon composite electrodes in capacitive deionization technology. Desalination, 2011. In Press, Corrected Proof

Kimberly E. Tulou Tamim Younos, Overview of Desalination Techniques. Journal of Contemporary Water Research & Education, 2005(132): p. 3-10.

L. Vayssieres, K. Keis, S.E. Lindquist, and A. Hagfeldt, Purpose-built anisotropie metal oxide material: 3D highly oriented microrod array of ZnO. Journal of Physical Chemistry B, 2001. 105(17): p. 3350-3352.

Lauren F. Greenlee, Desmond F. Lawler, Benny D. Freeman, Benoit Marrot, and Philippe Moulin, Reverse osmosis desalination: Water sources, technology, and today's challenges. Water Research, 2009. 43(9): p. 2317-2348.

M. Qadir, B. R. Sharma, A. Bruggeman, R. Choukr-Allah, and F. Karajeh, Non-conventional water resources and opportunities for water augmentation to achieve food security in water scarce countries. Agricultural Water Management, 2007. 87(1): p. 2-22.

M. Selvakumar, D. Krishna Bhat, A. Manish Aggarwal, S. Prahladh Iyer, and G. Sravani, Nano ZnO-activated carbon composite electrodes for supercapacitors. Physica B: Condensed Matter, 2010. 405(9): p. 2286-2289.

M.A. Hanjra and M.E. Qureshi, Global water crisis and future food security in an era of climate change. Food Policy, 2010. 35(5): p. 365-377.

Marc A. Anderson, Ana L. Cudero, and Jesus Palma, Capacitive deionization as an electrochemical means of saving energy and delivering clean water. Comparison to present desalination practices: Will it compete? Electrochimica Acta, 2010. 55(12): p. 3845-3856.

Mohammad Abbas Mahmood and Joydeep Dutta. Seeding through Spray Pyrolysis for the Subsequent Growth of Zinc Oxide Nanorods on Glass Substrates. in NanoThailand 2010: Nanotechnology for A Sustainable World. Bangkok, Thailand: NANOTEC, NSTDA. 2010.

Nikolay Voutchkov, Desalination - water for the next generation. Filtration & Separation, 2005. 42(2): p. 14-25.

P.M. Biesheuvel and A. van der Wal, Membrane capacitive deionization. Journal of Membrane Science, 2010. 346(2): p. 256-262.

S. Baruah and J. Dutta, Hydrothermal growth of ZnO nanostructures. Science and Technology of Advanced Materials, 2009. 10(1).

S. Baruah, R.F. Rafique, and J. Dutta, Visible light photocatalysis by tailoring crystal defections in zinc oxide nanostructures. Nano, 2008. 3(5): p. 399-407.

Sunandan Baruah and Joydeep Dutta, Effect of seeded substrates on hydrothermally grown ZnO nanorods. Journal of Sol-Gel Science and Technology, 2009. 50: p. 9

Sunandan Baruah and Joydeep Dutta, pH-dependent growth of zinc oxide nanorods. Journal of Crystal Growth, 2009. 311(8): p. 2549-2554.

T.J. Welgemoed and C.F. Schutte, Capacitive Deionization Technology(TM): An alternative desalination solution. Desalination, 2005. 183(1-3): p. 327-340.

Thomas L. Floyd, Principle of Electric Circuits: Conventional Current Version. 8th ed. 2007, New Jersey 07458: Pearson Prentice Hall. 967.

W. Chen, Z. Fan, L. Gu, X. Bao, and C. Wang, Enhanced capacitance of manganese oxide via confinement inside carbon nanotubes. Chemical Communications, 2010. 46(22): p. 3905-3907.

V.G. Gude, N. Nirmalakhandan, and S. Deng, Renewable and sustainable approaches for desalination. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2010. 14(9): p. 2641-2654.

Yoram Oren, Capacitive deionization (CDI) for desalination and water treatment -- past, present and future (a review). Desalination, 2008. 228(1-3): p. 10-29.

Yu-Jin Kim and Jae-Hwan Choi, Improvement of desalination efficiency in capacitive deionization using a carbon electrode coated with an ion-exchange polymer. Water Research, 2010. 44(3): p. 990-996.

Peluang Formulasi Pupuk Berteknologi Nano

27

Ladiyani Retno Widowati, Husnain, dan Wiwik Hartatik

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Tanah, Jl. Tentara Pelajar No. 12, Bogor 16114

Abstrak. Adanya program peningkatan produksi pangan untuk menjaga ketahanan pangan perlu didukung oleh teknologi yang mampu meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk, ramah lingkungan, dan mampu meningkatkan nilai produksi pangan. Terdapat beberapa teknologi yang mempunyai potensi untuk dikembangkan diantaranya produk input pertanian berteknologi nano. Pemanfaatan teknologi nano memungkinkan pemberian pupuk yang sesuai dengan kebutuhan tanaman (*precision farming*). Tujuan penelitian untuk mengidentifikasi bahan alami sebagai sumber bahan pupuk berteknologi nano, memformulasi dan menguji kelarutan pupuk P-alam berukuran nano dan submikron pada tanaman padi dan jagung. Identifikasi dilakukan dengan mengkoleksi contoh dari sumbernya, menghaluskannya sampai ukuran nano dan submikron, memformulasinya dengan zeolit dengan rasio P-alam nano dan zeolit 1:1, dan menguji di rumah kaca pada tanah berbeda tekstur. Rancangan penelitian di rumah kaca adalah rancangan acak lengkap dengan 4 ulangan. Hasil identifikasi bahan indigenous sumber pupuk yang dapat dibuat pupuk berteknologi nano dengan cara *top-down* adalah P-alam. Indonesia mempunyai potensi P-alam sebagai bahan baku tetapi berkadar P lebih rendah dari P-alam dari negara produsen P-alam misalnya Maroko. Hasil penelitian diperoleh bahwa semakin halus ukuran partikel P-alam hingga berukuran 100 nm maka ketersediaan P dalam tanah menjadi lebih tinggi. Pola pelepasan P berbeda antar jenis tanah. Hasil pengujian dengan menggunakan tanaman, P-alam nano, dan P-alam submikron mampu mensuplai P bahkan lebih sedikit dari SP-36 yang ditunjukkan oleh produksi gabah dan brangkasan jagung.

Kata kunci: Nano teknologi, pupuk, formulasi, produksi

LATAR BELAKANG

Pemenuhan kebutuhan pangan merupakan target utama pemerintah di bidang pertanian. Degradasi lahan seperti penurunan kesuburan tanah, pengelolaan lahan yang tidak tepat seperti pemupukan tidak berimbang serta pencemaran sumberdaya tanah dan air merupakan salah satu penyebab terjadinya *leveling off* produksi pangan terutama padi. Permasalahan yang sama juga dialami oleh banyak negara berkembang. Dari persepsi termodinamika, sistem pertanian saat ini dianggap sebagai sistem pertanian yang paling tidak efisien dibandingkan sistem pertanian di masa lalu dilihat dari kalori yang dihasilkan dibandingkan dengan jumlah kalori yang dibutuhkan untuk memproduksi pupuk sebagai sarana produksinya (Anane-Fenin, 2008).

Peningkatan ketahanan pangan membutuhkan suatu inovasi teknologi yang dapat memecahkan persoalan dalam pengelolaan lahan. Penggunaan input (pupuk dan pestisida)

yang berlebihan menyebabkan ketidakseimbangan sumberdaya alam seperti keracunan tanaman, polusi tanah dan air serta pemborosan biaya saprodi. Di lain pihak kekurangan unsur hara menyebabkan penurunan produktivitas lahan, sehingga dibutuhkan suatu teknologi ramah lingkungan yang mempertimbangkan keseimbangan antara eksploitasi sumberdaya alam dengan lingkungan melalui pengurangan input bahan sintetik seperti pupuk kimia dan pestisida. Namun demikian, meskipun secara kuantitatif jumlah pupuk yang diaplikasikan sangat kecil, produksi diharapkan jauh melebihi produksi rata-rata.

Perkembangan teknologi nano dewasa ini sudah sangat maju, termasuk dalam bidang pemupukan tanaman. Walaupun belum sepenuhnya mapan dan tergolong bidang kajian yang masih baru, iptek nano telah mampu berkontribusi secara nyata dalam bidang penerapan yang luas diantaranya adalah bidang pertanian dan lingkungan (Arryanto *et al*. 2007). Melalui teknologi nano dihasilkan pupuk-pupuk berukuran nano (nano *fertilizer*) baik dalam bentuk tepung (nano *powder*) maupun cair. Penggunaan pupuk nano yang berukuran super kecil (1 nm=10^{-9} m) memiliki keunggulan lebih reaktif, langsung mencapai sasaran atau target karena ukurannya yang halus, serta hanya dibutuhkan dalam jumlah yang lebih sedikit. Akan tetapi ada beberapa unsur hara yang tidak dapat dibuat ukuran nano karena sudah berbentuk ion seperti N dan K, maka dapat menggunakan bahan pembawa seperti zeolit dan chitosan (Arryanto, 2012). Penelitian dan pengembangan nano teknologi adalah upaya memanipulasi secara terkendali dari struktur skala nano dan mengintegrasikannya ke dalam komponen material yang lebih besar. Sifat khas dari zeolit sebagai natural mineral berstruktur tiga dimensi bermuatan negatif dan memiliki pori-pori yang terisi ion-ion K, Na, Ca, Mg, dan molekul H_2O, sehingga memungkinkan terjadinya pertukaran ion dan pelepasan air secara bolak-balik. Pupuk urea yang diberikan ke tanah yang sebelumnya sudah diberi zeolit, maka kation NH_4^+-urea dan kation K^+-KCl dapat terperangkap sementara dalam pori-pori zeolit yang sewaktu-waktu dilepaskan secara perlahan-lahan untuk diserap tanaman.

Dengan menggunakan produk pupuk berteknologi nano, hasil pertanian yang optimal diharapkan dapat dicapai dengan mengaplikasikan jumlah pupuk yang lebih sedikit dibandingkan dengan menggunakan pupuk konvensional. Dengan demikian, penggunan pupuk akan sangat efisien, efektif dan dapat menurunkan biaya produksi. Dengan keunggulan-keunggulan tersebut maka pupuk nano diharapkan dapat menjadi terobosan teknologi peningkatan produksi pertanian.

Tujuan dari penelitian ini adalah menginventarisasi bahan alami sebagai sumber pupuk P dengan teknologi nano, memformulasi pupuk, menguji kelarutan, dan uji tanaman di rumah kaca.

METODOLOGI

Penelitian penyusunan formula pupuk berteknologi nano dilaksanakan di Laboratorium Penelitian Tanah dan rumah kaca Balai Penelitian Tanah di Bogor, pada tahun anggaran 2010-2011 dengan sumber dana dari proyek SINTA-Kemenristek. Contoh tanah yang dipergunakan yakni Inceptisols Cibinong-Ciomas, Ultisols Leuwiliang-Bogor, dan Andisols Cipanas-Cisarua.

Inventarisasi sumber bahan baku

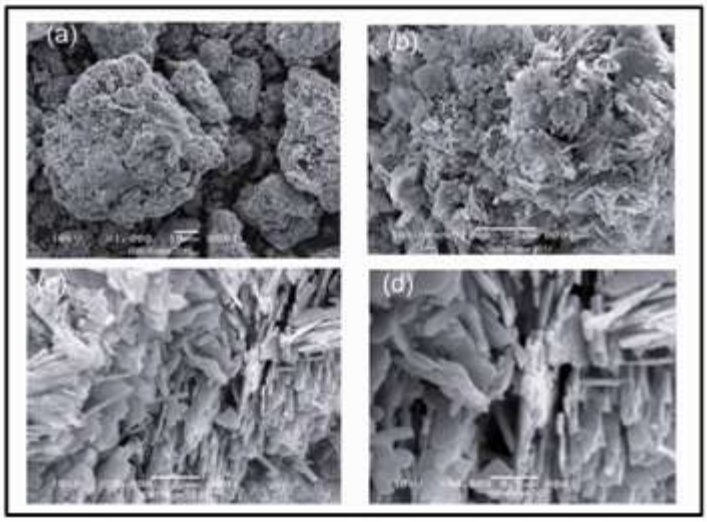
Pada penelitian ini telah dilakukan identifikasi bahan baku yang mempunyai peluang untuk dipergunakan sebagai sumber pupuk makro sumber P seperti P-alam dan guano. Selain itu diantara tiga jenis pupuk makro N, P, dan K, hanya P yang memungkinkan dibuat ukuran nano dengan metode *top-down*. Inventarisasi sumber pupuk P dilakukan dengan cara mengambil contoh-contoh sumber tersebut dari tempat penambangan di Jawa Barat dan Jawa Tengah. Selanjutnya contoh tersebut dianalisa di Laboratorium Penelitian Tanah, Balai Penelitian Tanah, Bogor.

Formulasi pupuk P-nano dan submikron

Kegiatan formulasi pupuk ditujukan untuk membuat calon pupuk untuk tanaman pangan. Beberapa hal yang diperhatikan dalam formulasi adalah kebutuhan tanaman dan nilai efisiensi pupuk selama ini.

Beberapa sumber pupuk P seperti guano Wonogiri, P-alam Ciamis, P-alam Maroko dianalisa kadar haranya kemudian dilakukan seleksi terhadap peluang penggunaannya. Kemudian ditetapkan P-alam Maroko yang dipergunakan untuk dibuat ukuran nano dan submikron dengan menggunakan *ballmill* pada beberapa ukuran (6.458 nm; 4.669 nm; 1 nm). P-alam Maroko dipergunakan karena mempunyai kadar P_2O_5 yang cukup tinggi dan variasi mutunya tidak terlalu besar. Untuk memastikan ukuran nano setelah dihaluskan, contoh pupuk diukur dengan menggunakan PSA.

Untuk mempermudah aplikasi P-alam yang telah dihaluskan pada percobaan rumah kaca, maka P-alam tersebut dicampur dengan zeolit yang telah diayak dengan ukuran 100 mesh. Perbandingan P-alam (ukuran nano dan submikron) dengan zeolit adalah 1:1 dicampur kemudian diberi air untuk lebih memperkuat zeolit dalam memegang P-alam, selanjutnya diukur/diamati P-alam dan zeolit tersebut dengan SEM (Gambar 1). Selain itu juga dilakukan pengukuran kapasitas tukar kation yang terukur sebesar 70,15 $me.100g^{-1}$ dengan metoda NH_4OAc 1 N pH 7,0. Untuk KTK dengan ukuran tersebut, termasuk cukup memadai sebagai media atau wadah bagi fosfat.



Keterangan: Pembesaran a. 1.000x b. 5000x c. 20.000x d. 40.000x

Gambar 1. Hasil pengukuran zeolit dari Wonosari dengan menggunakan SEM

Pengujian kelarutan

Pupuk P-alam berbagai ukuran submikron (6.458 nm dan 4.669 nm) dan ukuran nano (100 nm) diuji kelarutannya pada dua jenis tanah (Inceptisols Cibinong-Ciomas dan Andisols Cipanas-Cisarua) yang dibandingkan dengan kontrol dan SP-36. Satu kilogram tanah kering angin yang telah digiling dimasukkan dalam pot plastik. Tanah Inceptisols Cibinong dan Andisols Cipanas diberi air hingga mencapai kapasitas lapang. Pupuk hasil formulasi yang telah ditimbang (setara 500 $kg.ha^{-1}$) diaplikasikan ke tanah dengan cara dicampur merata. Contoh tanah diambil sebanyak $\pm$ 10 g pada minggu ke 1, 2, 3, dan 4 setelah aplikasi kemudian dianalisa kelarutannya dengan metoda P-Bray 1.

Pengujian pada tanaman di rumah kaca

Contoh tanah sebanyak dua kilogram kering angin ditimbang dan dimasukkan dalam pot plastik. Contoh tanah Inceptisols Cibinong diberi air sampai kondisi kapasitas lapang kemudian ditanami jagung (var. Pioneer-21), sedangkan contoh tanah Ultisols Leuwiliang diberi air dan dilumpurkan satu hari sebelum tanam padi varietas Ciherang.

Pupuk P-alam berukuran nano dan submikron yang telah dicampur dengan zeolit (rasio 1:3) ditimbang setara dengan 500 $kg.ha^{-1}$. Pupuk dasar N dan K diberikan sesuai dengan status hara tanah untuk tanaman padi dan jagung. Perlakuan yang diujikan adalah

kontrol, rekomendasi P standar (200 kg SP-36=72 kg P_2O_5), P-alam nano (500 kg P-alam ukuran 100nm+zeolit=18,75 kg P_2O_5), P-alam submikron 1 (500 kg P-alam 4.669nm +zeolit=18,75 kg P_2O_5), dan P-alam submikron 1 (500 kg P-alam 6.458 nm +zeolit=18,75 kg P_2O_5). Rancangan yang dipergunakan adalah rancangan acak lengkap dengan ulangan 4 kali. Variabel yang diamati meliputi produksi gabah (padi) dan brangkasan (jagung).

Pengolahan data

Data hasil pengamatan kelarutan diplotkan pada grafik kelarutan yang menghubungkan antara minggu pengamatan dan kelarutannya ($mg.kg^{-1}$) menggunakan Excel, sedangkan data hasil pangamatan percobaan respon tanaman dengan variabel produksi (gabah dan brangkasan jagung) di rumah kaca diolah dengan SPSS v.15 untuk menghitung Anova pada taraf nyata 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Inventarisasi sumber bahan baku

Kegiatan pertama yang dilakukan untuk penelitian formulasi pupuk berteknologi nano adalah inventarisasi bahan yang dapat dibuat ukuran nano secara fisik (*top-down*). Dasar pertimbangan dari penggunaan sumber yang ada di Indonesia ataupun didatangkan ke Indonesia adalah untuk menyederhanakan proses produksi, sehingga proses penggunaan bahan kimia dapat diminimalkan. Adapun bahan yang bisa dan biasa dipergunakan untuk bidang pertanian dari sumber P adalah guano, fosfat alam (Ciamis dan Maroko), dan zeolit. Hasil sampling pada tahun 2010 diperoleh sumber P-alam dalam jumlah yang agak banyak sekitar 10 jenis, namun yang mempunyai kadar P yang cukup tinggi adalah guano Wonosari, P-alam Ciamis, dan P-alam Maroko (Tabel 1). Akan tetapi P-alam Ciamis mempunyai ketidakonsistensian kadar P sehingga perlu dipertimbangkan kembali jika akan digunakan sebagai sumber bahan baku. Hasil eksplorasi tahun 1990 ditemukan fosfat endapan laut dengan kadar P_2O_5 sekitar 20-38% dalam jumlah sekitar 2-4 juta ton pada formasi batu gamping Kalipucung di Ciamis. Zeolit adalah sumber alami yang tersedia di Indonesia merupakan bahan pembenah tanah dan dipergunakan sebagai media penampungan fosfat yang telah dihaluskan.

Di antara ketiga sumber fosfat, P-alam Maroko memiliki kadar P total dan P sitrat tertinggi, kemudian diikuti oleh guano Wonosari dan P-alam Ciamis. Ditinjau dari potensi sebagai bahan baku lokal, P-alam Ciamis memiliki sumber yang cukup besar dibanding guano Wonosari.

Tabel 1. Komposisi kadar hara berbagai sumber P-alam dan guano yang dipergunakan dalam penelitian

Parameter	Guano Wonosari	PA Ciamis	PA Maroko (Ukuran)			Zeolit
			100 mesh	Sub-mikron (0,1-1 µm)	Nano (10^{-9} cm)	
KA (%)	15,97	8,48	-	-	-	12,67
$C_{organik}$ (%)	0,29	0,26	-	-	-	-
N-organik (%)	-	0,09	-	-	-	-
C/N	-	3	-	-	-	-
Total P_2O_5 (%)	22,84	16,22	26 - 27	-	-	-
P_2O_5 larut asam sitrat (%)	5,77	5,47	10,5	13,6	14,6	-
KTK (NH_4OAc 1 N pH 7)	-	-	-	-	-	70,15
Total K ($g.100g^{-1}$)	0,15	0,15	-	-	-	-
Total Ca ($g.100g^{-1}$)	6,18	6,72	-	-	-	-
Total Mg ($g.100g^{-1}$)	0,72	0,10	-	-	-	-
Total Fe ($g.100g^{-1}$)	21,196	18,286	-	-	-	-
Total Mn ($mg.kg^{-1}$)	435	2,679	-	-	-	-
Total Cu ($mg.kg^{-1}$)	146	203	-	-	-	-
Total Zn ($mg.kg^{-1}$)	195	432	-	-	-	-
Total Pb ($mg.kg^{-1}$)	14,43	22,1	-	-	-	-
Total Cd ($mg.kg^{-1}$)	-	2,14	-	-	-	-

Sifat tanah yang dipergunakan pada percobaan

Pengujian formula pupuk berteknologi nano diujikan pada tiga jenis tanah dari Bogor yakni Andisols Cipanas-Cisarua, Inceptisol Cibinong-Ciomas, dan Ultisols Leuwiliang-Bogor. Pemilihan ketiga jenis tanah ini terutama karena perbedaan tekstur (Tabel 2). Tekstur dan kadar liat merupakan salah satu indikator berkaitan dengan sifat kimia, fisik, dan biologi tanah. Tentu saja kadar liat juga berperan besar dalam sifat tersebut.

Tanah Inceptisols Cibinong-Ciomas bereaksi masam, bertekstur lempung liat berpasir, berkadar $C_{organik}$ rendah, P tersedia sangat tinggi, berkejenuhan basa sedang, dan KTK rendah. Sifat tanah ini mengelompokkannya termasuk berkesuburan rendah. Tanah yang didominasi fraksi pasir ini memerlukan pengelolaan hara yang baik agar tidak terjadi penurunan tingkat kesuburan.

Tanah Ultisols dari Leuwiliang-Bogor dengan reaksi tanah masam. Bertekstur liat, berkadar $C_{organik}$, dan P tersedia sedang, demikian juga KTK tanah termasuk sedang, tetapi berkejenuhan basa tinggi. Berdasarkan karakteristiknya, tanah tersebut termasuk berkesuburan sedang, dengan kendala utama kadar Al-dd.

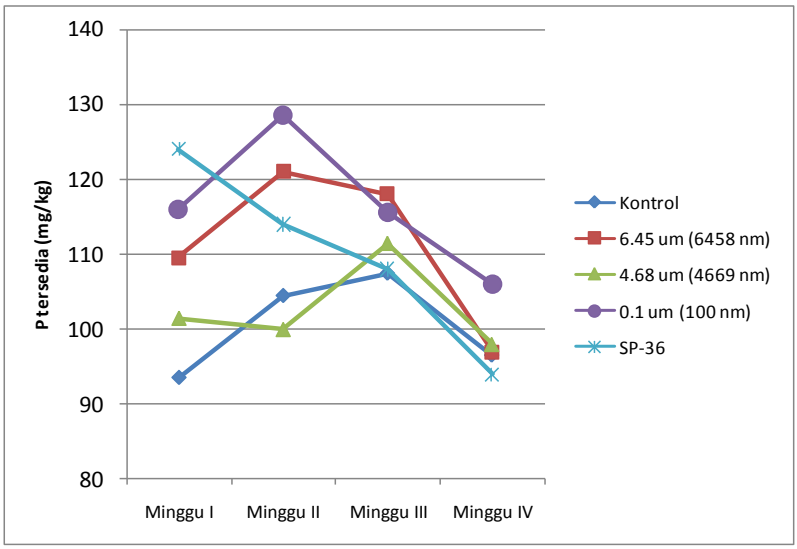
Tabel 2. Sifat tanah awal tanah yang dipergunakan

Parameter	Andisols Cipanas-Cisarua	Inceptisols Cibinong-Ciomas	Ultisols Leuwiliang-Bogor
pH H_2O (1:5)	5,35	4,77	4,97
pH KCl (1:5)	4,42	3,92	4,00
Tekstur Pasir (%)	25	46	13
Debu (%)	40	20	36
Liat (%)	35	34	51
$C_{organik}$ (%)	2,80	1,37	2,07
N-organik (%)	0,29	0,12	0,21
C/N	10	11	10
Asam humat+fulvat	0,77	0,41	0,66
Asam humat	0,29	0,22	0,11
Asam fulvat	0,48	0,19	0,55
P tersedia (Bray II) ($mg.kg^{-1}$)	62	71	8
P potensial (HCl 25%) ($mg.kg^{-1}$)	1719	1116	980
K_2O HCl 25% ($mg.kg^{-1}$)	452	115	209
K-dd ($cmolc(+).kg^{-1}$)	1,04	0,32	0,47
Ca-dd ($cmolc(+).kg^{-1}$)	6,71	4,25	7,58
Mg-dd ($cmolc(+).kg^{-1}$)	1,57	0,92	3,27
Na-dd ($cmolc(+).kg^{-1}$)	0,11	0,10	0,13
KTK ($cmolc(+).kg^{-1}$)	20,20	12,27	16,97
KB (%)	47	45	67
Al-dd (KCl 1M) ($cmolc(+).kg^{-1}$)	0,38	1,68	3,46
H-dd (KCl 1M)	0,13	0,24	0,31
Fe-DPTA ($mg.kg^{-1}$)	32	41	34
Mn-DPTA ($mg.kg^{-1}$)	37	20	65
Cu-DTPA ($mg.kg^{-1}$)	1,30	1,61	1,33
Zn-DTPA ($mg.kg^{-1}$)	21	20	19

Hasil pengamatan terhadap kelarutan P-alam berbagai ukuran terhadap tanah Andisols dan Inceptisols disajikan pada Gambar 2. Seperti diketahui bahwa aplikasi P-alam secara langsung terkendala pelepasan yang lambat terutama untuk tanah yang memiliki pH di atas 5. Batuan fosfat alam secara umum terdiri dari deposit fosfat alam sedimen (80-90%) dan igneous fosfat (10-20%) (Kauwenbergh, 2001). Batuan fosfat alam memiliki keragaman yang tinggi baik dalam komposisi kimia maupun bentuk fisiknya. Aplikasi langsung *rock phosphate* sebagai pupuk P masih sangat terbatas dan menjadi kendala.

Secara umum kedua tanah menunjukkan pola yang berbeda dan jumlah kelarutan yang berbeda pula. Pada tanah Andisols terukur P tersedia initial sebesar 93 $mg.kg^{-1}$. Tanah ini bertekstur lempung berliat dengan kadar pasir 25%, dengan ditambah P berbagai ukuran menunjukkan jumlah kelarutan yang lebih tinggi. Pada minggu pertama ke minggu kedua inkubasi terdapat pola peningkatan kadar P tersedia kemudian menurun mendekati titik awal. Bahkan untuk SP-36 pada 1 hari setelah aplikasi terukur 124 mg kg^{-1} kemudian menurun dengan waktu inkubasi selama 4 minggu hingga mendekati 95 mg kg^{-}

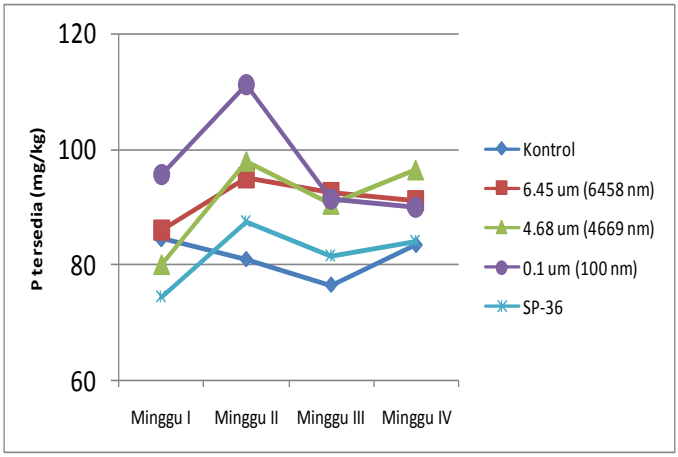
[1]. Berdasarkan pola kelarutan tersebut, sumber P-alam melepaskan P secara bertahap, sedangkan SP-36 lepas dalam waktu yang cepat di awal minggu pengamatan kemudian menurun. Fosfat yang sudah larut kemudian diikat oleh mineral liat amorf mengingat unsur tersebut tidak diserap oleh tanaman. Kelarutan P-alam ukuran 100 nm mendekati kelarutan SP-36.



Gambar 2. Kelarutan P-alam berbagai ukuran dengan waktu pada tanah Andisols Cipanas-Cisarua

Kelarutan P-alam pada tanah Inceptisols memiliki pola yang berbeda dengan tanah Andisols (Gambar 3). Tanah ini bertekstur lebih kasar yang termasuk tekstur lempung liat berpasir (46% pasir). P tersedia pada perlakuan kontrol terukur 72 $mg.kg^{-1}$ lebih rendah dari tanah Andisols Cipanas-Cisarua. Ukuran partikel berpengaruh terhadap kelarutan P-alam, dimana semakin kecil ukuran partikel, kelarutan P-alam semakin meningkat. Efektivitas penggunaan P-alam sangat ditentukan oleh reaktivitas kimia, ukuran butir, sifat-sifat tanah, waktu dan cara aplikasi, takaran P-alam, jenis tanaman, dan pola tanam (Lehr and McClellan, 1972; Chien, 1995; Rajan *et al.* 1996).

Kelarutan P-alam berbagai ukuran menunjukkan pola yang hampir sama, dimana pada minggu II pengamatan terjadi peningkatan kelarutan kemudian relatif tetap pada kadar tersebut hingga minggu ke-IV pengamatan. Hal ini terjadi karena jenis tanah ini diduga memiliki kadar liat yang tidak seaktif mineral liat amorf pada tanah Andisols. Di antara ukuran 6,45 µm dan 4,68 µm mempunyai pola kelarutan yang hampir sama pada tanah ini. Kelarutan SP-36 pada tanah ini jauh lebih rendah dari perlakuan P-alam baik pada tanah Inceptisols dan Andisols.



Gambar 3. Kelarutan P-alam berbagai ukuran dengan waktu pada tanah Inceptisols Cibinong-Ciomas

Pengujian pada tanaman di rumah kaca

Produksi tanaman dari percobaan pengujian pupuk berukuran nano dan submikron di rumah kaca disajikan pada Tabel 3. Pada Tabel 4 terlihat bahwa produksi padi dan brangkasan jagung yang diberi SP-36 tidak berbeda nyata dengan sumber P-alam nano dan submikron. Perubahan ukuran P-alam dapat mensuplai kebutuhan P bahkan lebih sedikit dari SP-36, dimana produksi padi dan brangkasan tidak berbeda nyata antar SP-36 dan P-alam. Hasil ini sejalan dengan hasil pengukuran kelarutan bahwa semakin kecil ukuran pertikel P-alam dapat mensuplai P_2O_2 lebih besar. Besarnya jumlah kelarutan dapat terjadi karena ikatan P_2O_5 dengan Ca dan Mg semakin lemah ataupun kontak P_2O_5 dengan air lebih besar.

Tabel 3. Produksi gabah dan brangkasan jagung terhadap tiga jenis sumber P

Perlakuan	Padi Ultisols Leuwiliang-Bogor		Jagung (Brangkasan) Inceptisols Cibinong-Ciomas	
	Gabah kering bersih	Berat 1.000 butir	Berat basah	Berat kering
	... g.pot^{-1} ...	... g ...	... g.pot^{-1} ...	
Kontrol	12,76 a	12,64 a	34,25 a	5,62 a
P (SP-36)	18,23 b	18,05 b	48,98 b	8,04 b
P-alam Nano	20,10 b	19,67 b	59,60 c	9,10 b
P-alam Submikron 1	18,17 b	18,13 b	60,10 c	8,51 b

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% dengan ANOVA.

KESIMPULAN

Hasil inventarisasi sumber pupuk P yang dapat dibuat menjadi pupuk berteknologi nano dengan sistem top-down adalah P-alam dan guano. Zeolit dapat dipergunakan sebagai media penampungan P sementara. Semakin halus ukuran P-alam semakin meningkat kemampuan melepaskan P_2O_5. Pola pelepasan P berbeda antar jenis tanah. Ketika diujikan ke respon tanaman, P-alam nano dan P-alam submikron mampu mensuplai P dalam jumlah yang lebih sedikit dari SP-36 yang ditunjukkan oleh produksi gabah dan brangkasan jagung.

DAFTAR PUSTAKA

Anane-Fenin, K. 2008. Nanotechnology in Agricultural Development in the ACP Region.

Arryanto, Y, S. Amini, M.F. Rosyid, A. Rahman, dan P. Artsanti. 2007. IPTEK Nano di Indonesia. Deputi Bidang Perkembangan RIPTEK Kementerian Negara Ristek dan Teknologi. 206 hal. ISBN 979-24-0571-2.

Arryanto, Y. 2012. Nano technology in Agriculture. Disajikan pada Workshop Peluang Nano Teknologi untuk Pertanian. Bogor, 26 Januari 2012.

Chien, S.H. 1995. Seminar on The Use of Reactive Phosphate Rock for Direct Application. July 20, 1995. Pengedar Bahan Pertanian Sdn Bhd. Selangor. Malaysia.

Rajan, S.S.S., J.H. Watkinson, and A.G. Sinclair. 1996. Phosphate rocks for direct application to soils. Advances in Agronomy 57: 77-159.

Kauwenbergh van, S.J. 2001. Overview of World Phosphate Rock Production. Proceedings of an International Meeting: Direct Application of Phosphate Rock and Related Appropriate Technology-Latest Developments and Practical Experiences. 16-20 July 2001. An International Center for Soil Fertility and Agricultural Development (IFDC). Kuala Lumpur, Malaysia.

Pemanfaatan *Software* Pengelolaan Hara Spesifik Lokasi (PHSL) dalam Penentuan Dosis Pemupukan NPK Padi Sawah Irigasi

28

Nurwulan Agustiani dan Sarlan Abdulrachman

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, Sukamandi. Email: wulan_uns@yahoo.com

Abstrak. Berbagai alat penetapan dosis pupuk telah dikembangkan oleh Badan Litbang Pertanian seperti Perangkat Uji Tanah Sawah (PUTS), Bagan Warna Daun (BWD), Sistem Pakar Pemupukan Padi (Sipakpudi) dan Perangkat Penetapan Kebutuhan Pupuk Padi Sawah (PuPS). Perangkat terbaru hasil kerjasama Badan Litbang Pertanian dan *International Rice Research Institute* (IRRI) telah menghasilkan *software* PHSL yang dirilis tahun 2010 dengan memanfaatkan jaringan internet. *Software* ini merupakan penyempurnaan dari perangkat sebelumnya dengan mengkolaborasikan aspek varietas, cara tanam, hara tanah dan potensi lahan. Penelitian bertujuan untuk mengetahui tingkat ketepatan penetapan kebutuhan pupuk (NPK) pada tanaman padi sawah irigasi dengan menggunakan *software* PHSL. Perlakuan dalam penelitian ini adalah dosis pupuk yang ditetapkan berdasarkan *software* melibatkan 9 petani sebagai ulangan. Penelitian dilaksanakan di Cilamaya, Kabupaten Karawang, Jawa Barat pada tahun 2011. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa validitas *software* untuk penentuan dosis pupuk NPK pada tanaman padi cukup baik, rata-rata hasil panen yang diperoleh adalah 7,92 GKG $t.ha^{-1}$, dengan tingkat ketercapaian produksi berkisar 97-120% dibandingkan target produksi dari *output software* yang digunakan.

Kata kunci: Verifikasi, padi, pemupukan, *software* PHSL

Abstract. *Various devices to estimate fertilizer recommendation have been developed by the Indonesian Agency for Agricultural Research and Development (IAARD) as Leaf Color Chart (LCC), Perangkat Uji Tanah sawah (PUTS), Sistem Pakar Pemupukan Padi (Sipakpudi) and Perangkat Penetapan kebutuhan Pupuk Padi sawah (PUPS). Latest device which is cooperation under IAARD and the International Rice Research Institute (IRRI) has produced software PHSL released in 2010 by using internet access. This software is a refinement of the previous device to collaborate on aspects of varietyy, planting method, soil nutrients, and potential land. The study aims to determine the level of accuracy of determination of the fertilizer recommendation (NPK) on irrigated rice by using software PHSL. The treatment in this study was determined based fertilizers software involves nine farmers as replications. The experiment was conducted in Cilamaya, Karawang district, West Java in 2011. The results showed that the validity of the software for the determination of NPK fertilizer in rice is quite good, the average yield obtained was 7.92 $t.ha^{-1}$ (14% MC), with the level of achievement of production software targets ranging from 97-120% compared to the real production.*

Keywords: *Validation, rice, ferlilizer, PHSL software*

PENDAHULUAN

Pengembangan pertanian di Indonesia selaras dengan tuntutan peningkatan produktivitas padi untuk memenuhi kebutuhan pangan yang selalu meningkat dari tahun ke tahun. Suprihatno dan Daradjat (2009) menyampaikan bahwa perakitan varietas unggul bersama dengan penerapan komponen teknologi budidaya lainnya telah berhasil meningkatkan 313% produksi sejak periode 1955-1969 hingga 2005-2007. Hal ini sejalan dengan Abdulrachman *et al.* (2010) dimana peran varietas bersama pupuk dan air berkontribusi sekitar 75% terhadap pencapaian hasil padi. Data terbaru menyebutkan bahwa produksi padi di Pulau Jawa sebesar 35,1 juta ton berasal dari areal panen seluas 5,294 juta hektar dengan produktivitas rata-rata 5,06 $t.ha^{-1}$ (BPS, 2010).

Namun demikian, varietas unggul padi sangat responsif terhadap pemberian pupuk makro N, P dan K yang dapat bersumber dari tanah, air irigasi, hujan dan terutama penambahan pupuk (Setyorini dan Abdulrachman, 2009). Di sisi lain, pemberian pupuk yang berlebihan akan memberikan dampak terhadap penurunan kualitas lahan seperti dikemukakan oleh Gunarto *et al.* (2002) bahwa kesuburan tanah mempunyai kontribusi sebesar 55% terhadap keberhasilan produksi mulai terganggu karena tingginya pemakaian pupuk kimia sementara kadar bahan organik yang mengendalikan kesuburan biologis menurun drastis. Oleh karena itu, diperlukan acuan rekomendasi pemupukan padi sehingga mampu meningkatkan efisiensi pemupukan.

Berbagai alat penetapan dosis pupuk telah dikembangkan oleh Badan Litbang Pertanian seperti Perangkat Uji Tanah Sawah (PUTS), Bagan Warna Daun (BWD), Sistem Pakar Pemupukan Padi (Sipakpudi) dan Perangkat Penetapan Kebutuhan Pupuk Padi Sawah (PuPS). Perangkat terbaru hasil kerjasama Badan Litbang Pertanian dan *International Rice Research Institute* (IRRI) telah menghasilkan *software* PHSL yang dirilis tahun 2010 dengan memanfaatkan jaringan internet. *Software* ini merupakan penyempurnaan dari perangkat sebelumnya dengan mengkolaborasikan aspek varietas, cara tanam, hara tanah dan potensi lahan.

Penelitian bertujuan untuk mengetahui tingkat ketepatan penetapan kebutuhan pupuk (NPK) pada tanaman padi sawah irigasi dengan menggunakan *software* PHSL. Teknologi ini cukup mudah dilakukan oleh petani dengan bantuan penyuluh pertanian setempat. Namun demikian sebelum teknologi ini disebarluaskan masih diperlukan verifikasi untuk melihat tingkat akurasi antara target hasil yang diestimasikan dengan hasil riil yang diperoleh.

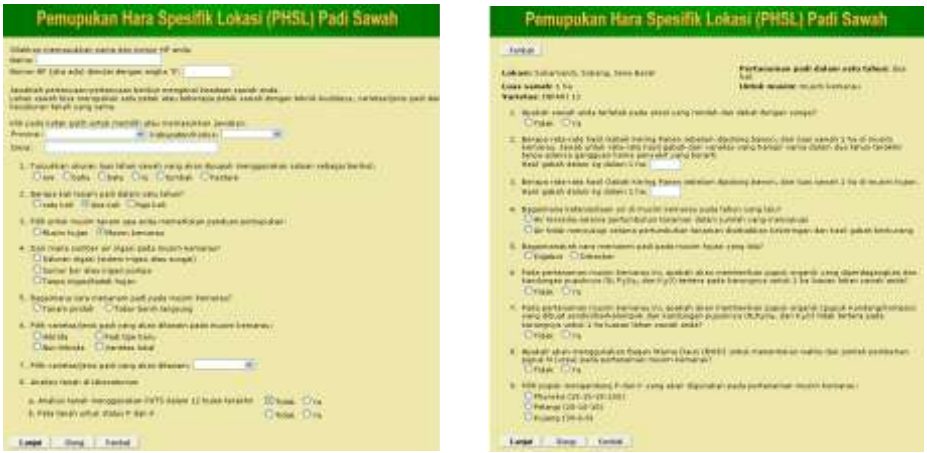
METODOLOGI

Penelitian dilakukan di Kecamatan Cilamaya, Kabupaten Karawang, Provinsi Jawa Barat sebagai salah satu sentra produksi padi. Perlakuan dalam penelitian ini adalah budidaya

padi dengan menggunakan dosis pupuk yang ditetapkan berdasarkan *software* dengan melibatkan 9 petani sebagai ulangan. Teknik budidaya selain pemupukan dilakukan oleh petani. Namun demikian, agar dalam pelaksanaan penelitian dapat berjalan sesuai harapan maka setiap kooperator mendapatkan bimbingan dari peneliti dan aplikasi pupuk tetap menjadi tanggung jawab peneliti.

Lahan untuk pelaksanaan penelitian adalah lahan milik petani yang luasannya diketahui, dengan kriteria merupakan lahan irigasi yang mempunyai durasi ketersediaan air minimal 10 bulan, baik dengan irigasi teknis maupun irigasi sederhana. Petani pemilik lahan sebagai kooperator dan setiap kooperator melakukan pemupukan dengan metode Pengelolaan Hara Spesifik Lokasi (PHSL), yang dosis pupuknya ditetapkan berdasarkan *software*. Diluar petak tersebut, dibuat pula petak omisi (-N) pada satu lokasi.

Cara penggunaan *software* PHSL diawali dengan pengumpulan data melalui wawancara dengan petani. Data yang dihimpun kemudian digunakan untuk mengisi jawaban dari pertanyaan-pertanyaan dalam *software* program PHSL (Gambar 1). Setelah *input* data selesai dan dilakukan pemrosesan, maka akan diperoleh keluaran berupa dosis pemupukan serta target hasil yang akan dicapai apabila pemupukan dilakukan dengan dosis seperti keluaran *software*. Kecuali dosis pupuk, semua pelaksanaan dari pengolahan tanah, tanam dan pemeliharaan dilakukan oleh petani.



Gambar 1. *Input* data *software* PHSL, DIY 2011

Data yang dikumpulkan adalah data panen ubinan yang diambil dari 120 rumpun atau pada luasan 5 m^2 yang dilengkapi dengan data komponen hasil berupa jumlah malai per rumpun, jumlah gabah per malai, persen gabah isi dan bobot 1.000 butir. Sementara itu, efisiensi agronomis dihitung berdasarkan perbandingan antara tambahan hasil yang diperoleh dari tiap penggunaan pupuk N. Pengaruh perlakuan dianalisa menggunakan Uji T pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Informasi umum pola budidaya petani

Sebagian besar pola budidaya yang diterapkan oleh petani kooperator hampir sama (Tabel 1), seperti menggunakan cara pindah tanam pada umur bibit lebih dari 22 hari setelah semai (HSS), dengan ketersediaan air selama satu musim pertanaman yang cukup. Selain itu, petani juga belum menggunakan pupuk organik dan masih menggunakan sistem panen dengan cara digebot. Varietas dan pola tanam cukup beragam. Varietas yang ditanam adalah Ciherang (55,6%), Sintanur (33,3%), dan Mekongga (11,1%). Sekitar 55,6% dari areal yang ditanami menggunakan pola tanam legowo 10:1 dengan jarak tanam yang cukup beragam.

Tabel 1. Karakteristik budidaya petani kooperator dalam penelitian PHSL padi sawah irigasi, Jawa Barat 2011

No	Nama	Varietas	Cara tanam (tanam pindah)	Umur bibit (hss)	Ketersediaan air	Cara panen (sebelumnya)	Pupuk organik
1	Een	Sintanur	Legowo 10:1 (28x28)cm	>22	Cukup	Digebot	Tidak
2	Afandi	Sintanur	Tegel (30x30)cm	>22	Cukup	Tresher	Tidak
3	Encep S	Ciherang	Legowo 10:1 (27x27)cm	>22	Cukup	Digebot	Tidak
4	Apang S	Ciherang	Legowo 10:1 (30x30)cm	>22	Cukup	Digebot	Tidak
5	Sudirman	Mekongga	Legowo 5:1 (30x30)cm	>22	Cukup	Digebot	Tidak
6	Karja	Ciherang	Legowo 10:1 (25x25)cm	>22	Cukup	Digebot	Tidak
7	Tawa	Ciherang	Legowo 10:1 (30x30)cm	>22	Cukup	Digebot	Tidak
8	Toto B	Sintanur	Tegel (30x30)cm	>22	Cukup	Digebot	Tidak
9	Cucu S	Ciherang	Tegel (25x25)cm	>22	Cukup	Digebot	Ya

Rekomendasi pemupukan NPK (berdasar *software* PHSL)

Berdasarkan data pola budidaya yang diterapkan oleh petani kooperator, diperoleh dosis rekomendasi pemupukan seperti tercantum pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil rekapitulasi dosis pupuk keluaran *software* dalam penelitian PHSL padi sawah irigasi, Jawa Barat 2011

No	Nama petani	Pupuk yang digunakan (kg.ha^{-1})		
		N	P_2O_5	K_2O
1	Een	133	25	25
2	Afandi	112	27	0
3	Encep S	112	27	27
4	Apang S	95	26	26
5	Sudirman	114	26	26
6	Karja	64	17	17
7	Tawa	121	30	30
8	Toto B	112	28	28
9	Cucu S	82	10	10

Sumber pupuk yang dipilih petani adalah Phonska, Urea dan SP-36 dengan kisaran N antara 64-133 kg.ha^{-1}, 17-30 kg P_2O_5.ha^{-1}, dan 0-27 kg K_2O.ha^{-1}. Petani Afandi tidak menggunakan K_2O dikarenakan jerami musim sebelumnya dikembalikan lagi ke lahan. Sedangkan Petani Cucu, penambahan N, P_2O_5, dan K_2O tergolong rendah karena pemberian pupuk organik sebesar 413 kg.ha^{-1}.

Tingkat produksi

Rata-rata tingkat produksi di lokasi penelitian Kecamatan Cilamaya, Kabupaten Karawang mencapai 7,92 t.ha^{-1} atau lebih tinggi dari rata-rata target produksi yang ditetapkan oleh *software* (Tabel 3). Target produksi *software* ini mengacu pada data pencapaian hasil petani musim-musim sebelumnya. Berdasarkan hasil analisis, bahwa varian dari tingkat produksi target dan hasil riil yang diperoleh adalah sama (P 0,432 > 0,05) sehingga analisa T Test menggunakan model *t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances* yang menyatakan bahwa P 0,398 > 0,05 artinya target hasil dari *output software* PHSL di dua lokasi dapat diterima dengan persentase pencapaian antara 97-120% (Tabel 4).

Tabel 3. Perbandingan tingkat produksi riil dan target produksi, serta persentase pencapaian dalam penelitian PHSL padi sawah irigasi, Jawa Barat 2011

No	Nama petani	Produksi (GKG t.ha^{-1})		Persentase pencapaian (%)
		Target	Riil	
1	Een	7,1	7,00	98,61
2	Afandi	7,8	8,37	107,34
3	Encep S	7,6	7,61	100,13
4	Apang S	7,0	8,37	119,61
5	Sudirman	9,0	8,80	97,74
6	Karja	6,9	6,88	99,72
7	Tawa	8,4	8,14	96,87
8	Toto B	7,7	7,84	101,81
9	Cucu S	7,3	8,26	113,22
Rata - rata		7,64	7,92	103,89

Tabel 4. Hasil analisis t-Test: *Two-Sample Assuming Equal Variances* dalam penelitian PHSL padi sawah irigasi, Jawa Barat 2011

t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances	Target	Riil
Mean	7.644444	7.918889
Variance	0.477778	0.421736
Observations	9	9
Pooled Variance	0.449757	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	16	
t Stat	-0.8681	
P(T<=t) one-tail	0.199086	
t Critical one-tail	1.745884	
P(T<=t) two-tail	0.398171	
t Critical two-tail	2.119905	

Performa tanaman cukup baik, hal ini juga dapat dilihat dari keragaan komponen hasil yang meliputi jumlah malai per rumpun, jumlah gabah per malai, persen gabah isi dan bobot 1.000 butir (Tabel 5). Pupuk, terutama nitrogen mampu meningkatkan jumlah anakan, ukuran daun dan biji, jumlah gabah tiap malai dan persentase gabah berisi (Hendrosusanto, 1984). Namun demikian apabila nitrogen yang diberikan berlebihan, cenderung menambah kehampaan dan mengurangi jumlah gabah isi setiap malai (Abdulrachman *et al.* 2004). Persen gabah isi yang diperoleh petani cukup tinggi, rata-rata 85,21% dengan jumlah malai rata-rata 24,02 per rumpun. Hal ini berarti bahwa pemberian pupuk terutama N tidak berlebihan sehingga memberikan pengaruh positif terutama terhadap variabel hasil.

Tabel 5. Komponen hasil dalam penelitian PHSL padi sawah irigasi, Jawa Barat 2011

No.	Nama Petani	Komponen hasil			
		Jumlah malai per rumpun	Persen gabah isi (%)	Jumlah gabah per malai	Bobot 1000 butir (gr)
1	Een	21,00	84,82	130,03	27,72
2	Afandi	27,33	93,65	124,77	26,70
3	Encep S	29,67	78,83	161,19	26,55
4	Apang S	24,22	83,90	181,54	26,72
5	Sudirman	25,22	96,19	122,24	25,99
6	Karja	19,89	81,98	174,64	25,35
7	Tawa	23,78	82,65	167,04	27,12
8	Toto B	20,89	85,32	130,88	26,69
9	Cucu S	24,22	79,58	171,49	25,90
Rata-rata		24,02	85,21	151,54	26,53

Efisiensi agronomis pemakaian pupuk N

Menurut Dobermann dan Fairhurst (2000), untuk setiap ton produksi padi membutuhkan sekitar 14,7 kg N; 2,6 kg P; dan 14,5 kg K.ha^{-1}. Berdasarkan hasil yang diperoleh, dapat dihitung efisiensi agronomis terhadap konsumsi pupuk N seperti tercantum pada Tabel 6. Tingkat efisiensi agronomis penggunaan pupuk N berkisar antara 12,78-36,09 dengan rata-rata 25,63. Dari nilai rata-ratanya dapat diartikan bahwa setiap 1 kg N yang ditambahkan mampu memberikan rata-rata hasil 25,63 kg gabah kering giling. Pola budidaya, pemberian *input* yang tepat serta kondisi lingkungan yang mendukung sangat memberikan pengaruh terhadap tingkat efisiensi pemakaian pupuk N.

Tabel 6. Efisiensi agronomis pemakaian pupuk N dalam penelitian PHSL padi sawah irigasi, Jawa Barat 2011

No	Nama Petani	Produksi riil (GKG t.ha^{-1})	Tingkat Produksi Petak Omisi (tanpa N)	Jumlah Pemberian Pupuk N (kg.ha^{-1})	Efisiensi Agronomis Pupuk N (kg.kg^{-1})
1	H. Een	7.00		133	12.78
2	H. Afandi	8.37		112	27.40
3	Pak Encep	7.61		112	20.62
4	H. Apang	8.37		95	32.31
5	H. Sudirman	8.80	5.30	114	30.69
6	H. Karja	6.88		64	24.68
7	Pak Tawa	8.14		121	23.46
8	Toto B	7.84		112	22.67
9	Cucu S	8.26		82	36.09
				Rata-rata	25.63

KESIMPULAN

Validitas *software* PHSL padi sawah untuk penentuan dosis pupuk NPK pada tanaman padi cukup baik, rata-rata hasil yang diperoleh petani dengan menggunakan dosis pupuk yang ditetapkan oleh *software* PHSL adalah 7,92 GKG t.ha^{-1}, dengan tingkat ketercapaian produksi berkisar 97-120% dibandingkan nilai target produksi dari *output software*, dengan rata-rata effisiensi N 25,63 kg.kg^{-1}.

DAFTAR PUSTAKA

Abdulrachman, S, N. Agustiani, L.M. Zarwazi, W. Darmawan, D Arismiati, U. Sutaryo, Atim, Supena, dan C.Y. Suryani. 2010. Peningkatan Efisiensi Penggunaan Air Pada Padi Sawah (>20%) melalui Sistem Aerobik. Laporan Hasil Penelitian. (*unpublished*).

Abdulrachman, S., Z. Susanti, dan Suhana. 2004. Efisiensi penggunaan pupuk pada tanaman padi selama dua musim berturut-turut. Penelitian Pertanian Tanaman Pangan 23(2):65-72.

Biro Pusat Statistik (BPS). 2010. Produksi padi sawah tahun 2006-2010. Jakarta.

Dobermann A and Fairhurst T, 2000. Nutrient disorders and nutrient management. International Rice Research Institute (IRRI) and Potash & Phosphate Institute (PPI), Phosphate Institute of Canada (PPIC).

Gunarto, L., P. Lestari, H. Supadmo dan AR. Marzuki. 2002. Dekomposisi Jerami Padi Inokulasi Azospirillum dan Pengaruhnya terhadap Efisiensi Penggunaan Pupuk N pada Padi Sawah. Penelitian Pertanian Tanaman Pangan. 21(1):1-9. Puslitbangtan. Badan Litbang Pertanian. Bogor.

Hendrosusanto, R. 1984. Pengaruh Pemberian Pupuk Kotoran Ayam dan Fosfat pada Latosol Tajur terhadap Tanaman Padi Gogo Varietas IR 36 (*Oryza sativa* L.) dan

Ketersediaan Fosfat Tanah Setelah Panen. Skripsi S-1. Fakultas Pertanian, IPB. Bogor.

Setyorini, D. dan S. Abdulrachman. 2009. Pengelolaan Hara Mineral Tanaman Padi. http://www.litbang.deptan.go.id/special/padi/bbpadi_2009_itkp_05.pdf. Diakses 15 Juni 2012.

Suprihatno, B. dan A.A. Daradjat. 2009. Kemajuan dan Ketersediaan Varietas Unggul Padi. Padi. Inovasi Teknologi dan Ketahanan Pangan Buku I. Sukamandi: Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Hlm 302-323.

Perbaikan Kualitas Lahan Bekas Tambang Timah Bangka Tengah Melalui Penggunaan Tanah Mineral dan Pupuk Organik

29

[1]Asmarhansyah dan [2]Djadja Subardja

[1]Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Kepulauan Bangka Belitung. Email:asmarhansyah@yahoo.com

[2] Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Jl. Tentara pelajar no. 12, Bogor 16114

Abstrak. lahan-lahan bekas tambang timah di Bangka Tengah, Kepulauan Bangka Belitung selama ini diterlantarkan dan tidak dimanfaatkan secara optimal untuk kegiatan pertanian. Lahan-lahan tersebut berpotensi untuk dijadikan lahan pertanian produktif melalui perbaikan kualitas lahan terlebih dahulu. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pemberian tanah mineral (top soil) dan pupuk organik terhadap peningkatan kualitas lahan bekas tambang timah. Kegiatan penelitian berupa pencetakan lahan bekas tambang timah menjadi lahan sawah dan pemanfaatannya melalui penanaman tanaman padi. Pada tahun I (2009), lahan bekas tambang timah dicetak menjadi lahan sawah dengan input yang diaplikasikan berupa tanah mineral 1.000 $t.ha^{-1}$ dan pupuk organik 20 $t.ha^{-1}$. Pada tahun II (2010) di musim tanam (MT) I dilakukan penanaman padi sawah varietas Banyuasin, IR-64, Inpara 1, dan Inpara 2 dengan input yang diberikan adalah 10 ton pupuk organik ha^{-1}, 2,2 ton kapur ha^{-1}, dan.300 kg $urea.ha^{-1}$, 200 kg SP-36 ha^{-1}, dan 350 kg KCl ha^{-1}. Pada MT II dilakukan penanaman padi sawah varietas Cibogo, Inpari 1, dan Inpari 2 dengan input yang diberikan adalah 7,5 ton pupuk organik ha^{-1}, 2,5 ton kapur ha^{-1}, dan.300 kg $urea.ha^{-1}$, 200 kg SP-36 ha^{-1}, dan 350 kg KCl ha^{-1}. Diakhir penanaman padi MT II dilakukan analisis kimia tanah untuk melihat perbaikan kualitas lahan bekas tambang timah. Parameter yang diamati adalah sifat kimia tanah setelah kegiatan penanaman padi; produksi padi; dan kandungan logam berat gabah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian tanah mineral dan pupuk organik berpengaruh terhadap tekstur tanah, pH tanah, kandungan N, P_2O_5, K_2O dan basa-basa tertukar (Ca, Mg, K, Na), dan KTK tanah. Kandungan logam berat pada gabah yang dihasilkan dari lahan bekas tambang timah masih berada di bawah ambang batas, sehingga aman untuk dikonsumsi.

Kata kunci: Kualitas lahan, tambang timah, tanah mineral, pupuk organik.

Abstract. *Ex-tin lands in Central Bangka, Kepulauan Bangka Belitung so far become fallow lands and are not used as agricultural activity. These lands have potency to be productive agricultural lands through improving the land quality. The aim of this study was to know the effect of application of top soil and organic fertilizer on improving the quality of ex-tin lands. The study consists of conversion of ex-tin land to lowland and the usage of the lowland through planting of rice. In first year (2009), ex-tin lands were converted as lowland of rice and applied with 1.000 tons of top soil* ha^{-1} *and 20 tons of organic fertilizer* ha^{-1}*. In second years (2010) in the planting season (PS) I, lowland was planted with rice plant variety of Banyuasin, IR-64, Inpara 1 and Inpara 2 with input 10*

tons organic fertilizer ha^{-1}; 2,2 tons of lime ha^{-1}, and 300 kgs of urea ha^{-1}, 200 kgs of SP-36 ha^{-1}, and 350 kgs of KCl ha^{-1}. In the PS II lowland was planted with rice plant variety of Cibogo, Inpari 1, and Inpari 2 with input 7,5 tons of organic fertilizer ha^{-1}; 2,5 tons of lime ha^{-1}; and.300 kgs of urea ha^{-1}, 200 kgs of SP-36 ha^{-1}, and 350 kgs of KCl ha^{-1}. At the end of PS II, soil chemistry analysis was done to know the improvement of quality of ex-tin land. Paremeters observed were soil chemistry, rice yield and heavy metal content in rice grain. Results showed that the application of top soil and organic matter gave influence on soil texture, soil pH, N, P_2O_5, K_2O and exchangeable-(Ca, Mg, K, Na), and soil CEC. Heavy metal content on rice grain is under the allowed concentration, so it is safe to be consumed.

Keywords: *Land quality, tin mining, top soil, organic fertilizer*.

PENDAHULUAN

Lahan-lahan bekas tambang timah di Bangka Tengah, Kepulauan Bangka Belitung selama ini diterlantarkan dan tidak dimanfaatkan secara optimal untuk kegiatan pertanian. Menurut Pemerintah Daerah Kepulauan Bangka Belitung (2010) luas total kuasa penambangan timah di Pulau Bangka memcapai 374 ribu ha atau sekitar 35% dari total luasan daratan Pulau Bangka, yang sebagian besar dimiliki oleh PT Timah dan PT Kobatin, dan sisanya perusahaan swasta dan rakyat. Lahan-lahan bekas tambang tersebut sebagian besar tidak direklamasi dan dibiarkan terlantar. Kegiatan reklamasi dan revegetasi diyakini mampu untuk merubah lahan-lahan tersebut untuk dijadikan lahan pertanian produktif, melalui perbaikan kualitas lahan terlebih dahulu.

Kegiatan penambangan dapat mengakibatkan hilangnya vegetasi alami, menurunnya aktivitas mikrobiologi tanah dan produktivitas tanah (Adewole dan Adesina, 2011). Akibat lain yang ditinggalkan pasca kegiatan penambangan seperti dilaporkan Sujitno (2007) adalah terjadinya perubahan drastis atas sifat fisik dan kimia tanah. Tailing timah bersifat sangat porous dengan kapasitas pegang air rendah serta kapasitas tukar kation pada sandy tailing tergolong sangat rendah (0,95-1,15 cmol kg^{-1}).

Dalam rangka reklamasi lahan bekas tambang timah tersebut, Badan Litbang Pertanian melakukan pencetakan lahan sawah pada lahan bekas tambang timah di Lubuk Besar, Bangka Tengah, Kepulauan Bangka Belitung. Menurut Subardja *et al.* (2010) pencetakan sawah dirancang berteras-teras dengan ukuran petak sawah bervariasi mengikuti kelerengan lahan. Tingkat kesuburan tanah sangat rendah, ditunjukkan oleh pH tanah sangat masam sampai masam, kadar C-organik, hara N, P, K, KTK dan kejenuhan basa sangat rendah. Kadar besi bebas dan kejenuhan Al tinggi berpotensi meracuni tanaman. Oleh karena itu pada pencetakan lahan sawah tersebut diperlukan input untuk memperbaiki kualitas lahan.

Input yang diberikan pada pencetakan sawah ini adalah 1.000 ton tanah mineral ha^{-1} dan 20 ton pupuk organik ha^{-1} dan disebar secara merata pada lahan sawah. Sementara itu, sebagai upaya pemanfaatan lahan sawah tersebut diperlukan input pupuk anorganik

(N, P, dan K) dan kapur untuk mendapatkan pertumbuhan dan produksi padi yang optimal.

Untuk melihat pengaruh pemberian input-input tersebut terhadap kualitas lahan sawah bekas tambang timah, maka penelitian pengaruh pemberian tanah mineral dan pupuk organik terhadap kualitas lahan menjadi penting untuk dilakukan sebagai upaya perbaikan kualitas lahan bekas tambang timah selanjutnya.

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh pemberian tanah mineral (*top soil*) dan pupuk organik terhadap peningkatan kualitas lahan bekas tambang timah di Bangka Tengah, Kepulauan Bangka Belitung.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan waktu

Kegiatan pencetakan lahan sawah bekas tambang timah dilaksanakan di lahan bekas tambang timah PT Kobatin di Desa Perlang, Kecamatan Lubuk Besar, Bangka Tengah, Kepulauan Bangka Belitung pada tahun 2009. Kegiatan pemanfaatan lahan sawah bekas tambang timah berupa penanaman padi sawah dilakukan pada 2 (dua) musim tanam, yaitu April-Juli 2010 dan November 2010-Februari 2011.

Pelaksanaan penelitian

Kegiatan penelitian terdiri atas pencetakan lahan bekas tambang timah menjadi lahan sawah dan dilanjutkan dengan pemanfaatan lahan sawah bekas tambang timah melalui penanaman tanaman padi selama dua musim tanam.

Pada tahun I (2009), lahan bekas tambang timah dicetak menjadi lahan sawah dengan input yang diaplikasikan berupa tanah mineral 1.000 $t.ha^{-1}$ dan pupuk organik 20 $t.ha^{-1}$. Kegiatan yang dilakukan pada proses pencetakan sawah adalah penyiapan lapisan kedap air, penambahan bahan tanah mineral dan bahan organik, pelumpuran dan perbaikan kondisi kimia tanah dan atau pencucian Fe dan Al. (Subardja *et al*. 2010)

Pada tahun II (2010) berupa pemanfaatan lahan sawah bekas tambang timah. Pada Tahun II (2010) dilakukan penanaman padi sebanyak 2 (dua) kali, yaitu MT I dan MT II. Pada MT I dilakukan penanaman padi sawah varietas Banyuasin, IR-64, Inpara 1 dan Inpara 2 dengan input yang diberikan adalah 10 ton pupuk organik ha^{-1}, 2,2 ton kapur ha^{-1}, 300 kg urea ha^{-1}, 200 kg SP-36 ha^{-1} dan 350 kg KCl ha^{-1}.

Pada MT II dilakukan penanaman padi sawah varietas Cibogo, Inpari 1 dan Inpari 2 dengan input yang diberikan adalah 7,5 ton pupuk organik ha^{-1}, 2,5 ton kapur ha^{-1}, 300 kg urea ha^{-1} 200 kg SP-36 ha^{-1}, dan 350 kg KCl ha^{-1}. Padi varietas Cibogo ditanam pada lahan bekas penamanan padi Banyusin dan IR-64; Inpari 1 ditanam pada lahan bekas

penanaman padi Inpara 1; dan Inpari 2 ditanam pada lahan bekas penanaman padi Inpara 2. ukuran petak yang digunakan pada masing-masing varietas adalah 25 m x 50 m.

Pada akhir MT II dilakukan analisis sampel tanah untuk melihat perbaikan kualitas lahan bekas tambang timah yang telah diberi input tanah mineral, pupuk organik dan pupuk anorganik.

Pengambilan sampel tanah

Pengambilan sampel tanah dilakukan sebelum pencetakan sawah dan setelah dilakukannya 2 (dua) kali penanaman padi sawah, yaitu setelah panen padi pada MT II untuk analisis sifat kimia tanah pada setiap varietas padi. Sampel tanah diambil secara komposit pada kedalaman 0-20 cm.

Pengumpulan data

Data yang diamati adalah sifat kimia tanah setelah kegiatan penanaman padi; produksi padi; dan kandungan logam berat gabah. Sifat kimia tanah yang dianalisis adalah pH-H_2O, C-organik, N-total, P_2O_5-total dan P_2O_5 tersedia, K_2O total, Ca-$_{dd}$, Mg-$_{dd}$, K-$_{dd}$, Na-$_{dd}$, KTK (kapasitas tukar kation), dan tekstur tanah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik kimia tanah sebelum penelitian

Karekteristik kimia tanah bekas tambang timah Desa Perlang, Kecamatan Lubuk Besar, Bangka Tengah sebelum pencetakan sawah disajikan pada (Tabel 1).

Tabel 1. Rata-rata sifat fisik dan kimia tanah dari lahan bekas tambang timah Desa Perlang, Kecamatan Lubuk Besar, Bangka Tengah

No.	Parameter	Nilai	Kriteria
1.	pH H_2O	4,6	Masam
2.	C-organik (%)	0,23	Sangat Rendah
3.	N Total (%)	0,02	Sangat Rendah
4.	P_2O_5 (mg/100g)	2	Sangat Rendah
5.	K_2O (mg/100g)	3	Sangat Rendah
6.	Ca-dd ($cmol_{(+)}$/kg)	0,19	Sangat Rendah
7.	Mg-dd ($cmol_{(+)}$/kg)	0,05	Sangat Rendah
8.	K-dd ($cmol_{(+)}$/kg)	0,06	Sangat rendah
9.	Na-dd ($cmol_{(+)}$/kg)	0,07	Sangat Rendah
10.	KTK ($cmol_{(+)}$/kg)	1,77	Sangat Rendah
11.	Tekstur		Pasir berlempung
	Pasir (%)	86	
	Debu (%)	4	
	Liat (%)	10	

Sumber: Subardja *et al.* (2009)

Berdasarkan (Tabel 1) diperoleh informasi bahwa lahan bekas tambang timah didominasi oleh pasir dengan fraksi pasir mencapai 86%. Kandungan pasir yang tinggi

tersebut mengakibatkan kemampuan tanah dalam memegang air dan unsur hara menjadi sangat rendah. Rendahnya kemampuan memegang hara dapat dilihat dari KTK tanah yang rendah dan juga kandungan hara N, P, K dan basa-basa dapat tukar tergolong rendah serta pH tanah juga tergolong masam. Tailing penambangan timah biasanya memiliki kondisi yang tidak memadai bagi pertumbuhan vegetasi alami, seperti pH tanah yang rendah (Wong *et al.* 1998).

Kandungan fraksi liat dan hara tanah yang rendah pada lahan bekas tambang tersebut sebagai akibat hilangnya partikel liat dan unsur hara pada waktu proses pencucian saat penambangan timah. Penurunan tingkat kesuburan tanah dapat terjadi akibat pencucian, erosi dan terangkut saat panen (Donova and Casey, 1998). Selain itu, rendahnya kandungan unsur hara juga disebabkan oleh rendahnya kandungan bahan organik (C-organik 0,23%), sehingga kemampuan memegang hara juga menjadi rendah. KTK tanah yang rendah juga merupakan refleksi dari rendahnya kandungan liat pada lahan-lahan bekas tambang timah. Oleh karena itu, dalam upaya mendapatkan pertumbuhan tanaman padi yang baik, maka pencetakan sawah di lahan bekas tambang timah harus mendapatkan input berupa tanah mineral berliat dan pupuk organik. Hadi dan Sudiharto (2004) menyatakan bahwa langkah awal yang dilakukan untuk meningkatkan kualitas dan kesehatan lahan bekas tambang timah adalah melalui peningkatan kadar bahan organik tanah.

Pengaruh pemberian tanah mineral dan pupuk organik terhadap sifat tanah

Sifat *fisik* dan kimia tanah dari lahan bekas tambang timah di Desa Perlang, Kecamatan Lubuk Besar, Kabupaten Bangka Tengah setelah ditanam padi Banyuasin, IR-64, Inpara 1 dan Inpara 2 pada pertanaman I, serta Cibogo, Inpari 1 dan Inpari 2 pada pertanaman II disajikan pada (Tabel 2).

Tekstur tanah

Berdasarkan (Tabel 2), pemberian tanah mineral dan pupuk organik secara nyata memberikan pengaruh terhadap sifat fisik tanah (kandungan liat meningkat, tekstur tanah menjadi lebih halus) setelah dua kali penanaman padi. Terjadinya perbaikan tekstur tanah tersebut merupakan implikasi dari aplikasi tanah mineral dan pupuk organik. Menurut Tisdall dan Oades (1982) bahwa pemberian bahan organik sangat berperan sebagai pembenah tanah mengingat senyawa bahan organik tanah mampu mengikat partikel utama pada agregat tanah, sehingga terjadi peningkatan stabilitas agregat. Hasil penelitian Van Veen and Kuikman (1990) dan Giardina *et al.* (2001) menyatakan bahwa tekstur tanah terkait erat dengan beberapa karakteristik tanah lainnya. Tanah-tanah dengan tekstur

tanah yang lebih halus cenderung memiliki kapasitas memegang air yang lebih tinggi dan memberikan produktivitas tanaman lebih baik.

Sifat kimia tanah

Berdasarkan (Tabel 2), terlihat bahwa pemberian tanah mineral, pupuk organik, pupuk anorganik dan kapur (dolomit) secara nyata memberikan pengaruh terhadap sifat kimia tanah, yaitu pH tanah, kandungan N, P_2O_5, K_2O, basa-basa dapat tukar (Ca, Mg, K, Na) dan KTK tanah. Perbaikan kualitas lahan tersebut dapat dimengerti mengingat input yang diberikan berupa tanah mineral, pupuk organik, pupuk anorganik dan kapur mampu untuk memperbaiki kualitas tanah.

Terkait dengan rendahnya pH tanah dan kandungan unsur hara mikro dan makro pada lahan bekas tambang timah, maka pemberian kapur (dolomit) untuk menetralkan pH tanah dan meningkatkan ketersediaan unsur hara dalam tanah menjadi penting untuk dilakukan. Menurut Benfeldt *et al*. (2001), aplikasi bahan organik akan sangat berperan dalam peningkatan KTK, peningkatan kapasitas memegang air dan mensuplai unsur hara.

Tabel 2. Sifat fisik dan kimia tanah dari lahan bekas tambang timah Desa PerlangKecamatan Lubuk Besar, Bangka Tengah setelah ditanam padi Banyuasin, IR-64, Inpara 1 dan Inpara 2 pada pertanaman I serta Cibogo, Inpari 1 dan Inpari 2 pada pertanaman II.

No.	Parameter	Musim Tanam I			
		Banyuasin	IR-64	Inpara 1	Inpara 2
		Musim Tanam II			
		Cibogo	Cibogo	Inpari 1	Inpari 2
1.	pH H_2O	6,6	6,4	6,0	7,1
2.	C Organik (%)	0,62	0,72	0,91	0,61
3.	N Total (%)	0,05	0,05	0,08	0,05
4.	P_2O_5 (HCl25%	11	12	15	21
5.	mg/100g)	10	10	6	6
6.	K_2O (HCl	2,21	2,19	2,43	2,70
7.	25%mg/100g)	1,39	1,29	1,19	1,63
8.	Ca-dd ($cmol_{(+)}\,kg^{-1}$)	0,19	0,19	0,11	0,10
9.	Mg-dd ($cmol_{(+)}\,kg^{-1}$)	0,10	0,05	0,04	0,09
10.	K-dd ($cmol_{(+)}\,kg^{-1}$)	3,24	2,85	3,06	4,27
11.	Na-dd ($cmol_{(+)}kg^{-1}$)				
	KTK ($cmol_{(+)}\,kg^{-1}$)	58	65	63	59
	Tekstur	9	8	9	8
	Pasir (%)	33	27	28	33
	Debu (%)				
	Liat (%)				

Peningkatan kandungan C-organik tanah dapat dilakukan melalui pemberian bahan organik. Menurut Stevenson (1994), bahan organik berperan sebagai penyedia unsur hara,

sumber makanan dan energi bagi mikroorganisme tanah, dan mampu untuk mempertahankan kelembaban tanah. Selain peranan pupuk organik, peranan pupuk anorganik juga cukup penting terhadap perbaikan sifat kimia tanah. Pupuk anorganik dapat menyediakan hara secara cepat untuk tanaman. Kombinasi nutrisi asal pupuk organik dan pupuk anorganik memberikan sinergi dan memperbaiki pelepasan dan penyerapan hara oleh tanaman dan meningkatkan hasil (Mugendi, *et al.* 1999). Hal yang sama disampaikan oleh Antill *et al.* (2001) bahwa pemberian pupuk organik berupa kotoran ternak akan mensuplai hara esensial bagi tanaman, baik secara langsung maupun tidak langsung melalui penurunan keracunan Al atau melalui produksi asam organik dan mengikat Al, dan akhirnya akan meningkatkan ketersediaan hara.

Hasil penelitian sebelumnya juga menyebutkan bahwa bahan organik sangat berperan penting di dalam perbaikan kualitas lahan (sifat fisik dan kimia tanah). Pemberian amelioran bahan organik berpengaruh nyata terhadap sifat kimia "*sand tailing*" pasca penambangan timah pada peubah $K\text{-}_{dd}$, $Ca\text{-}_{dd}$, $Mg\text{-}_{dd,}$ dan kapasitas tukar kation. Hal ini juga didukung oleh penelitian Thuriès *et al*. (2000) *dalam* Bakayoko *et al.* (2009) yang menyebutkan bahwa amelioran pupuk organik asal kotoran ternak secara nyata meningkatkan kandungan C, N dan KTK tanah. Menurut Stevenson (1994) bahwa penggunaan bahan organik mampu memperbaiki kualitas lahan yaitu meningktakan pH tanah, mampu meningkatkan kapasitas tukar kation dan sebagai pemasok unsur hara bagi tanaman.

Pengaruh pemberian tanah mineral dan pupuk organik terhadap produksi padi

Produksi padi varietas Banyuasin, IR-64, Inpara 1 dan Inpara 2 pada pertanaman I dan Cibogo, Inpari 1 dan Inpari 2 pada pertanaman II di lahan sawah bekas tambang timah Bangka Tengah disajikan pada (Tabel 3).

Tabel 3. Produksi padi berbagai varietas padi yang ditanam pada lahan sawah bekas tambang timah Bangka Tengah

No.	Varietas	Produksi (t GKP ha^{-1})
	Ditanam pada MT I (April-Juli 2010)	
1.	Banyuasin	3,71
2.	IR-64	3,13
3.	Inpara 1	2,47
4.	Inpara 2	2,48
	Ditanam pada MT II (Nopember 2010-Februari 2011)	
1.	Cibogo	3,54
2.	Inpari 1	3,62
3.	Inpari 2	3,87

Sumber: Asmarhansyah *et al.* (2011a) dan Asmarhansyah *et al*. (2011b)

Pengaruh pemberian tanah mineral, kapur, pupuk organik dan pupuk anorganik terhadap produksi padi selama dua kali musim tanam perdana sudah menunjukkan hasil

padi yang cukup lumayan walaupun belum mencapai produksi optimal bila dibandingkan dengan potensi genetik produksi yang dimiliki oleh masing-masing varietas padi tersebut. Namun tampak jelas dari aspek kualitas tanahnya telah ada perbaikan yang tercermin dari peningkatan pH tanah, kandungan bahan organik, unsur hara N, P, K, basa-basa dapat tukar, dan KTK tanah. Produksi padi yang belum mencapai optimal bisa terjadi karena pemberian input yang belum optimal atau faktor luar lainnya. Hasil penelitian Kasno *et al.* (2009) melaporkan bahwa aplikasi 10 $t.ha^{-1}$ pupuk kandang belum dapat meningkatkan produksi padi sawah, tetapi neraca unsur hara P dan K menjadi positif.

Masih rendahnya produksi padi tersebut juga disebabkan oleh beberapa hal, antara lain pada fase pertumbuhan vegetatif, tanaman padi perdana mendapatkan keracunan Fe. Asmarhansyah *et al.* (2010) melaporkan bahwa pada persemaian beberapa varietas tanaman padi di lahan sawah bekas tambang timah pada pertumbuhan persemaian padi saat berumur 20 hari setelah tanam menunjukkan warna daun kuning kecoklatan dan warna perakaran coklat kemerahan yang merupakan gejala keracunan Fe. Harahap *et al.* (1989) dan Sarwani *et al.* (1994) melaporkan bahwa keracunan besi merupakan kendala utama pada sawah bukaan baru dan lahan rawa berdrainase buruk, serta lahan sawah di daerah cekungan.

Konsentrasi logam berat pada gabah padi

Hasil analisis kimiawi kandungan logam berat pada gabah varietas Banyuasin, IR-64, Inpara 1 dan Inpara 2 yang ditanam pada pertanaman I disajikan pada (Tabel 4).

Tabel 4. Kandungan logam berat pada gabah varietas Banyuasin, IR-64, Inpara 1 dan Inpara 2 yang ditanam pada pertanaman I.

No.	Parameter	Banyuasin	IR-64	Inpara 1	Inpara 2	Ambang Batas
1.	Mn (ppm)	54	18	47	45	70
2.	Cu (ppm)	0,5	1,0	1,0	1,0	10
3.	Zn (ppm)	9	13	28	15	40
4.	Sn (ppm)	3	3	2	3	40
5.	Pb (ppm)	0,3	0,2	0,4	0,5	0,25

Dari Tabel 4 diperoleh informasi bahwa kandungan logam berat Fe, Mn, Cu, Zn, Pb, dan Sn bervariasi antar varietas padi yang digunakan. Hal ini menunjukkan bahwa varietas padi memiliki kemampuan yang berbeda-beda dalam penyerapan logam berat yang berasal dari tanah. Hal ini didukung oleh Balai Pengawasan Obat dan Makanan (2009) bahwa bahan pangan yang berbeda memiliki kandungan logam berat yang berbeda, sehingga batasan konsentrasi cemaran logam berat menjadi berbeda untuk setiap jenis bahan pangan.

Kandungan logam berat pada gabah padi tersebut secara umum masih berada di bawah batas konsentrasi maksimum untuk beras. Kandungan logam berat Mn yang

berkisar 18-54 ppm juga masih berada di bawah batas konsentrasi maksimum yaitu 70 ppm (Sanchez, 1976). Kandungan Cu pada penelitian ini berkisar antara 0,5-1,0 ppm masih di bawah batas konsentrasi maksimum untuk beras yaitu 10 ppm. Kandungan logam berat Zn yang berkisar 9-28 ppm juga masih berada di bawah batas konsentrasi maksimum yaitu 40 ppm. Kandungan logam berat Sn yang berkisar 2-3 ppm juga masih berada di bawah batas konsentrasi maksimum yaitu 40 ppm. Konsentrasi logam berat Pb pada gabah berkisar 0,2-0,5 ppm Pb, sedangkan batas konsentrasi maksimum adalah 0,25 ppm Pb (BPOM, 2009). Hal ini patut dijadikan perhatian mengingat unsur Pb tidak termasuk unsur mikro yang di butuhkan tanaman padi, namun terserap tanaman sampai pada gabah padi. Menurut Vouk (1986) bahwa apabila logam berat Pb ini terakumulasi pada tubuh manusia melewati batas toleransinya akan bersifat toksik. Hal ini perlu mendapat perhatian khusus bahwa pada lahan bekas tambang timah pengembangan varietas padi IR-64 dan Banyuasin relatif lebih baik dari pada Inpara 1 dan Inpara 2, karena selain kandungan logam berat Pb pada kedua varietas padi tersebut lebih rendah dan berada dalam kisaran ambang batas yang diperbolehkan, dan juga produktivitasnya relatif lebih tinggi. Ditinjau dari aspek produktivitasnya, varietas Cibogo, Inpari 1 dan Inpari 2 cukup potensial untuk dikembangkan, selain IR-64 dan Banyuasin.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Pemberian tanah mineral, pupuk organik, kapur, dan pupuk anorganik pada lahan sawah bekas tambang timah, mampu memperbaiki sifat fisik (tekstur) dan sifat kimia tanah (pH, kandungan C-organik, N, P, K, basa-basa dapat tukar dan KTK)
2. Pemberian tanah mineral, kapur, pupuk organik, dan pupuk anorganik mampu memberikan hasil panen padi perdana mencapai 3,71 $t.ha^{-1}$ GKP (Banyuasin) pada musim tanam pertama dan 3,87 $t.ha^{-1}$ GKP (Inpari 2) pada musim tanam kedua.
3. Kandungan logam berat pada gabah padi masih berada di bawah batas konsentrasi logam berat yang diperbolehkan, sehingga beras aman untuk dikonsumsi.

Saran

Untuk mendapatkan pengaruh jangka panjang penggunaan tanah mineral dan pupuk organik terhadap sifat fisika dan kimia tanah, hasil padi optimum dan kandungan logam berat pada gabah, maka disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan perlakuan input pupuk organik dan pupuk anorganik dengan berbagai

tingkat dosis pada varietas harapan pengembangan (IR-64, Banyuasin, Cibogo, Inpari 1 dan Inpari 2).

DAFTAR PUSTAKA

Adewole, M.B. and M.A. Adesina. 2011. Impact of marble mining on soil properties in a part og Guinea Savanna zone of southerwestern Nigeria. Ethiopian J. Environ Studies Manage. 4:1-8.

Antill, R.S., R.D. Lovel, D.J. Hatec, and S.C. Jarvis. 2001. Mineralization of nutrient in permanent pastures amended with fertilizer or dung. Biol. Fertile Soils, 33:132-138.

Asmarhansyah, Issukindarsyah, dan Atekan. 2010. Keragaan Pertumbuhan Beberapa Varietas Padi Pada Persemaian di Sawah Lahan Bekas Galian Timah Desa Perlang, Bangka Tengah, Kepulauan Bangka Belitung. Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian Spesifik Lokasi Mendukung Kemandirian Pangan. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Papua. Jayapura.

Asmarhansyah, M.D. Pertiwi, Issukindarsyah, D. Rusmawan, Muzammil. 2011a. Keragaan beberapa varietas padi di lahan sawah bekas tambang timah, Kepulauan Bangka Belitung. Prosiding Seminar Nasional Strategi Reduksi dan Adaptasi Perubahan Iklim di Bidang Pertanian. 29 Oktober 2011. Univesitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta.

Asmarhansyah, D. Subardja, D. Rusmawan, dan Muzammil. 2011b. Pengelolaan lahan, hara, dan air untuk tanaman padi dan jagung di lahan eks tambang timah. Laporan Akhir Pengkajian Tahun 2010. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Kepulauan Bangka Belitung. Pangkalpinang.

Bakayoko, S., D. Soro, C. Nindjin, D. Dao, A. Tschannen, O. Girardin and A. Assa. 2009. Effects of cattle and poultry manures on organic matter content and adsorption complex of a sandy soil under cassava cultivation (Manihot esculenta Crantz.), African Journal of Environmental Science and Technology Vol. 3 (8), pp. 190-197, August, 2009

Balai Pengawasan Obat dan Makanan. 2009. Peraturan kepala balai pengawasan obat dan makanan: batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan. BPOM. Jakarta.

Bendfeldt, ES, Burger, J A dan Daniels, WL. 2001. Quality of Amenden Mine Soil After Sixteen Years. Soil sci. Sco. Am: J65.

Donova, G. And C. Casey. 1998. Soil fertility management in Sub-Sahara Africa. 2002, Phosphorus and nitrogen based manure and compost application. Agron J., 94:128-135.

Giardina CP, Ryan MG, Hubbard RM, Binkley D (2001) Tree species and soil textural controls on carbon and nitrogen mineralization rates. Soil Sci Soc Am J 65:1272–1279

Hadi, H. Dan Sudiharto.2004. Pengembangan perkebunan karet di daerah sekitar tambang batubara: Kasus di Kabupaten Tabalong, kalimantan Selatan. Warta Perkaretan 23(3):28-36.

Harahap, Z., M. Ismunadji, J. Sujitno, A.M. Fagi dan D.S. Damardjati. 1989. Perkembangan dan Sumbangan Penelitian untuk Pelestarian Swasembada Beras. Dalam: M. Syam (Eds). Buku I. Risalah Simposium II Penelitian Tanaman Pangan. Ciloto, 21-23 Maret 1988. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor. p: 135-185

Kasno, A., Nurjaya, dan D.A. Suriadikarta. 2009. Neraca hara N, P, dan K pada pengelolaan haranterpadu lahan sawah bermineral liat campuran dan 1:1. Hlm 205-219. Dalam Prosiding Semiloka Nas. Inovasi Sumberdaya Lahan: Inovasi teknologi Sumberdaya Lahan Mendukung Sistem Pertanian Industrial, Bogor. 24-25 November 2009.

Mugendi, D.N., P.K.R. Nair, J.N. Mugwe, M.K. O'Neill, and P.L. Woomer. 1999. Calliandra and Leucaena alley cropped with maize. Part 1 Soil fertility change and maize roduction in the sub-humid highlands of Kenya. Agrof. Sustems. 46: 39-50.

Pemerintah Daerah Kepulauan Bangka Belitung. 2010. Profil bidang pertambangan di Propinsi Kepulauan Bangka Belitung. www.babelprop.go.id Dikunjungi pada 16 Juni 2012.

Sanchez, P. 1976. Properties and management of soil in the tropics. John and Sons. 1427-1433.

Sarwani, M., M. Noor, dan Masganti. 1994. Potensi, Kendala dan Peluang Pasang Surut dalam Perspektif Pengembangan Tanaman Pangan. Dalam. Pengelolaan Air dan Produktivitas Lahan Rawa Pasang Surut. Balai Penelitian Tanaman Pangan. Banjabaru.

Stevenson F.J. 1994. Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reaction. (John Wiley & Sons. New York).

Subardja, D., H. Sosiawan, Kasno, Rochayati, S. 2009. Laporan kemajuan tahap akhir Penelitian pengembangan teknologi pencetakan dan pengelolaan sawah pada lahan bekas tambang timah di bangka tengah dan belitung

Subardja, D., H. Sosiawan, Kasno, dan Dariah, A. 2010. Identifikasi dan karakterisasi lahan bekas tambang timah untuk pencetakan sawah baru di Perlang, Bangka Tengah. Seminar Nasional Inovasi Teknologi Sumberdaya Lahan. Balai Besar Litbang Sumberdaya lahan Pertanian. Bogor.

Sujitno, S. 2007. Sejarah Timah di Pulau Bangka. PT Tambang Timah Tbk. Pangkalpinang.

Tisdall, J.M. dan J.M. Oades. 1982. Organic matter and water stable aggregates in soils. J. Soil Sci. 33:41-63.

Wong, J.W.C., C.M. Ip., and M.H. Wong. 1998. Acid-forming capacity of lead-zzinc mine tailing and its implication for mine rehabilitation. Environ. Geochem. Health. 20(3): 149-155.

Van Veen JA, Kuikman PJ (1990) Soil structural aspects of decomposition of organic matter by micro-organisms. Biogeochemistry 13:213–233

Vouk, V. 1986. General chemistry of metals in Freiberg, L. G.F. Nordberg, and V.B. Vouk (eds). Handbooks on the toxicollogy of metal. Elsiever. New York.

Efek Spasial Pengurangan Dampak Oksidasi di Lahan Rawa Pasang Surut Bertanah Sulfat Masam Tarantang, Kalimantan Selatan

30

Kusumo Nugroho

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Jl. Tentara Pelajar No. 12, Bogor 16114

Abstrak. Degradasi tanah yang paling jelas adalah terjadinya oksidasi pada tanah sulfat masam. Oksidasi mineral sulfida menjadi asam sulfat telah memasamkan sebagian besar tanah di dataran rendah pesisir Kalimantan. Mineral sulfida tersebut, termasuk pirit (FeS_2) terbentuk ribuan tahun yang lalu ketika terjadi genangan air garam yang kaya akan zat besi. Pirit tidak menimbulkan masalah serius jika masih terendam atau jenuh air, karena dapat mencegah oksigen atmosfer bereaksi dengan lapisan piritik. Namun, perlindungan banjir dataran rendah lahan pantai melalui instalasi permukaan dalam saluran air telah menyebabkan penurunan ketinggian muka air tanah yang pada gilirannya telah mengenai lapisan piritik. Curah hujan tinggi setelah kekeringan menyebabkan polusi asam dari mitigasi banjir sekitar saluran, anak sungai, dan sistem sungai. Daerah tanah masam dipengaruhi oleh transportasi konstituen asam selama rembesan. Salah satu cara mengendalikan produksi asam baru tersebut adalah melalui pemasangan bendung dalam mitigasi banjir mengalir untuk meningkatkan ketinggian muka air. Dalam tulisan ini disajikan kondisi spasial polusi asam di dataran rendah Tarantang, Kalimantan Selatan, dan efek ketinggian air tanah serta hubungan antara produksi asam dan muka air tanah. Hasilnya digunakan untuk memvalidasi simulasi model (untuk Tanah Sulfat Masam) yang dikembangkan adalah untuk mensimulasikan produksi asam dan transportasi, dan rezim air tanah pada pengelolaan air tertentu dan pemupukan tanah.

Kata kunci: Spasialisasi pemupukan, tanah sulfat masam, piezometers, pengelolaan air

Abstract. *The most obvious land degradation is the oxidation in acid sulfate soil. Oxidatiton of sulfide minerals to sulfuric acid has largely acidify the soil in the coastal lowlands of Kalimantan. Sulfide minerals, including pyrite (FeS_2) formed thousands of years ago when there was a pool of salt water that is rich in iron. Pyrite does not cause serious problems if it is submerged or water saturated, because it prevents atmospheric oxygen reacting with the pyritic layer. However, protection of flood plains coastal land through the installation of surface drains has led to decrease in ground water level, which in turn has the pyritic layer. Heavy rainfall after a drought causes acid pollution from surrounding flood mitigation channels, creeks, and river systems. The area affected by acid soils transportation acid constituents during seepage. One way of controlling new acid production is through the installation of the water gate in flood mitigation flows to improve water level. In this paper is presented the effect of ground water levels and the relationship between acid production and groundwater in lowland acidic pollution Tarantang, South Kalimantan, spatially. The result were use to validate a simulation model calculation (for acid sulfate soil) was developed to simulate acid production and transport, and ground water regime in particular water management and fertilizer use.*

Keywords*: Spatialization of acid sulfate soil fertilization, piezometers, water management*

PENDAHULUAN

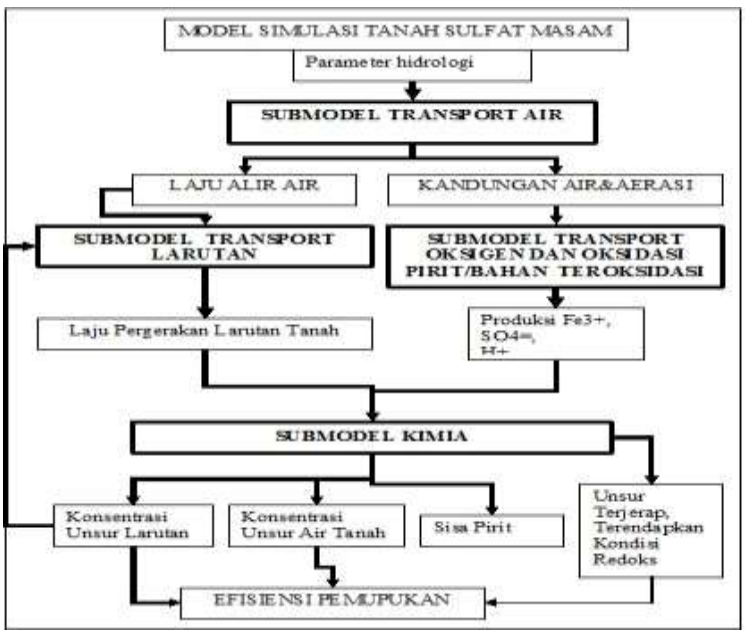
Tanah-tanah sulfat masam telah digunakan sebagai lahan pertanian sejak lama. Penggunaan ini juga nampak di daerah Kalimantan Selatan yang mempunyai daerah dengan tanah sulfat masam yang cukup luas (Bronswijk *et al*. 1995). Produktivitas tanah sulfat masam seperti yang nampak di Kalimantan Selatan berubah dengan adanya perubahan pengelolaan air di daerah tersebut (Saragih dan Nurzakiah, 2011). Tanah sulfat masam terletak di lahan rawa pantai merupakan salah satu bagian dari lahan pasang surut lebak dan pantai yang mempunyai luasan lebih dari 33,4 juta hektar. Tanah tersebut menyebar di empat pulau besar, yaitu Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, dan Irian Jaya (Nugroho *et al*. 1992). Potensi lahan sulfat masam perlu dipertimbangkan dalam pengembangan daerah pertanian. Tanah sulfat masam mempunyai peluang untuk dikembangkan lebih lanjut terutama padi sawah, bila memperhatikan kaedah pemanfaatannya secara baik (Widjaja-Adhi *et al*. 1992). Budhima *et al*. (2001) dan Blunden *et al*. (2001) memperhatikan bahwa pengaruh buruk oksidasi terlihat dari perubahan sifat kimia tanah dan air di daerah tersebut. Daerah sulfat masam umumnya dapat digunakan sebagai daerah persawahan dan perkebunan atau hutan tanaman industri. Menilik berbagai kepentingan yang mungkin di daerah ini, maka perlu diketahui pengelolaannya jika lahan tersebut dibuka. Pembukaan lahan biasanya diawali dengan reklamasi, perubahan penutup tanah yang memberikan dampak pengeringan tanah lapisan atas atau oksidasi. Dampak yang sering terlihat adalah penyusutan permukaan tanah terutama pada tanah-tanah yang belum matang (sulfat masam potensial) dan perubahan sifat kimia tanah dan air. Keadaan ini yang akan dilihat dari perubahan beberapa sifat kimia di lahan sulfat masam Tarantang, Kalimantan Selatan.

Perubahan sifat tanah terutama karena pembukaan lahan, secara umum akan mempengaruhi kualitas lahan, pemupukan atau ameliorasi yang harus dilakukan di daerah tersebut. Perubahan tersebut diawali oleh pencucian hara dari tanah oleh air hujan dan air irigasi (pasang surut). Perubahan dapat dihubungkan dengan sifat tanah sebelum dibuka. Sifat ini perlu dilihat untuk mengetahui hubungannya dengan lingkungan atau habitat atau vegetasi daerah tersebut. Perubahan sifat kimia erat sekali hubungannnya dengan letak dari tepi sungai atau laut. Perubahan yang dominan terjadi pada daerah-daerah yang lebih dekat dengan laut, dan akan berkurang dengan bertambahnya jarak dari tepi laut (batas ambang pantai).

Pendekatan teoritis untuk menghitung oksidasi pirit pada tanah sulfat asam dapat dijelaskan dengan struktur mikropori/matriks. Pada pendekatan ini terjadi transportasi oksigen secara vertikal melalui pori makro tanah dan difusi lateral, selanjutnya oksigen masuk ke dalam matriks tanah. Oksigen yang masuk ke dalam matriks, dikonsumsi oleh pirit. Sebuah solusi numerik dengan model teoritis telah dikembangkan dan digunakan dalam SMASS simulasi komputer model. Pendekatan numerik didasarkan pada hubungan linear antara konsumsi oksigen dan konsentrasi oksigen terlarut. Simulasi secara numerik, terbukti memberikan angka yang sebanding dengan angka pengukuran langsung (berkorelasi baik). Pada simulasi ini, SMASS digunakan bersama dengan model

jenuh/*unsaturated* aliran air yang tersedia secara komersial untuk menilai efektivitas dari strategi manajemen air tanah untuk meminimalkan pembentukan asam yang disebabkan oleh oksidasi pirit. Situs percobaan di Puntik Dalam, Tarantang, Mandastanah, Kalimantan Selatan.

Penggunaan model sulfat masam untuk menghitung perubahan kemasaman tanah pada lahan dengan tanah sulfat masam telah dilakukan menggunakan beberapa piezometer di lapangan. Selain untuk melihat perubahan secara spasial, juga untuk pengamatan pada beberapa waktu di Tarantang. Dalam analisisnya dapat menggunakan langkah simulasi model tanah sulfat masam (Bronswijk *et al.* 1988; Ritsema *et al.* 1988). Langkah analisis perubahan konsentrasi unsur-unsur yang mempengaruhi ketersediaan hara dapat dilihat pada skema berikut.



Gambar 1. Diagram skematik Simulasi Model Tanah Sulfat Masam (SMASS)

Penelitian ini bertujuan menyajikan kondisi spasial polusi asam di dataran rendah Tarantang, Kalimantan Selatan, dan efek ketinggian air tanah serta hubungan antara produksi asam dan muka air tanah, serta memberikan hasil-hasil pengukuran dalam hubungannya dengan data karakteristik beberapa senyawa baik kation maupun anion yang berkaitan dengan ketersediaan hara untuk tanaman (padi).

BAHAN DAN METODE

Bahan

Area yang digunakan adalah salah satu petakan lahan sawah di daerah Puntik Dalam, Kecamatan Mandastanah, Tarantang, Kalimantan Selatan. Perubahan spatial diamati dari satu setting piezometer yang diletakkan pada satu petakan menjadi satu bentuk silang menurut koordinat tertentu secara geografis. Pengamatan dilakukan di bagian tepi petakan dilakukan diantara dua saluran tersier yang saling mengapit. Secara menyeluruh penelitian ini dilakukan sesuai dengan percobaan lapang di daerah tersebut (Nugroho dan van den Bosch, 1998).

Tanah yang digunakan merupakan tanah sawah yang sudah teroksidasi dilihat dari kondisi piritnya. Petakan yang digunakan adalah petakan antara tersier 19 dan tersier 20. Contoh air berasal dari piezometer dan alat penghisap pada tiga kedalaman (25, 45, dan 105 cm).

Metode

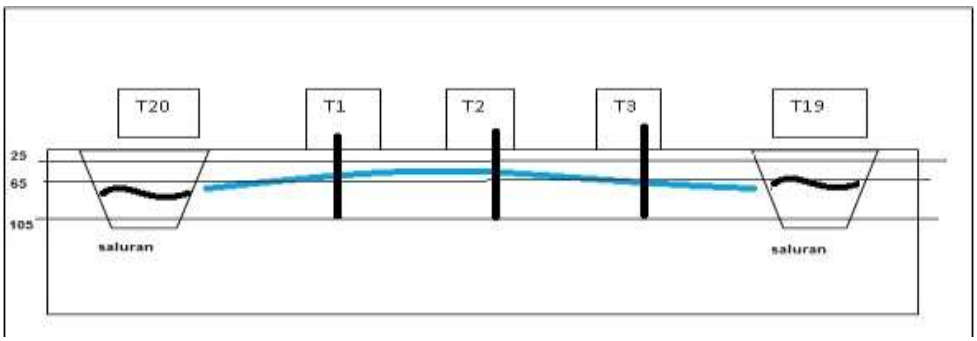
Pengamatan pergerakan air lateral dan horisontal diamati dengan piezometer, pengukuran air di saluran dan juga tensiometer di lapang. Penelitian merupakan bagian dari konteks penelitian penerapan simulasi model di lapang. Bagian yang diteliti adalah parameterisasi masukan untuk program SMASS (Bronswijk *et al*. 1988; Nugroho *et al*. 1992). Perubahan kualitas larutan diamati dari tiap titik pengamatan untuk mendapatkan gambaran tentang perubahan yang terjadi.
Skenario 1:Tanah dibiarkan tanpa ada pengelolaan air
Skenario 2:Tanah menggunakan praktek pengelolaan air tertentu seperti yang dikerjakan.
Skenario 1 tidak dijalankan karena resiko kerusakan tanah. Skenario 2 dijalankan sesuai dengan kemampuan petani. Pengaturan air dijalankan dan diamati.

Pengambilan contoh larutan tanah

Contoh larutan tanah diambil menggunakan alat isap (*suction*) sejenis PVC berbentuk kolom atau ring dengan ukuran 20 cm tinggi dan diameter 4 inci. Ring dibuat tajam di satu sisi. Tanah diambil dengan cara menekan ring ke tanah, setelah terisi tanah lalu potong di bagian bawahnya, kemudian ditutup untuk menahan tanah agar tidak keluar ring. Metode pengambilan ini sama dengan pengambilan contoh tanah kolom besar (Ritsema *et al.* 1988).

Pengamatan di lapangan dilakukan pada 5 (lima) titik pengamatan dalam satu sekuen penampang/segaris dua dimensi. Titik T1, T2, dan T3 berada pada lahan atau petakan.

Disajikan kondisi spasial polusi asam di dataran rendah Tarantang, Kalimantan Selatan, dan efek ketinggian air tanah serta hubungan antara produksi asam dan muka air tanah.



Pengukuran

Pengukuran pengelolaan air dilakukan dengan cara memantau perubahan kadar air serta sifat larutan yang diambil dari kolom yang selalu dijenuhi air dengan memperhitungkan air irigasi secara alamiah (sesuai dengan curah hujan rata-rata yang mungkin di daerah tersebut). Larutan tersebut kemudian dianalisa sifat kimianya. Untuk mengetahui laju pencucian digunakan metode analisa air yang berasal dari kolom tanah (Toorn van den *et al.* 1988).

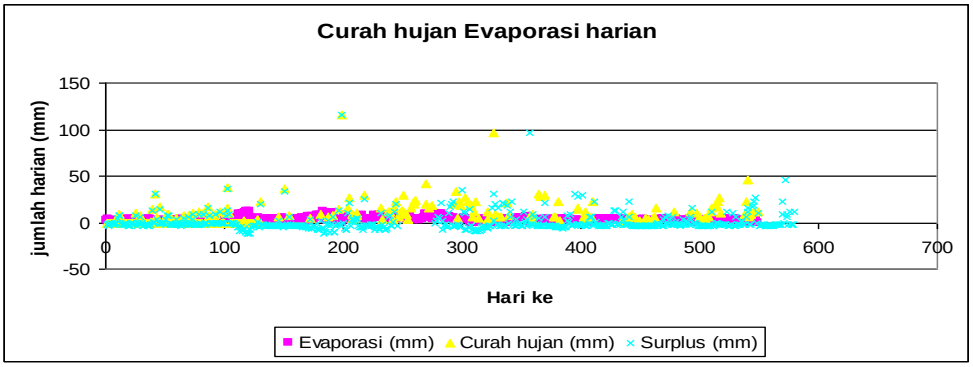
Analisa

Sifat kimia larutan yang diamati adalah pH, HCO_3^-, $CO_3^=$, daya hantar listrik, Fe^{2+}, Mn^{2+}, Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+} Al^{3+} Cl^-, $SO_4^=$, SiO_2, dan H^+. Masing-masing memperhitungkan kesetimbangan antara kation anionnya. Selain analisa larutan tanah, juga dianalisa sifat kimia tanah pada awal penelitian menggunakan contoh terpisah.

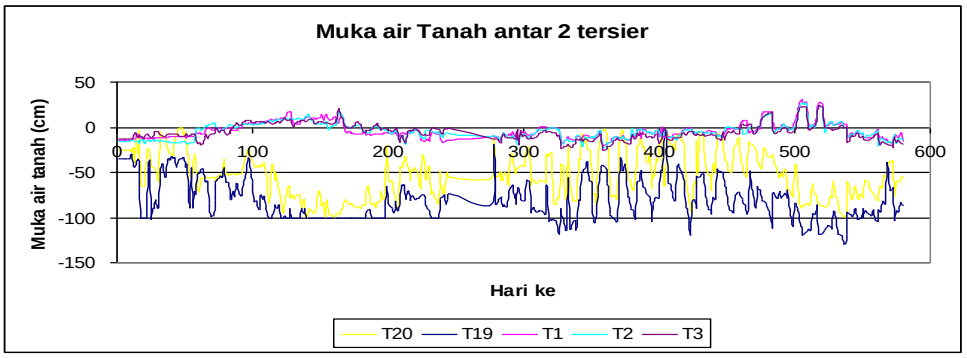
HASIL DAN PEMBAHASAN

Di dalam mempelajari aspek spasial pengurangan oksidasi dengan pengelolaan air, penggunaan simulasi model pada tanah sulfat masam menjadi penting (Bronswijk *et al.* 1995). Aspek spasial ini dapat dipelajari melalui perubahan-perubahan atau perbedaan konsentrasi unsur-unsur kation dan anion. Dalam simulasi model yang digunakan faktor

yang mempengaruhi konsentrasi, terutama adalah kandungan air dalam matriks tanah. Beberapa unsur yang mempengaruhi larutan dalam matriks tanah adalah kondisi penentu atas (atmosferik) yang diamati dari perubahan curah hujan dan evaporasi (Gambar 2). Kandungan air dalam matriks dilihat dari kandungan air yang diamati melalui tensiometer yang dipasang dalam beberapa kedalaman1 (Gambar 3).



Gambar 2. Curah hujan harian



Gambar 3. Perbedaan muka air tanah antara tersier 19 (T19) dan tersier 20 (T20) di Tarantang

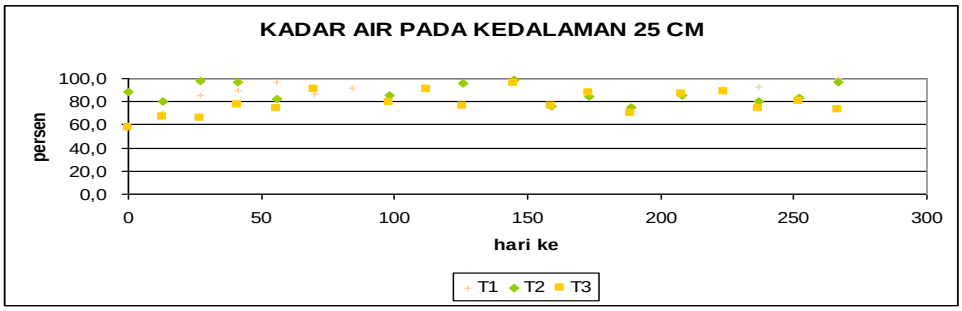
Kesetimbangan kation dan anion

Kesetimbangan kation dan anion sangat penting untuk meninjau berapa besar pengaruhnya terhadap kesetimbangan dalam sistem tanah. Pada penelitian ini didapatkan bahwa kesetimbangan antara kation dan anion sering kali tidak menunjukkan kesamaan pada suatu waktu. Pencucian menyebabkan kesetimbangan antara kation dan anion terganggu. Beberapa anion yang diamati adalah HCO_3^-, $CO_3^=$, Cl^-, dan $SO_4^=$. Sedangkan anion yang diamati Fe^{2+}, Mn^{2+}, Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+} Al^{3+}, dan H^+.

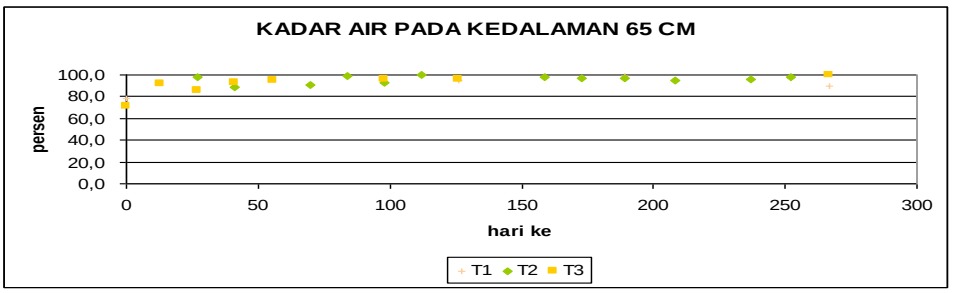
Perubahan kesetimbangan anion dan kation dapat terjadi karena dipengaruhi oleh beberapa faktor, baik faktor tanahnya, maupun perubahan dari konsentrasi dan aktivitas dari ion yang ada. Konsentrasi tergantung kepada jumlah air yang dapat secara cepat mengisi tempat terjadinya reaksi kesetimbangan tersebut.

Kesetimbangan ini penting dalam kaitannya dengan ketersediaan unsur pada kondisi jenuh, seperti dalam percobaan pencucian ini. Kemungkinan dari pengendapan unsur dalam pencucian ini sedikit, sehingga air cucian ini dapat dikatakan sebagai produk pelarutan dari tanah tersebut.

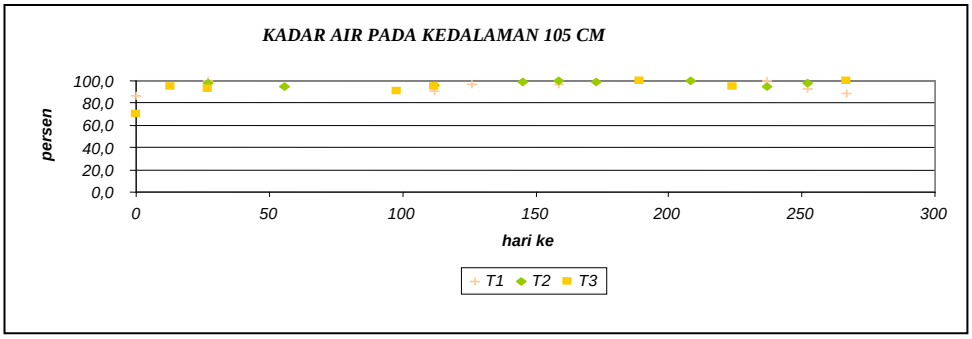
Pada model simulasi yang telah dibuat untuk keperluan perhitungan unsur-unsur yang muncul dalam suatu proses di dalam matriks tanah sulfat masam, didapatkan bahwa kondisi yang menentukan konsentrasi unsur di dalam tanah adalah kandungan air di dalam matriks tanah. Sedangkan unsur yang dikaitkan dengan pemupukan pada petakan di daerah penelitian diwakili oleh kation Fe (Gambar 3, 4, 5, dan 6) dan Al (Gambar 7,8,9, dan 10) yang mempengaruhi ketersediaan P dalam tanah serta anion sulfat ($SO_4^{=}$) dan chlorida (Cl^-) yang mempengaruhi ketersediaan unsur K, Ca, dan Mg. Nitrogen lebih labil dan tidak diamati secara khusus. Secara keseluruhan pH merupakan indikator perubahan yang juga diamati.



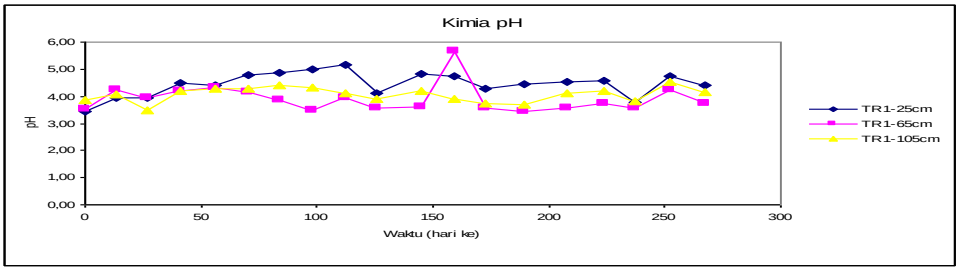
Gambar 4. Kadar air pada kedalaman 25 cm



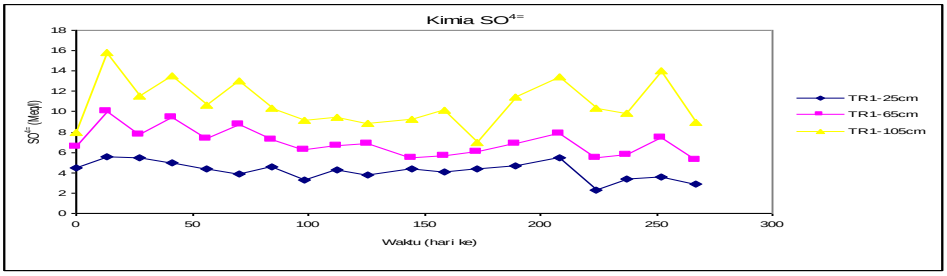
Gambar 5. Kadar air pada kedalaman 65 cm



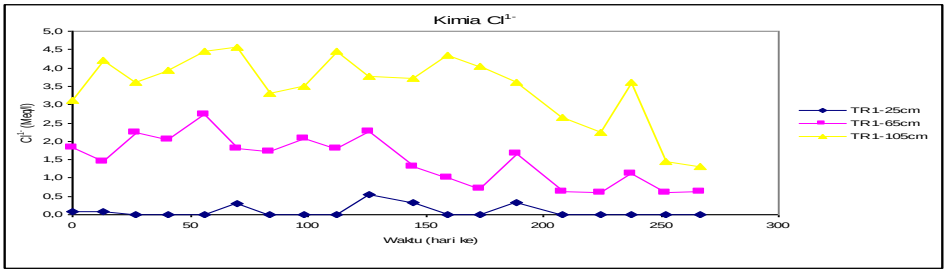
Gambar 6. Kadar air pada kedalaman 105 cm



Gambar 7. Perubahan pH



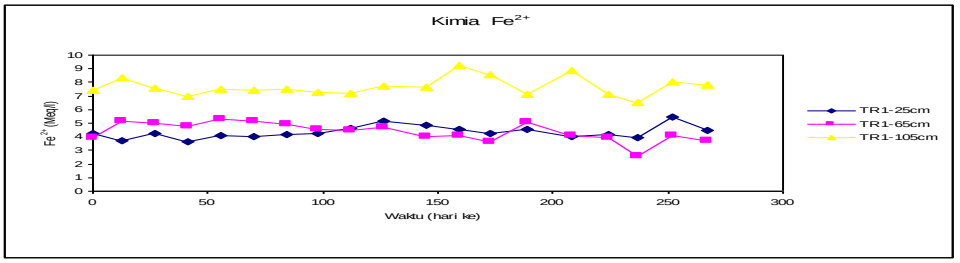
Gambar 8. Perubahan $SO_4^{=}$



Gambar 9. Perubahan Cl^-

Seperti telah dikemukakan dalam metoda, beberapa anion yang diamati adalah HCO_3-, CO_3=, Cl-, dan SO_4=. Masing-masing diperhitungkan karena dianggap merupakan anion yang banyak dijumpai di daerah pasang surut atau daerah yang berdekatan dengan laut. Perubahan yang jelas dari anion dapat dilihat dari dua anion yang mendominasi larutan tanah yaitu Cl- dan SO_4^{2-}. Perubahan dari ketiga macam tanah yang diambil dapat dilihat pada Gambar 9 dan 10.

Pada gambar berikut diperlihatkan perubahan dari salah satu pengamatan pada 3 kedalaman (25, 65, dan 105 cm). Besi (ferro) dilepaskan terutama di daerah bawah yaitu di daerah reduksi. Pada daerah oksidasi (di bagian atas), besi ferro lebih rendah karena sebagian besi tersebut telah teroksidasi membentuk besi ferri (Fe^{3+}). Kondisi ini tentunya kurang menguntungkan untuk pemupukan P. Sebagian P yang diberikan akan terikat oleh besi ferri yang terbentuk di dekat permukaan.

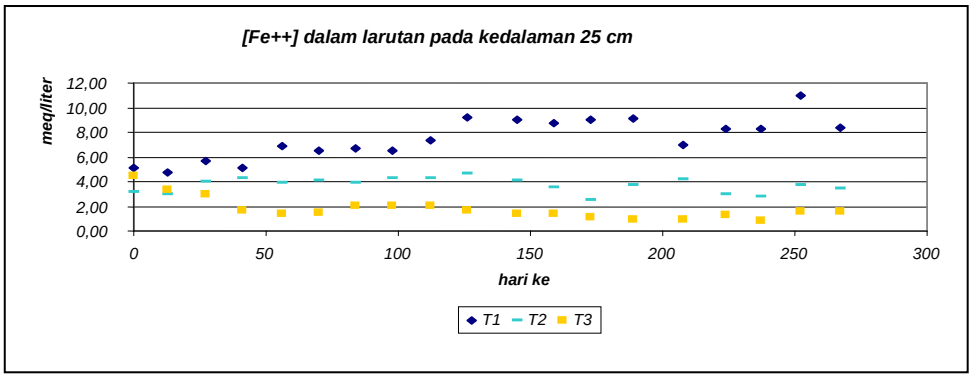


Gambar 10. Perubahan kandungan Fe^{++}

Pada gambar berikut diperlihatkan perubahan dari salah satu pengamatan pada 3 titik (T1, T2, dan T3).

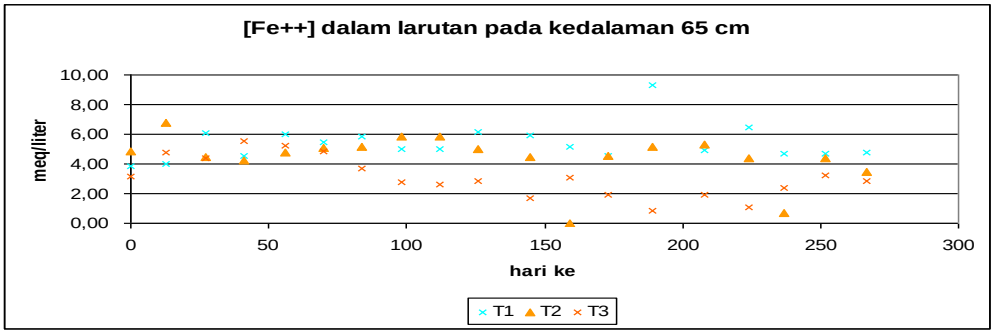
Besi (ferro) dilepaskan terutama di daerah dekat permukaan air tanah (bagian bawah penampang tanah), yaitu di daerah yang masih reduksi. Pada daerah oksidasi yaitu di bagian dekat permukaan tanah atau bagian atas penampang, kandungan besi lebih rendah, sebagian unsur besi yang mulanya telah teroksidasi dan terbentuk dalam bentuk ferri (Fe^{3+}). Kondisi ini tentunya kurang menguntungkan untuk pemupukan P. Sebagian dari P yang diberikan akan terikat oleh ferri yang terbentuk di dekat permukaan.

Sudah dijelaskan di atas. Pengamatan Fe^{++} di T3 berdekatan dengan saluran Tersier 20 yang lebih dangkal, umumnya mempunyai konsentrasi Fe^{2+} yang rendah. Dalam kesetimbangan maka oksidasi lebih intensif dilepaskan Fe^{3+}.

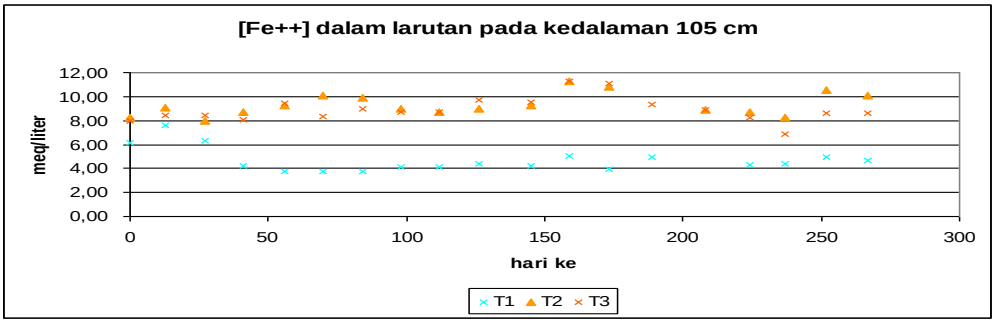


Gambar 11. Perubahan Fe^{++} pada kedalaman 25 cm

Variasi letak di dekat saluran atau di tengah petakan diantara saluran dicerminkan oleh gambar-gambar perubahan selama 1 tahun, dengan fluktuasi perubahan konsentrasi pada ketiga kedalaman.

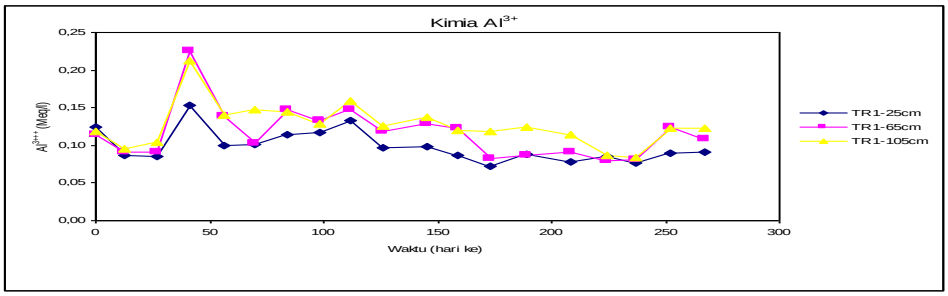


Gambar 12. Perubahan Fe^{++} pada kedalaman 65 cm



Gambar 13. Perubahan Fe^{++} pada kedalaman 105 cm

Selain besi yang merupakan kation dominan dalam proses pada tanah sulfat masam, Aluminium merupakan unsur atau kation lain yang mempengaruhi ketersediaan fosfat di dalam tanah. Karakteristik Al^{3+} yang ada dalam tanah atau dalam matriks tanah mempunyai kecenderungan yang hampir sama dengan besi.



Gambar 14. Perubahan Al^{3+}

Dari ketiga titik pengamatan, terlihat perbedaan yang jelas antara kandungan atau konsentrasi Fe dan Al. Secara spasial (horisontal) yaitu antara saluran tersier menjelaskan tentang pengaruh dari reaksi oksidasi reduksi yang secara langsung ditentukan oleh aliran atau fluks air masuk ke dalam matriks tanah. Fluks ini ditentukan oleh jarak dari sumber air, yaitu dari saluran dan juga dari permukaan tanah (air hujan). Pengaruh kedalaman air tanah yang menentukan kadar air di matriks, jelas dipengaruhi oleh konduktivitas jenuh dan tidak jenuh dari matriks tanah, baik lateral maupun horisontal. Reaksi oksidasi dan reduksi juga dipengaruhi oleh konsentrasi unsur (kation dan anion), selain dari jumlah air larutan tanah.

Secara spasial baik horisontal maupun vertikal, perubahan kadar air ditentukan oleh faktor luar (*atmospheric*, rembesan, luapan). Kondisi kadar air ini menentukan konsentrasi dan reaksi oksidasi dan reduksi. Konsentrasi unsur kation dan anion ini menentukan efektivitas pemupukan (dari jerapan, erapan, dan keterikatan hara dengan unsur yang ada dalam larutan tanah).

KESIMPULAN

1. Perubahan kemasaman diakibatkan oksidasi merupakan penyebab polusi asam di Tarantang, Kalimantan Selatan.
2. Efek perubahan ketinggian muka air tanah dapat diamati melalui perubahan kandungan unsur.
3. Hubungan antara produksi asam dan tinggi air tanah dapat dijelaskan.
4. Simulasi model Tanah Sulfat Masam dapat digunakan untuk mensimulasikan produksi asam dan transportasinya.
5. Rezim air tanah dipengaruhi oleh pengelolaan air.
6. Pengelolaan air dengan pengaturan muka air di saluran dan pengukuran dengan piezometer berbasis tabel air tanah dapat dijadikan sebagai acuan untuk mengendalikan produksi asam, sekaligus mengefisienkan pemupukan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian diselenggarakan dalam rangka kerjasama penelitian EC Project contract no. ERBTS3*CT940338 dan Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat/ Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan, Badan Litbang Pertanian (tahun 1996-1998).

DAFTAR PUSTAKA

Budhima, Indraratna, Gurudeo Anand Tularam, and Bruce Blunden. 2001. Reducing the impact of acid sulphate soils at a site in Shoalhaven Floodplain of New South Wales, Australia. Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology; 2001; Geological Society of London v. 34; issue.4; p. 333-346

Blunden, B. and B. Indraratna. 2001. Model for Assessing Ground-Water Management Strategies in Acid Sulfate Soils, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering. 2001. 127(2): 146-157. Copyright American.

Bronswijk, J.J.B., C.J.M. Konsten, K. Nugroho, and C.J. Ritsema. 1988. Set up of field experiments in South Kalimantan acid sulphate sopil. Sci. Rep. No. 4. Research on Acid Sulphate Soils in The Humid Tropics. ILRI, Wageningen, The Netherlands. ILRI-WSC Wageningen The Netherlands.

Bronswijk, J.J.B. J.E. Groenenberg, C.J. Ritsema, A.L.M. van Wijk, and K. Nugroho. 1995. Evaluation of water management strategies for acid sulphate soils using a simulation model: A case study in Indonesia. Agricultural Water management 1995 vol 27 issue 2 page 125-142. Elsevier-The Netherlands.

Nugroho, K., Alkasuma, Paidi, Wahyu Wahdini, Abdul Rochman, H. Suhardjo, dan I P.G. Widjaja-Adhi. 1992. Peta Areal Potensial untuk Pengembangan Pertanian Lahan Pasang Surut, Rawa dan Pantai. Proyek Penelitian Sumberdaya Lahan. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian.

Nugroho, K. and H. van den Bosch. 1998. Field Experment in Indonesia. Water management strategies for sustainable land-use in coastal plains with acid sulphate soils in the tropics. Winand Staring Center, Wageningen. The Netherlands.

Ritsema, C.J., J.J.B. Bronswijk, and K. Nugroho. 1988. Proposal for column experiments to study physical and chemical processes in acid sulphate soils. Scie Rep No. 2. Research on Acid Sulphate Soils in the Humid Tropics, ILRI, Wageningen.

Suryanto, Saragih dan Siti Nurzakiah. 2011. Peluang Meningkatkan Indeks Pertanaman Padi dengan IP 300 di Lahan Rawa Pasang Surut (The Opportunity To Increase Rice Planting Index by 300 on Tidal Swamp Land). Agroscientiae, Volume 18 Nomor 3 April 2011.

Van der Toorn, A., K. Nugroho, and J. Harmsen. 1988. Methods for determination of chemical composition of water samples from column experments. Scie Rep No. 3. Research on Acid Sulphate Soils in the Humid Tropics, ILRI, Wageningen.

Widjaja-Adhi, I P.G, K. Nugroho, Didi Ardi, dan A. Syarifuddin Karama. 1992. Sumberdaya Lahan Pasang Surut, Rawa dan Pantai: Potensi. Keterbatasan dan Pemanfaatannya. Makalah utama, disajikan dalam Pertemuan Nasional Pengembangan Pertanian Lahan Pasang Surut dan Rawa. Bogor, 3-4 Maret 1992.

Pengaruh Jarak Tanam dan Jenis Pupuk terhadap Pertumbuhan, Produksi Silase dan Biji Pipilan Jagung Hibrida pada Inceptisols Dramaga

31

I Gusti Made Subiksa

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Tanah, Jl. Tentara Pelajar No. 12 Bogor 16114

Abstrak. Tanaman jagung memiliki multi fungsi antara lain sebagai bahan pangan (*food*), pakan (*feed*), dan bahan bakar (*fuel*). Oleh karenanya sering kali terjadi persaingan dalam pemanfaatannya, sehingga tidak jarang terjadi lonjakan harga jagung yang cukup tajam. Jagung untuk pakan tidak hanya dapat memanfaatkan biji (*grain*) tetapi juga tanaman segar yang difermentasi untuk pembuatan silase. Karena permintaan yang besar dari luar negeri, maka budidaya jagung untuk produksi silase cukup menjanjikan. Penelitian pengaruh jarak tanam dan jenis pupuk terhadap pertumbuhan, produksi silase, dan biji pipilan jagung hibrida telah dilakukan pada Inceptisols Dramaga, Bogor. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui jarak tanam yang ideal untuk memproduksi bahan silase yang tinggi, tetapi tidak mengganggu produksi biji jagung. Penelitian menggunakan rancangan split plot dengan 3 ulangan. Petak utama adalah 2 tingkat jarak tanam yaitu 75x25 cm dan 60x20 cm, dan anak petak adalah 4 jenis pemupukan NPK tunggal dan NPK majemuk yang masing-masing dikombinasikan dengan pupuk kandang. Sebagai indikator adalah jagung hibrida P-21. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jarak tanam 60x20 cm dapat meningkatkan tinggi tanaman dan produksi bahan silase dari rata-rata 45,8 t ha^{-1} menjadi rata-rata 60,1 t ha^{-1} atau meningkat 31% dibandingkan jarak tanam 75x25 cm. Namun, jarak tanam yang rapat tersebut menurunkan produksi biji jagung pipilan karena tongkol yang terbentuk lebih kecil. Pupuk NPK majemuk (15-15-15) mempunyai respon yang lebih baik terhadap tanaman jagung dibandingkan dengan NPK tunggal (urea, SP-36, dan KCl) sebagai pupuk dasar. Pupuk kandang dengan dosis 1,5 t ha^{-1} umumnya memberikan pertumbuhan yang lebih baik dan hasil biji pipilan yang lebih tinggi.

Abstract. *Corn is consider as multi functions crops such as for food, feed and fuel utilization. Therefore, competition in use caused sharply price fluctuation. Corn for feed not only utilize the grain but also fresh biomass or fermented silage. Due to huge demand of silage from abroad, the cultivation of corn for silage production is promising. Study on the influence of plant spacing and fertilizer to the plant growth, shelled grain production and biomass silage of hybrids corn has carried out on Inceptisols Dramaga, Bogor. The objective was to determine the ideal spacing to produce high amount of silage, but does not affect the production of grain. Research using a split plot design with three replications. The main plot is two level crop spacing namely 75x25 cm and 60x20 cm, and the subplot is 4 types of single and compound NPK fertilizer and their combined with manure. The crop indicator is P-21 hybrid corn. Results showed that the crop spacing of 60x20 cm treatment increased plant height and production of silage from an average of 45.8 t.ha^{-1} to an average of 60.1 t.ha^{-1}, or increased about 31% compared to the 75x25 cm spacing. However, the dense spacing decreased grain production since smaller corn cobs.*

NPK compound fertilizer (15-15-15) have a better response compared to single NPK as basal fertilizer. Manure with dose 1.5 t.ha^{-1} has better corn growth and yield compared to without manure treatment.

Keywords: Feed, silage, biomass, fertilizer, hybrid corn, crop spacing

PENDAHULUAN

Jagung adalah salah satu komoditas pangan yang masih diimpor dalam jumlah yang cukup besar. Tahun 2011, total produksi jagung Indonesia sekitar 17,64 juta ton (BPS, 2012), namun masih impor sekitar 2,5 juta ton (DJPDN, 2012). (tambahkan berapa kebutuhan, produksi dalam negeri, dan jumlah jagung yang harus diimpor Indonesia saat ini). Intensifikasi tanaman jagung masih terkendala rendahnya akses petani terhadap benih bermutu dan input produksi lainnya, sehingga produktivitasnya masih tergolong rendah. Rata-rata produktivitas jagung secara nasional saat ini sekitar 45,65 ku ha^{-1}, masih jauh dari potensi produksi jagung varietas Lamuru/Sukmaraga 76-85 ku ha^{-1} atau jagung hibrida >10 t ha^{-1} (Hermanto *et al.* 2009). Benih yang ditanam petani, sebagian besar masih diperoleh dari tanaman sebelumnya karena benih hibrida harganya tidak terjangkau. Sementara itu ketersediaan pupuk masih sering mengalami kelangkaan, padahal tanaman jagung memerlukan pemupukan yang lebih tinggi dibandingkan tanaman padi. Rencana pemerintah untuk membatasi subsidi pupuk juga akan menjadi persoalan baru yang harus dihadapi petani.

Komoditas jagung saat ini dan masa mendatang akan menjadi komoditas strategis karena jagung memiliki multi manfaat. Saat ini sebagian besar jagung dimanfaatkan untuk pakan ternak, namun di masa mendatang jagung akan banyak dibutuhkan oleh industri makanan dan sumber energi terbarukan. Persaingan pemanfaatan akan semakin ketat bila tanaman jagung dimanfaatkan untuk silase. Permintaan silase untuk ekspor cukup tinggi, antara lain dari Korea Selatan yang meminta pasokan silase secara rutin sebanyak 1-2 juta t th^{-1} (Azrai *et al*. 2007). Silase adalah hijauan pakan ternak yang difermentasi sehingga nilai nutrisinya meningkat dan bisa disimpan dalam jangka waktu yang lama (Windiyani, 2011). Silase yang difermentasi dengan baik akan menghasilkan pH yang lebih rendah. Kondisi ini dapat dimaksimalkan jika gula difermentasi menjadi asam laktat. Disamping itu pada pH tersebut silase akan tetap stabil untuk waktu yang tak terbatas selama udara tidak masuk ke dalam silo (Jajo, 2008).

Jarak tanam jagung untuk produksi biji umumnya menggunakan 75x25 cm (1 tanaman) atau 75x40 cm (2 tanaman). Jarak tanam yang sama juga diterapkan sebagian besar petani di Amerika (ISU, 2006). Lebih lanjut dijelaskan bahwa jarak tanam yang lebih rapat seringkali diterapkan untuk menekan pertumbuhan gulma, disamping hasil yang diperoleh tidak berbeda nyata dengan jarak tanam rekomendasi. Larson (2003) menyatakan bahwa jarak tanam dan penempatan benih adalah faktor yang sangat berpengaruh pada potensi hasil jagung.

Unsur N, P, dan K adalah hara makro yang sangat dibutuhkan tanaman. Untuk menjaga ketersediaannya di dalam tanah unsur hara tersebut perlu ditambahkan melalui pemupukan. Pupuk N, P, dan K dapat berbentuk pupuk tunggal atau pupuk majemuk, masing-masing memiliki keunggulan tergantung kondisi lingkungan tumbuh dan jenis tanaman. Dahnke *et al*. (1992) menyatakan bahwa rekomendasi pemupukan untuk *corn grain, corn silage, pop corn* dan *sweet corn* berbeda-beda.

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh jarak tanaman dan jenis pupuk terhadap pertumbuhan tanaman, produksi silase, dan produksi jagung.

METODOLOGI

Penelitian dilakukan pada tanah Inceptisols di Desa Cikarawang Dramaga Bogor, tekstur liat dan reaksi tanah agak masam (pH 5,6). Karakteristik lokasi daerah penelitian disajikan pada Tabel 1. Penelitian dilakukan pada MH 2010/2011 menggunakan tanaman indikator jagung varietas P-21. Penelitian menggunakan rancangan split plot dengan 3 ulangan.

Petak utama adalah:

S1 = jarak tanam konvensional 75x25 cm (populasi 53 ribu tanaman ha^{-1}).

S2 = jarak tanam rapat 60x20 cm (populasi 83 ribu tanaman ha^{-1}).

Anak petak adalah:

J1 = pupuk tunggal NPK dengan dosis 350 kg urea, 170 kg SP-36, dan 150 kg KCl ha^{-1}.

J2 = perlakuan J-1 ditambah 1,5 ton pukan ha^{-1};

J3 = pupuk NPK majemuk 400 kg ha^{-1};

J4 = perlakuan J-3 ditambah 1,5 ton pukan ha^{-1}.

Pemupukan dengan NPK tunggal dilakukan 3 kali sesuai perlakuan, yaitu pemupukan basal saat tanam dengan dosis 130 kg urea, 170 kg SP-36, dan 100 kg KCl ha^{-1}. Pemupukan dengan NPK majemuk juga dilakukan saat tanam dengan dosis 400 kg ha^{-1}. Pemupukan II dilakukan saat tanaman berumur 30 hari dengan dosis 100 kg urea ha^{-1} dan pemupukan III saat tanaman berumur 50 hari dengan dosis 100 kg urea dan 50 kg KCl ha^{-1}. Pupuk kandang sesuai perlakuan diberikan pada saat tanam, bersamaan dengan pupuk anorganik. Komposisi perlakuan dan waktu aplikasi pupuk disajikan pada Tabel 2.

Tanaman indikator adalah jagung varietas P-21 ditanam dengan jarak tanam sesuai perlakuan dan 1 biji per lubang pada petak percobaan berukuran 3,75x7,5 m. Pupuk basal NPK tunggal dan NPK majemuk serta pupuk kandang diberikan dengan cara larikan 5 cm dari baris tanaman.

Tabel 1. Hasil analisis contoh tanah komposit (0-20 cm) Inceptisols Cikarawang Dramaga Bogor.

Parameter	Satuan	Nilai
Tekstur:		
Pasir	%	9
Debu	%	14
Liat	%	77
pH (1:5)		
H_2O		5,6
KCl		4,8
Bahan organik:		
C	%	1,18
N	%	0,19
C/N		6
P_2O_5:		
Ekstrak HCl 25%	mg $1.00g^{-1}$	24
Ekstrak Bray 1	ppm	4,6
K_2O (HCl 25%)	$mg.100g^{-1}$	12
Susunan kation:		
Ca	$cmol_{(+)}\,kg^{-1}$	4,36
Mg	$cmol_{(+)}\,kg^{-1}$	0,97
K	$cmol_{(+)}\,kg^{-1}$	0,14
Na	$cmol_{(+)}\,kg^{-1}$	0,07
Jumlah	$cmol_{(+)}\,kg^{-1}$	5,54
KTK (NH_4OAc pH7)	$cmol_{(+)}\,kg^{-1}$	14,32
KB	%	39
Al^{3+} (KCl 1N)	$cmol_{(+)}\,kg^{-1}$	1,28
H^+ (KCl 1N)	$cmol_{(+)}\,kg^{-1}$	0,16
Kejenuhan Al	%	9

Tabel 2. Komposisi perlakuan dan tahapan aplikasi pupuk.

Perlakuan	Pupuk basal ($kg.ha^{-1}$)					Pupuk II	Pupuk III	
	Urea	SP-36	KCl	NPK	Pukan	Urea	Urea	KCl
Jarak Tanam 75x25 cm (S1)								
S1J1	130	170	100	-		100	100	50
S1J2	130	170	100	-	1.500	100	100	50
S1J3	-	-	-	400		100	100	50
S1J4	-	-	-	400	1.500	100	100	50
Jarak Tanam 60x20 cm (S2)								
S2J1	130	170	100	-		100	100	50
S2J2	130	170	100	-	1.500	100	100	50
S2J3	-	-	-	400		100	100	50
S2J4	-	-	-	400	1.500	100	100	50

Pengamatan pertumbuhan tanaman meliputi tinggi tanaman dan jumlah daun saat tanaman berumur 14 hari, kemudian diulangi seminggu sekali sampai tanaman berumur 56 hari. Panen untuk produksi silase dilakukan saat tanaman berumur 68 hari dengan cara

ubinan 3,75 m^2 untuk perlakuan S1 dan 3,6 m^2 untuk perlakuan S2. Pemotongan tanaman dilakukan 10 cm di atas tanah, kemudian ditimbang lalu dicincang dengan *chopper*. Panen untuk produksi biji dilakukan saat tanaman berumur 98 hari saat klobot tongkol sudah mengering. Jagung yang siap panen ditandai titik hitam pada pangkal biji, klobot mengering dan biji mengeras. Pengamatan komponen hasil meliputi berat tongkol, panjang tongkol, diameter tongkol, dan berat kering jagung pipilan (kadar air 14%).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan tanaman dan produksi silase

Pertumbuhan tanaman jagung menunjukkan bahwa kerapatan populasi mempengaruhi tinggi tanaman. Pada tingkat populasi 56 ribu tanaman ha^{-1} (jarak tanam 75x25 cm), tinggi tanaman rata-rata berkisar antara 217-238 cm. Sedangkan pada jarak tanam yang lebih rapat (60x20 cm) tinggi tanaman menjadi lebih tinggi yaitu antara 237-247 cm. Hal ini menunjukkan bahwa pada jarak tanam yang lebih rapat, persaingan tiap individu untuk memperoleh sinar matahari semakin tinggi sehingga tanaman mengalami etiolasi.

Pemupukan dengan NPK majemuk cenderung lebih berpengaruh terhadap tinggi tanaman dibandingkan memupuk dengan NPK tunggal. Pengaruh NPK majemuk tampak lebih jelas pada tingkat kerapatan tanaman lebih tinggi. Pupuk kandang tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap tinggi tanaman, baik yang dikombinasikan dengan NPK tunggal maupun NPK majemuk.

Tabel 3. Pengaruh perlakuan terhadap pertumbuhan tanaman jagung dan produksi silase.

Perlakuan	Tinggi tanaman 56 HST (cm)	Jumlah daun 56 HST	Produksi silase (t ha^{-1})
S1J1	217 b	12.4 a	43.4 b
S1J2	238 a	12.1 a	47.1 a
S1J3	235 a	12.8 a	44.7 ab
S1J4	233 a	11.9 a	49.8 a
Rerata S-1	230,75 A	12,30 A	46,25 B
S2J1	241 a	12.5 a	59.1 a
S2J2	237 a	11.8 a	60.2 a
S2J3	245 a	12.2 a	61.9 a
S2J4	247 a	12.4 a	62.7 a
Rerata S-2	242,50 A	12,23 A	60,98 A

Panen untuk produksi silase dilakukan saat tanaman jagung mencapai fase pengisian biji. Hasil panen untuk silase menunjukkan bahwa perlakuan jarak tanam 60x20 cm menghasilkan jumlah silase lebih tinggi dibandingkan perlakuan jarak tanam 75x25 cm. Pada jarak tanam 75x25 cm, produksi silase berkisar antara 43,4-49,8 t ha^{-1}, sedang

pada jarak tanam 60x20 cm produksi silase segar mencapai 59,1-62,7 t ha^{-1}. Namun hasil silase yang dicapai ini masih lebih rendah dibandingkan dengan produksi silase dari jagung Sukmaraga yang bisa mencapai 71 t ha^{-1} (Mejaya *et al*. 2005). Pemupukan dengan NPK majemuk Ponska cenderung menghasilkan silase yang lebih tinggi dibandingkan menggunakan NPK tunggal yang di-*blending*. Hal ini diduga karena unsur N pada NPK majemuk lepas lebih lambat dibandingkan dengan unsur N pada urea. Dengan demikian unsur N pada NPK majemuk bisa bertahan lebih lama dan tercuci lebih sedikit dibandingkan N pada urea.

Pemupukan dengan pupuk kandang memiliki pengaruh yang nyata terhadap tanaman jagung yang ditanam dengan jarak tanam konvensional (75x25 cm). Sedangkan pada jarak tanam yang rapat (60x20 cm), pengaruh pupuk kandang tidak berbeda nyata dibandingkan tanpa pupuk kandang.

Produksi jagung

Data rata-rata dari hasil pengamatan parameter produksi jagung ditampilkan pada Tabel 4. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa jarak tanam berpengaruh nyata terhadap ukuran tongkol jagung. Panjang tongkol jagung lebih pendek pada jarak tanaman rapat (60x20 cm) dibandingkan dengan jarak tanam rekomendasi (75x25 cm). Diameter tongkol dan berat tongkol juga mengalami penurunan yang nyata pada jarak tanam 60x20 cm. Menurunnya panjang, diameter, dan berat tongkol diduga disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain karena proses fotosintesis tidak optimal, tanaman tidak tumbuh normal karena etiolasi, kompetisi mendapatkan unsur hara yang lebih tinggi dan kemungkinan karena kegagalan penyerbukan akibat terhalang daun yang terlalu lebat.

Pupuk NPK majemuk Ponska tidak berpengaruh nyata terhadap diameter tongkol, tetapi cenderung meningkatkan panjang tongkol dibandingkan NPK tunggal, khususnya pada tanaman jagung yang ditanam dengan jarak 75x25 cm. Rata-rata berat tongkol tidak dipengaruhi secara nyata oleh jenis pupuk NPK. Namun demikian ada kecenderungan perlakuan dengan NPK majemuk memiliki rata-rata bobot tongkol lebih tinggi dibandingkan dengan NPK tunggal.

Jarak tanam tidak berpengaruh terhadap produksi biji pipilan kering. Populasi yang tinggi dengan jarak tanam yang rapat (60x20 cm) tidak serta merta meningkatkan hasil jagung pipilan dibandingkan dengan jarak tanam yang direkomendasikan. Hal ini disebabkan karena jarak tanam yang rapat, persaingan mendapatkan sinar matahari dan unsur hara menjadi sangat ketat. Walaupun populasi lebih banyak, namun tongkol yang terbentuk lebih pendek dan lebih kecil, sehingga pada akhirnya produksi tidak optimal. Pada perlakuan jarak tanam 75x25 cm rata-rata hasil yang diperoleh berkisar antara 6,85-7,50 t ha^{-1}, sedangkan dengan jarak tanam yang rapat hasil jagung pipilan kering mencapai 6,83-7,33 t ha^{-1}. Hal ini berarti bahwa tanaman jagung yang ditanam rapat untuk produksi

silase, sewaktu-waktu dapat dikonversi menjadi pertanaman untuk produksi biji tanpa khawatir produksi biji jagung pipilan. Hal ini penting mengingat harga silase bisa berfluktuasi tajam karena harga ditetapkan oleh pembeli dari luar negeri.

Tabel 4. Pengaruh perlakuan terhadap parameter komponen hasil.

Perlakuan	Panjang tongkol	Diameter tongkol	Berat tongkol	Produksi biji pipilan
	(cm)	(cm)	(g)	(kg ha^{-1})
S1J1	20,75 b	5,21 a	193 a	6.850 b
S1J2	22,03 ab	5,27 a	208 a	7.397 ab
S1J3	24,75 a	5,08 a	205 a	7.420 ab
S1J4	23,94 ab	5,31 a	216 a	7.503 a
Rerata S-1	22,87 A	5,22 A	205,50 A	7.29 A
S2J1	17,37 a	4,97 a	168 a	6.830 a
S2J2	18,10 a	4,93 a	182 a	7.327 a
S2J3	18,60 a	4,65 a	180 a	7.177 a
S2J4	18,53 a	4,85 a	169 a	7.300 a
Rerata S-2	18,15 B	4,85 A	174,75 B	7.16 A

Pemupukan dengan NPK majemuk Ponska secara umum cenderung menghasilkan biji jagung pipilan yang lebih tinggi dibandingkan dengan NPK tunggal. Tanaman yang ditanam dengan jarak konvensional 75x25 cm, peningkatan hasilnya lebih baik dibandingkan tanaman dengan jarak tanam yang rapat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Jarak tanam sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman dan produksi silase jagung. Jarak tanam yang rapat menyebabkan populasi tanaman lebih tinggi dan menghasilkan bahan silase yang lebih banyak.
2. Jarak tanam 75x25 cm dan 60x20 cm tidak berpengaruh terhadap produksi jagung pipilan, sehingga tanaman yang direncanakan untuk silase bisa dialihkan untuk produksi biji.
3. Penggunaan pupuk NPK majemuk memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan pupuk NPK tunggal terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung.
4. Pupuk kandang berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung, khususnya pada jarak tanam 75x25 cm.

DAFTAR PUSTAKA

Azrai, M., M.J. Mejaya, dan M. Yasin. 2007. Pemuliaan jagung khusus. Dalam Sumarno et al. (Eds). Jagung, Teknik Produksi dan Pengembangan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Badan Litbang Pertanian.

BPS. 2012. Statistik Indonesia 2012. Badan Pusat Statistik.

Dahnke, W.C., C. Fanning, and A. Cattanach. 1992. Fertilizing Corn Grain, Popcorn, Silage Corn, and Sweet Corn. Soil Testing and Soil Science Dept, ND Univ.

DJPDN. 2012. Menuju Swasembada Jagung Tahun 2014. Direktorat Jenderal Perdagangan Dalam Negeri, Kementerian Perdagangan.

Hermanto, D. Sadikin, dan E. Hikmat. 2009. Deskripsi Varietas Unggul Palawija 1918-2009. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Badan Litbang Pertanian.

ISU. 2006. Corn production. Iowa State University Extension. http://www.agronext. iastate.edu/corn/production/management/planting/row.html

Jajo. 2008. Prinsip dasar pembuatan silase. http://jajo66.wordpress.com/2008/06/02/ prinsip-dasar-pembuata n-silase/

Larson, E. 2003. How to plant corn for higher yield. http://deltafarmpress.com/corn/ how-plant-corn-higher-yields.

Mejaya, M.J., M. Dahlan, F. Kasim, M. Gafar, W. Wakman, M. Adnan, M. Said, R. Iriany, R. Efendi, Fatmawati, Talanca, Takdir, Santosa, Isnaini, dan M. Nawir. 2005. Ringkasan laporan pembentukan genotif unggul jagung khusus. Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros.

Windiyani, H. 2011. Silase salah satu metode penyimpanan pakan ternak dari limbah pertanian. http://ntb.litbang.deptan.go.id/ind/index.php?option

Perbaikan Sifat Tanah dengan Dosis Abu Vulkanik Pada Tanah Oxisols

32

Tia Rostaman, Antonius Kasno, dan Linca Anggria

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Tanah, Jl. Tentara Pelajar No 12 Cimanggu, Bogor 16114, email: rostamantia@yahoo.com

Abstrak. Abu vulkanik merupakan mineral yang memiliki potensi sebagai penambah sekaligus berfungsi memperkaya tanah dan memperbaiki sifat fisik. Tiap tanah memiliki tingkat kesuburan yang berbeda. Penelitian untuk mempelajari pengaruh abu vulkanik terhadap kesuburan tanah sangat diperlukan sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai pemberian dosis abu vulkanik terhadap berbagai jenis tanah. Penelitian merupakan percobaan pot yang berisikan tanah Oxisols di Rumah Kaca Laladon, Bogor, Jawa Barat, yang dimulai pada bulan Februari sampai dengan bulan April 2011. Penelitian dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap, dengan 6 perlakuan dan 3 ulangan. Dosis abu vulkanik yang diberikan adalah 0, 5, 10, 20, 40, dan 80 t ha^{-1}. Setiap perlakuan ditambahkan 300 kg urea ha^{-1}, 150 kg SP-36 ha^{-1}, dan 200 kg KCl ha^{-1} sebagai pupuk dasar. Tanaman jagung hibrida varietas Pioneer 12 ditanam sebagai tanaman indikator. Parameter yang diamati hanya pertumbuhan vegetatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kesuburan tanah yang digunakan untuk percobaan ini sedang, yang ditunjukkan oleh kadar $C_{organik}$ 2,20%, N-total 0,04%, P terekstrak Bray1 33 mg P_2O_5 kg^{-1}, K-dd 0,01 $cmol_{(+)}$ kg^{-1}, dan KTK 11,76 $cmol_{(+)}$ kg^{-1}. Tanah yang dicampur abu vulkanik dengan kandungan bervariasi serta tingkat kesuburan yang berbeda, tidak nyata meningkatkan tinggi tanaman jagung serta terhadap kesuburan tanah untuk pertanian maupun perubahan sifat-sifat tanah terutama sifat kimianya.

Kata kunci: Abu vulkanik, dosis pupuk, pertumbuhan

Abstract. *Volcanic ash is a mineral that has the potential to function as an enhancer as well as enrich the soil and improve physical properties. Each land has a different level of fertility. Research to study the effects of volcanic ash on soil fertility is necessary that further research is needed regarding the dosing of volcanic ash to various types of soil. Research is an experimental pot containing Oxisols soil in greenhouse Laladon, Bogor, West Java, which began in February to April 2011. The study was conducted using a completely randomized design with 6 treatments and 3 replications. Doses given volcanic ash were 0, 5, 10, 20, 40, and 80 t* ha^{-1}*. Each treatment added 300 kg urea* ha^{-1}*, 150 kg SP-36* ha^{-1}*, and 200 kg KCl* ha^{-1} *as basal fertilizer. Pioneer 12 hybrid corn varieties planted as an indicator. Parameters observed only vegetative growth. The results showed that the level of fertility of land used for the experiment was shown by C-organic content of 2.20%, 0.04% N-total, P extracted Bray1 33 mg P2O5* kg^{-1}*, K-dd 0.01* $cmol_{(+)}$ kg^{-1}*, and 11.76 CEC* $cmol_{(+)}$ kg^{-1}*. Soils of volcanic ash mixed with varied content and different levels of fertility, not real high boost maize and on soil fertility for agriculture and changes in soil properties, especially its chemical properties.*

Keywords: *Volcanic ash, doses of fertilizer, growth*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan daerah yang dikelilingi oleh pegunungan berapi paling aktif di dunia, yang tersebar di berbagai pulau. Pada akhir tahun 2010 yang lalu, meletusnya gunung Merapi di Magelang, Jawa Tengah telah menimbulkan kerusakan disekitarnya, tetapi untuk jangka panjang sangat menguntungkan petani karena dapat menyuburkan tanah.

Abu vulkanik merupakan bahan material vulkanik jatuhan yang disemburkan ke udara pada saat terjadi letusan. Secara umum komposisi abu vulkanik terdiri atas Silika dan Kuarsa (Anda, 2010). Abu vulkanik mengandung mineral yang dibutuhkan oleh tanah dan tanaman dengan komposisi total unsur tertinggi yaitu Ca, Na, K dan Mg, unsur makro lain berupa P dan S, sedangkan unsur mikro terdiri dari Fe, Mn, Zn, Cu (Anda dan Wahdini 2010). Mineral tersebut berpotensi sebagai penambah cadangan mineral tanah, memperkaya susunan kimia dan memperbaiki sifat fisik tanah sehingga dapat digunakan sebagai bahan untuk memperbaiki tanah-tanah miskin hara atau tanah yang sudah mengalami pelapukan lanjut (Sediyarso dan Suping, 1987).

Penelitian mengenai abu vulkanik sebagai amelioran sebelumnya telah dilakukan oleh Sediyarso dan Suping (1987) yang menggunakan abu Gunung Galunggung sebagai amelioran. Hasilnya menunjukkan bahwa penambahan abu vulkanik dapat meningkatkan pH dan K_{dd} (Ca dan Mg). Menurut Sediyarso, pemberian abu vulkanik dengan dosis semakin tinggi dapat meningkatkan tinggi tanaman, berat kering bagian atas, dan akar tanaman jagung.

Tanah marjinal di Indonesia antara lain Ultisol dan Oxisols. Tanah Oxisols memiliki kandungan liat yang tinggi sehingga kapasitas tukar kation (KTK) rendah, yaitu kurang dari 16 me 100 g^{-1} liat. Banyak mengandung oksida-oksida besi atau oksida Al. Warna tanah cokelat gelap kemerahan (2,5 YR 2,5/4) hingga merah ungu (10R 3/2). Berdasarkan pengamatan di lapang, tanah ini menunjukkan bata-batas horison yang tidak jelas.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari tentang pengaruh dosis abu vulkanik terhadap sifat kimia tanah Oxisols serta pengaruhnya terhadap pertumbuhan jagung. Tanah yang bercampur abu vulkanik dengan kandungan bervariasi serta tingkat kesuburan yang berbeda, diduga nyata berpengaruh, baik terhadap kegunaan tanah untuk pertanian maupun perubahan sifat-sifat tanah terutama sifat kimia.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Rumah Kaca Balai Penelitian Tanah, Laladon, Bogor, pada bulan Februari-April 2011. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap, 6 perlakuan

dan 3 ulangan. Jenis tanah yang digunakan adalah tanah Oxisols yang diambil dari daerah Kecamatan Cigudeg, Bogor Barat, serta menggunakan contoh abu vulkanik yang diambil dari Dusun Kopeng, Desa Kepuharjo, Kecamatan Cangkringan, Sleman, Yogyakarta (07° 36'31" S, 110°27'14" E).

Perlakuan dilakukan dengan penambahan abu vulkanik Gunung Merapi. Dosis abu vulkanik yang ditambahkan adalah 0; 5; 10; 20; 40, dan 80 t ha^{-1}. Abu vulkanik yang digunakan terlebih dahulu disaring menggunakan saringan berdiameter 600 mikron. Contoh tanah yang akan digunakan ditumbuk, diayak, dan dianalisis terlebih dahulu kadar haranya.

Penelitian dilakukan menggunakan 2 kg contoh tanah. Contoh tanah yang telah dihaluskan dimasukkan ke dalam pot, kemudian ditambah abu vulkanik Gunung Merapi yang kehalusannya sudah diketahui sesuai dengan dosisnya. Contoh tanah dan abu vulkanik dicampur sampai homogen. Kemudian disiram sampai pada kapasitas lapang. Campuran tanah dan abu vulkanik diinkubasi selama 1 minggu.

Selain ditambah abu vulkanik, campuran tanah dan abu vulkanik ditambah dengan pupuk urea dengan dosis 300 kg ha^{-1}, 200 kg KCl ha^{-1}, dan 150 kg SP-36 ha^{-1}. Selanjutnya tanah ditanami jagung varietas Pioneer 12 digunakan sebagai tanaman indikator dan diamati hanya vegetatifnya sampai 42 HST. Jagung ditanam kedalam ember plastik berisi 5 bibit jagung serumpun. Selain itu, dilakukan juga analisis sampel tanah seperti pH, P-Bray, KTK dan NTK, serta kemasaman dapat ditukar setelah inkubasi 7 hari, 28 dan setelah 42 hari.

Pengamatan dilakukan terhadap tinggi tanaman dan jumlah daun pada umur 28, 42 hari setelah tanam. Pada saat umur tanaman 42 hari, tanaman diamati berat kering tanaman. Tanah setelah 42 hari dianalisis pH, P Bray, Ca, Mg, K, Na dan KTK terekstrak NH_4OAc 1N pH 7, dan kemasaman dapat ditukar (Al dan H) terekstrak KCl 1N. Contoh tanaman dianalisis hara N, P, K.

Untuk mengetahui pengaruh abu vulkanik Gunung Merapi terhadap sifat kimia tanah, pertumbuhan dan jumlah daun jagung, serapan hara dianalisis menggunakan ANOVA dan dilanjutkan dengan DMRT dengan tingkat ketelitian 5% dengan menggunakan program IRRISTAT.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis tanah awal Oxisols yang digunakan untuk percobaan pengaruh dosis abu vulkanik merapi disajikan pada (Tabel 1).

Tabel 1. Hasil analisis tanah awal Oxisols

Sifat Tanah		Satuan	Oxisols Cigudeg
pH	H_2O		4,66
	KCl		4,00
Tekstur	Pasir	%	2
	Debu	%	8
	Liat	%	90
Bahan	C	%	2,20
	N	%	0,04
	C/N		60
Ekstrak HCl	P_2O_5	mg 100 g^{-1}	60,7
	K_2O	mg 100g^{-1}	3
P-Bray 1	P_2O_5	mg kg^{-1}	33
NTK	K	$cmol_{(+)}$ kg^{-1}	0,01
	Na	$cmol_{(+)}$ kg^{-1}	0,02
	Ca	$cmol_{(+)}$ kg^{-1}	0,20
	Mg	$cmol_{(+)}$ kg^{-1}	0,06
KTK		$cmol_{(+)}$ kg^{-1}	11,76
Al_{dd}		$cmol_{(+)}$ kg^{-1}	1,83
H_{dd}		$cmol_{(+)}$ kg^{-1}	0,13
KB		%	2

Tabel 1 menunjukkan bahwa jenis tanah Oxisols yang digunakan untuk percobaan bertekstur liat, bersifat masam pH dalam air lebih tinggi daripada dalam 1 N KCl, hal ini menunjukkan bahwa tanah yang digunakan bermuatan negatif sehingga tanah dapat memegang hara yang ditambahkan melalui pupuk maupun yang ada dalam tanah.

Kandungan $C_{organik}$ termasuk kategori sedang dan N-total rendah, kandungan P potensial terekstrak HCl 25% tinggi, dan kandungan K sangat rendah. KTK tanah sedang, dan kejenuhan basa 2 %, hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar kation dalam tanah adalah kation bersifat asam. Menurut Maidhal (1993) Oxisols dicirikan oleh adanya ketersediaan unsur P dan K di tanah Oxisols sangat rendah, sebagai akibat dari pelapukan lanjut, dan terikat menjadi bentuk yang tidak tersedia untuk tanaman, yaitu Fe- P, Al-P, FeAl-P dan bentuk lainnya. Erosi merupakan salah satu kendala fisik pada tanah Oxisols dan sangat merugikan karena dapat mengurangi kesuburan tanah. Bila lapisan tererosi maka tanah menjadi miskin bahan organik dan hara. Sedangkan pH tanah sangat berpengaruh pada ketersediaan hara tanaman dan mikroorganisme. Pada pH rendah kadar Al, Mn, dan Fe menjadi lebih larut dan dapat bersifat toksik bagi tanaman.

Kandungan P_2O_5 potensial dan P_2O_5 tersedia tergolong tinggi dengan kandungan K_2O potensial juga tergolong sangat rendah. Selain itu, diperoleh kandungan Al_{dd} hasil

analisis sebesar 1,83 $cmol_{(+)}\ kg^{-1}$. Rendahnya kandungan Al pada tanah Oxisols juga merupakan salah satu faktor yang menyebabkan tingginya kandungan P_2O_5 di dalam tanah. Fosfat dapat diikat kuat oleh Al dan Fe pada tanah-tanah masam sehingga menjadi tidak tersedia bagi tanaman.

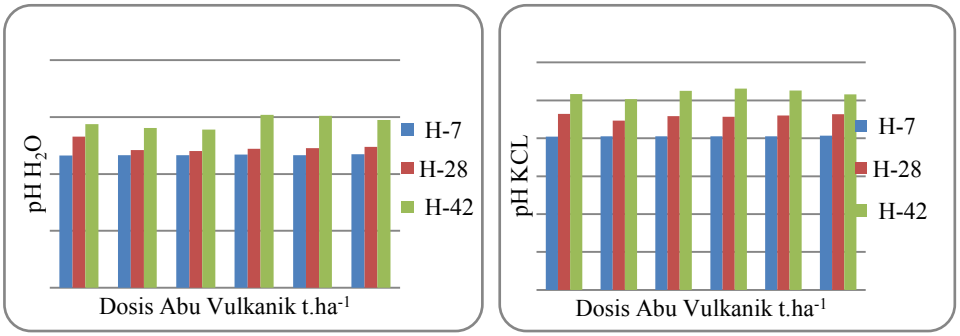
Tabel 2. Analisis abu vulkanik merapi

Parameter		Satuan	Hasil
pH	H_2O		5,90
	KCl		5,30
Tekstur	Pasir	%	70
	Debu	%	26
	Liat	%	4
Bahan Organik	C	%	0,21
	N	%	0,01
	C/N		15
Ekstrak HCl 25%	P_2O_5	mg $100g^{-1}$	196,3
	K_2O	mg $100g^{-1}$	9,6
P-Bray 1	P_2O_5	mg kg^{-1}	89
NTK	K	$cmol_{(+)}\ kg^{-1}$	0,01
	Na	$cmol_{(+)}\ kg^{-1}$	0,04
	Ca	$cmol_{(+)}\ kg^{-1}$	0,42
	Mg	$cmol_{(+)}\ kg^{-1}$	0,03
KTK		$cmol_{(+)}\ kg^{-1}$	0,18
KB		%	>100

Berdasarkan Tabel 2 menunjukkan bahwa abu vulkanik merapi bersifat agak masam dengan tekstur berpasir. Kandungan C dan N sangat rendah dengan nisbah C/N tergolong sedang. P_2O_5 potensial dan tersedia tergolong sangat tinggi sedangkan K_2O tergolong sangat rendah. Nilai K termasuk rendah, Na dan Ca masuk kategori rendah, serta Mg kategori sangat rendah dengan nilai KTK sangat rendah. Nilai kejenuhan basa abu merapi termasuk sangat tinggi.

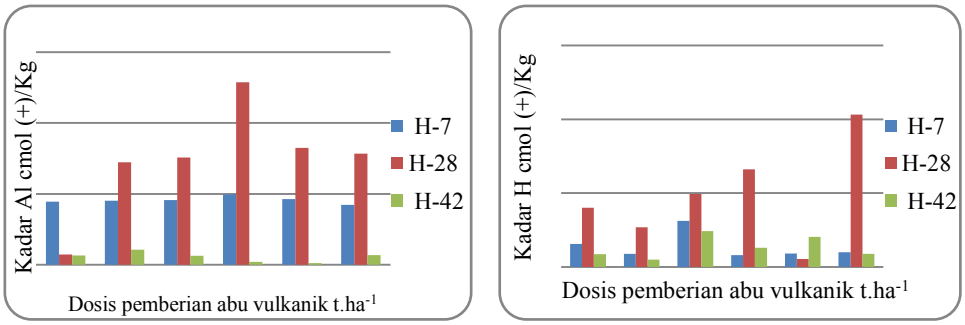
Analisis tanah setelah inkubasi 7, 28, dan 42 hari

Tanah setelah inkubasi 7 hari, dilakukan analisis tanah meliputi pH, P-Bray, NTK dan KTK, serta kemasaman dapat ditukar (Al dan H). Tujuan dari analisis tersebut untuk mengetahui tingkat kesuburan tanah. Reaksi tanah (pH) perlu diketahui karena setiap tanaman memerlukan lingkungan pH tertentu. Selain itu, pH juga mempengaruhi ketersediaan unsur hara di dalam tanah.



Gambar 1. Nilai pH setelah inkubasi 7, 28, dan 42 hari (1a) pH H_2O, (1b) pH KCl 1M (: 7, 28 dan: 42 hari)

Berdasarkan Gambar 1 dapat diketahui bahwa terjadi kenaikan nilai pH pada tanah setelah 42 hari dibandingkan setelah inkubasi 7 hari. Berdasarkan hasil analisis, setelah inkubasi selama 7 hari pada tanah pada berbagai dosis abu nilai pH terus mengalami kenaikan dengan semakin tinggi dosis abu yang ditambahkan. Pemberian abu vulkan pada tanah gambut meningkatkan pH dibandingkan kondisi awal.

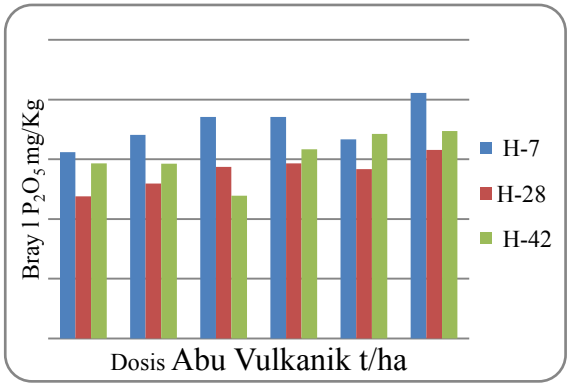


Gambar 2. Kadar Al^{3+}, H^+ setelah inkubasi 7, 28 dan 42 hari (1a) Al_{dd} (1b) H_{dd} (7, :28 dan: 42 hari).

Gambar 2 menunjukkan bahwa kadar Al dan H setelah 42 hari menurun dibandingkan setelah 7 hari inkubasi tetapi pada 28 hari terjadi kenaikan. Berdasarkan hasil analisis juga menunjukkan bahwa setelah inkubasi 7 hari penurunan kadar Al dibandingkan tanah awal. Kadar Al_{dd} sangat berhubungan dengan pH tanah. Semakin rendah pH tanah, semakin tinggi Al_{dd} dan sebaliknya (Rosmarkam dan Yuwono 2002). Tanah yang mengandung ion Al^{3+} tinggi menyebabkan tanah mempunyai pH rendah. Kelarutan Al meningkat pada tanah bereaksi masam.

Ion OH^- dapat menarik Al^{3+} dari permukaan koloid tanah sehingga terbentuk $Al(OH)_3$ yang tidak aktif. Kondisi Alumunium yang tidak aktif dapat mengurangi sumber ion H^+ yang disumbangkan dari kelarutan Al^{3+}. Adanya kemungkinan koloid tanah

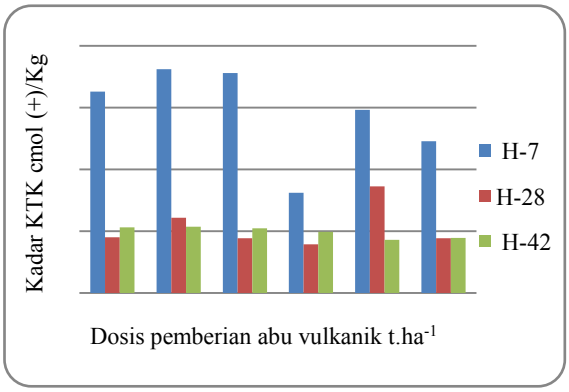
menjerap ion H^+ dalam larutan akibat tergantikannya Al^{3+} juga dapat mengurangi kemasaman aktif sehingga pH tanah dapat meningkat (Mahbub dan Suryanto 2010). Kation-kation Al pada tanah masam dapat juga meningkatkan kemasaman tanah karena apabila ion-ion Al mengalami hidrolisis akan meningkatkan konsentrasi ion H^+ di dalam tanah sehingga pH tanah menurun (Muzar 2008).



Gambar 3. Kadar P tersedia setelah inkubasi 7, 28 dan 42 hari (H-7,: 2 dan :: 42 ari).

Gambar 3 menunjukkan bahwa kadar P tanah setelah 28 hari cenderung menurun dibandingkan setelah 7 hari inkubasi, lalu mengalami peningkatan pada saat 42 hari, Berkurangnya kadar P di dalam tanah salah satunya dikarenakan penyerapan P oleh tanaman untuk pertumbuhan. Pada dosis rendah, yaitu 0 dan 2,5 t ha^{-1} kadar P justru meningkat, berarti meningkatnya kadar P di dalam tanah menunjukkan P tidak diserap tanaman. Hal ini dapat dilihat pada pengamatan tinggi tanaman dan jumlah daun, pada dosis tersebut pertumbuhan tanaman tidak terlalu bagus.

Bila dilihat dari kandungan P-tersedia, menunjukkan bahwa setelah inkubasi selama 7 hari, nilai P_2O_5 tersedia cenderung naik bila dibandingkan analisis tanah awal yang hanya 33 mg kg^{-1}. Kadar P_2O_5 meningkat seiring dengan meningkatnya dosis abu yang ditambahkan. Status hara P-tersedia setelah inkubasi maupun setelah panen sudah tergolong sangat tinggi menurut kriteria analisis tanah.

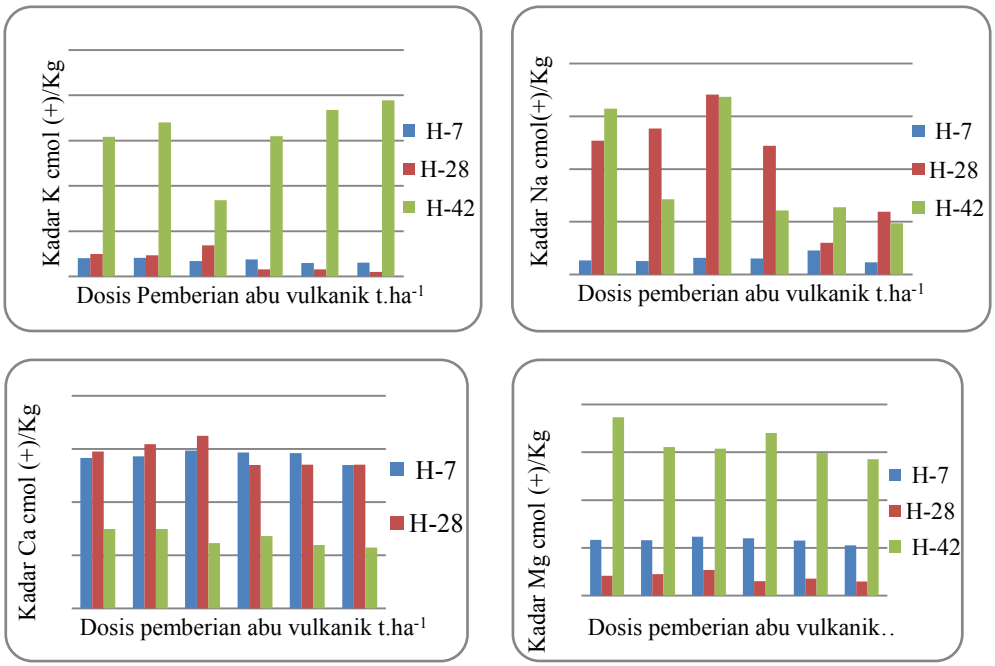


Gambar 4. Analisis KTK tanah setelah 7, 28 dan 42 hari inkubasi (: ,: 28 dan: 42 hari).

Gambar 4 menunjukkan perbandingan nilai KTK setelah 7 hari inkubasi, 28 dan 42 hari. Berdasarkan pengamatan dapat diketahui bahwa nilai KTK terjadi penurunan setelah pengamatan 7 hari inkubasi, 28 dan 42 hari. Penurunan yang terjadi sangat drastis. Selain itu, berdasarkan hasil analisis diketahui pada dosis abu vulkanik 0 dan 5 t ha^{-1}, nilai KTK juga cenderung meningkat. Akan tetapi pada dosis abu vulkanik 10, 20, 40 dan 80 t ha^{-1} baik pada analisis tanah setelah 7 hari inkubasi maupun setelah 42 hari, nilainya menurun dibandingkan analisis tanah awal.

Gambar 5 menunjukkan bahwa kandungan hara Na, K dan Mg setelah 42 hari mengalami kenaikkan dibandingkan setelah 7 hari inkubasi, kecuali kadar Ca justru mengalami penurunan. Kenaikkan kadar hara Na, K dan Mg di dalam tanah salah satunya dikarenakan sebagian hara sudah dilepaskan tanaman.

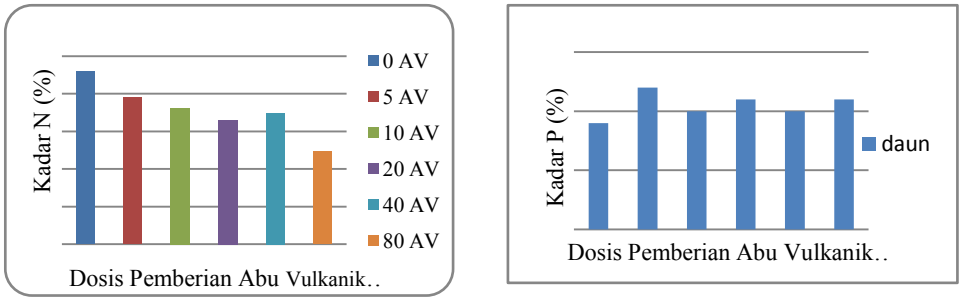
Berdasarkan analisis tanah setelah inkubasi, adanya penambahan abu vulkanik merapi tidak selalu berpengaruh positif terhadap sifat kimia tanah. Abu vulkanik merapi untuk jangka panjang bermanfaat meningkatkan kesuburan tanah. Akan tetapi, kesuburan tanah mungkin berpengaruh negatif untuk jangka pendek karena kandungan mineral abu mungkin tidak tersedia untuk diambil tanaman sehingga perlu dibantu dengan pemupukan untuk memelihara kesuburan tanah. Dalam jangka panjang, penambahan abu vulkanik merupakan penambah hara dan cadangan mineral. Dengan berjalannya waktu, pelapukan mineral-mineral menjadi sumber penambah kation dan anion yang kemudian dapat dimanfaatkan tanaman.



Gambar 5. Nilai NTK (K, Na, Ca, dan Mg) inkubasi 7, 28 dan 42 hari (: 7, : 28 dan: 42 hari)

Analisis jaringan tanaman

Selain analisis tanah dilakukan juga analisis terhadap jaringan tanaman yaitu daun. Jenis analisis yang dilakukan yaitu kandungan hara seperti N, P dan K.

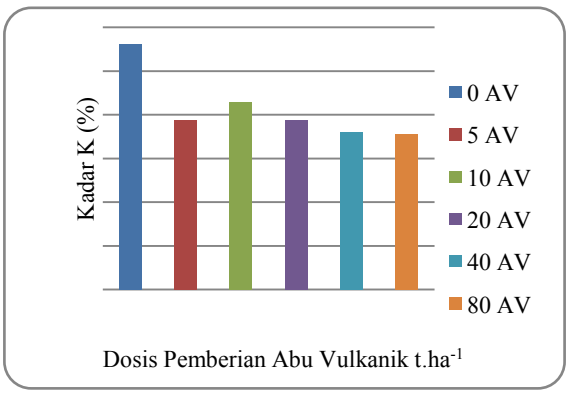


Gambar 6. Analisis kandungan nitrogen (N) dan fosfat (P) tanaman jagung

Berdasarkan Gambar 6 dapat diketahui bahwa sebagian besar nitrogen terdapat pada daun jagung. Nitrogen diserap tanaman dalam bentuk ion NO_3- atau NH_4^+ dari tanah. Kadar nitrogen rata-rata dalam jaringan tanaman sekitar 2% berat kering. Tanaman di

lahan kering umumnya menyerap ion nitrat NO_3- relatif lebih besar dibandingkan dengan ion NH_4^+. Berdasarkan analisis juga diketahui bahwa semakin tinggi dosis abu yang ditambahkan, kandungan nitrogen pada tanaman cenderung mengalami penurunan.

Pada Gambar 6 dapat diketahui bahwa kadar optimal fosfor dalam tanaman saat pertumbuhan vegetatif adalah 0,11%-0,12% dari berat kering tanaman jagung. Tanaman menyerap fosfor dalam bentuk ion ortofosfat primer (H_2PO_4-) dan ion ortofosfat sekunder (HPO_4^{2-}). Kandungan fosfor pada daun jagung tergolong rendah. Menurut Rosmarkam dan Yuwono (2002) fosfor ditemukan relatif dalam jumlah lebih banyak dalam buah dan biji tanaman.



Gambar 7. Analisis kandungan kalium (K) tanaman jagung (daun).

Berdasarkan Gambar 7 dapat diketahui bahwa kalium pada daun tergolong sedang. Umumnya, bila penyerapan K tinggi menyebabkan penyerapan unsur Ca, Na, dan Mg menurun. Unsur yang mempunyai pengaruh saling berlawanan dan satu sama lain berusaha saling mengusir.

Berdasarkan hasil analisis hara tanaman diketahui bahwa sebagai besar hara N, P, dan K yang diserap tanaman kandungan hara bervariasi seiring dengan peningkatan dosis abu yang ditambahkan. Menurut Rosmarkam dan Yuwono (2002) penyebaran hara dalam tanaman tidak merata, artinya kadar suatu unsur pada daun tidak sama dengan kadar unsur tersebut dalam tangkai daun atau pada kayu.

Pengamatan tanaman

Hasil penambahan dosis abu vulkanik tertera pada Tabel 3, dan menunjukkan bahwa tinggi tanaman jagung umur 2, 4, dan 6 MST menunjukkan tidak berbeda nyata ($P > 0,05$).

Tabel 3. Pengaruh dosis abu terhadap tinggi tanaman

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)		
	2 MST	4 MST	6 MST
0 AV	33,200 ab	48,167 a	66,967 a
5 AV	28,733 b	50,400 a	72,067 a
10 AV	32,067 ab	48,667 a	70,000 a
20 AV	36,033 a	50,300 a	73,100 a
40 AV	31,567 ab	49,667 a	72,200 a
80 AV	34,300 a	48,100 a	64,233 a
K.K. 100%	7,1	4,7	6,7

Tabel 3 menunjukkan bahwa semakin tinggi dosis abu yang ditambahkan maka tinggi tanaman juga semakin meningkat, kecuali pada sampel 40 t ha^{-1}. Pada dosis 40 t ha^{-1} nilainya lebih rendah dibandingkan dosis 20 t ha^{-1}. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa pengaruh dosis abu terhadap tinggi tanaman tidak berbeda nyata pada minggu ke 2, 4, dan 6 MST.

Tabel 4. Pengaruh dosis abu terhadap jumlah anakan

Perlakuan	Jumlah anakan		
	2 MST	4 MST	6 MST
0 AV	22,67 ab	35,67 ab	36,67 a
5 AV	21,33 b	35,67 ab	36,67 a
10 AV	23,67 a	35,33 b	37,00 a
20 AV	23,33 a	36,33 ab	37,67 a
40 AV	23,33 a	36,33 ab	36,33 a
80 AV	24,33 a	37,67 a	37,00 a
K.K. 100%	3,8	3	3,8

Tabel 4 menunjukkan bahwa, semakin tinggi dosis abu yang ditambahkan tidak berpengaruh terhadap jumlah anakan ini bisa dilihat dari hasil analisis statistik menunjukkan bahwa pengaruh dosis abu terhadap jumlah anakan tidak berbeda nyata pada minggu ke 2, 4, dan ke 6 MST. Berdasarkan Tabel 2 dan 3 juga dapat diketahui bahwa untuk penelitian ini dosis terbaik penambahan abu sebesar 20 t ha^{-1}.

KESIMPULAN

1. Pada tanah Oxisols pemberian dosis abu vulkanik akan meningkatkan nilai pH tanah, NTK (K, Na, Ca, dan Mg) dan KTK berdasarkan jumlah dosis yang diberikan. Akan tetapi, nilainya lebih rendah dibandingkan tanah awal. Abu vulkanik menurunkan kemasaman (Al_{dd} dan H_{dd}) pada tanah Oxisols.

2. Analisis hara tanaman menunjukkan bahwa sebagian besar hara N, P, dan K yang diserap tanaman kandungan hara bervariasi seiring dengan peningkatan dosis abu yang ditambahkan.
3. Penambahan dosis abu vulkanik pada tanah Oxisols tidak berpengaruh nyata meningkatkan pertumbuhan dan jumlah anakan jagung.

DAFTAR PUSTAKA

Anda, M. dan W. Wahdini. 2010. Sifat, Komposisi Mineral, dan Kandungan Berbagai Unsur pada Abu Erupsi Merapi, Oktober-November 2010 [Unpublish]. Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian.

Mahbub, I.H. dan Suryanto. 2010. Aplikasi Abu Janjang Kelapa Sawit Sebagai Amelioran Beberapa Sifat Kimia Ultisol. Jambi: Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jambi.

Maidhal. 1993. Perbandingan sifat fisika tanah lapisan atas Oxisols di dataran tinggi dan dataran rendah (skripsi). Universitas Andalas Fakultas Pertanian. Padang.

Muzar, A. 2008. Aplikasi Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit terhadap Tanah Ultisol dan Pengaruhnya pada Tanaman Kedelai. Jurnal Agrivigor 8:224-232.

Rosmarkam, Yuwono. 2002. Ilmu Kesuburan Tanah. Yogyakarta: Kanisius.

Sediyarso, M. dan S. Suping. 1987. Pengaruh Abu Galunggung terhadap Tanah Pertanian. Bogor: Pusat Penelitian Tanah.

Teknologi Pemulihan Lahan Bekas Tambang Timah untuk Pertanian di Bangka Belitung

33

[1]Djadja Subardja, [2]Antonius Kasno dan [1]Erna Suryani

[1]Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Jl. Tentara Pelajar No. 12, Bogor 16114. E-mail: d.subardja@yahoo.com

[2]Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Tanah, Jl. Tentara Pelajar No. 12, Bogor 16114

Abstrak. Lahan terdegradasi dan terlantar berupa lahan bekas tambang timah di Bangka Belitung diperkirakan lebih dari 200.000 ha dan terus bertambah. Saat ini kondisinya sudah sangat mengkhawatirkan dan mengancam ketahanan pangan. Usaha penambangan timah legal dan atau ilegal yang dilakukan oleh masyarakat bila tidak dikendalikan secara ketat akan mempercepat kerusakan lahan dan lingkungan, secara luas akan mengancam keberlangsungan pembangunan pertanian di daerah tersebut. Rehabilitasi lahan pada lahan bekas tambang timah yang dikelola oleh perusahaan besar (PT. Timah, PT. Koba Tin) pada awalnya telah dilakukan dengan baik, namun saat ini sebagian besar lahan tersebut telah dirusak dan ditambang kembali secara ilegal oleh masyarakat setempat karena alasan ekonomi, tidak memperoleh manfaat langsung, serta kurangnyda pengawasan dan ketegasan hukum. Perubahan paradigma dalam merehabilitasi lahan terdegradasi adalah pemanfaatan lahan bekas tambang timah untuk tujuan pertanian yang produktif. Pencetakan dan pengelolaan sawah pada lahan bekas tambang timah di Bangka Tengah dan Belitung dapat dijadikan contoh yang perlu di kembangkan sebagai model inovasi teknologi pemulihan lahan bekas tambang timah untuk tujuan pertanian yang memberikan dampak nyata terhadap pemenuhan kebutuhan pangan dan kesejahteraan masyarakat secara berkelanjutan.

Kata kunci: Teknologi, pemulihan lahan, lahan bekas tambang timah, pertanian

Abstract. *Degraded and abandoned land as ex tin mining in Bangka Belitung Islands is estimated more than 200,000 ha, and will continue to increase. Currently, condition of ex tin mining is very worrying and threatening food security. The legal tin mining or illegal tin mining gradually accelerate destruction of land and surrounding environment if not strictly controlled, widely would threaten the sustainability of agricultural development in the area. Rehabilitation land on ex tin mining that managed by big companies (PT Timah, PT. Koba Tin) initially has well done , but in the present most of land has been destroyed and illegally mined again by local communities for economic reasons, , as well as the lack of oversight and rigor of law. The changing paradigm on rehabilitation degraded land is using formerly tin mining land to develop productive agriculture. The creating of new paddy field and its management on formerly tin mining in Central Bangka and Belitung can be an example as model of technological innovation restoration of formerly tin mining land for sustainable agriculture.*

Keyword:*Technology, land restoration, ex tin mining land, agriculture*

PENDAHULUAN

Lahan-lahan terlantar dan terdegradasi berat bekas tambang timah di Kepulauan Bangka Belitung cukup luas. Menurut Pemerintah Daerah Kepulauan Bangka Belitung (2010) luas total kuasa penambangan timah di Pulau Bangka mencapai 374 ribu ha atau 35% dari total luasan daratan Pulau Bangka yang sebagian besar dimiliki oleh PT Timah dan PT Kobatin, sisanya merupakan milik perusahaan swasta dan rakyat. Lahan-lahan bekas tambang timah juga terdapat di P. Belitung dan pulau-pulau kecil lainnya. Menurut Ai Dariah *et al.* (2010), luas areal penambangan yang telah diberi izin eksploitasi secara nasional sampai tahun 2009 mencapai 2,2 juta ha. Lahan-lahan bekas tambang tersebut sebagian besar belum atau tidak direklamasi dan dibiarkan terlantar, atau pernah direklamasi namun ditambang kembali secara ilegal oleh masyarakat setempat. Kegiatan reklamasi dan revegetasi mampu memulihkan dan merubah lahan-lahan tersebut menjadi lahan pertanian produktif melalui perbaikan kualitas lahan.

Aktivitas penambangan timah menyebabkan hilangnya biodiversiti flora dan fauna alami, terhentinya kegiatan mikrobiologi tanah dan menurunnya kualitas dan produktivitas tanah (Adewole dan Adesina, 2011). Akibat lain yang ditinggalkan pasca kegiatan penambangan adalah terjadinya perubahan drastis pada sifat fisik dan kimia tanah. Tailing timah bersifat sangat porous, tekstur kasar (pasir) dengan kapasitas memegang air rendah serta kapasitas tukar kation tergolong sangat rendah (Sujitno, 2007).

Dalam rangka pemulihan lahan bekas tambang timah tersebut, Badan Litbang Pertanian telah melakukan penelitian dan pengembangan teknologi pencetakan lahan sawah pada lahan bekas tambang timah di Kabupaten Bangka Tengah dan Belitung, Kepulauan Bangka Belitung. Menurut Subardja *et al*. (2010) teknologi pencetakan sawah spesifik lokasi harus disesuaikan dengan kondisi lapang, sebagai contoh kasus di Perlang, Bangka Tengah, lahan sawah dirancang berteras-teras dengan ukuran petak sawah bervariasi mengikuti kelerengan lahan. Tingkat kesuburan tanah bekas tambang umumnya sangat rendah, ditunjukkan oleh pH tanah sangat masam sampai masam, kadar C-organik, hara N, P, K, KTK dan kejenuhan basa sangat rendah. Kadar besi bekas dan kejenuhan Al cukup tinggi yang berpotensi meracuni tanaman. Oleh karena itu pada pencetakan lahan sawah diperlukan input tinggi untuk memulihkan dan memperbaiki kualitas lahan menjadi lahan-lahan pertanian produktif.

Tujuan penelitian adalah untuk mempelajari karakteristik lahan dan menetapkan teknologi pemulihan lahan bekas tambang timah menjadi lahan pertanian produktif dan berkelanjutan di Bangka Belitung.

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan-bahan penelitian diperoleh dari hasil kegiatan survei identifikasi dan karakterisasi lahan pada areal-areal kuasa penambangan PT. Timah dan PT. Koba Tin di Bangka Belitung (Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, 2009), penelitian dan pengembangan teknologi pencetakan sawah di lahan bekas tambang timah di Perlang, Bangka Tengah (Subardja *et al.* 2010) serta penelitian keragaan beberapa varietas padi dan pengelolaan lahan, hara dan air untuk tanaman padi dan jagung pada lahan sawah bekas tambang (Asmarhansyah *et al.* 2010).

Beberapa profil tanah asli dan profil tanah bekas tambang dideskripsi, diambil contoh tanah dan dianalisis sifat fisik, kimia dan mineraloginya. Deskripsi profil tanah mengacu pada Guidelines for Soil Profile Description (FAO, 1990). Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Balai Penelitian Tanah. Data dari kedua kondisi tanah dibandingkan dan dipelajari tentang kerusakan tanah akibat penambangan berdasarkan penurunan sifat-sifat tanahnya, terutama tekstur, bahan organik, status hara tanah, kemasaman tanah, KB dan KTK tanah. Upaya pemulihan lahan lebih didekati dari inovasi teknologi yang diterapkan kepada lahan bekas tambang (terdegradasi) tersebut agar kembali kepada kondisi aslinya, minimal sama atau lebih baik untuk peningkatan produktivitas lahan secara berkelanjutan. Inovasi teknologi pemulihan lahan diterapkan pada pencetakan sawah bekas tambang di Perlang, Bangka Tengah dan Cerucuk, Belitung. Keberhasilan teknologi pemulihan lahan dapat ditunjukkan oleh adanya perbaikan kualitas lahan dan produktivitas tanaman (Asmarhansyah *et al.* 2010).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik iklim

Kepulauan Bangka Belitung didominasi oleh tipe iklim basah dengan pola hujan ganda IIIC, tipe iklim ini memiliki curah hujan tahunan 2000-3000 mm, lamanya bulan kering (curah hujan <100 mm/bulan) <4 bulan, dan bulan basah (curah hujan >200 mm/bulan) selama 6-8 bulan. Di bagian utara-barat Pangkal Pinang, antara Tanjungalur-Belinyu, iklim lebih basah dengan pola hujan ganda (IVC), curah hujan tahunan 3000-4000 mm, bulan-bulan kering <3 bulan dan bulan basah 7-9 bulan. Di sebagian kecil wilayah bagian selatan Pulau Bangka, yaitu antara Koba-Air Gegas-Toboali, memiliki tipe iklim kering dengan pola hujan IIB dan curah hujan tahunan 1000-2000 mm (Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, 2003). Suhu udara rata-rata berkisar antara 26-28oC, lama penyinaran matahari >5 jam/hari dan kelembaban udara >75%. Kondisi iklim seperti ini sangat mendukung pengembangan pertanian, baik untuk komoditas pangan maupun perkebunan (Subardja dan Subandiono, 2011).

Karakteristik Tanah

Karakteristik tanah asli

Tanah asli (bukan bekas tambang) yang dominan di Bangka Belitung terbentuk dari batuan volkan dan sedimen masam berumur tua (tersier) yang tersusun terutama atas batuan granit, batupasir dan batuliat pada dataran tektonik datar sampai bergelombang, menghasilkan tanah-tanah masam yang terlapuk lanjut. Menurut Taksonomi Tanah (Soil Survey Staff, 2010) tanah diklasifikasikan sebagai Hapludox dan atau Kandiudox. Soepraptohardjo (1961) mengklasifikasikannya sebagai Podsolik Merah Kuning. Beberapa karakteristik fisika, kimia dan mineral pasir dari Hapludox disajikan pada (Tabel 1 dan 2).

Tanah umumnya memiliki kedalaman efektif dalam (solum tebal >100 cm), berwarna coklat kekuningan sampai merah kekuningan, struktur gumpal halus, gembur, tekstur lempung liat berpasir sampai liat berpasir, drainase baik, pori aerasi sedang sampai tinggi, permeabilitas cepat. Air mudah hilang meresap ke lapisan bawah sehingga tanah dan tanaman, terutama tanaman pangan mudah kekeringan bila tidak turun hujan dalam beberapa hari. Komposisi mineral pasir didominasi oleh kuarsa (>95%) yang resisten terhadap pelapukan dan sangat sedikit sekali atau tidak ada lagi mineral mudah lapuk sebagai sumber cadangan hara. Kesuburan tanah sangat rendah, reaksi tanah masam sampai sangat masam, kandungan bahan organik rendah sampai sedang, kadar hara (N, P, K) dan kation-kation basa Ca, Mg serta KTK dan KB sangat rendah. Sedangkan kejenuhan aluminium tergolong tinggi (>60%) yang dapat meracuni tanaman tertentu. Kondisi tanah tersebut mengindikasikan bahwa tingkat produktivitas tanah sangat ditentukan oleh input produksi (pupuk) yang akan diberikan, tanpa pemberian input maka produktivitas tanah dan produksi pertanian akan rendah. Perbaikan kesuburan tanah melalui pemupukan (organik dan anorganik) mutlak diperlukan untuk memperoleh produktivitas yang optimal.

Tabel 1. Sifat fisik dan komposisi mineral pasir Hapludox (Podsolik Merah Kuning) di Bangka Belitung

Profil	Kedalaman (cm)	BD ($g.cc^{-1}$)	Pori aerasi (%)	Air tersedia (%)	Permeabilitas ($cm.jam^{-1}$)	Kuarsa (%)
DS3/I	0-19	0,89	30,41	15,14	27,14	99
DS3/II	19-51	1,05	16,64	9,33	17,38	97
DS3/III	51-103	-	-	-	-	98

Tabel 2. Sifat kimia Hapludox (Podsolik Merah Kuning) di Bangka Belitung

Profil	Kedalm (cm)	Liat (%)	pH	C (%)	N (%)	P-tot (mg)	K-tot (mg)	KTK ($cmol.kg^{-1}$)	KTK_{liat} ($cmol.kg^{-1}$)	KB (%)	K-Al (%)
DS3/I	0-19	30	4,7	2,79	0,19	7	2	6,34	21	17	64
DS3/II	19-51	32	4,7	0,69	0,05	2	1	2,81	9	16	54
DS3/III	51-103	40	4,6	0,35	0,03	2	2	1,78	4	19	58
DS3/IV	103-140	38	4,5	0,25	0,02	3	2	1,81	5	24	53

KARAKTERISTIK TANAH BEKAS TAMBANG TIMAH

Sifat fisik tanah

Lahan bekas tambang timah mempunyai permukaan yang tidak teratur, berlubang-lubang besar dan seringkali diisi oleh air hujan atau air dalam tanah (kolong). Lahan bekas tambang timah, meski sudah direklamasi sering menyisakan berbagai kendala untuk pertanian. Hasil penelitian Tim Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat (1996) menunjukkan bahwa kerusakan lahan yang paling parah adalah berubahnya tekstur dan bahan organik tanah, sehingga tekstur tanah ditetapkan sebagai indikator penilai tingkat kerusakan lahan. Tanah dinyatakan rusak apabila tekstur berubah menjadi pasir (sand), yaitu tersusun dari fraksi pasir ≥ 80%, fraksi liat ≤ 10% dan kandungan bahan organik < 1%. Perubahan tekstur merupakan kerusakan yang bersifat permanen sehingga diperlukan rehabilitasi tanah. Untuk memperbaiki tekstur tidak cukup hanya dengan penambahan bahan organik, tetapi harus ditambahkan bahan tanah mineral berkadar liat > 30%.

Tabel 3 menyajikan sifat fisik tanah calon lokasi sawah. Terlihat bahwa lokasi Perlang mempunyai tekstur kasar rata-rata mengandung > 75% fraksi pasir, 15% debu dan <5% liat sedangkan Cerucuk Belitung mempunyai tekstur lebih halus, yaitu >60% pasir, 21% debu dan <17% liat karena adanya penambahan liat dari luapan air sungai di dekat lokasi. Komposisi tekstur demikian masih belum ideal untuk lahan pertanian terutama sawah karena tanah porous yang mudah melalukan air serta sulit dibuat pematang. Permeabilitas tanah tergolong sangat cepat akibatnya air di permukaan mudah hilang meresap ke lapisan bawah. Laju permeabilitas mulai melambat pada kedalaman 20 cm dan sangat lambat pada kedalaman 40 cm. Agar air tergenang di permukaan diperlukan pengisian pori tanah oleh air sampai kedalaman 40 cm. Hal ini menyebabkan jumlah air irigasi yang diperlukan sangat banyak, sementara pematang sebagai batas petakan belum mampu menghambat jalannya air.

Tabel 3. Berat isi tanah dan laju permeabilitas tanah di lokasi calon sawah

Kedalaman	Perlang Bangka Tengah		Cerucuk Belitung	
	Berat isi	Permeabilitas	Berat isi	Permeabilitas
(cm)	($g.cc^{-1}$)	($cm.jam^{-1}$)	($g.cc^{-1}$)	($cm.jam^{-1}$)
0-10	1,49	20,28	0,91	18,02
10-40	1,37	8,82	1,44	11,64
40-70	0,93	0,18	1,60	20,33
>70			1,67	4,22

Sifat kimia dan kesuburan tanah

Tanah di lokasi Cerucuk Belitung sudah ditambang cukup lama dan sebagian sudah direklamasi, namun sebagian sudah ditambang kembali dan belum diratakan. Di Cerucuk terdapat dua kolong yang besar dan letaknya berada di tengah sungai, kolong tersebut dapat digunakan sebagai cadangan air. pH air dalam kolong besar yang relatif baru <4,0, sedangkan di kolong yang sudah lama ditambang dan air sungai sekitar 5,0. Dengan demikian air kolong yang sudah lama dan air sungai dapat digunakan sebagai sumber pengairan lahan pertanian.

Lahan bekas tambang sebagian telah ditumbuhi oleh akasia, melastoma dan tumbuhan perdu. Daun melastoma terlihat lebih panjang dari biasanya, hal ini mengindikasikan bahwa tanah mempunyai tingkat kesuburan yang rendah. Sebagian lahan tidak dapat ditumbuhi oleh tumbuhan, karena tanah di permukaan berupa bahan induk dan pasir sisa penambangan. Hasil analisis sifat kimia dan kesuburan tanah bekas tambang di Bangka Belitung disajikan pada (Tabel 4).

Tabel 4. Hasil analisis sifat kimia tanah bekas tambang di Cerucuk Belitung

Kode	Tekstur (pipet)			pH (1:5)		Bahan organik			HCl 25%		Bray 1
	Pasir	Debu	Liat	H_2O	KCl	C	N	C/N	P_2O_5	K_2O	P_2O_5
	.....%					.....%			Mg.100 g^{-1}		ppm
UG 07	56	10	34	4,6	4,1	0,22	0,02	11	2	3	2,5
UG 11	86	4	10	4,6	4,3	0,23	0,02	12	2	3	3,2
UG 13	54	9	9	4,5	4,2	1,00	0,07	14	3	3	5,4
UG 16	78	8	8	4,6	4,2	0,25	0,02	13	2	2	2,5
UG 20	58	12	12	4,6	4,1	0,57	0,05	11	2	2	3,1
UG 24	38	25	25	4,5	4,0	0,96	0,07	14	2	2	3,5
KS 15	15	47	38	4,3	3,9	1,23	0,11	11	3	4	8,2

Pada tabel tersebut terlihat, kemasaman tanah berkisar antara 4,5-4,6. Meski demikian, penggenangan dapat meningkatkan pH menjadi netralsekitar (pH 6,6). Tanah calon sawah mempunyai tingkat kesuburan sangat rendah dengan kadar P, K dan C-organik rendah, demikian juga kadar Ca, Mg, Cu dan Zn yang tergolong rendah.

Karakteristik kimia tanah lahan bekas tambang timah Perlang, Bangka Tengah disajikan pada (Tabel 5). Berdasarkan tabel tersebut tekstur lahan bekas tambang timah didominasi oleh pasir dengan fraksi pasir mencapai 89%. Kandungan pasir yang tinggi tersebut mengakibatkan kemampuan tanah memegang air dan unsur hara sangat rendah. RendaHnya kemampuan memegang hara dapat dilihat dari KTK tanah yang rendah dan kandungan hara seperti N, P, K dan basa-basa dapat tukar rendah serta pH tanah masam. Nilai pH yang rendah tidak memadai untuk pertumbuhan vegetasi alami.

Tabel 5. Rata-rata sifat fisik dan kimia tanah dari lahan bekas tambang timah di Perlang, Bangka Tengah

No.	Parameter	Nilai rerata	Kriteria
1.	pH H_2O	4,5	Masam
2.	C-organik (%)	0,23	Sangat Rendah
3.	N Total (%)	0,02	Sangat Rendah
4.	P_2O_5 (mg.100 g^{-1})	2	Sangat Rendah
5.	K_2O (mg.100 g^{-1})	3	Sangat Rendah
6.	Ca-dd (cmol(+).kg^{-1})	0,19	Sangat Rendah
7.	Mg-dd (cmol(+).kg^{-1})	0,05	Sangat Rendah
8.	K-dd (cmol(+).kg^{-1})	0,06	Sangat rendah
9.	Na-dd (cmol(+).kg^{-1})	0,07	Sangat Rendah
10.	KTK (cmol(+).kg^{-1})	1,77	Sangat Rendah
11.	Tekstur	89	Pasir
	- Pasir (%)	9	
	- Debu (%)	2	
	- Liat (%)		

Sumber : Subardja *et al.*(2009)

Rendahnya kandungan fraksi liat dan hara tanah pada lahan bekas tambang tersebut merupakan akibat hilangnya partikel liat dan unsur hara pada proses pencucian saat penambangan timah. Penurunan tingkat kesuburan tanah dapat terjadi akibat pencucian, erosi dan terangkut saat panen (Donova and Casey, 1998). Selain itu, rendahnya kandungan unsur hara juga disebabkan oleh rendahnya kandungan bahan organik (0,23%), sehingga kemampuan tanah memegang hara juga menjadi rendah. Kapasitas tukar kation (KTK) tanah yang rendah juga merupakan refleksi dari rendahnya kandungan liat pada lahan-lahan bekas tambang timah. Oleh karena itu, dalam upaya mendapatkan pertumbuhan tanaman yang baik, maka upaya pemulihan lahan bekas tambang timah harus mendapatkan input berupa tanah mineral berliat dan pupuk organik. Hadi dan Sudiharto (2004) menyatakan bahwa langkah awal yang dilakukan untuk meningkatkan kualitas dan kesehatan lahan bekas tambang timah adalah melalui peningkatan kadar bahan organik tanah.

PEMULIHAN LAHAN BEKAS TAMBANG TIMAH

Tanah bekas tambang umumnya bertekstur pasir, kemampuan tanah memegang hara rendah dan mudah mengalami kekeringan. Penambahan bahan organik dapat meningkatkan kemampuan tanah memegang hara dan air serta kemampuan tanah mendukung pertumbuhan tanaman.

Tanah topsoil sebagai urugan untuk pemulihan lahan bekas tambang memiliki sifat yang sama dengan tanah asli, terutama tekstur, pH, bahan organik, hara P dan K. Tanah calon timbunan harus memiliki kadar liat, hara P dan K lebih tinggi, namun kadar Al dan Fe lebih rendah. Pada Tabel 6 disajikan bahan tanah urugan yang diperoleh dari daerah sekitarnya.

Tabel 6. Hasil analisis sifat kimia tanah bahan urugan

Kode	Tekstur (pipet)			pH (1:5)		Bahan organik			HCl 25%		Bray 1
	Pasir	Debu	Liat	H_2O	KCl	C	N	C/N	P_2O_5	K_2O	P_2O_5
	.....%.....					.....%.....			Mg.100 g^{-1}		ppm
UG 07	56	10	34	4,6	4,1	0,22	0,02	11	2	3	2,5
UG 24	38	25	25	4,5	4,1	0,96	0,07	14	2	2	3,5
KS 15	15	47	38	4,6	4,2	1,23	0,11	11	3	4	8,2

Berdasarkan perangkat uji tanah kering (PUTK), jika bahan urugan digunakan untuk tanah sawah, maka dosis pupuk yang diperlukan adalah 200 kg Superphos, 100 kg KCl, 500 kg dolomit ha^{-1} dan pupuk kandang 5 t ha^{-1} setiap musim tanam. Pupuk Superphos dan dolomit diberikan sehari sebelum tanam dan bahan organik seminggu sebelum tanam. Pupuk KCl diberikan 3 kali, pertama bersamaan pemupukan urea pertama (<14 hari setelah tanam), selanjutnya 21 dan 35 hari setelah tanam, masing-masing dengan 1/3 dosis. Pupuk N diberikan menggunakan bantuan bagan warna daun (BWD). Pupuk N (urea) pertama diberikan 100 kg ha^{-1}, pemberian selanjutnya dipantau menggunakan BWD mulai umur 21 hari setelah tanam.

REKLAMASI LAHAN

Reklamasi lahan bekas penambangan timah oleh kuasa penambangan (KP) dilakukan sesuai dengan standar operasional, biasa lahan diratakan, pemberian bahan organik dan pupuk anorganik pada setiap lubang tanam, revegetasi/penanaman tanaman pohon dengan acasia, sengon, eucalyptus dan lain-lain. Kondisi seperti ini ternyata tidak dapat mengatasi kerusakan lahan yang terjadi, malah menambah dan memperluas kerusakan lahan dan lingkungan karena kurangnya pemeliharaan dan pengawasan terhadap lahan yang telah direklamasi. Tidak jarang lahan yang telah direklamasi dirusak dengan ditambang kembali oleh masyarakat secara ilegal.

Berdasarkan hal tersebut perlu upaya penanggulangan dan pemulihan lahan bekas tambang secara lebih cepat, produktif dan berkelanjutan. Salah satunya dengan merubah lahan bekas tambang menjadi lahan pertanian yang produktif, yaitu pencetakan lahan sawah baru pada lahan bekas tambang timah sebagaimana telah dilakukan oleh Badan Litbang Pertanian di Perlang, Bangka Tengah.

PENCETAKAN DAN PENGELOLAAN LAHAN SAWAH BARU

Pada tahun I (2009), lahan bekas tambang timah di Perlang dicetak menjadi lahan sawah dengan input yang diaplikasikan berupa tanah mineral 1.000 ton ha^{-1} dan pupuk organik 10 ton ha^{-1}. Kegiatan yang dilakukan dalam proses pencetakan sawah adalah penyiapan lapisan kedap air, penambahan bahan tanah mineral dan bahan organik, pelumpuran dan perbaikan kondisi kimia tanah dan atau pencucian Fe dan Al (Subardja *et al.* 2010).

Pada tahun II (2010) Musim Tanam I (MT I) dilakukan penanaman padi sawah varietas Banyuasin, IR-64, Inpara 1 dan Inpara 2 dengan input produksi 10 ton pupuk organik ha^{-1}, 2,2 ton kapur ha^{-1}, 300 kg Urea ha^{-1}, 200 kg SP-36 ha^{-1} dan 350 kg KCl ha^{-1}. Sedangkan pada MT II dilakukan penanaman padi sawah varietas Cibogo, Inpari 1 dan Inpari 2 dengan input produksi 7,5 ton pupuk organik ha^{-1}, 2,5 ton kapur ha^{-1}, 300 kg Urea ha^{-1}, 200 kg SP-36 ha^{-1} dan 350 kg KCl ha^{-1}. Ukuran petak yang digunakan untuk masing-masing varietas adalah 25 m x 50 m.

Sifat fisik dan kimia tanah lahan bekas tambang timah di Desa Perlang, Kabupaten Bangka Tengah setelah ditanami padi Banyuasin, IR-64, Inpara 1 dan Inpara 2 pada MK I, serta Cibogo, Inpari 1 dan Inpari 2 pada MK II disajikan pada (Tabel 7).

Berdasarkan Tabel 7, pemberian tanah mineral dan pupuk organik secara nyata memberikan pengaruh terhadap sifat fisik tanah (kandungan liat meningkat, tekstur tanah menjadi lebih halus) setelah dua kali penanaman padi. Terjadinya perbaikan tekstur tanah tersebut merupakan implikasi dari aplikasi tanah mineral dan pupuk organik. Menurut Tisdall dan Oades (1982) bahwa pemberian bahan organik sangat berperan sebagai pembenah tanah mengingat senyawa organik mampu mengikat partikel utama pada agregat tanah, sehingga terjadi peningkatan stabilitas agregat. Hasil penelitian Van Veen and Kuikman (1990) dan Giardina *et al.* (2001) menyatakan bahwa tekstur tanah terkait erat dengan beberapa karakteristik tanah lainnya. Tanah-tanah dengan tekstur lebih halus cenderung memiliki kapasitas memegang air yang lebih tinggi dan memberikan produktivitas tanaman lebih baik.

Tabel 7. Sifat fisik dan kimia tanah dari lahan bekas tambang timah Desa Perlang, Kecamatan Lubuk Besar, Bangka Tengah setelah dicetak sawah dan ditanami padi Banyuasin, IR-64, Inpara 1 dan Inpara 2 pada pertanaman I serta Cibogo, Inpari 1 dan Inpari 2.

No.	Parameter	Banyuasin	IR-64	Inpara 1	Inpara 2
		Cibogo		Inpari 1	Inpari 2
		Nilai	Nilai	Nilai	Nilai
1.	pH H_2O	6,6	6,4	6,0	7,1
2.	C Organik (%)	0,62	0,72	0,91	0,61
3.	N Total (%)	0,05	0,05	0,08	0,05
4.	P_2O_5 (HCl25% mg.100 g^{-1})	11	12	15	21
5.	K_2O (HCl 25% mg.100 g^{-1})	10	10	6	6
6.	Ca-dd (cmol(+).kg^{-1})	2,21	2,19	2,43	2,70
7.	Mg-dd (cmol(+).kg^{-1})	1,39	1,29	1,19	1,63
8.	K-dd (cmol(+).kg^{-1})	0,19	0,19	0,11	0,10
9.	Na-dd (cmol(+).kg^{-1})	0,10	0,05	0,04	0,09
10.	KTK (cmol(+).kg^{-1})	3,24	2,85	3,06	4,27
11.	Tekstur				
	-Pasir (%)	58	65	63	59
	-Debu (%)	9	8	9	8
	-Liat (%)	33	27	28	33

Pemberian tanah mineral, pupuk organik dan anorganik, serta kapur (dolomit) secara nyata juga memberikan pengaruh terhadap sifat kimia tanah, yaitu pH tanah, kandungan N, P_2O_5, K_2O, basa-basa dapat tukar (Ca, Mg, K, Na) dan KTK tanah. Perbaikan kualitas lahan tersebut dapat dimengerti mengingat input yang diberikan berupa tanah mineral, pupuk organik dan anorganik, serta kapur mampu memperbaiki kualitas tanah. Menurut Benfeldt *et al.* (2001), aplikasi bahan organik akan sangat berperan dalam peningkatan KTK, peningkatan kapasitas memegang air dan mensuplai unsur hara. Terkait dengan rendahnya pH tanah dan kandungan unsur hara makro dan mikro pada lahan bekas tambang timah, maka pemberian kapur (dolomit) untuk menetralkan pH tanah dan meningkatkan ketersediaan unsur hara dalam tanah menjadi penting dilakukan.

Peningkatan kandungan C-organik tanah dapat dilakukan melalui pemberian bahan organik. Menurut Stevenson (1994), bahan organik berperan sebagai penyedia unsur hara, sumber makanan dan energi bagi mikroorganisme tanah dan mampu untuk mempertahankan kelembaban tanah. Selain peranan pupuk organik, peranan pupuk anorganik juga cukup penting terhadap perbaikan sifat kimia tanah. Pupuk anorganik dapat menyediakan hara secara cepat untuk tanaman. Kombinasi nutrisi asal pupuk organik dan pupuk anorganik memberikan sinergi dan memperbaiki pelepasan dan penyerapan hara oleh tanaman dan meningkatkan hasil (Mugendi *et al.* 1999). Hal yang sama disampaikan oleh Antill *et al.* (2001) bahwa pemberian pupuk organik berupa kotoran ternak akan mensuplai hara esensial bagi tanaman, baik secara langsung maupun tidak langsung melalui penurunan keracunan Al atau melalui produksi asam organik dan mengikat Al dan akhirnya akan meningkatkan ketersediaan hara.

Hasil penelitian sebelumnya juga menyebutkan bahwa bahan organik sangat berperan penting di dalam perbaikan kualitas lahan (sifat fisik dan kimia tanah). Inonu *et al.* (2010) melaporkan bahwa pemberian amelioran bahan organik berpengaruh nyata terhadap sifat kimia "sand tailing" pasca penambangan timah pada peubah K-dd, Ca-dd, Mg-dd dan kapasitas tukar kation. Hal ini juga didukung oleh penelitian Bakayoko *et al.* (2009) yang menyebutkan bahwa amelioran pupuk organik asal kotoran ternak secara nyata meningkatkan kandungan C, N dan KTK tanah. Menurut Stevenson (1994) bahwa penggunaan bahan organik mampu memperbaiki kualitas lahan yaitu meningktakan pH tanah, mampu meningkatkan kapasitas tukar kation dan sebagai pemasok unsur hara bagi tanaman.

Produksi Padi Varietas Banyuasin, IR-64, Inpara 1 dan Inpara 2 pada MT I dan Cibogo, Inpari 1, dan Inpari 2 pada MT II di lahan sawah bekas tambang timah Bangka Tengah disajikan pada (Tabel 8).

Tabel 8. Produksi padi varietas Banyuasin, IR-64, Inpara 1 dan Inpara 2 pada MT I serta Cibogo, Inpari 1 dan Inpari 2 pada MT II di lahan sawah bekas tambang timah Bangka Tengah

No.	Varietas	Produksi (t ha^{-1})
Ditanam pada MT I (April-Juli 2010) (Asmarhansyah *et al.* 2011a)		
1.	Banyuasin	3,71
2.	IR-64	3,13
3.	Inpara 1	2,47
4.	Inpara 2	2,48
Ditanam pada MT II (Nopember 2010-Februari 2011) (Asmarhansyah *et al.* (2011b)		
1.	Cibogo	3,54
2.	Inpari 1	3,62
3.	Inpari 2	3,87

Pengaruh pemberian tanah mineral, kapur, pupuk organik dan pupuk anorganik terhadap produksi padi selama dua kali musim tanam perdana sudah menunjukkan hasil padi yang cukup menggembirakan walaupun belum mencapai produksi optimal bila dibandingkan dengan potensi genetik produksi yang dimiliki oleh masing-masing varietas padi tersebut. Namun tampak jelas dari aspek kualitas tanahnya telah ada perbaikan yang tercermin dari peningkatan pH tanah, kandungan bahan organik, unsur hara N, P, K, basa-basa dapat tukar dan KTK tanah. Produksi padi yang belum mencapai optimal bisa terjadi karena pemberian input yang belum optimal atau faktor luar lainnya. Hasil penelitian Kasno *et al.* (2009) bahwa aplikasi 10 t.ha-1 pupuk kandang belum dapat meningkatkan produksi padi sawah, tetapi neraca unsur hara P dan K menjadi positif.

Masih rendahnya produksi padi tersebut juga dapat disebabkan oleh beberapa hal, antara lain pada fase pertumbuhan vegetatif, tanaman padi perdana mendapatkan keracunan Fe. Asmarhansyah *et al.* (2010) melaporkan bahwa pada persemaian beberapa varietas tanaman padi di lahan sawah bekas tambang timah pada pertumbuhan persemaian padi saat berumur 20 hari setelah tanam menunjukkan warna daun kuning kecoklatan dan warna perakaran coklat kemerahan yang merupakan gejala keracunan Fe.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Lahan terdegradasi bekas tambang timah di Bangka Belitung cukup mengkhawatirkan perluasannya dan dapat mengancam ketahanan pangan. Pencegahan dan pemulihan lahan bekas tambang perlu diupayakan secara serius dan terkoordinasi baik antar instansi terkait di Pusat dan Daerah. Pemulihan lahan bekas tambang lebih kepada upaya fisik perbaikan lahan melalui pemberian input yang dapat mengembalikan tanah kepada kondisi semula.
2. Rehabilitasi dan reklamasi lahan bekas tambang timah dengan tanaman kehutanan antara lain Acasia, tidak memberikan manfaat langsung kepada masyarakat sekitarnya sehingga banyak lahan yang telah direklamasi di rusak dan ditambang kembali sehingga menimbulkan kerusakan lahan dan lingkungan yang sulit dikendalikan.
3. Pencetakan lahan sawah baru pada lahan bekas tambang di Perlang, Bangka Tengah merupakan suatu percontohan yang memberikan manfaat nyata bagi masyarakat sekitar serta sebagai upaya pengendalian dan pemulihan lahan terdegradasi.
4. Pemberian tanah mineral, pupuk organik, kapur dan pupuk anorganik pada lahan bekas tambang timah, mampu memperbaiki sifat fisik (tekstur) dan sifat kimia tanah (pH, kandungan C-organik, N, P, K, basa-basa dapat tukar dan KTK) serta mampu memberikan hasil panen padi perdana mencapai 3,71 $t.ha^{-1}$ GKP (Banyuasin) pada MT I dan 3,87 $t.ha^{-1}$ GKP (Inpari 2) pada MT II.
5. Untuk mendapatkan pengaruh jangka panjang penggunaan tanah mineral dan pupuk organik terhadap sifat fisika dan kimia tanah, hasil padi optimum dan kandungan logam berat pada gabah, maka disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan perlakuan input pupuk organik dan pupuk anorganik dengan berbagai tingkat dosis pada varietas harapan pengembangan (IR-64, Banyuasin, Cibogo, Inpari 1 dan Inpari 2).

DAFTAR PUSTAKA

Adewole, M.B., and M.A. Adesina, 2011. Impact of marble mining on soil properties in a part of Guinea Savanna zone of Southerwestern Nigeria. Ethiopian Journal Environ. Studies Manage. 4:1-8.

Ai Dariah, A. Abdurachman dan D. Subardja. 2010. Reklamasi lahan eks-penambangan untuk perluasan areal pertanian. Jurnal Sumberdaya Lahan, Vol. 4 No.1. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor.

Antill, R.S., R.D. Lovel, D.J. Hatec, and S.C. Jarvis. 2001. Mineralization of nutrient in permanent pastures amended with fertilizer or dung. Biol. Fertile Soils, 33:132-138.

Asmarhansyah, Issukindarsyah dan Atekan. 2010. Keragaan Pertumbuhan Beberapa Varietas Padi Pada Persemaian di Sawah Lahan Bekas Galian Timah Desa Perlang, Bangka Tengah, Kepulauan Bangka Belitung. Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian Spesifik Lokasi Mendukung Kemandirian Pangan. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Papua. Jayapura.

Asmarhansyah, M.D. Pertiwi, Issukindarsyah, D. Rusmawan, Muzammil. 2011a. Keragaan beberapa varietas padi di lahan sawah bekas tambang timah, Kepulauan Bangka Belitung. Prossiding Seminar Nasional Strategi Reduksi dan Adaptasi Perubahan Iklim di Bidang Pertanian. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Asmarhansyah, D. Subardja, D. Rusmawan dan Muzammil. 2011b. Pengelolaan lahan, hara dan air untuk tanaman padi dan jagung di lahan eks tambang timah. Laporan Akhir Pengkajian BPTP Kepulauan Bangka Belitung.

Bakayoko, S., D. Soro, C. Nindjin, D. Dao, A. Tschannen, O. Girardin and A. Assa. 2009. Effects of cattle and poultry manures on organic matter content and adsorption complex of a sandy soil under cassava cultivation (Manihot esculenta Crantz.), African Journal of Environmental Science and Technology Vol. 3 (8), pp. 190-197, August, 2009.

Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, 2009. Karakterisasi dan Evaluasi Potensi Lahan Pada Calon-Calon Lokasi Tambang Timah di Bangka Belitung. Laporan Penelitian (Tidak dipublikasikan). Dok. BBSDLP, Bogor.

Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi. 2003. Atlas Sumberdaya Iklim Pertanian Indonesia Skala 1:1.000.000. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Badan Litbang Pertanian, Depertemen Pertanian.

Bendfeldt, ES, Burger, J A dan Daniels, WL. 2001. Quality of Amenden Mine Soil After Sixteen Years. Soil sci. Sco. Am : J65.

Donova, G. And C. Casey. 1998. Soil fertility management in Sub-Sahara Africa. 2002, Phosphorus and nitrogen based manure and compost application. Agron J., 94:128-135.

FAO. 1990. Guidelines for Soil Profile Description. FAO Soil Bulletin No. 6, Rome Italy.

Giardina CP, Ryan MG, Hubbard RM, Binkley D, 2001. Tree species and soil textural controls on carbon and nitrogen mineralization rates. Soil Sci Soc Am J 65:1272–1279.

Hadi, H. Dan Sudiharto.2004. Pengembangan perkebunan karet di daerah sekitar tambang batubara: Kasus di Kabupaten Tabalong, kalimantan Selatan. Warta Perkaretan 23(3):28-36.

Inonu, I., D.Budianta, M. U. Harun, Yakup dan A.Y.A. Wiralaga. 2010. Penggunaan Bahan Organik Lokal Untuk Memperbaiki Sifat Fisik Dan Kimia Tailing Pasir Pascatambang Timah Di Pulau Bangka. Makalah disampaikan pada Seminar Nasional Masyarakat Konservasi Tanah dan Air Indonesia di Jambi tanggal 24-25 November 2010.

Kasno, A., Nurjaya dan D.A. Suriadikarta. 2009. Neraca hara N, P, K pada pengelolaan hara terpadu lahan sawah bermineral liat campuran dan 1:1. Dalam: Prosiding Semiloka Nasional Inovasi Sumberdaya Lahan, Bogor 24-25 November 2009. Hal. 205-219.

Mugendi, D.N., P.K.R. Nair, J.N. Mugwe, M.K. O'Neill, and P.L. Woomer. 1999. Calliandra and Leucaena alley cropped with maize. Part 1 Soil fertility change and maize roduction in the sub-humid highlands of Kenya. Agrof. Sustems. 46: 39-50.

Pemerintah Daerah Kepulauan Bangka Belitung. 2010. Profil bidang pertambangan di Propinsi Kepulauan Bangka Belitung. www.babelprop.go.id Dikunjungi pada 16 Juni 2012.

Soepraptohardjo,M. 1961. Sistem Klasifikasi Tanah di Balai Penyelidikan Tanah. Kongres Nasional Ilmu Tanah I. Bogor.

Soil Survey Staff, 2010. Keys to Soil Taxonomy. 11 th Edition. NRCS-USDA. Washington, D.C.

Stevenson F.J. 1994. Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reaction. (John Wiley & Sons. New York).

Subardja, D., A. Kasno, Sutono dan H. Sosiawan. 2010. Laporan Penelitian pengembangan teknologi pencetakan dan pengelolaan sawah pada lahan bekas tambang timah di Bangka Tengah dan Belitung. Dok. BBSDLP, Bogor.

Subardja, D. dan RE Subandiono. 2011. Karakteristik tanah pada pada lahan potensial tersedia di Sumatera dan arahan penggunaannya untuk pertanian. Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya Lahan Pertanian. Buku I. Balai Besar Litbang Sumberdaya lahan Pertanian. Bogor.

Sujitno, S. 2007. Sejarah Timah di Pulau Bangka. PT Tambang Timah Tbk. Pangkalpinang.

Tim Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. 1996. Studi Upaya Rehabilitasi Lingkungan Penambangan Timah. Laporan Akhir Penelitian, 66 hal. Kerjasama antara Proyek Pengembangan Penataan Lingkungan Hidup dengan Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.

Tisdall, J.M. dan J.M. Oades. 1982. Organic matter and water stable aggregates in soils. J. Soil Sci. 33:41-63.

Van Veen JA and Kuikman PJ, 1990. Soil structural aspects of decomposition of organic matter by micro-organisms. Biogeochemistry 13:213-233.

Strategi Pemupukan Berbasis Agroekosistem: Optimalisasi Aliran Hara N Sistem Agro-Aquakultur di Lahan Rawa Pasang Surut

34

Ahmad Kurnain, Indah Riani, M. Mahbub, Meldia Septiana, dan Anna M. Makalew

Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lambung Mangkurat, Jln. Jend. A. Yani Km 36, Banjarbaru 70714. Email: akurnain@unlam.ac.id

Abstrak. Strategi pemanfaatan lahan suboptimal seperti lahan rawa pasang pasang surut melalui pendekatan komoditas sulit dilakukan melainkan melalui pendekatan agroekosistem. Sejalan dengan itu strategi pemupukan pun harus mengacu pada pendekatan agroekosistem. Perumusan strategi pemupukan di lahan rawa pasang surut dilakukan melalui penelitian potensi aliran hara di agroekosistem. Penelitian ini dibatasi pada pengamatan potensi aliran hara N ($N\text{-}NH_4^+$ dan $N\text{-}NO_3^-$) selama musim hujan bulan November 2011-Januari 2012 pada sistem agro-aquakultur (usahatani surjan dan kolam ikan) di lahan rawa pasang surut tipe A. Kapasitas total N sistem agro-aqukultur mencapai 167 kg ha^{-1}. Secara netto (bersih) kapasitas sistem ini menyediakan hara N untuk produksi biomassa sebesar 84 kg ha^{-1}, yang berasal dari air sungai, pelimburan lumpur dasar kolam, dan air hujan berturut-turut sebesar 55, 16, dan 13 kg N ha^{-1}. Optimalisasi aliran internal N terkait dengan strategi pemupukan N dapat dicapai melalui penyusunan skenario pemanfaatan lahan rawa pasang surut berbasis agro-aquakultur. Sistem dengan kenario luas surjan dan luas kolam 3:7 mampu memasok N masing-masing sebesar 31,5 dan 36,7 kg ha^{-1} yang dapat dimanfaatkan untuk produksi biomassa di bagian surjan dan kolam.

Kata kunci: Agro-aquakultur, aliran N, pemupukan, lahan rawa pasang surut

Abstract. *The strategy of suboptimum land uses including tidal swamp lands through a commodity based approach is difficult to be implemented instead of an agricultural-ecosystem based approach. In line with that is a strategy of fertilization also has to refer to the agricultural ecosystem based approach. To formulate the strategy of fertilization in the tidal swamp land it is necessary to carry out an observation of nutrient flow potentials in the agricultural ecosystem. This preliminary study was limited to the observation of N flows at a farm scale agro-aquaculture system in the tidal swamp land during rainy season at November 2011 - January 2012. The total N capacity of the system reached 167 kg* ha^{-1}*. In the amount of 84 kg* ha^{-1} *of the total capacity was available for biomass production in the system, coming from river water, fishpond muds, and rainwater successively 55, 16, and 13 kg N* ha^{-1}*. Optimizing N flows of the system related to the fertilization strategy could be reached through the development of farm lands into an agro-aquaculture system. With the ratio of land area of raised beds and fishpond of 3:7, the system supplies 31.5 and 36.7 kg N* ha^{-1} *in order to produce biomass on raised beds and fishpond respectively.*

Keywords: *Agro-aquaculture, N flows, fertilization, tidal swamp lands*

PENDAHULUAN

Pemanfaatan lahan rawa pasang surut sebagai lahan pertanian produktif dihadapkan pada berbagai kendala. Kendala itu terutama terkait dengan karakteristik air dan tanah (Kurnain *et al*. 2008). Dalam hal air, kendala yang dihadapi antara lain yang terkait dengan tingginya genangan air di lahan, air stagnan di lahan, dan terjadinya drainase (pengatusan) berlebihan. Dalam hal tanah, kendala yang dihadapi terutama meliputi reaksi tanah masam, potensi pirit yang jika tidak berhati-hati pengelolaan lahan dan air akan menimbulkan kemasaman, dan mobilitas hara tinggi terutama hara nitrogen (N). Petani Banjar dan transmigran di Kalimantan Selatan, khususnya di Kabupaten Barito Kuala sudah terbiasa membuat bedengan-timbun atau surjan (*raised beds*) untuk mengatasi kendala lahan tersebut. Pembuatan surjan dimaksudkan untuk memberikan pengatusan (drainase) secukupnya kepada lingkungan perakaran, yang apabila tidak demikian suasana risosfer akan selalu basah dan langka udara bagi kehidupan normal akar-akar tanaman (Notohadiprawiro, 1986). Selain itu, dengan penataan lahan seperti ini memungkinkan petani untuk melakukan lebih dari satu kegiatan usahatani, seperti padi-jeruk, padi-jeruk-ikan, atau padi-jeruk-ternak unggas.

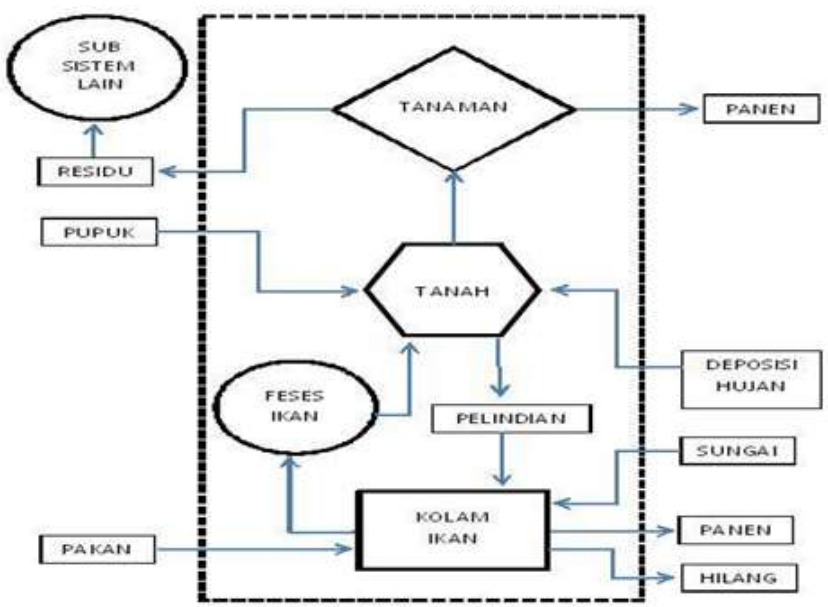
Lahan rawa pasang surut di Kabupaten Barito Kuala secara umum telah dikembangkan menjadi lahan pertanian campuran (*mix farming*) atau sistem pertanian dengan beberapa subsistem usahatani. Input yang diberikan kepada setiap subsistem usahatani lebih banyak diusahakan dari dalam sistem sendiri ketimbang dari luar. Sebagai contoh, jerami padi sebagai salah satu bentuk residu (*by products*) dari subsistem usahatani padi sering digunakan kembali sebagai sumber bahan organik dan hara untuk subsistem yang sama (Erna, 2012) atau sebagiannya untuk subsistem usahatani lainnya, seperti usahatani jeruk di bagian surjan (Erniawati, 2012). Begitu juga untuk sistem agro-aquakultur, yang mengkombinasikan subsistem usahatani kolam ikan di bagian lahan yang berair dan subsistem usahatani jeruk dan atau sayur-sayuran di bagian surjan. Residu kolam ikan berupa lumpur dasar kolam dapat dimanfaatkan sebagai salah satu sumber hara bagi subsistem usahatani di bagian surjan. Pengembangan sistem pertanian terpadu (*integrated farming system*) di lahan rawa pasang surut merupakan salah satu strategi yang tepat untuk mengurangi input produksi dari luar sistem melalui suatu siklus biologi (*biocycle farming*). Siklus ini akan mengefesienkan aliran bahan dan energi dari berbagai subsistem usahatani; residu dari salah satu subsistem usahatani akan dapat dimanfaatkan kembali oleh subsistem usahatani itu sendiri atau lainnya. Dengan demikian, bahan dan energi yang dibutuhkan dari masing-masing subsistem usahatani dapat terpenuhi secara efisien dan mandiri. Pendekatan ini sudah tentu penting bagi manajemen hara atau pemupukan pada lahan-lahan suboptimal seperti lahan rawa pasang surut.

Untuk merumuskan strategi pemupukan atau manajemen hara diperlukan kajian potensi aliran hara pada suatu agroekosistem. Kajian ini dimaksudkan untuk memperoleh

informasi potensi aliran bahan, yang dalam hal ini dibatasi pada aliran N-anorganik, pada sistem agro-aquakultur di lahan rawa pasang surut.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif yang menggambarkan potensi aliran N-anorganik ($N\text{-}NH_4^+$ dan $N\text{-}NO_3^-$) pada sistem agro-aquakultur di lahan rawa pasang surut. Sistemnya mengacu pada sistem usahatani semula ada (*existing farming system*) di lahan rawa pasang surut. Pemanfaatan lahan dengan sistem surjan sering diterapkan di lahan rawa pasang surut. Di Kabupaten Barito Kuala petani biasanya mengusahakan tanaman jeruk dan sayuran di bagian surjan, dan mengusahakan tanaman padi dan atau kolam ikan di bagian tabukan. Penelitian ini dibatasi pada pengamatan potensi aliran N-anorganik pada sub sistem surjan yang ditanami jeruk dan sub sistem tabukan yang diusahakan kolam ikan. Sketsa alirannya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Antar-sub sistem usahatani terjadi pengaliran bahan (terutama residunya), sehingga dapat menjadi sumber bahan dan energi bagi proses produksi di sub sistem lainnya. Secara keseluruhan diharapkan akan terjadi efisiensi dan optimalisasi pemanfaatan residu dalam rangka proses produksi.



Gambar 1. Potensi aliran N-anorganik pada sistem agro-aquakultur di lahan rawa pasang surut

Tabel 1. Desain fungsional pengamatan pada setiap sub komponen pada sistem agro-aquakultur di lahan rawa pasang surut

Sub Komponen	Bagian yang diamati	Kegunaan data
Kolam ikan	Lumpur dasar kolam (yang diasumsikan berasal dari feses ikan dan residu pakan ikan)	Kandungan N-anorganik lumpur, sebagai sub komponen input bagi tanah surjan
Air sungai	Air sungai pada pintu masuk (*inlet*)	Kandungan N-anorganik air sungai, sebagai sub komponen input bagi kolam
	Air sungai pada pintu keluar (*outlet*)	Kandungan N-anorganik air drainase, sebagai sub komponen output
Air hujan	Air hujan yang ditampung dengan penakar hujan	Kandungan N-anorganik air hujan, sebagai sub komponen input bagi tanah dan kolam

Selanjutnya kapasitas N-anorganik setiap sub komponen dihitung sebagai berikut:

1. Kapasitas masukan air hujan (IN1) dihitung sebagai berikut:

   IN1 (kg ha^{-1}) = rerata N air hujan (mg l^{-1}) x volume air hujan (l m^{-2}) x porositas total tanah x fraksi pori air kapasitas lapang x ketebalan tanah (m) x fraksi air hujan menyumbang air tanah relatif terhadap sumber air lainnya x 10^{-2} (konversi ke kg ha^{-1})

Porositas total tanah digunakan 0,56 (Aulia, 2009) dan fraksi pori air kapasitas lapang diasumsikan 0,5 bagian dari porositas total tanah. Fraksi air hujan yang menyumbang air tanah dibedakan menurut kedalaman tanah; tanah di kedalaman 0-20 cm fraksinya adalah 0,9, tanah di kedalaman 30 cm berikutnya 0,1 dan di kedalaman berikutnya diasumsikan fraksinya 0 (tidak ada sumbangan dari air hujan).

2. Kapasitas masukan air sungai atau inlet (IN2) dihitung sebagai berikut:

   IN2 (kg ha^{-1}) = rerata N air sungai (mg l^{-1}) x porositas total tanah x fraksi pori air kapasitas lapang x ketebalan tanah (m) x luas tanah 1 m^2 x 10^3 (konversi m^3 ke l) x fraksi air sungai berada dalam tanah persatuan waktu x fraksi air sungai menyumbang air tanah x 10^{-2} (konversi mg m^{-2} ke kg ha^{-1})

Fraksi air sungai berada dalam tanah per satuan waktu diasumsikan 0,1 pada tanah di kedalaman 0-20 cm, 0,25 di kedalaman 30 cm berikutnya dan 1,0 di kedalaman berikutnya. Fraksi air sungai yang menyumbang air tanah dibedakan menurut kedalaman tanah; tanah di kedalaman 0-20 cm fraksinya adalah 0,1, tanah di kedalaman 30 cm berikutnya 0,9 dan di kedalaman berikutnya diasumsikan fraksinya 1,0 (artinya lapisan tanah ini airnya hanya bersumber dari air sungai).

3. Kapasitas keluaran air drainase atau outlet (OUT3) dihitung sebagai berikut:

   OUT3 (kg ha^{-1}) = rerata N air sungai (mg l^{-1}) x porositas total tanah x fraksi pori air terdrainase x ketebalan tanah (m) x luas tanah 1 m^2 x 10^3 (konversi m^3 ke l) x fraksi air sungai berada dalam tanah persatuan waktu x fraksi air sungai menyumbang air tanah x 10^{-2} (konversi mg m^{-2} ke kg ha^{-1})

   Fraksi pori air terdrainase (*drainable porosity*) diasumsikan 0,5.

4. Kapasitas aliran internal lumpur kolam (IF1) dihitung sebagai berikut:

   IF1 (kg ha^{-1}) = rerata N anorganik lumpur (mg kg^{-1}) x berat lumpur per satuan luas (kg m^{-2}) x 10^{-2} (konversi mg m^{-2} ke kg ha^{-1})

5. Kapasitas sub komponen masukan yang lain seperti pupuk (IN3) sama dengan 0 karena tidak dipupuk; dan pakan ikan (IN4) tidak diamati dan diasumsikan 0 untuk keperluan perhitungan neraca N sistem. Kapasitas sub komponen keluaran lainnya seperti hasil tanaman (OUT1) dan hasil ikan (OUT2) dihitung menurut neraca. Selanjutnya kapasitas aliran internal residu tanaman (IF2) tidak diamati dan diasumsikan 0.

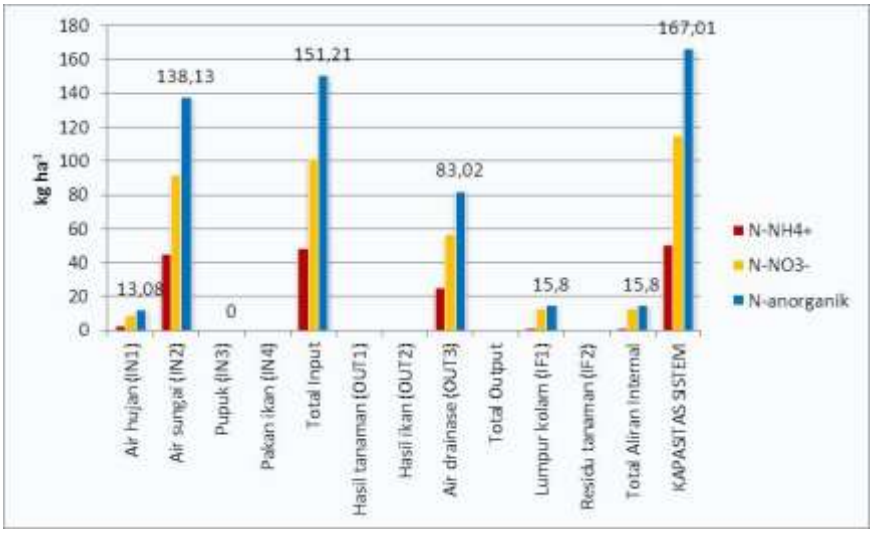
6. Kapasitas N sistem secara keseluruhan dihitung sebagai berikut:

   Kapasitas total (kg ha^{-1}) = IN1 + IN2 + IN3 + IN4 + IF1 + IF2

   Kapasitas bersih (kg ha^{-1}) = IN1 + IN2 + IN3 + IN4 + IF1 + IF2 – OUT3

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kapasitas N-anorganik sistem agro-aquakultur di lahan rawa pasang surut selama periode musim hujan (November 2011–Januari 2012) mencapai 167 kg N ha^{-1}, yang bersumber dari air hujan (IN1), air sungai (IN2), dan aliran internal dari lumpur kolam (IF1) masing-masing 13, 138 dan 16 kg N ha^{-1} (Gambar 2). Kapasitas N sistem ini mungkin akan menjadi lebih besar karena pada komponen input belum diperhitungkan input dari pupuk dan pakan ikan, dan adanya potensi aliran internal residu tanaman. Pada agroekosistem yang tergenang secara alamiah seperti lahan rawa, masukan (*input*) dari air sungai harus diseimbangkan dengan keluaran (*output*) berupa air drainase (Folmer *et al*. 1998), dan karena itu masukan bersih (netto) air sungai melalui proses sedimentasi sebesar 55 kg N ha^{-1}. Dengan demikian kapasitas bersih (netto) N sistem mencapai 84 kg N ha^{-1} yang secara potensial dapat dimanfaatkan untuk produksi biomassa (Shepherd dan Soule, 1998).



Gambar 2. Kapasitas N-anorganik pada sistem agro-aquakultur di lahan rawa pasang surut selama periode musim hujan (November 2011–Januari 2012)

Setiap subkomponen di dalam sistem usahatani terpadu di lahan rawa pasang memiliki potensi bahan untuk dapat dialirkan guna saling melengkapi kebutuhan bahan (N-anorganik) bagi proses produksi biomassa. Sub komponen air kolam, lumpur kolam, air hujan, air sungai pasang, dan residu tanaman berpotensi untuk dikelola secara optimal sebagai komponen masukan bagi agroekosistem Pengelolaannya harus memenuhi prinsip keseimbangan antara komponen masukan dan keluaran, sehingga tidak ada residu yang tak termanfaatkan atau tidak ada bahan yang dimasukkan ke dalam agroekosistem. Keseimbangan bahan (hara) ini dapat digunakan sebagai indikator keberlanjutan agroekosistem (Shepherd and Soule, 1998). Smaling *et al*. (1996) mengklasifikasikan sistem produksi biomassa berdasarkan keseimbangan haranya menjadi 3 (tiga) kondisi: (1) jika jumlah masukan lebih tinggi daripada jumlah keluaran, maka stok hara dalam tanah meningkat; (2) jika jumlah masukan lebih rendah daripada jumlah keluaran, maka stok hara dalam tanah menurun dan (3) jika jumlah masukan sama dengan jumlah keluaran, maka stok hara dalam tanah tetap. Kondisi yang sesuai dengan prinsip keberlanjutan agroekosistem adalah ketika jumlah masukan sama dengan jumlah keluaran; atau dengan kata lain sistem berada dalam keadaan tetap (*steady state*).

Tabel 2. Potensi aliran N-anorganik (kg ha^{-1}) pada sistem agro-aquakultur (d = 1 meter) dengan beberapa skenario rasio luas surjan dan luas kolam selama periode musim hujan (Nopember 2011–Januari 2012)

	Luas (ha)	IN1	IN2	IN3	IN4	OUT1	OUT2	OUT3	IF1	IF2	Kapasi-tas Sistem
Surjan	0,3	3,9	41,4	0,0	0,0	31,5	0,0	24,9	11,1	0,0	56,4
Kolam	0,7	9,2	96,7	0,0	0,0	0,0	36,7	58,1	0,0	0,0	105,8
											162,2
Surjan	0,4	5,2	55,3	0,0	0,0	36,8	0,0	33,2	9,5	0,0	70,0
Kolam	0,6	7,8	82,9	0,0	0,0	0,0	31,4	49,8	0,0	0,0	90,7
											160,7
Surjan	0,5	6,5	69,1	0,0	0,0	42,0	0,0	41,5	7,9	0,0	83,5
Kolam	0,5	6,5	69,1	0,0	0,0	0,0	26,2	41,5	0,0	0,0	75,6
											159,1
Surjan	0,6	7,8	82,9	0,0	0,0	47,2	0,0	49,8	6,3	0,0	97,0
Kolam	0,4	5,2	55,3	0,0	0,0	0,0	21,0	33,2	0,0	0,0	60,5
											157,5
Surjan	0,7	9,2	96,7	0,0	0,0	52,5	0,0	58,1	4,7	0,0	110,6
Kolam	0,3	3,9	41,4	0,0	0,0	0,0	15,7	24,9	0,0	0,0	45,4
											156,0

Keterangan: IN1 = air hujan, IN2 = air sungai, IN3 = pupuk, IN4 = pakan, OUT1 = hasil tanaman, OUT2 = hasil ikan, OUT3 = air drainase, IF1 = aliran internal lumpur kolam, dan IF2 = residu tanaman.

Berdasarkan prinsip keberlanjutan dan potensi aliran N, beberapa skenario pengelolaan lahan sistem agro-aquakultur dapat disusun. Tabel 2 menggambarkan sistem masukan-keluaran pada sistem agro-aquakultur dengan beberapa skenario perbandingan luas surjan dan luas kolam. Pada setiap skenario diperlihatkan potensi sistem untuk menyediakan hara N bagi produksi biomassa (tanaman dan ikan). Sebagai contoh, pada rasio luas lahan surjan dan kolam 3:7 tersedia hara N sebesar masing-masing 31,5 dan 36,7 kg N selama periode pengamatan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa agroekosistem lahan rawa pasang surut memiliki kemampuan sendiri untuk mensuplai hara bagi produksi biomassa. Hal ini menyiratkan bahwa produksi biomassa di lahan rawa pasang surut tidak selalu membutuhkan pemupukan (pemberian pupuk dari luar), tetapi cukup mengoptimalkan aliran hara secara internal. Sejalan dengan hal ini, De Jager *et al.* (2001) melaporkan bahwa sistem pertanian dengan masukan eksternal rendah (*low external input agriculture*) mampu memeliharan tingkat kesuburan tanah-tanah pertanian dibandingkan dengan sistem pertanian konvensional. Pendekatan seperti ini lebih menjamin keberlanjutan sistem usahatani di lahan rawa pasang surut.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan hasil analisis disimpulkan dan direkomendasikan bahwa sistem pertanian terpadu di lahan rawa pasang surut, yang biasanya ditanami jeruk di bagian surjan dan padi pada bagian tabukan atau dibuat kolam ikan, menyiratkan adanya potensi aliran N-

anorganik antar subsistem usahatani dan antar-komponen di dalam sistem tersebut. Potensi aliran dalam sistem tersebut dapat dipertimbangkan untuk menyusun strategi pemupukan pada agroekosistem lahan rawa pasang surut.

DAFTAR PUSTAKA

Aulia, R. 2009. Dinamika kation basa pada surjan di lahan rawa pasang surut Kecamatan Cerbon Kabupaten Barito Kuala. *Skripsi*. Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru.

De Jager, A., D. Onduru, M.S. van Wijk, J. Vlaming and G.N. Gachini. 2001. Assessing sustainability of low-external-input farm management systems with the nutrient monitoring approach: a case study in Kenya. *Agricultural Systems* 69: 99-118.

Erna. 2012. Pengaruh pemberian bahan organic in situ terhadap ketersediaan nitrogen dan pertumbuhan padi varietas Margasari pada saat pasang besar. *Skripsi*. Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru.

Erniawati. 2012. Kapasitas N-anorganik sub sistem surjan pada sistem usahatani di lahan rawa pasang surut. *Skripsi*. Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru.

Folmer, E.C.R., P.M.H. Geurts and J.R. Francisco. 1998. Assessment of soil fertility depletion in Mozambique. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 71: 159-167.

Kurnain, A., B.J. Priatmadi, R. Chandrawidjaja, T. Hidayat dan M. Agus. 2008. Konsep pengembangan rawa pasang surut untuk pertanian. *Dalam* Prosiding Seminar Nasional Rawa: Teknik Pengembangan Sumber Daya Rawa, Revitalisasi Pengelolaan dan Pengembangan Rawa. Dilaksanakan pada tanggal 4 Agustus 2008 di Banjarmasin. Universitas Lambung Mangkurat, hal: 51-66.

Notohadiprawiro, T. 1986. *Tanah Estuarin*: *Watak, Sifat, Kelakuan dan Kesuburannya*. Ghalia Indonesia, Jakarta.

Shepherd, K.D. and M.J. Soule. 1998. Soil fertility management in west Kenya: dynamic simulation of productivity, profitability and sustainability at different resource endowment levels. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 71: 131-145.

Smaling, E.M.A., I.O. Fresco and A. De Jager. 1996. Classifying, monitoring and improving soil nutrient stocks and flows in African agriculture. *Ambio* 25: 492-496.

Reorientasi Daur Tebang Tegakan Jati untuk Meningkatkan Simpanan Air dan Menekan Degradasi Lahan

35

Kemal Wijaya dan B. Wisnu Widjajani

Fakultas Pertanian UPN "Veteran" Jawa Timur, Jl. Raya Rungkut Madya Gunung Anyar, Surabaya

Abstrak. Mengingat pentingnya nilai hutan, maka upaya pelestarian hutan wajib dilakukan apapun konsekuensi yang harus dihadapi, karena peningkatan produktivitas dan pelestarian serta perlindungan hutan mempunyai tujuan jangka panjang sehingga perlu dicari solusi yang tepat untuk mempertahankan produktivitas tegakan ataupun ekosistem hutan. Penelitian ini ditujukan untuk mengkaji daur tebang tegakan jati untuk menekan degradasi lahan dan meningkatkan simpanan air tanah. Penelitian dilakukan di hutan produksi jati di wilayah KPH Cepu Perum Perhutani Unit I Jawa Tengah. Petak percobaan dibuat pada kelompok umur (KU) tanaman jati I, II, III, IV, dan V. Pada setiap kelompok umur jati dibuat 2 (dua) petak ukur dengan ukuran masing-masing 20 m x 8 m. Pada petak pertama dibuat rorak, sedangkan petak kedua tanpa rorak. Erosi diukur dengan menghitung jumlah tanah yang hilang dari petak percobaan. Hasil penelitian menunjukkan, bahwa rata-rata curah hujan di wilayah penelitian sebesar 2189,4 mm, dengan indeks erosivitas hujan tahunan 1.544. Tanah di wilayah penelitian mempunyai indeks erodibilitas 0,24-0,31 (sedang-tinggi), bahan organik 1,70-2,20%, dan erosi diperbolehkan 16,2-19,5 t ha th^{-1}. Pada lahan tanpa rorak, erosi rata-rata tahunan sebesar 29.45 t ha th^{-1}, sedangkan pada lahan dengan rorak, erosi yang terjadi lebih kecil dari erosi diperbolehkan (15,94 t ha th^{-1}). Simpanan air dalam tanah meningkat dari 68,57 mm menjadi 55,72 mm. Untuk petak dengan perlakuan rorak, penetapan kelayakan tebang tegakan jati adalah pada daur 50 tahun, sedangkan yang tanpa rorak, sampai daur 60 tahun jati belum layak tebang karena laju erosi masih diatas erosi diperbolehkan sehingga rawan terjadinya degradasi lahan.

Kata kunci:Hutan jati, erosi, rorak.

Abstract. *The increased productivity and the preservation and protection of forests actually have a long-term goals. Therefore it is necessary to find appropriate solutions to maintain the productivity of forest tree ecosystems. This study aimed to examine the cycle of cutting teak tree to decrease land degradation and increase water depostis in the soil. The study was done in the teak forests of production in the region of KPH Cepu Perhutani Office Unit I Central Java. Plot experiment set up on teak plantation age group (AG): I, II, III, IV and V. At each age group identity was made 2 (two) plots with the size of each 20 x 8 m. In the first plot made a rorak, while the second row without the rorak. The results showed that in the land without a rorak, the average annual erosion is 29.45 t ha* yr^{-1}*, while in the land with a rorak is15.94 t ha* yr^{-1}*. Water deposit in the soil increased from 55.72 mm to 68.57 mm. For plots with a rorak treatment, determining the feasibility of harvesting teak tree is 50-year cycle, while those without rorak, up to 60-year cycle has not been feasible cutting teak because of the erosion rate is still above of the allowed erosion that cause land degradation.*

Keyword:*Teak forest, erosion.*

PENDAHULUAN

Kayu Jati mempunyai nilai ekonomi yang lebih tinggi dibanding kayu bahan industri yang lain. Namun demikian, perluasan penanaman ini ada yang dilakukan pada lahan yang kurang sesuai sehingga menekan pertumbuhan dalam kualitas hasil produksinya (Siswamartana, 2002). Penilaian hutan jati dan keberadaannya terhadap aspek sumberdaya mulai dilakukan tahun sembilan puluhan, sejak permasalahan pada hutan jati diangkat ke permukaan (Anonim, 2001).

Dewasa ini sumberdaya hutan baik hutan alam maupun hutan tanaman yang ada di hampir sebagian besar wilayah Indonesia telah mengalami penurunan fungsi secara drastis dimana hutan tidak lagi berfungsi secara maksimal sebagai akibat dari eksploitasi kepentingan manusia baik yang disengaja maupun yang tidak disengaja. Oleh karena itu penyelamatan fungsi hutan dan perlindungannya sudah saatnya menjadi tumpuan harapan bagi kelangsungan jasa produksi ataupun lingkungan untuk menjawab kebutuhan mahkluk hidup.

Salah satu fungsi hutan adalah memperkecil limpasan permukaan yang dapat menyebabkan kehilangan lapisan permukaan atau erosi. Apabila sistem tegakan jati tidak mampu meresapkan air ke dalam tanah, dan vegetasi bawah mempunyai kemampuan penutupan tanah yang rendah, maka limpasan permukaan semakin besar, sehingga pemahamam tentang erosi dapat dijadikan dasar untuk menentukan daur layak tebang agar manfaat ekologi dan ekonomi dapat tercapai.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di hutan produksi jati dalam wilayah KPH Cepu Perum Perhutani Unit I Jawa Tengah. Petak percobaan dibuat pada masing-masing kelompok umur tanaman jati: 5, 15, 25, 35 dan 45 tahun (KU I, II, III, IV dan V). Pada setiap kelompok umur jati dibuat 2 (dua) petak ukur dengan ukuran masing-masing 20 m x 8 m. Pada petak pertama dibuat rorak, sedangkan petak kedua tanpa rorak. Erosi diukur dengan menghitung jumlah tanah yang hilang dari petak percobaan. Pada bagian bawah petak ditempatkan apron untuk menampung tanah yang terbawa aliran air. Ukuran apron adalah 80 cm x 80 cm. Pengamatan laju erosi dilakukan setiap kejadian hujan. Rorak dibuat pada petak percobaan dengan ukuran: 80 cm x 40 cm x 40 cm. Air tersimpan dalam tanah diamati pada masing-masing petak ukur pada kedalaman solum (10 cm sampai dengan 60 cm).

Untuk mengetahui apakah laju erosi pada masing-masing petak percobaan mengakibatkan kerusakan tanah, maka hasil perhitungan erosi pada masing-masing petak dibandingkan dengan erosi diperbolehkan. Erosi diperbolehkan (Edp) dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Hammer, 1981), yaitu:

$$Edp = \frac{\textit{kedalaman tanah ekivalen}}{\textit{kelestarian tanah}}$$

Kedalaman tanah ekivalen diperoleh dengan mengalikan data kedalaman tanah dari hasil pengukuran di lapangan dengan faktor kedalaman yang didasarkan pada kondisi tanah yang ada di Indonesia pada kategori Sub Ordo (Tabel 1), sedangkan untuk kelestarian tanah digunakan waktu 400 th.

Tabel 1. Faktor kedalaman Ekivalen untuk 30 Sub ordo Tanah (Hammer, 1981)

No.	Kode tanah	Taksonomi tanah sub order	Faktor kedalaman
1	AQ	Aqualt	0,90
2	AD	Udalf	0,90
3	AU	Ustalf	0,90
4	EQ	Aquent	0,90
5	ER	Arent	1,00
6	EV	Fluvent	1,00
7	EO	Orthent	1,00
8	ES	Psamment	1,00
9	IN	Andept	1,00
10	IQ	Aquept	0,95
11	IT	Tropept	1,00
12	MW	Alboll	0,75
13	MQ	Aquoll	0,90
14	MR	Rendoll	0,90
15	MD	Udoll	1,00
16	MU	Ustoll	1,00
17	OQ	Aquox	0,90
18	OH	Humox	1,00
19	OO	Orthox	0,90
20	OU	Ustox	0,90
21	SQ	Aquod	0,90
22	SI	Ferrod	0,95
23	SH	Humod	1,00
24	SO	Orthod	0,95
25	UQ	Aquult	0,80
26	UH	Humult	1,00
27	UD	Udult	0,80
28	UU	Ustult	0,80
29	VD	Udert	1,00
30	VU	Uistert	1,00

Untuk menghitung Indeks erosivitas hujan (R) digunakan model persamaan yang dikembangkan oleh Bols (1978):

$$Rb = 6{,}119\ (Hb)^{1{,}21}\ (HH)^{-0{,}47}\ (H_{24})^{0{,}53}$$

Keterangan:
Rb=Indeks erosivitas hujan bulanan
Hb=curah hujan bulanan (cm bulan^{-1})
HH=jumlah hari hujan dalam bulan yang bersangkutan
H24=hujan maksimum 24 jam dalam bulan tersebut (cm)

Erodibilitas tanah ditentukan dengan nomograf erodibilitas. Untuk keperluan ini dilakukan pengamatan struktur tanah dan sifat fisik tanah, yaitu pasir kasar, pasir halus, dan debu, bahan organik dan permeabilitas.

Penutupan lahan oleh tegakan dan tumbuhan bawah dihitung untuk mengetahui laju pertumbuhan selama periode pengamatan sebagai akibat fungsi tanah dan air sebagai media tumbuh serta kontribusinya pada pengkayakan tanah dan penurunan energi hujan. Pengamatan tajuk jati dan tumbuhan bawah dilakukan pada sampel dalam petak percobaan erosi. Penutupan tajuk jati diukur dengan kertas berskala seluas 1 m^2 diatas lantai hutan di empat titik pada saat titik kulminasi. Penutupan terhadap lantai hutan oleh tumbuhan bawah dilakukan dengan kertas berskala seluas 1 m^2 sebanyak empat titik dan dipasang di bawah tumbuhan jenis semak.

Selanjutnya, untuk mengetahui keeratan hubungan antar variabel pengamatan maka digunakan uji regresi dan korelasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Erosivitas hujan

Rata-rata curah hujan tahunan di daerah penelitian selama 5 tahun terakhir (sampai dengan tahun 2009) adalah 2189,4 mm. Menurut Hudson (1981), rata-rata hujan yang mampu menimbulkan erosi untuk daerah tropis pertahun adalah 600 mm jam^{-1}, maka dapat dikatakan, bahwa hujan di daerah penelitian, mempunyai kemampuan untuk menimbulkan erosi. Hasil perhitungan diperoleh bahwa rata-rata indeks erosivitas hujan tahunan di daerah penelitian adalah 1.544. Menurut Utomo (1994), nilai indeks erosivitas hujan tahunan ≥1.500 atau 400 untuk setiap bulannya, mempunyai kemampuan untuk menimbulkan erosi. Keadaan ini menunjukkan bahwa di daerah penelitian sudah termasuk daerah yang berpotensi terjadinya erosi tanah.

Tanah dan erodibilitas tanah

Berdasarkan hasil pengamatan beberapa sifat tanah dengan menggunakan nomograf dapat diperoleh indeks erodibilitas pada setiap umur jati (Tabel 2).

Tabel 2. Sifat fisik tanah dan indeks erodibilitas tanah (K) di lokasi percobaan

No.	Kelompok umur jati	Indeks erodibilitas	Bahan organik (%)	Permeabilitas (cm j^{-1})	Tekstur tanah
1	5 tahun	0,31	1,70	0,78	*clay loam*
2	15 tahun	0,30	1,82	0,96	*clay loam*
3	25 tahun	0,32	1,02	0,98	*clay*
4	35 tahun	0,29	2,07	0,97	*clay*
5	45 tahun	0,24	2,20	1,05	*clay*

Erodibilitas tanah di daerah penelitian termasuk kategori sedang-tinggi, hal ini menunjukkan bahwa tanah di daerah penelitian peka terhadap erosi. Kepekaan tanah terhadap laju erosi selain dipengaruhi oleh karakteristik tanah, juga ditentukan oleh kandungan bahan organik tanah. Semakin tinggi bahan organik dalam tanah memungkinkan terbentuknya agregat yang mantap melalui proses pengikatan (sementasi) agregat oleh bahan organik. Pada KU IV dan V terjadi penurunan indeks erodibilitas tanah, karena terjadi pengkayaan tanah yang berasal dari peningkatan masukan biomassa tegakan jati dan tumbuhan bawah. Masukan biomassa pada lantai hutan ini akan meningkatkan stabilitas agregat dan melindungi tanah dari energi air hujan, sehingga terjadi penurunan indeks erodibilitas tanah.

Tumbuhan bawah

Hasil inventarisasi penutupan tajuk dan tumbuhan bawah disajikan pada Tabel 3. Pengamatan vegetasi, baik tegakan jati maupun tumbuhan bawah dimaksudkan untuk mengetahui tingkat penutupan tanaman terhadap tanah di setiap kelompok umur.

Tabel 3. Penutupan lahan oleh tegakan jati dan tumbuhan bawah di lokasi percobaan

No.	Kelompok umur jati	Penutupan lahan	
		Tegakan jati (%)	Tumbuhan bawah (%)
1	5 tahun	40	70
2	15 tahun	50	60
3	25 tahun	60	60
4	35 tahun	70	70
5	45 tahun	70	80

Penutupan tajuk jati pada saat penelitian menunjukkan kondisi yang cukup tinggi. Kondisi ini terjadi karena pada saat penelitian berlangsung, masih terdapat hujan di wilayah penelitian. Pada ekosistem tegakan jati, di antara pohon tampaknya masih memungkinkan tumbuhnya semak dan perdu (tumbuhan bawah). Penutupan lahan oleh tumbuhan bawah pada berbagai umur jati berkisar antara 60%-70%. Kondisi ini sangat mendukung dalam pengendalian laju erosi.

Erosi pada berbagai umur jati

Hasil pengukuran erosi pada berbagai umur jati menunjukkan penurunan, semakin tua umur jati menunjukkan laju erosi semakin menurun. Peranan tanaman dalam pengendalian erosi terjadi melalui penurunan besarnya energi kinetik air hujan yang sampai pada permukaan tanah melalui intersepsi air hujan. Pada saat yang sama, dengan adanya semak, perdu dan litter yang berada di lantai hutan menurunkan volume dan kecepatan limpasan, yang pada akhirnya menurunkan besarnya erosi.

Tabel 4. Laju erosi pada berbagai kelompok umur (KU) jati

Kelompok umur jati	Erosi (t ha th^{-1})*)		Efektivitas
	Tanpa rorak	Rorak	(%)
5 tahun	56,20	26,21	53
15 tahun	36,27	19,07	47
25 tahun	25,18	14,63	42
35 tahun	17,48	11,22	36
45 tahun	12,13	8,61	29
Jumlah	147,26	79,74	
Rerata	29,45	15.95	46

Keterangan: *) angka sudah dikonversi dengan faktor kelerengan

Efektivitas menyatakan tingkat keberhasilan adanya rorak dalam mengurangi erosi bila dibandingkan dengan tanpa dibuat rorak pada tiap-tiap kelompok umur jati. Efektivitas rorak dalam menurunkan tingkat erosi dihitung dengan persamaan:

$$. (e_{tr} - e_r)/e_{tr} \times 100\%$$

Keterangan:
e_{tr}:tingkat erosi tanah tanpa membuat rorak;
e_r:tingkat erosi tanah dengan membuat rorak

Pada tegakan muda, jarak tanam yang ada belum memungkinkan bertemunya tajuk antar pohon. Keadaan ini mengakibatkan adanya ruang terbuka diantara tegakan sehingga air hujan secara langsung menghantam permukaan tanah, apabila tanah dalam keadaan terbuka tanpa tanaman atau semak maka tanah akan mudah terdispersi sehingga erosi menjadi besar. Disamping itu, pada tanaman muda diameter batangnya kecil dengan permukaan licin sehingga membentuk bidang luncur yang besar.

Dengan bertambahnya umur tanaman, laju pertumbuhan tanaman mengakibatkan bertambahnya organ-organ tanaman sehingga volumenya bertambah. Tanaman jati mempunyai luas bidang intersep sedemikian rupa sehingga meningkatkan intersepsi sejalan bertambahnya umur tanaman. Namun pada KU V, kemampuan tanaman mengintersepsi air hujan menjadi menurun, karena jumlah individu daun yang terbentuk

disetiap ranting mulai menurun serta luas individu daun juga menurun, sehingga memungkinkan terjadinya hujan lolos tajuk sekalipun luas tajuk mencapai maksimum.

Pengaruh rorak dalam mengendalikan laju erosi terjadi melalui penangkapan sedimen melalui lubang-lubang rorak. Sedimen yang terbawa oleh aliran permukaan tertangkap oleh rorak dan mengendap di dalam lubang tersebut, sehingga mengurangi jumlah sedimen yang terukur. Efektivitas rorak berbeda di setiap kelompok umur, semakin bertambah umur tegakan maka efektivitas rorak semakin meningkat, yaitu berturut-turut mulai KU I sampai KU V adalah 53%, 47%, 42%, 36%, dan 29%. Nampaknya peningkatan efektivitas rorak dengan semakin bertambahnya umur tegakan merupakan pengaruh simultan dari pengurangan energi kinetik air hujan dengan adanya intersepsi oleh tegakan dan tumbuhan bawah, serta pengurangan volume dan kecepatan aliran air di permukaan tanah sebagai akibat peningkatan kekasaran lantai hutan.

Apabila dibandingkan dengan nilai erosi diperbolehkan (16,92 t ha th^{-1}), maka laju erosi di wilayah penelitian pada KU I sampai dengan IV (sampai dengan umur tegakan 35 tahun) termasuk erosi dipercepat. Tetapi pada petak yang dilengkapi dengan rorak maka laju erosi dipercepat hanya terdapat pada KU I dan II. Hal ini menunjukkan bahwa tindakan konservasi seperti rorak sangat berfungsi mengendalikan laju erosi.

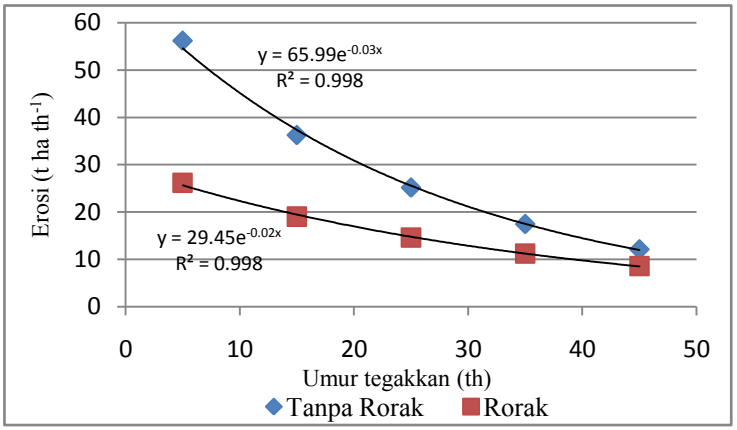
Pengaruh jenis tanah terhadap laju erosi dinyatakan dengan kepekaan tanah terhadap erosi, yang ditunjukkan dengan nilai erodibilitas tanah (Tabel 2). Dari nilai tersebut diketahui bahwa KU III dengan jenis tanah Entisol mempunyai nilai erodibilitas tertinggi, yang artinya adalah paling mudah tererosi. Setelah dilakukan analisis, menunjukkan bahwa interaksi antara umur tegakan dan rorak diperoleh: (1) peningkatan umur tegakan menurunkan erosi pada petak yang diperlakukan dengan rorak dan tanpa rorak, (2) perlakuan rorak menurunkan erosi pada berbagai umur tanaman. Untuk mengetahui hubungan kedua faktor, yaitu umur jati dan rorak terhadap erosi diperoleh persamaan:

$$Y = 48.19 - 0{,}75\ x_1 - 13.50\ x_2\ (R^2 = 0.84)$$

Keterangan:
x_1 = umur tegakan jati
x_2 = rorak

Persamaan di atas menunjukkan bahwa ternyata pada penelitian ini, laju erosi lebih ditentukan oleh perlakuan/tindakan konservasi tanah, seperti rorak.

Hasil pengukuran erosi menunjukkan penurunan sejalan dengan peningkatan umur tegakan dan perlakuan rorak.



Gambar 1. Hubungan antara umur tegakan jati (th) dengan erosi (t ha th^{-1})

Peranan tanaman dalam pengendalian erosi terjadi melalui penurunan besarnya energi air hujan yang sampai pada permukaan tanah melalui intersepsi dan aliran batang pohon. Tinggi tanaman sangat menentukan besarnya energi air hujan yang jatuh melalui tajuk daunnya. Hujan yang jatuh dari ketinggian 7 meter masih mempunyai kecepatan jatuh lebih dari 90% kecepatan semula (Morgan, 1986). Pada kondisi tersebut, sebenarnya pengendalian erosi tidak dilakukan oleh tegakan jati, melainkan oleh tanaman bawah. Pada KU IV dan V, dimana tanaman bawah cukup menutup lantai hutan, maka pada kondisi ini terjadi peningkatan kekasaran permukaan lantai hutan sehingga menurunkan erosi melalui perlindungan terhadap energi kinetik air hujan dan pada saat yang sama, dengan adanya tanaman bawah, semak dan litter yang berada di lantai hutan menurunkan volume air dan kecepatan limpasan permukaan.

Apabila dilihat dari persamaan di atas, maka peranan tanaman masih lebih kecil jika dibanding dengan peranan rorak. Dalam hal ini, rorak berfungsi menampung limpasan permukaan, sehingga memberi kesempatan infiltrasi air ke dalam tanah lebih besar. Pada saat yang sama, laju erosi menurun karena sedimen yang terbawa oleh limpasan akan tertangkap ke dalam rorak. Nampaknya perangkap sedimen lebih efektif mengendalikan erosi dibanding peranan tanaman.

Kelayakan tebang jati

Penentuan umur tebang yang memenuhi azas kelestarian tidak didasarkan pada nilai erosi pada umur yang bersangkutan, melainkan didasarkan pada nilai erosi rata-rata pada satu daur pertumbuhan jati. Untuk itu dikembangkan model penduga erosi total pada berbagai umur dan kemiringan lereng berdasarkan persamaan:

$$En = \int_{z}^{n} A\, e^{bn}$$

Keterangan:
En =Erosi tahun ke-n
N =umur tanaman (tahun)
A dan b =bilangan konstanta yang diperoleh dari data penelitian

Berdasarkan persamaan tersebut, maka pada setiap kelompok umur jati dapat dihitung total erosi dan rata-rata laju erosi selama daur tanaman jati pada petak percobaan sebagaimana disajikan pada Tabel 4. Laju erosi yang dapat dibiarkan pada petak tanpa rorak baru dicapai mulai KU V, sedangkan pada perlakuan rorak, erosi diperbolehkan dijumpai pada KU III. Laju erosi pada setiap KU tersebut dapat digunakan sebagai dasar menghitung kehilangan tanah dan atau menentukan tindakan pengelolaan lahan, termasuk penentuan tindakan konservasi tanah dan air. Namun untuk penentuan kelayakan tebang jati didasarkan pada data rata-rata erosi pada setiap daurnya.

Berdasarkan rata-rata laju erosi selama daur jati, dapat diketahui bahwa pada petak tanpa rorak, sampai daur 60 tahun laju erosi lebih besar daripada erosi diperbolehkan (16,92 t ha th^{-1}). Rata-rata laju erosi pada perlakuan rorak yang lebih kecil daripada erosi diperbolehkan adalah pada daur 60. Hal ini berarti bahwa pada petak tanpa perlakuan rorak, sampai umur 60 tahun tegakan jati belum termasuk layak untuk ditebang. Namun pada petak dengan perlakuan rorak, kelayakan tebang tegakan jati adalah pada umur 60 tahun. Jika jati ditebang pada daur, dimana rata-rata laju erosinya lebih kecil dari erosi diperbolehkan, maka diharapkan tidak akan mengakibatkan kerusakan tanah atau sudah memenuhi azas kelestarian.

Tabel 5. Total dan rata-rata erosi dugaan selama daur jati

Daur	Total erosi (t ha^{-1}) selama daur		Rata-rata erosi (t ha^{-1}) selama daur	
(tahun)	Tanpa rorak	Dengan rorak	Tanpa rorak	Dengan rorak
10	630,54	284,60	63,05	28,46
20	1068,26	502,94	53,41	25,15
30	1372,12	670,46	45,74	22,35
40	1583,07	798,98	39,58	19,97
50	1729,50	897,58	34,59	17,95
60	1831,15	973,22	30,52	16,22

Simpanan air dalam tanah

Hasil pengamatan besarnya simpanan air dalam tanah pada wilayah penelitian disajikan pada Tabel 6. Besarnya air tersimpan dalam tanah sejalan dengan peningkatan umur tegakan jati semakin bertambahnya umur jati maka terjadi perubahan pada lingkungan tempat tumbuhnya.

Tabel 6. Simpanan air dalam tanah pada berbagai kelompok umur (KU) jati

Kelompok umur jati	Simpanan air dalam tanah (mm)		Efektivitas (%)
	Tanpa rorak	Rorak	
5 tahun	49,21	54,74	11
15 tahun	50,40	71,33	42
25 tahun	34,11	61,67	81
35 tahun	68,36	73,27	7
45 tahun	76,54	81,86	7
Jumlah	278,62	342,87	
Rerata	55,72	68,57	23

Efektivitas menyatakan tingkat keberhasilan menyimpan air dalam tanah dengan rorak dibandingan dengan tanpa rorak. Efektivitas rorak dalam meningkatkan simpanan air dalam tanah dihitung dengan persamaan:

$$(S_r - S_{tr})/S_r \times 100\%$$

Keterangan:
S_r:simpanan air dalam tanah tanpa rorak
S_{tr}:simpanan air tanah dengan rorak

Pada KU I (5 tahun), tanaman bawah berupa rumput dan sebagian kecil semak, dan penutupan tajuk jati masih relatif rendah. Pada kondisi ini, kemampuan menyimpan air masih rendah, karena kondisi lahan relatif terbuka sehingga proses evapotranspirasi tinggi, dan akibatnya air yang tersimpan dalam tanah sedikit.

Pada kelompok umur yang lebih besar, air yang tersimpan semakin besar karena pada tegakan yang berumur lebih tua terjadi perubahan kondisi tanaman bawah tegakan jati. Tanaman bawah sudah mulai didominasi oleh semak yang lebih tinggi (sampai dengan $\pm$1 m) sehingga kelembaban lantai hutan lebih tinggi, disamping itu proses evapotranspirasi lebih rendah. Meningkatnya kelembaban tanah dan bertambahnya masukan biomassa mengakibatkan terjadinya peningkatan bahan organik ke dalam tanah sehingga kemampuan tanah menyimpan air juga meningkat.

Pada perlakuan rorak, peningkatan simpanan air meningkat pada semua kelompok umur. Rorak berfungsi selain untuk menangkap sedimen, juga meningkatkan infiltrasi tanah karena berkurangnya kecepatan aliran permukaan. Air yang mengalir di atas permukaan tanah akan masuk ke dalam rorak, sehingga mempunyai cukup waktu untuk masuk ke dalam lapisan tanah yang lebih dalam.

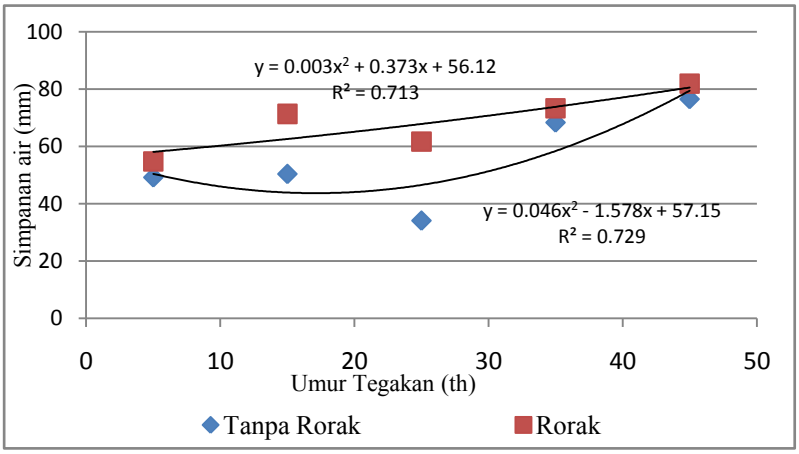
Efektivitas rorak pada KU III paling tinggi dibanding pada KU yang lain. Hal ini disebabkan pada KU III dengan jenis tanah Entisol (Litosol) mempunyai kemampuan menyimpan air rendah, sehingga dengan adanya rorak dapat memberi kesempatan infiltrasi lebih lama dan memberi kesempatan air masuk ke dalam tanah lebih banyak.

Pada KU IV dan V, efektivitas rorak menurun disebabkan kondisi tanah dan tanaman sudah memungkinkan terjadinya perlindungan terhadap tanah dan air sehingga

perlakuan rorak nampak kurang efektif dibanding kelompok umur yang lebih muda. Untuk mengetahui hubungan umur jati dan rorak, terhadap simpanan air dalam tanah maka dilakukan hal yang sama dengan parameter erosi, dan diperoleh persamaan linier:

$$Y = 39.624 + 0.64\ x_1 + 12.85\ x_2\ (R^2 = 0.62,\ F_{hitung}: 22{,}272 > F_{tabel}: 0{,}00048)$$

Keterangan:
Y = simpanan air tanah (mm)
x_1 = umur tegakan jati
x_2 = rorak



Gambar 2. Hubungan antara umur tegakan jati (th) dengan simpanan air tanah (mm)

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa peningkatan umur jati dan perlakuan rorak berpengaruh terhadap meningkatnya simpanan air dalam tanah, namun pengaruh umur tegakan jati lebih kecil dibanding rorak, (koefisien regresi umur jati < rorak). Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa peningkatan umur tegakan jati menciptakan kondisi lingkungan yang baik di bawah tegakan jati sehingga mampu meningkatkan simpanan air tanah melalui pengurangan kehilangan air sebagai limpasan permukaan, peranan rorak sendiri lebih besar dibandingkan umur tanaman, yaitu karena kemampuannya menangkap limpasan dan memberi kesempatan air lebih lama untuk masuk ke lapisan tanah yang lebih dalam.

KESIMPULAN

1. Erosi rata-rata tahunan yang terjadi di bawah tegakan jati adalah 29,45 t ha th^{-1} lebih tinggi dari erosi diperbolehkan (16,92 t ha th^{-1}). Sedangkan pada lahan yang terdapat rorak sekitar 15,94 t ha th^{-1}, lebih rendah dari erosi diperbolehkan.
2. Penetapan kelayakan tebang tegakan jati didasarkan pada rata-rata laju erosi selama daur. Mengacu pada besarnya erosi diperbolehkan (Edp), maka tegakan jati pada petak percobaan yang diperlakukan dengan rorak, layak tebang dijumpai pada daur 50 tahun. Sedangkan pada petak percobaan yang tanpa rorak, sampai daur 60 tahun jati belum layak tebang karena laju erosi masih diatas erosi diperbolehkan sehingga rawan terjadinya degradasi lahan.
3. Pembuatan rorak efektif dalam mengendalikan laju erosi dan meningkatkan simpanan air dalam tanah, dimana rata-rata laju erosi turun sebesar 46%, yaitu dari 29,45 ton ha th^{-1} menjadi 15,95 t ha th^{-1}, sedangkan rata-rata simpanan air dalam tanah meningkat sebesar 23%, dari 55,72 mm menjadi 68,57 mm.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2001. Studi Pengaruh Pengelolaan Hutan Jati terhadap Erosi dan Tata Air**.** BPPTP DAS IBB-Pusat Pengembangan Sumberdaya Hutan Cepu. PT. Perhutani.

Bols, P.L. 1978. The Iso-Erodent Map of Java and Madura. Soil Research Institute, Bogor, Indonesia

Hammer, W.I. 1981. Second Soil Conservation Consultant Report. AGOF/INSI78/006. Technical Note No. 10. Ministry of Agriculture G.O.I./UNDP and FAO.

Hudson, N.W., 1981. Soil Conservation, Second Edition. Cornell University Press. New York.

Utomo, W.H. 1994. Erosi dan Konservasi Tanah. Penerbit IKIP Malang.

Siswamartana, S. 2002. Penanaman Jati plus Perhutani (JPP). Warta Pusbanghut. Pusat Pengembangan Kehutanan Cepu 4 (01): 2-3.

Morgan, R.P.C. 1986. Soil Erosion and Conservation. Loongman Scientific and Technical. Hong Kong. 298 p.

Adopsi Teknologi Pemupukan dan Penerapannya di Tingkat Petani Padi

36

Widyantoro dan Sarlan Abdulrachman

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Besar Penelitian Tanaman Padi
Jalan Raya 9 Sukamandi, Subang 41256 Telp.0260.520157; Fax.0260.520158. email: widyantoro712@yahoo.co.id

Abstrak. Kegiatan penelitian dilakukan untuk menggali tingkat adopsi teknologi pemupukan padi tingkat petani di sejumlah wilayah sentra produksi padi di Yogyakarta dan Jawa Tengah. Untuk menggali informasi digunakan metode survei, pemilihan lokasi secara sengaja (purposive sampling), dan pengambilan sampel responden digunakan metode acak sederhana dengan jumlah responden 80 petani. Tujuan penelitian adalah untuk mendapatkan informasi adopsi teknologi pemupukan dan penerapannya di tingkat petani. Hasil survei menginformasikan bahwa pengetahuan petani tentang pupuk dan cara pengelolaannya rata-rata sudah dimengerti manfaatnya dan bisa mengikuti teknologi pemupukan yang dianjurkan, namun demikian, petani belum bisa memanfaatkan teknologi pemupukan yang efisien. Penggunaan pupuk organik (pupuk kandang) di tingkat petani masih terbatas pada wilayah-wilayah yang petaninya memiliki budaya berternak sapi, sedangkan petani yang tidak mempunyai budaya berternak sapi mengandalkan pupuk organik granule/kemasan. Petani padi mampu menyisihkan modal untuk membeli pupuk namun ketersediaan pupuk terutama urea bersubsidi tidak bisa dipastikan ada di kios sarana produksi terutama pada awal musim tanam maupun saat pemupukan.

Kata kunci:Adopsi, teknologi, pengelolaan, pupuk.

Abstract. *The research was a part of a main research titled improvement of technology components and land water crop organism management. The research aimed to examine farmer's level adoption of technologies especially on fertilizer technologies. The research was done at some center of rice production areas represent Yogyakarta and Central Java. The descriptive analysis method was used and survey by questionnaire used to collecting data. Survey concluded technology advertisement has focused on technique and capital. Culture aspect (organization and dissemination etc) and components synergism haven't got enough attention. Culture closely related to the perception and internal motivation that influenced farmers behavior in adopting new technology. An improvement in dissemination management is needed to overcome the problem.*

Keywords: *Adoption, technology, management, fertilizer.*

PENDAHULUAN

Lahan sawah masih merupakan tulang punggung pengadaan produksi padi nasional. Namun demikian, tingkat produksi padi di lahan sawah masih bervariasi antarlokasi dan antar-musim tanam dengan kisaran 5-8 ton GKP ha^{-1} dengan rata-rata produksi 4,9 t ha^{-1} GKG (BPS, 2010). Hal ini antara lain disebabkan oleh tidak tepatnya waktu, cara, jenis dan takaran pemberian pupuk yang digunakan. Pengelolaan hara spesifik lokasi, merupakan suatu upaya untuk mewujudkan penyediaan hara bagi tanaman secara tepat sesuai dengan kebutuhannya, baik dalam hal jumlah maupun waktu. Cara tersebut digambarkan dalam pendekatan prescription farming yang mempertimbangkan kebutuhan hara tanaman, kondisi tanah atau kapasitas tanah dalam menyediakan hara bagi tanaman, serta intensitas radiasi surya atau musim yang membangkitkan kebutuhan hara tanaman (Makarim *et al*. 1999, Makarim *et al*. 2000, dan Dobermann A., dan T. Fairhurst., 2000).

Diperkirakan bagian tersulit dalam usaha memperkenalkan program, konsep ataupun rekomendasi kepada berbagai pihak adalah mencari teknik diseminasi terbaik agar berbagai pihak terkait cepat meyakini manfaatnya. Usaha intensifikasi padi menggunakan teknologi pemupukan diharapkan dapat diadopsi sebagai bagian dari komponen pengelolaan tanaman terpadu (PTT) yang sedang digalakkan oleh pemerintah dalam upaya untuk mendongkrak produksi padi nasional. Laporan tim peneliti dari perwakilan IRRI di Indonesia dalam Sembiring *et al.* 2008 tentang rendahnya pengetahuan dan pemahaman dalam menggunakan bagan warna daun (BWD) oleh petani di lokasi yang semula dijadikan wilayah demonstrasi PTT merupakan gambaran bahwa perkembangan teknologi masih berada di tingkat permukaan.

Adanya senjang dosis pemupukan yang cukup tinggi antara yang digunakan petani dan anjuran pemupukan (rekomendasi) dari pemerintah merupakan suatu indikator bahwa tingkat adopsi teknologi pemupukan petani relatif masih rendah. Menurut Manwan dan Oka dalam Bachrein *et al.* (1993) terdapat aspek yang harus terkait agar suatu teknologi dapat diadopsi oleh petani, antara lain: (1) teknologi yang dapat memecahkan permasalahan petani, (2) partisipasi petani itu sendiri, (3) dukungan dari lembaga terkait, dan (4) ada kebijakan dari pemerintah. Lebih jauh Manwan *et al.* (1990), mengemukakan terdapat beberapa hal yang mempengaruhi adopsi teknologi antara lain: kualitas dan kesesuaian teknologi, efektivitas penyuluhan, motivasi pengguna teknologi, adanya faktor pendukung lain seperti kebijakan terhadap input, pasar dan harga produksi. Beberapa faktor yang mempengaruhi kecepatan adopsi inovasi meliputi: luas lahan usahatani, tingkat pendapatan, keberanian mengambil resiko, umur, tingkat partisipasi dalam kelompok atau organisasi di luar lingkungannya, aktivitas mencari informasi ide-ide baru dan sumber informasi yang digunakan. Hal senada juga dikemukakan Slamet (1978), yang mengatakan beberapa faktor yang berpengaruh terhadap proses adopsi inovasi antara lain:

umur, pendidikan, status sosial ekonomi, pola hubungan (kosmopolit atau lokalit), keberanian mengambil resiko, sikap terhadap perubahan dan motivasi.

Penyebaran inovasi dalam sistem penyuluhan utamanya di Indonesia masih memegang peranan cukup penting yang tidak terlepas dari peran ketua kelompoknya. Dengan demikian, ketua kelompok tani dapat mengambil sikap, arah pikiran, serta tingkah laku anggotanya dan dapat mempercepat atau memperlambat proses adopsi inovasi.

Belajar dari proses litkaji dan difusi teknologi di masyarakat petani, maka dipandang perlu untuk mengumpulkan informasi yang terkait dengan program intensifikasi padi termasuk penggunaan pupuk dan umpan baliknya. Tujuan penelitian adalah untuk mendapatkan informasi adopsi teknologi pemupukan dan penerapannya di tingkat petani.

METODE PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian menggunakan metode survei pada bulan Oktober/November 2009, saat petani sedang membutuhkan banyak pupuk serta adanya issue sulitnya mencari pupuk. Penentuan lokasi penelitian dilakukan secara sengaja (*purposive sampling*), yaitu di Kabupaten Bantul dan Sleman (DIY) dan di Kabupaten Sukoharjo dan Sragen (Jawa Tengah). Dengan cara yang sama kemudian ditentukan lokasi kecamatan dan desa dengan memperhatikan lokasi yang dipilih merupakan wilayah sasaran pengembangan padi yang diduga terdapat permasalahan penyaluran pupuk (Tabel 1).

Pengambilan sampel responden (petani) dilakukan secara acak sederhana (*simple random sampling*) dan jumlah responden yang diambil ditetapkan secara quota sampling sebanyak 80 responden. Data yang dikumpulkan meliputi data identitas petani, perilaku pemupukan padi, dan input-output usahatani padi. Data yang terkumpul kemudian ditabulasi dan dianalisis secara deskriptif serta disajikan dalam tabel silang sederhana.

Tabel 1. Lokasi penelitian dan jumlah responden, Tahun 2009

Kabupaten	Kecamatan	Desa	Jumlah petani(orang)
Bantul	Sedayu	Argosari	10
		Argorejo	10
Sleman	Minggir	Sendangmulyo	10
		Sendangarum	10
Sukoharjo	Gatak	Trosemi	10
		Palur	10
Sragen	Masaran	Kliwonan	10
		Sidodadi	10
Jumlah	4	8	80

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identitas petani

Umur merupakan salah satu indikator yang sangat penting dalam hubungannya dengan seberapa besar suatu usahatani dikelola dengan baik, sedangkan tingkat pendidikan formal petani terkait dengan kualitas sumberdaya manusia. Di dalam penelitian tingkat pendidikan formal petani di ukur dalam tahun sukses lamanya pendidikan formal yang pernah ditempuh petani.

Rata-rata umur petani responden adalah 61,0 tahun dengan tingkat pendidikan 8,0 tahun atau setara SLTP kelas 2. Rata-rata luas lahan sawah garapan petani adalah 0,44 ha dengan status lahan garapan 69,7% milik, 16,05% sewa, dan 14,25% maro (Tabel 2). Rata-rata luas lahan garapan di Bantul-Sleman dan Sukoharjo-Sragen 0,34 ha, ini mengindikasikan penduduk di kedua lokasi tersebut sangat padat.

Tabel 2. Rata-rata umur, pendidikan, luas lahan sawah dan status lahan garapan, 2009

Uraian	Bantul dan Sleman	Sukoharjo dan Sragen	Rata-rata
1. Umur (th)	62	60	61,0
2. Pendidikan (th)	8	8	8,0
3. Luas lahan (ha)	0,30	0,38	0,34
4. Status lahan:			
• Milik (%)	62,3	77,1	69,7
• Sewa (%)	26,4	5,7	16,05
• Maro (%)	11,3	17,2	14,25

Sumber: Data primer terolah, 2009.

Karakteristik usahatani

Rata-rata jumlah benih yang digunakan petani adalah 29,0 kg ha^{-1}, jauh lebih tinggi dari jumlah benih yang direkomendasikan untuk padi sawah, sedangkan varietas padi yang paling banyak ditanam petani adalah Ciherang (50,45%), kemudian berturut-turut diikuti oleh varietas IR-64 (33,1%), lokal unggul (Rojolele, Mentik Wangi) sebesar 5,7% dan lain-lain (Inpari, Cibogo, Mekongga, Membramo) sebesar 10,8% (Tabel 3). Hasil ini sejalan dengan penelitian Ruskandar, *et al.* 2007 yang mengatakan bahwa penyebaran varietas padi Ciherang telah mendominasi pertanaman padi di Indonesia dan menggeser dominasi varietas IR-64. Beberapa alasan petani yang dapat dihimpun secara singkat dapat dikemukakan bahwa benih varietas Ciherang mudah didapat di pasaran/kios saprodi dan dalam jumlah yang banyak bila dibanding dengan varietas lain. Selain itu produktivitas varietas ini dianggap paling tinggi serta mudah menjual hasil gabahnya.

Tabel 3. Rata-rata penggunaan benih, varietas dan pola tanam setahun, MK 2009

Uraian	Bantul dan Sleman	Sukoharjo dan Sragen	Rata-rata
1. Jumlah benih (kg.ha^{-1})	30	28	29,0
2. Varietas padi (%)			
• Ciherang	48,5	52,4	50,45
• IR-64	34,8	31,4	33,1
• Lokal unggul	5,5	5,8	5,7
• Lainnya	11,2	10,4	10,8
3. Pola tanam setahun (%)			
• Padi-padi-padi	40,0	70,0	55,0
• Padi-padi-palawija	55,0	20,0	37,5
• Padi-padi-bera	5,0	10,0	7,5

Sumber: Data primer terolah, 2009.

Rata-rata penggunaan pupuk anorganik yang digunakan petani adalah 240 kg.ha-1 Urea, 112 kg ha^{-1} SP18, 178 kg ha^{-1} pupuk majemuk NPK (Ponska), dan 65 kg ha^{-1} ZA ditambah dengan pupuk organik granule (POG) sebanyak 193 kg ha^{-1} dan 1,4 t ha^{-1} pupuk kandang (Tabel 4). Petani di Bantul dan Sleman serta di Sukoharjo dan Sragen memiliki budaya memelihara hewan ternak, dan pengetahuan para petani di daerah ini tentang kegunaan kotoran hewan sebagai pupuk organik sudah petani kenal sejak lama. Para petani di daerah ini memanfaatkan kotoran hewan sebagai pupuk organik tidak hanya untuk tanaman padi tetapi juga untuk tanaman palawija dan sayuran. Rata-rata hasil gabah yang diperoleh petani di kedua lokasi adalah 5,90 t ha^{-1} GKP, hasil gabah ini 11% lebih tinggi di atas rata-rata produktivitas padi nasional 2008.

Tabel 4. Rata-rata penggunaan pupuk dan hasil, MK 2009

Uraian	Bantul dan Sleman	Sukoharjo dan Sragen	Rata-rata
1. Pupuk anorganik:			
• Urea (kg ha^{-1})	242	237	239,5
• SP18 (kg ha^{-1})	109	114	111,5
• NPK (kg ha^{-1})	180	175	177,5
• ZA (kg ha^{-1})	38	92	65,0
2. Pupuk organik:			
• POG (kg ha^{-1})	235	152	193,5
• Ppk kandang (t ha^{-1})	2,2	0,6	1,4
3. Hasil (t ha^{-1} GKP)	5,85	5,95	5,90

Sumber: Data primer terolah, 2009.

Pengetahuan petani terhadap pupuk

Semua petani di kedua lokasi penelitian mengetahui dan menggunakan pupuk Urea, namun untuk pupuk SP 18 hanya 60%, sedangkan untuk NPK sebesar 80% dan ZA hanya 60% (Tabel 5). Pengetahuan petani tentang pupuk KCl terbatas pada kegunaan pupuk tersebut, namun tidak ada satupun yang menggunakan pupuk KCL untuk tanaman padi. Hal ini disebabkan selain harga pupuk KCl sangat mahal juga sangat sulit dijumpai atau bahkan tidak ada di pasaran yang menjual pupuk tersebut.

Walaupun keberadaan pupuk majemuk NPK di Indonesia relatif baru, namun peran pupuk majemuk ini sudah banyak dirasakan oleh petani. Hal ini terbukti dengan pengetahuan dan penggunaan pupuk ini oleh petani yang persentasenya mulai menggeser peran pupuk SP-36 dan SP-18 yang mulai sulit dicari di pasaran akibat harga yang mahal, dan kurangnya pasokan.

Tabel 5. Pengetahuan petani tentang penggunaan pupuk, 2009

Jenis pupuk	Pengetahuan petani tentang penggunaan pupuk (%)		
	Bantul dan Sleman	Sukoharjo dan Sragen	Rata-rata
1. Urea	100	100	100
2. SP-18	60	60	60
3. KCl	-	-	-
4. NPK	70	90	80
5. ZA	50	70	60
6. Pupuk organik	80	70	75

Sumber: Data primer terolah, 2009.

Berdasarkan wawancara dengan responden seperti yang disajikan pada (Tabel 6), beberapa alasan petani menggunakan pupuk Urea untuk tanaman padi terutama adalah untuk menyuburkan tanaman karena daun cepat hijau dan mempercepat jumlah anakan. Alasan petani menggunakan pupuk SP adalah agar batang tanaman padi kuat, tidak mudah roboh dan gabahnya bernas atau berbobot sehingga hasil gabah meningkat. Untuk pupuk KCl, petani tidak banyak memberikan alasan dan manfaat pupuk tersebut bagi tanaman, namun yang diketahui petani hanya untuk perbaikan kualitas gabah. Alasan petani menggunakan pupuk majemuk NPK hampir mirip dengan alasan petani menggunakan pupuk SP, yaitu agar batang tanaman padi kuat, tidak mudah roboh, gabah bernas atau berbobot dan menjadikan hasil panen padi meningkat. Alasan yang menjadikan kualitas gabah lebih baik ini yang membedakan dengan alasan menggunakan pupuk SP. Untuk alasan petani menggunakan pupuk ZA hampir sama dengan alasan petani menggunakan pupuk Urea, yaitu menjadikan daun hijau pada tanaman padi lebih lama dan batang tanaman padi kuat tidak mudah rebah, sedangkan alasan utama petani menggunakan pupuk organik adalah untuk keseimbangan dan kesuburan tanah sehingga tanah menjadi mudah diolah.

Tabel 6. Alasan dan manfaat penggunaan pupuk, 2009

Pupuk	Alasan dan manfaat bagi tanaman padi
1. Urea	Menyuburkan tanaman, daun padi cepat hijau, jumlah anakan banyak
2. SP-18	Batang tanaman padi kuat, gabah bernas dan berbobot, hasil meningkat
3. KCL	Memperbaiki kualitas gabah dan hasil panen
4. NPK	Batang tanaman padi kuat, gabah bernas dan berbobot, kualitas gabah meningkat dan hasil panen meningkat
5. ZA	Hijau daun lebih lama, batang tanaman kuat tidak mudah rebah
6. Pupuk organik*)	Tanah menjadi subur, gembur dan mudah diolah

Keterangan: Sumber pupuk organik: Pupuk kandang, kompos, pupuk hijau, dan pupuk organik granule.

Sumber: Data primer terolah, 2009.

Berdasarkan pengetahuan dan alasan petani menggunakan pupuk, petani mempunyai sumber informasi dosis pemupukan yang diaplikasikan di lahan sawahnya. Hasil wawancara dengan petani di lokasi penelitian, ternyata 51,5% sumber informasi dosis pemupukan yang diaplikasikan di lahan sawahnya berasal dari kebiasaan atau pengalaman petani sendiri, sedangkan 26,45% berasal dari petugas penyuluh, 15,95% dari kelompok tani dan 6,1% dari tetangga (Tabel 7).

Tabel 7. Sumber informasi dosis pemupukan dan cara aplikasi, 2009

Uraian	Persentase (%)		
	Bantul dan Sleman	Sukoharjo dan Sragen	Rata-rata
1. Sumber informasi			
a. Petugas penyuluh	26,7	26,2	26,45
b. Kelompok Tani	20,0	11,9	15,95
c. Tetangga	2,7	9,5	6,1
d. Kebiasaan/pengalaman	50,6	52,4	51,5
2. Cara aplikasi			
a. Disebar merata	76,6	92,0	84,3
b. Dienclok	15,2	2,2	8,7
c. Disebar dalam larikan	8,2	5,8	7,0
d. Dibenamkan	0,0	0,0	0,0

Sumber: Data primer terolah, 2009.

Cara aplikasi pupuk anorganik bisa dilakukan dengan cara disebar merata, dienclok (tabur dekat tanaman), disebar dalam larikan atau dibenamkan. Sebanyak 84,3% petani di lokasi penelitian melakukan pemupukan dengan cara disebar merata, 8,7% di enclok terutama di Kabupaten Bantul dan Sleman dan hanya 7,0% yang disebar dalam larikan. Cara aplikasi pupuk dengan cara disebar merata dipilih petani dengan pertimbangan lebih

efisien dalam menggunakan tenaga kerja. Namun demikian untuk hasil yang lebih baik cara aplikasi pupuk dengan cara dienclok dekat barisan tanaman dipilih petani dengan pertimbangan pupuk lebih efisien diserap tanaman.

Hasil wawancara dengan petani di semua lokasi penelitian, rata-rata petani melakukan aplikasi pemupukan berdasar periode waktu (*fixed time*). Aplikasi pupuk Urea sebanyak dua atau tiga kali per musim tanam, sedangkan pupuk SP diaplikasikan pada saat tanam sebagai pupuk dasar. Pupuk NPK (Ponska), umumnya diaplikasikan dua kali yaitu sebagai pupuk dasar dan pemupukan susulan pertama.

Sebanyak 66,6% petani di lokasi penelitian menyatakan belum pernah mendengar maupun melihat alat bagan warna daun (BWD), artinya sebagian besar petani menggunakan periode waktu berdasar pengamatan di lapangan dalam mengaplikasi pupuk Urea. Hanya 33,4% petani yang pernah mendengar alat BWD yang sumber informasinya berasal dari petugas penyuluh dan Dinas Pertanian (80,55%) dan dari petugas BPTP, kelompok tani, dan sesama petani (19,45%). Dari 33,4% petani yang pernah mendengar alat BWD, 79,8% pernah mempraktekkan alat BWD sedangkan sisanya sebanyak 20,2% tidak pernah mempraktekkan (Tabel 8).

Menurut petani yang pernah mempraktekkan alat BWD, cara mempraktekkan alat BWD sangat mudah karena tinggal mengikuti petunjuk teknis yang ada dibelakang alat BWD tersebut. Manfaat BWD yang dirasakan petani adalah bisa mengetahui kapan tanaman padi membutuhkan pupuk Urea, sehingga penggunaan pupuk Urea bisa lebih efisien dan tepat waktu.

Selain BWD juga ditelusuri mengenai alat perangkat uji tanah sawah (PUTS) untuk membantu menentukan dosis pupuk P dan K yang bersumber dari pupuk SP, KCl atau NPK. Sebesar 96,05% petani belum pernah mendengar alat PUTS dan hanya 3,95% saja yang pernah mendengar alat PUTS. Petani yang pernah mendengar dan melihat alat PUTS sumber informasinya 83,35% berasal dari petugas BPTP dan hanya 16,65% saja berasal dari petugas penyuluh pertanian. Hal ini bisa dimengerti mengingat alat PUTS masih terbatas jumlahnya dan umumnya baru petugas dari BPTP yang sudah memiliki, sedangkan dari dinas pertanian belum banyak yang memilikinya. Dari 3,95% petani yang pernah mendengar dan melihat alat PUTS, 15% pernah mempraktekkan dan sisanya 85% tidak pernah mempraktekkan.

Menurut petani yang pernah mempraktekkan alat PUTS, cara kerjanya sangat praktis dan mudah dikerjakan di lapangan, karena alat ini dilengkapi petunjuk teknis yang mudah dimengerti dan dilaksanakan oleh pengguna. Manfaat alat PUTS menurut petani adalah dapat menentukan kebutuhan pupuk fosfat maupun kalium secara kualitatif.

Selain penggunaan pupuk anorganik, juga ditelusuri penggunaan pupuk organik dan cara aplikasinya. Pupuk organik yang dimaksud disini bersumber dari pupuk kandang, kompos dan pupuk hijau serta pupuk organik kemasan (pupuk organik granule/POG). Berdasar (Tabel 9) dapat diketahui 69,65% petani di lokai penelitian menggunakan pupuk organik, sedangkan 30,35% sisanya tidak menggunakan pupuk organik. Petani yang menggunakan pupuk organik menyatakan bahwa sekitar 72,35% pupuk organik diperoleh

dengan cara membuat sendiri dari kotoran hewan, kompos atau pupuk hijau sedangkan 27,65% sisanya diperoleh dengan cara membeli (pupuk kandang dan POG). Selain itu sebanyak 65,35% petani mengatakan kalau kebutuhan pupuk organik selalu dapat dipenuhi dan 34,65% sisanya mengatakan tidak dapat dipenuhi. Sebanyak 68,75% petani tidak merasa kesulitan dalam memperoleh pupuk organik. Ini menunjukkan di lokasi penelitian keberadaan pupuk organik tercukupi oleh petani maupun dari POG.

Tabel 8. Pengetahuan alat BWD dan PUTS, 2009

Uraian	Persentase (%)		
	Bantul dan Sleman	Sukoharjo dan Sragen	Rata-rata
1. Pernah mendengar alat BWD			
a. Ya	32,5	34,3	33,4
b. Tidak	67,5	65,7	66,6
2. Jika ya, darimana sumber informasinya			
a. Penyuluh Pertanian Lapangan	80,4	54,6	70,2
b. Dinas Pertanian	7,1	13,6	10,35
c. Petugas BPTP	7,1	18,2	12,65
d. Kelompok Tani	5,4	13,6	9,5
e. Tetangga	0,0	0,0	0,0
3. Pernah mempraktekkan alat BWD			
1. Ya	84,6	75,0	79,8
2. Tidak	15,4	25,0	20,2
4. Pernah mendengar alat PUTS			
a. Ya	5,0	2,9	3,95
b. Tidak	95,0	97,1	96,05
5. Jika ya, darimana sumber informasinya			
a. Penyuluh Pertanian Lapangan	33,3	0,0	16,65
b. Dinas Pertanian	0,0	0,0	0,0
c. Petugas BPTP	66,7	100,0	83,35
d. Kelompok Tani	0,0	0,0	0,0
e. Tetangga	0,0	0,0	0,0
6. Pernah mempraktekkan alat PUTS			
1. Ya	30,0	0,0	15,0
2. Tidak	70,0	100,0	85,0

Sumber: Data primer terolah, 2009.

Sebagian besar petani menggunakan pupuk organik dengan cara beragam, sebanyak 36,85% diaplikasi dengan cara disebar merata pada saat pengolahan tanah, 40,35% disebar sebelum pengolahan tanah dan 22,8% disebar setelah tanam padi (khusus untuk pupuk organik granule). Dengan cara disebar merata sebelum dan pada saat pengolahan tanah diakui petani membutuhkan biaya dan tenaga kerja lebih banyak, namun

dengan cara tersebut akan diperoleh imbalan berupa tanah menjadi subur, gembur dan mudah diolah apalagi pemberian pupuk organik dilakukan setiap musim tanam. Penggunaan pupuk organik granule dalam kemasan, penggunaannya sangat praktis dan tidak berbeda dengan aplikasi pupuk anorganik yaitu disebar merata setelah tanam padi.

Tabel 9. Sumber pupuk organik dan cara aplikasinya, 2009

Uraian	Persentase (%)		
	Bantul dan Sleman	Sukoharjo dan Sragen	Rata-rata
1. Petani menggunakan pupuk organik			
a. Ya	85,0	54,3	69,65
b. Tidak	15,0	45,7	30,35
2. Jika ya, dari mana memperolehnya			
a. Membuat sendiri	86,8	57,9	72,35
b. Membeli	13,2	42,1	27,65
3. Pupuk organik selalu dapat dipenuhi			
a. Ya	85,0	45,7	65,35
b. Tidak	15,0	54,3	34,65
4. Ada kesulitan memperoleh pupuk organik			
1. Ya	12,5	40,0	26,25
2. Tidak	87,5	50,0	68,75
5. Cara aplikasi pupuk organik			
a. Disebar sebelum pengolahan tanah	43,9	36,8	40,35
b. Disebar pada saat pengolahan tanah	42,1	31,6	36,85
c. Disebar sebelum tanam	0,0	0,0	0,0
d. Disebar setelah tanam	14,0	31,6	22,80

Sumber: Data primer terolah, 2009.

Ketersediaan pupuk

Terdapat dua kios sarana produksi pertanian yang ada di tiap desa dengan jarak terdekat dari rumah petani kurang dari 1 km dan terjauh 2 km (Tabel 10). Hal ini menandakan sebenarnya petani tidak mengalami kesulitan atau mudah dalam memperoleh kebutuhan sarana produksi di sekitar rumah atau desa tempat domisili petani. Kalaupun petani merasa kesulitan dalam memperoleh sarana produksi pertanian yang dibutuhkan, hanyalah karena beberapa sarana produksi pertanian yang dibutuhkan tidak ada atau tidak tersedia di kios desa tempat petani berdomisili. Hal ini tercermin dari jenis pupuk yang dibutuhkan tidak selalu tersedia di kios desa tempat petani berdomisili. Hanya sekitar 22,5% saja responden petani yang menyatakan bahwa jenis pupuk yang dibutuhkan sulit diperoleh atau sering tidak tersedia di kios desa, sedangkan selebihnya (77,5%) menyatakan mudah memperolehnya dalam arti selalu tersedia (27,5%) dan hanya kadang-kadang saja tidak tersedia (50%) di kios desa.

Hal yang sama juga terjadi pada jumlah pupuk yang tersedia di kios pupuk desa, dimana 35% responden petani menyatakan kalau jumlah pupuk yang dibutuhkan sering

tidak tersedia di kios desa. Namun sebanyak 65% responden petani menyatakan bisa memperoleh pupuk dalam jumlah yang dibutuhkan, dalam arti 32,5% menyatakan selalu tersedia dan 32,5% yang menyatakan kadang-kadang saja tidak tersedia di kios desa.

Tabel 10. Ketersediaan dan kemampuan petani membeli pupuk, 2009

Uraian	Bantul dan Sleman	Sukoharjo dan Sragen	Rata-rata
1. Jumlah kios pupuk yang ada di desa (rata-rata)	3	2	2,5
2. Jarak dari rumah ke kios pupuk (km)			
a. Terdekat	<1	<1	<1
b. Terjauh	1	2	1,5
3. Jenis pupuk yang dibutuhkan selalu tersedia (%)			
a. Selalu tersedia	45	10	27,5
b. Kadang-kadang tidak tersedia	40	60	50,0
c. Sering tidak tersedia	15	30	22,5
4. Jumlah pupuk yang dibutuhkan selalu tersedia (%)			
a. Selalu tersedia	55	10	32,5
b. Kadang-kadang tidak tersedia	35	30	32,5
c. Sering tidak tersedia	10	60	35,0
5. Petani selalu mampu beli pupuk sesuai jumlah (%)			
a. Selalu mampu	100	90	95,0
b. Kadang-kadang mampu	-	10	5,0
c. Sering tidak mampu	-	-	-
6. Pembelian pupuk dikelola Kelompok Tani (%)			
a. Ya	70	90	80,0
b. Tidak	30	10	20,0
7. Cara pembayaran pupuk yang dibeli (%)			
a. Tunai	70	100	85,0
b. Dibayar setelah panen (yarnen)	30	-	15,0

Sumber: Data primer terolah, 2009.

Kemampuan petani membeli pupuk merupakan cerminan kekuatan modal petani dalam mengelola usahataninya. Dalam hal ini, petani selalu berusaha menyisihkan sebagian modalnya untuk keperluan membeli sarana produksi pupuk yang merupakan unsur input utama dalam usahatani padi. Ketidakmampuan petani dalam membeli pupuk selalu dihubungkan dengan ketidakberdayaan petani dalam mengelola usahataninya. Padahal petani selalu berusaha memperoleh pupuk dengan cara apapun termasuk berhutang ataupun membayar setelah panen. Berkaitan dengan hal tersebut, maka pengadaan pupuk ada yang dikelola oleh kelompoktani namun ada juga yang langsung oleh petaninya sendiri. Berdasarkan data pada (Tabel 10), petani selalu mampu membeli pupuk sesuai jumlah yang dibutuhkan, dengan kata lain petani selalu siap menyisihkan modal untuk keperluan membeli pupuk. Kekurangan ketersediaan pupuk di kios selalu menjadi kendala yang dikeluhkan petani, padahal petani selalu menyiapkan dana untuk keperluan membeli pupuk. Sebanyak 95% petani di lokasi penelitian menyatakan mampu membeli pupuk sesuai jumlah yang dibutuhkan dan hanya 5% saja yang kadang-kadang mampu membeli pupuk.

Untuk keperluan pembelian pupuk, sebanyak 80% responden petani menyatakan dikelola oleh kelompok tani, sedangkan untuk pembelian pupuk hampir semua responden petani (85%) menyatakan membeli dengan cara membayar tunai. Hal inilah yang semakin memperkuat dugaan kalau petani sebenarnya selalu menyiapkan modal untuk keperluan membeli pupuk.

Kesiapan modal untuk membeli pupuk saja tidak cukup aman untuk bisa mendapatkan pupuk di kios pupuk maupun di pasar, sebab stok pupuk di kios pupuk maupun yang beredar di pasar sangat tergantung suplai pupuk dari penyalur/agen pupuk. Diperlukan suatu perencanaan yang matang jika ingin mendapatkan pupuk dalam jumlah dan harga yang sesuai dengan harga eceran tertinggi setempat. Berdasarkan data pada (Tabel 11) dapat diketahui bahwa sebagian besar responden petani menyatakan tempat memperoleh pupuk Urea, SP-18 dan NPK di desa tempat petani berdomisili yaitu di kios pupuk desa dan kelompok tani, sedangkan tempat memperoleh pupuk di kios pasar kecamatan dipilih petani jika di desa tempat domisili tidak tersedia. Dengan demikian, peran kios pupuk desa dalam menyediakan keperluan pupuk untuk petani sangat besar, sehingga petani merasa diuntungkan dengan adanya kios pupuk di desanya.

Cara petani memperoleh pupuk ternyata juga memerlukan penanganan yang selalu dihadapi petani setiap musim tanam. Rata-rata responden petani di lokasi penelitian menyatakan untuk memperoleh pupuk Urea, SP-18 dan NPK cukup mudah. Adanya gejolak sulitnya mendapatkan pupuk khususnya Urea bersubsidi pada awal musim tanam, khususnya pada MH 2008/2009 tidak banyak dialami oleh petani di lokasi penelitian, artinya petani cukup aman dalam memperoleh pupuk Urea bersubsidi. Kondisi yang hampir sama juga terjadi pada pupuk SP-18 dan NPK.

Meskipun dengan harga pupuk yang tinggi dan tempat memperoleh yang jauh, petani selalu berusaha untuk mencari dan membelinya. Tanaman padi yang sudah saatnya dipupuk tidak akan dibiarkan merana hanya gara-gara pupuk sulit didapat. Petani akan menggunakan kiat-kiat tertentu untuk mensiasati agar tanaman padinya tumbuh baik. Beberapa petani yang tergabung dalam kelompok tani sering membeli pupuk sebelum musim tanam dimulai, tetapi ada juga yang mengajukan rencana definitif kerja kelompok (RDKK) ke kios pupuk ataupun penyalur agar segera menyalurkan pupuk pada saat tanaman padi memerlukan pemupukan. Harga pupuk kadang-kadang tidak menjadi persoalan bagi petani namun yang penting ketersediaan pupuk pada saat dibutuhkan tersedia/terjamin. Usahatani padi yang menjadi gantungan hidup bagi petani dan keluarganya telah menjadikan petani harus berkorban untuk menyediakan makan bagi keluarganya.

Tabel 11. Ketersediaan pupuk di pasaran pada awal MH 2009/2010

Uraian	Persentase (%)		
	Bantul dan Sleman	Sukoharjo dan Sragen	Rata-rata
1. Pupuk Urea			
a. Tempat memperoleh			
a.1. Pasar	-	-	-
a.2. Kios desa	50	10	30,0
a.3. Kelompok Tani	30	80	55,0
a.4. Koperasi/Gapoktan	20	10	15,0
b. Cara memperoleh			
b.1. Mudah	90	70	80,0
b.2. Sulit	10	30	20,0
c. Ketersediaan saat musim tanam			
c.1. Banyak	10	-	5,0
c.2. Cukup	15	20	17,5
c.3. Sedikit	70	60	65,0
c.4. Langka	5	20	12,5
d. Harga (Rp/ku)	122.000	128.000	125.000
2. Pupuk SP18			
a. Tempat memperoleh			
a.1. Pasar	-	-	-
a.2. Kios desa	71,4	33,3	52,35
a.3. Kelompok Tani	28,6	66,7	47,65
a.4. Koperasi/Gapoktan	-	-	-
b. Cara memperoleh			
b.1. Mudah	100	33,3	66,65
b.2. Sulit	-	66,7	33,35
c. Ketersediaan saat musim tanam			
c.1. Banyak	6,2	-	3,1
c.2. Cukup	18,8	100	59,4
c.3. Sedikit	56,2	-	28,1
c.4. Langka	18,8	-	9,4
d. Harga (Rp/ku)	160.000	162.000	161.000
3. Pupuk NPK			
a. Tempat memperoleh			
a.1. Pasar	-	-	-
a.2. Kios desa	30	10	20,0
a.3. Kelompok Tani	40	80	60,0
a.4. Koperasi/Gapoktan	30	10	20,0
b. Cara memperoleh			
b.1. Mudah	100	30	65,0
b.2. Sulit	-	70	35,0
c. Ketersediaan saat musim tanam			
c.1. Banyak	10	-	5,0
c.2. Cukup	30	20	25,0
c.3. Sedikit	60	60	60,0
c.4. Langka	-	20	10,0
d. Harga (Rp/ku)	195.000	195.000	195.000

Sumber: Data primer terolah, 2009.

KESIMPULAN

1. Pengetahuan petani tentang manfaat pupuk dan cara pengelolaannya sebagian besar sudah diketahui dan bisa mengikuti teknologi pemupukan yang dianjurkan, namun petani belum bisa memanfaatkan teknologi pemupukan yang efisien.
2. Penggunaan pupuk organik (pupuk kandang) di tingkat petani masih terbatas pada wilayah-wilayah yang petaninya memiliki budaya berternak, sedangkan petani yang tidak mempunyai budaya berternak mengandalkan pupuk organik kemasan.
3. Petani padi mampu menyisihkan modal untuk membeli pupuk namun ketersediaan pupuk terutama urea bersubsidi tidak bisa dipastikan ada di kios sarana produksi terutama pada awal musim tanam maupun musim pemupukan.

DAFTAR PUSTAKA

Bachrein, S., Bahtiar, dan Hasanuddin, A. 1993. Percepatan adopsi teknologi melalui pendekatan partisipasi petani dan teknologi sederhana. Pros.Simposium Penelitian Tanaman Pangan III. Kinerja Penelitian Tanaman Pangan. Puslitbang Tanaman Pangan. Bogor. Hal.1814-1824.

BPS. 2010. Statistik Indonesia.

Dobermann A, T Fairhurst. 2000. Rice: Nutrient Disorders & Nutrient Management. International Rice Research Institute, MCPO Box 3127, Makati, Philippines.191p.

Makarim, A.K., I. Las, A.M. Djulin dan Sutoro.1999. Penetapan dosis pupuk untuk tanaman padi berdasarkan analisis sistem dan model simulasi. Agronomika I(1):32-39.

Makarim, A.K., S. Purba, Arifin K., I. Las, S. Roechan, and Sri Adiningsih. 2000. Applikasi prescription farming pada sistem IP Padi 300. Penelitian Pertanian 19(3):13-24. Puslitbang Tanaman Pangan, Bogor. ISSN. 0216-9959.

Manwan, I., Tjitropranoto, P., dan Syam, M. 1990. Hubungan penelitian dan penyuluhan dalam Penelitian Sistem Usahatani. Risalah sistem usahatani di lima agro-ekosistem. Risalah Lokakarya Penelitian Usahatani 14-15 Des.1998. PuslitbangTanaman Pangan. Bogor.

Ruskandar, A., P.Wadana, Jumali, H.Sembiring. 2007. Peta penyebaran varietas padi sawah di Indonesia. Laporan akhir tahun DIPA 2007 Balai Besar Penelitian Tanaman Padi (unpublished).

Sembiring, H., Widyantoro, N.Herawati, S.Abdulrachman, dan D.Arismiyati. 2008. Penelitian adopsi teknologi pemupukan dan koordinasi penelitian padi. Laporan akhir tahun DIPA 2008 Balai Besar Penelitian Padi (unpublished).

Slamet, M. 1978. Penyuluhan Pertanian. IPB Bogor.

Sistem Usahatani Konservasi Tanah pada Pertanaman Kubis Dataran Tinggi

37

Deddy Erfandi, Umi Haryati, dan Irawan

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Tanah, Jl. Tentara Pelajar 12, Bogor 16114

Abstrak. Kawasan hortikultura di dataran tinggi umumnya didominasi oleh tanah Andisols yang peka terhadap erosi. Namun sebagian besar petani sayuran belum menerapkan teknologi konservasi tanah. Penelitian usahatani konservasi tanah telah dilakukan di lahan petani di Desa Talun Berasap, Kecamatan Gunung Tujuh, Kabupaten Kerinci, Provinsi Jambi. Tujuan penelitian adalah untuk memperbaiki rekomendasi konservasi tanah dalam berusahatani tanaman kubis pada dataran tinggi. Komponen yang diteliti adalah sistem usahatani konservasi (SUT-KTA), yang terdiri dari 3 model usahatani konservasi, yaitu: 1) praktek petani; 2) tanaman searah lereng, dipotong gulud setiap 5 m panjang lereng; dan 3) tanaman searah kontur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa; perlakuan sistem usahatani konservasi dengan penanaman searah lereng dipotong gulud setiap 5 m panjang lereng memberikan hasil tanaman yang tertinggi dan berbeda dengan tanaman searah kontur dan praktek petani. Perlakuan praktek petani memberikan hasil tanaman terendah. Perlakuan bedengan tanaman searah lereng dipotong gulud setiap 5 m memberikan keuntungan (Rp 2.588.000,-) dan nilai B/C ratio (1,51) yang paling tinggi dibandingkan praktek petani dan tanaman searah kontur. Perlakuan praktek petani mengalami kerugian sebesar Rp 1.901.000,-.

Kata kunci: Kubis, konservasi tanah, dataran tinggi, kerinci.

PENDAHULUAN

Hortikultura merupakan komoditas pertanian yang penting bagi pertumbuhan ekonomi dan ketahanan pangan nasional. Dalam lima tahun terakhir nilai ekspor hortikultura buah-buahan meningkat dari US$ 54,2 juta (2003) menjadi US$ 73,6 (2005) dan US$ 113,2 juta (2007) atau rata-rata peningkatannya mencapai 20,4% th^{-1}. Peningkatan nilai ekspor tersebut antara lain karena meningkatnya produksi hortikultura buah-buahan dimana volume ekspor meningkat dengan laju 17,3% $tahun^{-1}$ (BPS, 2008). Sedangkan produksi hortikultura sayuran, seperti kentang pada tahun 2006-2007 meningkat sekitar 2,3% th^{-1}.

Kawasan hortikultura dataran tinggi umumnya terletak di bagian hulu daerah aliran sungai (DAS). Sekitar 46% wilayahnya berbukit hingga bergunung dengan lereng lebih dari 15 %. Disamping itu umumnya tersebar di dataran tinggi dengan ketinggian ≥700 m di atas permukaan laut (dpl) dan rentan terhadap aliran permukaan dan erosi tanah. Ada beberapa alasan yang menyebabkan adopsi teknologi konservasi tanah pada usahatani sayuran dataran tinggi sangat rendah. Pertama, kekhawatiran akan terganggunya tanaman akibat pembuatan drainase pada searah kontur (Sumarna dan Kusbandriani, 1992; Suganda *et al*. 1999). Kedua, teknik pengerjaannya sangat berat dan memerlukan waktu

lama (Undang Kurnia, 2000), serta mengurangi populasi tanaman (Haryati *et al*. 2000). Hal ini menyebabkan petani sayuran di dataran tinggi belum menerapkan teknik konservasi tanah dengan baik.

Penelitian konservasi tanah pada Inceptisols Campaka, besarnya erosi pada bedengan searah kontur sebesar 2,3-2,4 t ha^{-1}, jauh lebih kecil dibandingkan dengan erosi pada bedengan searah lereng sepanjang 5 meter dipotong teras gulud mencapai 10,6-15,0 t ha^{-1} (Erfandi *et al*. 2002). Sutapraja dan Asandhi (1998) mendapatkan bahwa jumlah tanah tererosi pada guludan searah kontur adalah 32,06 t ha^{-1}.$tahun^{-1}$, dua kali lebih kecil dibandingkan dengan guludan arah diagonal terhadap kontur yaitu 68,63 t ha^{-1} $tahun^{-1}$. Teknik bedengan searah kontur yang diperkuat dengan *Vetiveria zizanoides*, *Paspalum notatum* atau *Flemingia congesta* pada Andisols Dieng dapat menekan laju erosi dibandingkan dengan bedengan searah lereng atau bedengan 45° terhadap kontur (Haryati *et al*. 2000), Selain itu, bedengan searah lereng yang panjangnya tidak lebih dari 4,5 m, dan dilengkapi dengan teras gulud pada ujung bagian bawah bedengan mampu menghambat aliran permukaan dan erosi. Hasil penelitian Soleh dan Arifin (2003) di Sundoro, Lumajang menunjukkan penerapan teknik konservasi tanah berupa guludan searah kontur dengan *strip cropping* memberikan hasil kentang lebih tinggi dibanding cara petani (guludan searah lereng tanpa strip rumput), yakni 12,64 ton berbanding 10,63 ton. Dari hasil penelitian tersebut belum dijelaskan, mengenai keuntungan tanaman pada dataran tinggi.

Makalah ini menginformasikan mengenai teknologi usahatani konservasi pada dataran tinggi dengan tanaman kubis. Hal ini bertujuan untuk memberikan gambaran perbandingan teknologi cara petani dengan teknologi introduksi yang dapat meningkatkan pendapatan petani. Disamping itu teknologi usahatani konservasi tanah mampu mengurangi erosi dan aliran permukaan.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian berlokasi di kaki Gunung Kerinci pada posisi 01°41' 58,3" LS dan 101°20'50,3" BT. Berbahan induk volkan dengan fisiografi berombak sampai bergunung dan berlereng 15–30 %, di Desa Talun Berasap, Kecamatan Gunung Tujuh, Kabupaten Kerinci, Jambi pada subordo tanah Hapludult. Perlakuan dan luas lahan disajikan pada Tabel 1. Penelitian ini dilaksanakan pada MH 2010-2011 dengan tanaman indikator kubis.

Praktek petani didefinisikan sebagai kebiasan petani setempat dalam berusaha tani kubis. Praktek petani yang diperbaiki diartikan sebagai kebiasan petani yang dikombinasikan dengan perbaikan teknik konservasi tanah, sedangkan teknologi pengelolaan lahan yang diintroduksi/perbaikan teknologi didefinisikan sebagai cara berusaha tani kubis dengan memperhatikan kaidah konservasi tanah.

Tabel 1. Perlakuan penelitian yang dilaksanakan pada usahatani konservasi tanah

Perlakuan	Jenis perlakuan	Kemiringan (%)	Luas (ha)
P-1	Cara petani, barisan tanaman sejajar lereng	15	0,30
P-2	Barisan tanaman sejajar lereng, dipotong gulud setiap panjang lereng 5 m	18	0,30
P-3	Barisan tanaman sejajar kontur	27	0,40

Pemupukan untuk tanaman kubis adalah 100 kg urea ha^{-1}, 100 kg SP-36 ha^{-1} dan 100 kg KCl ha^{-1}, dan pupuk kandang 10 t ha^{-1}. Variabel yang diamati pada penelitian ini adalah: sifat fisik dan kimia tanah, pertumbuhan dan produksi tanaman, input dan output usahatani, serta respon dan persepsi petani.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi sifat fisik tanah

Hasil analisis sifat fisik tanah disajikan pada (Tabel 2). Perubahan sifat fisik tanah sebelum dan sesudah tanam kubis belum memperlihatkan peningkatan. Hal ini selain kondisi tanah di lokasi penelitian mempunyai sifat fisik tanah yang cukup baik dalam menunjang pertumbuhan tanaman. Juga keadaan sifat fisik tanah membutuhkan waktu lama untuk perbaikannya. Ini mengindikasikan bahwa tanah di lokasi penelitian mempunyai sifat andik, sehingga tanah kemungkinan besar termasuk Ordo Andisols. Disamping itu jenis tanah ini mempunyai kerapatan jenis jarah yang lebih rendah dibandingkan dengan tanah mineral pada umumnya.

Distribusi ruang pori lebih banyak didominasi oleh ukuran pori yang menguntungkan bagi tanaman (Tabel 2). Pada blok P-1 memperlihatkan bahwa ruang pori total tinggi, pori aerasi, dan pori air tersedia yang tinggi baik pada sebelum tanam maupun setelah panen kubis.

Tabel 2. Hasil analisis sifat fisik tanah pada perlakuan teknologi usahatani

Perlakuan	BD (g cc^{-1})	Ruang pori total (% vol)	Pori aerasi (% vol)	Air tersedia (% Vol)	Permeabilitas (cm/jam)
P1 I	0,55	70,57	20,27	24,97	6,57
II	0,60	65,30	22,10	16,35	23,25
P2 I	0,69	66,43	19,90	23,57	3,62
II	0,61	66,80	25,80	12,40	22,05
P3 I	0,68	68,10	19,47	23,90	5,47
II	0,76	64,00	21,70	22,50	14,30

Keterangan: I, analisis awal; II, analisis setelah panen kubis

Tanah di lokasi penelitian mempunyai tekstur tanah lempung. Ini berarti terdapat susunan yang relatif seimbang diantara partikel-partikel tanah primer. Ini juga menguntungkan tanaman, sehingga akar tanaman dapat lebih penetrasi ke lapisan tanah yang lebih dalam yang selanjutnya akar tanaman lebih mudah mengekstrak air dan atau unsur hara dari dalam tanah untuk mendukung pertumbunhannya. Namun keadaan sifat fisik tanah demikian mempunyai efek jelek terhadap erosi dan aliran permukaan, sehingga memudahkan hara hanyut.

Kondisi sifat kimia tanah

Hasil sifat kimia tanah disajikan pada (Tabel 3). Pada P-1, pH masam, kandungan bahan organik yang sangat tinggi, C/N rasio rendah, P tersedia tinggi pada lapisan atas dan sedang pada lapisan bawah, KTK dan KB tergolong sedang baik pada lapisan atas maupun pada lapisan bawah, serta Al-dd yang sangat rendah. Berdasarkan pengamatan bahwa terjadi peningkatan sifat kimia tanah. Terjadi peningkatan bahan organik C dan N, P tersedia yang tinggi. Begitu juga KTK tanah terjadi peningkatan yang tinggi.

Perlakuan introduksi atau perbaikan cara petani(P-2) memiliki sifat kimia yang baik dan menguntungkan untuk pertumbuhan tanaman. Namun untuk perlakuan (P-3), sifat kimia tanah yang tidak jauh berbeda dengan P-1. Kelebihannya diharapkan mampu mengurangi erosi dan aliran permukaan, sehingga hara yang hilang dapat diperkecil.

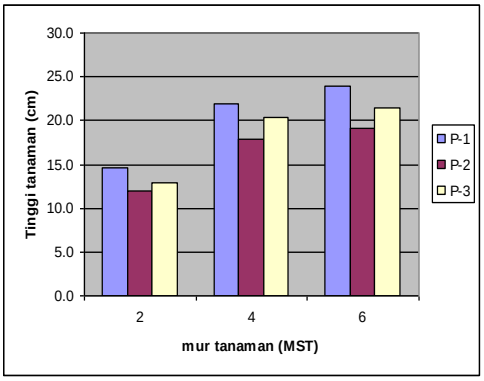
Tabel 3. Hasil analisis sifat kimia tanah pada perlakuan teknologi usahatani

Perlakuan	pH (H_2O)	C(%)	N (%)	P_2O_5 (Bray 1)	KTK (cmol+/kg)	KB (%)
P1 I	5,42	5,42	0,79	10,96	22,86	45
II	5,15	6,33	0,97	40,91	29,09	56
P2 I	4,90	5,44	0,77	14,04	24,76	25
II	5,09	5,99	0,92	32,79	29,63	44
P3 I	5,12	4,52	0,53	3,49	18,08	28
II	4,96	6,15	0,80	21,98	28,13	40

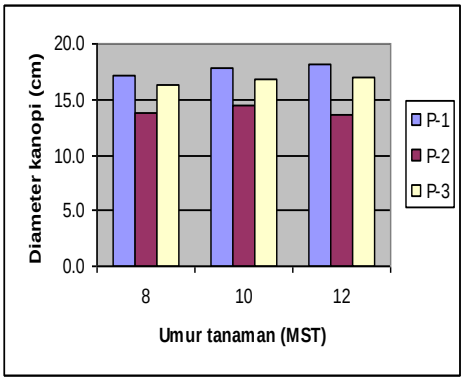
Keterangan: I, analisis awal; II, analisis setelah panen kubis

PERTUMBUHAN TANAMAN

Keragaman pertumbuhan tanaman baik tinggi tanaman maupun diameter kanopi tanaman kubis terlihat berbeda antar perlakuan. Perlakuan P-1 selalu mempunyai tinggi tanaman yang lebih tinggi dari perlakuan P-2 dan P-3 (Gambar 1). Demikian juga halnya dengan diameter kanopi, perlakuan P-1 selalu mempunyai diameter kanopi tanaman kubis yang lebih tinggi dari perlakuan P-2 dan P-3 (Gambar 2).



Gambar 1. Usahatani konservasi tanah terhadap tinggi tanaman kubis



Gambar 2.Usahatani konservasi tanah terhadap diameter kanopi kubis

Perlakuan P-1 berpengaruh paling baik terhadap tinggi tanaman kubis, diikuti oleh P-3 dan kemudian P-2 memberikan nilai tinggi tanaman paling rendah (Gambar 1). Demikian juga halnya terhadap perkembangan diameter kanopi tanaman kubis, perlakuan P-1 berpengaruh lebih baik, diikuti oleh perlakuan P-3 dan akhirnya perlakuan P-2 Gambar 2). Hal ini mungkin disebabkan oleh adanya kondisi tanah yang lebih kondusif bagi pertumbuhan tanaman kubis pada perlakuan P-1, dimana tanaman ditanam sejajar lereng, sehingga tercipta drainase yang lebih baik dan kondusif dibandingkan P-2 dan P-3. Pada perlakuan P-2, sistem drainase agak terhambat dengan adanya guludan. Sedangkan pada perlakuan P-3, dimana tanaman atau barisan tanaman mengikuti kontur, sehingga drainase lebih terhambat dibandingkan P-2 yang mengakibatkan tanaman tumbuh kurang baik.

HASIL TANAMAN

Hasil kubis/*crop* tanaman kubis pada saat panen memberikan respon yang berbeda terhadap perlakuan sistem usahatani konservasi yang berbeda. Perlakuan P-2 memberikan hasil tanaman yang tertinggi yaitu 7,7 t ha^{-1} dan berbeda dengan perlakuan lainnya, diikuti oleh perlakuan P-3 yaitu 6,3 t ha^{-1} (tanaman sejajar kontur) dan perlakuan P-1 adalah 3,0 t ha^{-1} memberikan hasil yang paling rendah. Secara umum, hasil tanaman kubis pada perlakuanm ini kurang baik. Hasil tanaman kubis hanya berkisar dari 3 sampai dengan 8 t ha^{-1} berat segar. Hal ini karena dalam masa pertumbuhan dan pembentukan *crop*, tanaman kubis mengalami cekaman air, sehingga tanaman tumbuh tidak normal (*crop* kecil) dan hampir 60% tananan kubis mati kekeringan, kemudian disulam, sehingga masa panen tidak serempak.

ANALISIS INPUT-OUTPUT USAHATANI KONSERVASI

Tabel 4 merupakan dasar dalam analisis finansial usahatani, dengan harga pasar kubis pada bulan September 2011 adalah Rp 1000 kg^{-1}. Penggunaan bibit Kubis dan pupuk (organik dan anorganik) pada setiap perlakuan *on-farm* disajikan pada (Tabel 9). dengan harga pasar sarana produksi tersebut adalah bibit kubis Rp 11.000/bungkus, pupuk urea Rp 1.600 kg^{-1}, pupuk SP-36 Rp 2.600 kg^{-1}, pupuk KCl Rp 10.000 kg^{-1}, dan pupuk kandang Rp 300 kg^{-1}. Hasil analisis finansial usahatani konservasi tanaman kubis disajikan pada (Tabel 5).

Tabel 4. Penggunaan bibit kubis dan pupuk pada penelitian usahatani konservasi tanah

Bibit dan Pupuk	Perlakuan		
	P-1	P-2	P-3
Kubis (bungkus)	12	12	12
Urea ($kg\ ha^{-1}$)	200	200	200
SP-36 ($kg\ ha^{-1}$)	150	150	150
KCl ($kg\ ha^{-1}$)	100	100	100
Pupuk kandang ($kg\ ha^{-1}$)	10.000	10.000	10.000

Tabel 5. Analisis finansial usahatani kubis pada penelitian usahatani konservasi tanah

	Deskripsi	Perlakuan		
		P-1	P-2	P-3
A		Biaya upah		
	-Persemaian			
	1. Persemaian	110.000	110.000	110.000
	2. Pemeliharaan	170.000	170.000	170.000
	-Tanam/di panen			
	1. Pengolahan tanah	450.000	600.000	540.000
	2. Tanam	250.000	280.000	260.000
	3. Pemupukan	210.000	240.000	220.000
	4. Pemeliharaan	750.000	750.000	750.000
	5. Panen	200.000	200.000	200.000
	Sub-total (A)	2.140.000	2.350.000	2.250.000
B		Biaya bahan		
1	Bibit	132.000	132.000	132.000
2	Urea	440.000	440.000	440.000
3	SP-36	570.000	570.000	570.000
4	KCl	620.000	620.000	620.000
5	Pupuk Kandang	1.000.000	1.000.000	1.000.000
	Sub-total (B)	2.762.000	2.762.000	2.762.000
	Total (A+B) (Input)	4.902.000	5.112.000	5.012.000
C	Nilai Produksi (Out-put)	3.000.000	7.700.000	6.300.000
D	Keuntungan (Rp)	-1.902.000	2.588.000	1.288.000
F	B/C rasio	0,61	1,51	1,26

Hasil analisis finansial (*input–output*) usahatani konservasi pada pertanaman kubis memperlihatkan bahwa nilai hasil (*output*) dari perlakuan P-2 dan P-3 jauh lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan P-1. Hal ini karena P-2 dan P-3 memberikan produksi yang jauh lebih tinggi dibandingkan P-1. Oleh karena itu perlakuan P-2 dan P-3 memberikan nilai B/C ratio > 1 yang lebih tinggi dibandingkan P-1, sedangkan perlakuan P-1 memberikan nilai B/C ratio < 1. Ini berarti bahwa pada perlakuan P-1 usahatani kubis merugi, sedangkan pada P-2 dan P-3, usahatani konservasi kubis menguntungkan. Lebih lanjut tabel tersebut juga memperlihatkan bahwa perlakuan P-2 lebih menguntungkan dibandingkan P-3 dan mempunyai keuntungan yang hampir dua kali lipat P-3. Hal ini karena perlakuan P-3 disamping memberikan produksi yang lebih rendah, juga memerlukan biaya, dalam hal ini upah tenaga kerja, yang lebih tinggi. Upah tenaga kerja tersebut dipakai untuk pembuatan bedengan dan atau pembuatan serta penanaman tanaman yang searah kontur.

PERSEPSI DAN PREFERENSI PETANI

Hasil wawancara dan kunjungan lapang selama kegiatan FGD, mengindikasikan bahwa petani cukup antusias dengan teknologi konservasi yang diintroduksikan. Petani sepakat bahwa teknologi konservasi yang diintroduksikan akan sangat mengurangi erosi, akan tetapi lebih banyak memerlukan waktu dan tenaga kerja. Namun demikian para petani ingin lebih membuktikan teknik konservasi yang mana yang dapat mengurangi erosi tetapi masih menguntungkan secara ekonomi.

Sampai dengan saat ini petani cenderung menyukai teknik konservasi KTA-2 (tanaman searah lereng, dipotong gulud setiap 5 m), karena lebih praktis dibandingkan dengan yang lain, tetapi dapat mengurangi erosi.

Lebih lanjut FGD tersebut juga memberikan input bahwa diperlukan sosialisasi yang lebih intensif dengan lebih banyak melibatkan penyuluh untuk transfer teknologi ke dalam bahasa yang lebih dapat dimengerti oleh petani, terutama dalam hal pentingnya penggunaan pupuk organik/kandang dalam usahatani konservasi.

Untuk itu petani juga bermaksud untuk mengadakan kegiatan yang sama pada saat panen tanaman kentang nanti. Selain itu mereka juga bermaksud untuk lebih sering berkunjung dan berdiskusi dengan petugas lapang yang ada di lokasi penelitian bekerja sama dengan penyuluh.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Perlakuan sistem usahatani konservasi P-2 memberikan hasil tanaman yang tertinggi dan berbeda dengan P-3 dan P-1. Perlakuan P-1 memberikan hasil tanaman terendah.
2. Perlakuan P-2 (bedengan tanaman searah lereng dipotong gulud setiap 5 m) memberikan keuntungan (Rp 2.588.000,-) dan nilai B/C ratio (1,51) yang paling tinggi dibandingkan P-1 dan P-3. Perlakuan P-1 mengalami kerugian sebesar Rp 1.901.000,-
3. Petani kooperator sebaiknya petani pemilik lahan, agar motivasi untuk menerapkan teknik konservasi di dalam sistem usahataninya lebih tinggi, sehingga lahan dapat digunakan secara lestari.
4. Diperlukan koordinasi dan komunikasi yang lebih intensif dengan instansi terkait agar terjadi pemindahan tongkat estafet kepada instansi terkait di wilayah setempat.

DAFTAR PUSTAKA

BPS. 2008.Statistik Indonesia 2007. Badan Pusat Statistik.

Erfandi, D., Undang Kurnia, dan O. Sopandi. 2002. Pengendalian erosi dan perubahan sifat fisik tanah pada lahan sayuran berlereng. Hlm. 277-286 dalam Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Lahan dan Pupuk. Buku II. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Bogor, 2002.

Haryati, U., N. L. Nurida, H. Suganda, dan Undang Kurnia. 2000. Pengaruh arah bedengan dan tanaman penguat teras terhadap erosi dan hasil kubis (Brassicaoleracea) di dataran tinggi. Hlm. 411-424 dalam Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya Tanah, Iklim dan Pupuk. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor.

Soleh dan Arifin. 2003. Optimalisasi Multifungsi Pertanian pada Usahatani Tanaman Kentang di Sundoro, Lumajang. Balittanah.litbang.deptan.id. 3 Januari 2011.

Suganda, H., S. Abujamin, A. Dariah, dan S. Sukmana. 1999. Pengkajian teknik konservasi tanah dalam usahatani tanaman sayuran di Batulawang, Pacet. Pemberitaan Penelitian Tanah dan Pupuk, 12:47-57.

Suganda, H., H. Kusnadi dan Undang Kurnia. 1999. Pengaruh arah barisan tanaman dan bedengan dalam pengendalian erosi pada budidaya sayuran dataran tinggi. Jurnal Tanah dan Iklim, (17):55-64.

Sutapraja, H., dan Asandhi. 1998. Pengaruh arah guludan, mulsa, dan tumpangsari terhadap pertumbuhan dan hasil kentang serta erosi di dataran tinggi Batur, Jurnal Hortikultura, 8 (1): 1.006-1.013

Sumarna, A., dan Y. Kusandriani. 1992. Pengaruh jumlah pengairan air tehadap pertumbuhan dan hasil cabe paprika (*Capsicum annum L. var groosum*) kultivar orion dan Yolo Wonder A. Buletin Penelitian Hortikultura XXIV (1):51-58.

Undang Kurnia. 2000. Penerapan teknik konservasi tanah pada lahan usahatani dataran tinggi. Hal 47-57 *Dalam* A. Abdurachman *et al*. (eds.). Prosiding Lokakarya Nasional Pembahasan Hasil Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Bogor, 2-3 September 1999. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.

Alternatif Teknik Konservasi Tanah untuk Pertanaman Kubis Di Dataran Tinggi Kerinci

38

Umi Haryati, Dedy Erfandi, dan Yoyo Soelaeman

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Tanah, Jl. Tentara Pelajar No. 12, Bogor 16114

Abstrak. Hortikultura merupakan komoditas pertanian yang penting bagi pertumbuhan ekonomi dan sebagai salah satu sumber pendapatan petani untuk mendukung ketahanan pangan. Usahatani kubis banyak dilakukan di lahan kering dataran tinggi. Pengolahan tanah di lahan berlereng di dataran tinggi di daerah aliran sungai bagian hulu tanpa menerapkan teknik konservasi tanah yang tepat menyebabkan berbagai risiko yang membahayakan agroeupun *off-site*. Penelitian bertujuan untuk mengevaluasi dan tanah KTA-4 memberikan perkembangan diameter tanaman terbaik. Teknik konservasi TKA-3 memberikan hasil tanaman tertinggi (32 t ha^{-1}) diikuti oleh TKA-1 (31 t ha^{-1}), TKA-2 (29 t.ha^{-1}) dan TKA-4 memberikan hasil yang paling rendah (26 t ha^{-1}). Semua teknik konservasi tanah yang diintroduksikan (KTA-2, KTA-3 dan KTA-4) telah dapat menurunkan erosi sampai erosi yang dapat diperbolehkan (*tolerable soil loss*) yaitu 13,46 t/ha/th. Teknik petani (KTA-1) masih menimbulkan erosi diatas laju erosi yang dapat diperbolehkan. Teknik konservasi KTA-2, KTA-3 dan KTA-4 dapat dijadikan alternatif teknik konservasi tanah untuk pertanaman kubis di dataran tinggi.

Kata kunci: Teknik konservasi tanah, kubis, hasil tanaman, erosi

PENDAHULUAN

Kawasan hortikultura di dataran tinggi umumnya terletak di bagian hulu daerah aliran sungai (DAS). Sekitar 46% wilayahnya berbukit hingga bergunung dengan lereng lebih dari 15% yang sangat rentan terhadap bahaya erosi. Lahan dengan lereng demikian umumnya tersebar di dataran tinggi dengan ketinggian ≥700 m di atas permukaan laut (dpl) (Hidayat dan Mulyani, 2005). Lahan di kawasan ini sangat penting sebagai penghasil berbagai komoditas pertanian terutama sayur-sayuran dan lain-lain, selain berfungsi juga sebagai kawasan lindung.

Kawasan hortikultura di dataran tinggi umumnya didominasi oleh tanah Andisols yang peka terhadap erosi. Meskipun demikian, sebagian besar petani sayuran belum menerapkan teknologi konservasi tanah. Rendahnya adopsi teknologi konservasi tanah pada usahatani sayuran dataran tinggi disebabkan oleh berbagai alasan, seperti kekhawatiran akan terganggunya drainase tanah, karena tanah selalu lembab yang akan mengganggu pertumbuhan tanaman (Suganda *et al*. 1999), pengerjaannya sangat berat dan memerlukan waktu lama (Undang Kurnia, 2000), serta mengurangi populasi tanaman (Haryati *et al*. 2000). Salah satu bukti bahwa petani sayuran di dataran tinggi belum menerapkan teknik konservasi tanah dengan baik dan menyebabkan kerusakan lahan

adalah tingginya kandungan lumpur pada beberapa anak sungai di DAS Serayu hulu (Pusat Penelitian dan Pengembangan Pengairan, 1995).

Penerapan teknologi budidaya hortikultura sangat intensif dan bervariasi. Pupuk dan pestisida diberikan dalam dosis tinggi, tanpa disertai penerapan teknologi konservasi tanah yang memadai. Praktek pemupukan di tingkat petani sayuran sangat bervariasi, mulai dari input rendah sampai input sangat tinggi. Untuk sistem dengan input tinggi, pupuk N diberikan sampai lebih dari 500 kg urea ha^{-1}. Pupuk kandang adalah sumber lain dari unsur N dan unsur lainnya yang diberikan dalam jumlah tinggi, bisa lebih dari 50 t ha^{-1}. Seringkali suatu jenis unsur hara diberikan secara berlebihan, namun unsur lainnya diberikan kurang dari yang semestinya, sehingga efisiensi penggunaanya menjadi rendah. Praktek budidaya seperti ini dapat menurunkan produktivitas tanah karena banyak unsur hara dan bahan organik tanah hilang melalui sedimen yang terangkut aliran permukaan, pencemaran tanah, air dan lingkungan dan banjir akibat meningkatnya volume aliran permukaan di dalam badan air/sungai di bagian hilir.

Selain itu, kadar C-organik tanah pada sebagian besar kawasan hortikultura tergolong rendah, sehingga dengan terjadinya erosi, kadar C-organik tanah menjadi semakin rendah menyebabkan kualitas tanah dan efisiensi pemupukan menurun. Hal ini disebabkan karena belum cukup tersedianya sistem pengelolaan lahan yang dapat mengendalikan kehilangan tanah dan hara. Dengan demikian, pengendalian erosi dalam sistem usahatani konservasi berbasis sayuran di dataran tinggi sangat diperlukan. Teknologi konservasi tanah, selain mampu mencegah tanah yang tererosi dan hara yang hilang, diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pemupukan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dan mencari alternatif teknik konservasi tanah dalam pengendalian erosi dan hara yang hilang dalam sedimen untuk pertanaman kubis pada budidaya sayuran dataran tinggi.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada lahan petani di Desa Talun Berasap, Kecamatan Gunung Tujuh, Kabupaten Kerinci, Jambi pada musim tanam (MT) 2011. Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok (RAK), 3 ulangan dengan perlakuan sebagai berikut: (1) kontrol, yaitu praktek budidaya yang umum dilakukan petani di daerah setempat yaitu bedengan atau barisan tanaman searah lereng (KTA-1), (2) bedengan searah lereng, setiap 5 meter dipotong teras gulud (KTA-2), (3) bedengan searah lereng, setiap 5 meter dipotong teras gulud + rorak yang dibuat pada saluran pembuang air (SPA) di samping teras gulud, (KTA-3) dan (4) bedengan searah kontur (KTA-4). Lahan mempunyai kemiringan 15, 18 dan 27% masing –masing pada ulangan I, II dan III.

Plot percobaan berukuran lebar 3 m dan panjang 20 m dengan tanaman indikator kubis varietas Green Master Pada setiap perlakuan dibuat lubang tanam dengan jarak 50x60 cm dengan kedalaman 5 cm. Lubang tanam pada perlakuan KTA-1 dan KTA-2 dibuat searah lereng tetapi setiap 5 m panjang barisan tanaman/panjang lereng pada perlakuan KTA-2 dibuat teras gulud yang memotong lereng dengan tinggi guludan 20–30 cm, lebar guludan 20-30 cm. Lubang tanam pada perlakuan KTA-3 dan KTA-4 dibuat memotong lereng/searah kontur.

Pupuk kandang yang sudah masak dengan dosis 10 t ha^{-1} diberikan dan diletakkan pada lubang tanaman dan dicampur merata menggunakan cangkul. Pupuk kandang pada lubang tanaman diinkubasikan di lapangan minimal 1 minggu sebelum tanam. Benih kubis pada perlakuan KTA-1 dan KTA-2 ditanam searah lereng dengan jarak tanam 50x60 cm, barisan tanaman pada perlakuan KTA-3 dan KTA-4 disusun memotong lereng/searah kontur. Guludan pada perlakuan KTA-2 dan KTA-3 ditanami dengan kacang merah atau tanaman lain yang tersedia di lokasi setempat.

Pemupukan tanaman kubis pada semua perlakuan (termasuk kontrol= budidaya petani) menggunakan dosis 180 kg N ha^{-1}, 105 kg P_2O_5 ha^{-1} dan 60 kg K_2O ha^{-1} (teknologi Introduksi) yang setara dengan 200 kg urea ha^{-1}, 150 kg SP-36 ha^{-1} dan 100 kg KCl ha^{-1}.

Petak perlakuan dilengkapi dengan bak penampung aliran permukaan dan erosi. Penelitian dilengkapi dengan sebuah alat penakar curah hujan yang dipasang di bagian bawah areal percobaan. Variabel yang diamati adalah sifat fisik (BD, RPT, distribusi ruang pori, PD, permeabilitas, tekstur, stabilitas agregat dan perkolasi) dan kimia tanah (pH, bahan organik, P_2O_5 dan K_2O, KTK, basa-basa dapat ditukar, KB, Al-dd dan H-dd) sebelum dan sesudah percobaan; jumlah tanah yang tererosi; volume aliran permukaan; serta pertumbuhan dan hasil tanaman. Pengamatan dilakukan secara kumulatif untuk setiap musim tanam.

Data hasil pengamatan dianalisis ANOVA sesuai dengan rancangan percobaan yang digunakan untuk masing-masing kegiatan dengan taraf kepercayaan 95% dan 99% atau taraf nyata 1% dan 5%. Selain itu dilakukan uji lanjut dengan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 1% dan 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat fisik dan kimia tanah awal

Hasil analisis sifat fisik memperlihatkan bahwa tanah mempunyai BD rendah (< 0,70 g/cm^3), *partikel density* (PD) 2,04–2,10 g/cm^3, ruang pori total (RPT) tinggi, pori drainase cepat (PDC) dan pori air tersedia (AT) yang tinggi baik pada lapisan 0-20 cm maupun pada 20-40 cm dari permukaan tanah. Selain itu mempunyai pori drainase lambat (PDL)

rendah, permeabilitas agak cepat, indeks stabilitas sangat baik pada lapisan atas (0-20 cm) maupun pada lapisan bawah (20-40 cm). Tanah mempunyai laju perkolasi yang sangat cepat baik pada lapisan atas maupun pada lapisan bawah. Tanah bertekstur lempung baik pada lapisan atas maupun pada lapisan bawah (Tabel 1).

Tabel 1. Sifat fisik tanah awal lokasi penelitian di Desa Talun Berasap, Kec.Gunung Tujuh, Kab. Kerinci, Provinsi Jambi

Sifat fisik tanah	Kedalaman tanah/Kategori			
	(0-20)cm	Kategori	(20-40)cm	Kategori
Kadar air (% vol)	49,40		52,51	
BD (g/cm^3)	0,64	rendah	0,63	rendah
PD (g/cm^3)	2,04		2,10	
Ruang pori total (RPT) (% vol)	68,70	tinggi	71,40	tinggi
Pori drainase (% vol)				
Cepat (PDC)	19,88	tinggi	20,91	tinggi
Lambat (PCL)	5,76	rendah	5,62	rendah
Pori air tersedia (% vol)	24,15	sangat tinggi	24,75	sangat tinggi
Permeabilitas (cm/jam)	5,22	sedang	6,43	sedang
Tekstur				
Pasir (%)	47,11		49,30	
Debu (%)	44,33	lempung	43,57	lempung
Liat (%)	8,57		7,11	
Kestabilan Agregat				
% Agregat	46,47		47,72	
Indeks (IKA)	96,60	sangat baik	85,18	sangat baik
Perkolasi (cm/jam)	63,80	sangat cepat	75,24	sangat cepat

Secara umum, tanah di lokasi penelitian mempunyai sifat fisik tanah yang cukup bagus dalam menunjang pertumbuhan tanaman. Tanah mempunyai BD < 0,80 g/cm^3 (0,64 g/cm^3) yang mengindikasikan bahwa tanah di lokasi penelitian mempunyai sifat andik, sehingga tanah kemungkinan besar termasuk Ordo Andisols. Hal ini juga dibuktikan dengan nilai *partikel density* < 2,6 g/cm3 (nilai yang biasa dipunyai oleh tanah mineral). Fakta tersebut mengindikasikan bahwa tanah ini juga mempunyai kerapatan jenis jarah yang lebih rendah dibandingkan dengan tanah mineral pada umumnya.

BD yang rendah mengakibatkan RPT yang tinggi (68 s/d 71% vol) dengan PDC yang tinggi (20% vol.) dan PDL yang rendah (6% vol.). Selain mempunyai RPT yang tinggi, tanah ini juga mempunyai pori air tersedia (AT) sangat tinggi (24% vol.). Dengan demikian, pori air tersedia menempati kurang lebih dari 30% RPT. Hal ini bagus untuk mendukung pertumbuhan tanaman sehingga tanaman tidak kekurangan air dan atau oksigen karena distribusi ruang pori lebih banyak didominasi oleh ukuran pori yang menguntungkan bagi tanaman (pori air tersedia).

Stabilitas agregat tanah berkontribusi terhadap distribusi ruang pori yang seimbang dalam tanah. Tingginya RPT, PDC dan AT mengindikasikan adanya agregasi yang baik

dalam tanah. Dan hal ini dicerminkan oleh adanya persentase agregat dan nilai indeks stabilitas agregat yang tergolong sangat stabil. Tanah di lokasi penelitian mempunyai tekstur lempung yang berarti terdapat susunan yang relatif seimbang diantara partikel-partikel tanah primer. Hal ini juga menguntungkan tanaman, sehingga akar tanaman dapat lebih penetrasi ke lapisan tanah yang lebih dalam yang selanjutnya akar tanaman lebih mudah mengekstrak air dan atau unsur hara dari dalam tanah untuk mendukung pertumbuhannya.

Sifat fisik tanah di lokasi penelitian yang harus diwaspadai adalah laju perkolasi atau kemampuan melalukan air ke lapisan yang lebih dalam di dalam profil tanah yang sangat cepat dan tinggi, sehingga akan terjadi pencucian hara apabila air di dalam tanah melebihi kapasitas lapang.

Tanah mempunyai pH masam, kandungan bahan organik yang sangat tinggi, C/N ratio rendah, kandungan P_2O_5 (ekstrak HCl 25%) sangat tinggi dan K_2O (ekstrak HCl 25%) rendah sampai sangat rendah, P tersedia sedang pada lapisan atas dan sangat rendah pada lapisan bawah, KTK dan KB tergolong sedang baik pada lapisan atas maupun pada lapisan bawah, serta Al-dd yang sangat rendah (Tabel 2).

Tabel 2. Sifat kimia tanah awal lokasi penelitian di Desa Talun Berasap, Kec.Gunung Tujuh, Kab. Kerinci, Provinsi Jambi

Sifat kimia	(0-20) cm	Kriteria	(20-40) cm	Kriteria
pH				
H_2O	5,14	masam	5,49	agak masam
KCl	4,83		5,14	
Bahan Organik				
C (%)	5,12	sangat tinggi	3,50	tinggi
N (%)	0,69	tinggi	0,47	sedang
C/N	7,54	rendah	7,75	rendah
Ekst. HCl 25 %				
P_2O_5 (mg kg^{-1})	1501,77	sangat tinggi	494,99	sangat tinggi
K_2O (mg kg^{-1})	101,65	rendah	85,22	sangat rendah
Bray 1				
P_2O_5 (mg kg^{-1})	9,49	sedang	3,19	sangat rendah
Basa2-dd				
Ca-dd (cmol+ kg^{-1})	0,17	sangat rendah	0,13	sangat rendah
Mg-dd cmol+ kg^{-1})	6,57	tinggi	5,06	tinggi
K-dd (cmol+ kg^{-1})	0,53	sedang	0,44	sedang
Na-dd (cmol+ kg^{-1})	0,05	sangat rendah	0,13	rendah
Jumlah	7,33		5,77	
KTK (cmol+ kg^{-1})	21,90	sedang	19,31	sedang
KB (%)	33,15	sedang	29,88	sedang
Ekst. HCl 1 M				
Ad-dd (cmol+ kg^{-1})	0,16	sangat rendah	0,03	sangat rendah
H-dd(cmol+ kg^{-1})	0,11		0,09	

Tanah mempunyai sifat kimia yang cukup baik dalam menunjang pertumbuhan tanaman karena mempunyai kandungan bahan organik yang sangat tinggi serta KTK yang cukup baik. Adanya ketersediaan P yang sangat rendah sampai sedang dan P potensial yang sangat tinggi, menyebabkan tanaman kurang dapat mengekstrak unsur P dari tanah. Hal ini karena tanah andisol banyak mengandung unsur amorf (*allofan*) sehingga P terikat pada allofan dan menjadi tidak tersedia bagi tanaman. Untuk itu diperlukan teknologi yang dapat merubah P potensial menjadi P tersedia bagi tanaman.

Pengaruh teknik konservasi tanah terhadap sifat fisik dan kimia tanah

Teknik konservasi tanah tidak berpengaruh terhadap hampir seluruh sifat fisik tanah yang dianalisis kecuali indeks kemantapan agregat. Teknik konservasi tanah yang diintroduksikan (KTA-2, KTA-3, KTA-4) memberikan indeks kemantapan agregat yang lebih baik dibandingkan kontrol (praktek petani=KTA-1). KTA-2 memberikan indeks kemantapan agregat yang paling baik diikuti oleh KTA-3 dan kemudian KTA-4. Praktek petani (KTA-1) memberikan indeks kemantapan agregat yang paling rendah (Tabel 3). Namun demikian, semua perlakuan mempunyai nilai indeks kemantapan agregat yang termasuk kategori sangat stabil. Ini berarti ketiga teknik konservasi introduksi dapat dijadikan alternatif teknik konservasi tanah dalam hubungannya dengan kemantapan agregat. Pemilihan teknik konservasi selanjutnya tergantung dari preferensi petani terhadap teknik konservasi tersebut.

Tabel 3. Pengaruh teknik konservasi tanah terhadap sifat fisik tanah pada pertanaman kubis di di Desa Talun Berasap, Kec.Gunung Tujuh, Kab. Kerinci, Jambi

Sifat fisik tanah		Teknik konservasi tanah			
		KTA-1	KTA-2	KTA-3	KTA-4
BD (g cm^{-3})		0,6 a	0,7 a	0,6 a	0,7 a
PD (g cm^{-3})		1,8 a	1,9 a	1,8 a	1,9 a
Ruang pori total (% vol)		65,6 a	65,4 a	64,9 a	65,1 a
Kadar air (% vol)	pF1	53,4 a	53,5 a	57,9 a	53,7 a
	pF 2	43,5 a	45,5 a	44,2 a	44,1 a
	pF2.54	38,4 a	39,8 a	38,7 a	38,7 a
	pF 4.2	17,7 a	17,8 a	18,8 a	19,5 a
Pori Drainase (% vol)	Cepat	22,1 a	19,9 a	20,7 a	21,1 a
	Lambat	5,1 a	5,7 a	5,5 a	5,4 a
Air tersedia (% vol)		20,7 a	22,0 a	19,9 a	19,2 a
Permeabilitas (cm jam^{-1})		19,7 a	20,6 a	19,1 a	14,9 a
Agregat (%)		49,5 a	46,9 a	46,1 a	47,2 a
Indeks Kemantapan Agregat		84,8 d	106,8 b	112,6 a	94,0 c

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada baris yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 0,05 DMRT, KTA-1 = kontrol (praktek petani); KTA-2 = kontrol diperbaiki, dipotong gulud setiap 5m; KTA-3 = KTA-2 ditambah rorak, KTA-4 = tanaman/bedengan searah kontur

Pengaruh teknik konservasi tanah terhadap sifat kimia tanah terlihat berbeda. Teknik konservasi tanah tidak berpengaruh terhadap pH, bahan organik (C, N, C/N), P_2O_5 (ekstrak HCl 25 %) dan K-dd. Teknik konservasi tanah berpengaruh terhadap Ca-dd, Mg-dd, Na-dd, KTK dan KB. Namun pengaruh teknik konservasi tanah terhadap Ca-dd, Mg-dd, Na-dd, KTK dan KB tersebut terlihat tidak konsisten. Teknik konservasi tanah (KTA-2 dan KTA-4) meningkatkan Ca-dd, Mg-dd, KTK dan KB, sedangkan pada perlakuan KTA-3, nilai-nilai tersebut tidak berbeda dengan kontrol (KTA-1). Teknik konservasi tanah menurunkan P_2O_5 (Bray I) dan Na-dd (Tabel 4).

Tabel 4. Pengaruh teknik konservasi tanah terhadap sifat kimia tanah pada pertanaman kubis di di Desa Talun Berasap, Kec.Gunung Tujuh, Kab. Kerinci, Jambi

Sifat kimia tanah	Teknik konservasi tanah			
	KTA-1	KTA-2	KTA-3	KTA-4
pH				
H_2O	4,77 a	4,77 a	4,80 a	4,93 a
KCl	4,66 a	4,71 a	4,69 a	4,75 a
Bahan Organik				
C (%)	5,94 a	5,89 a	6,11 a	5,91 a
N (%)	0,73 a	0,76 a	0,74 a	0,75 a
C/N	8,33 a	7,67 a	8,00 a	8,00 a
Bray I (P_2O_5) (mg kg^{-1})	29,27 a	24,65 b	21,02 c	22,39 bc
Eks HCl 25 % (mg/100 g)				
P_2O_5	207,67 a	203,67 a	214,00 a	219,67 a
K_2O	17,67 a	19,67a	22,33 a	21,33 a
Eks Am. asetat				
K (cmol+ kg^{-1})	0,21 a	0,27 a	0,30 a	0,24 a
Ca (cmol+ kg^{-1})	6,30 b	8,78 a	7,12 b	8,99 a
Mg (cmol+ kg^{-1})	0,74 b	0,95 a	0,70 b	0,93 a
Na (cmol+ kg^{-1})	0,33 a	0,19 b	0,15 b	0,12 b
Jumlah (cmol+ kg^{-1})	7,58 b	10,19 a	8,28 b	10,29 a
KTK (cmol+ kg^{-1})	23,31b	26,02 a	24,17 ab	25,23 a
KB (%)	32,67 b	39,00 a	34,00 b	40,67 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada baris yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 0,05 DMRT, KTA-1 = kontrol (praktek petani); KTA-2 = kontrol diperbaiki, dipotong gulud setiap 5m; KTA-3 = KTA-2 ditambah rorak, KTA-4 = tanaman/bedengan searah kontur

Erosi dan aliran permukaan

Desa Talun Berasap, Kecamatan Gunung Tujuh, Kabupaten Kerinci terletak pada ketinggian 1.400-1.500 m dpl. Kondisi lahan berbukit sampai bergunung, curah hujan tinggi (> 2.500 mm/tahun) dan lereng curam (> 25%) sehingga sangat peka terhadap bahaya erosi. Berdasarkan data hujan selama 11 tahun (1999-2009) menunjukkan bahwa rata-rata curah hujan di Kabupaten Kerinci sebesar 157,22 mm $bulan^{-1}$ dengan 13,16 hari hujan dan rata-rata kelembaban udara sebesar 82,57 (Hartatik *et al*. 2010). Hasil analisis

data curah hujan selama 11 tahun terakhir ini menunjukkan bahwa distribusi curah hujan di di dataran tinggi Kabupaten Kerinci memiliki 2 puncak curah hujan (Bimodal), yaitu pada bulan April (181,550 mm) dan bulan Desember (318,100 mm) dengan hari hujan antara 9-17 hari/bulan.

Distribusi curah hujan sangat berhubungan erat dengan kejadian erosi dan aliran permukaan. Besarnya erosi potensial dan aktual berpengaruh terhadap rancangan teknik konservasi tanah yang harus diimplementasikan di suatu lokasi. Teknik konservasi tanah yang diuji pada penelitian ini berpengaruh terhadap besarnya erosi dan aliran permukaan yang terjadi (Tabel 5).

Tabel 5. Pengaruh teknik konservasi tanah terhadap erosi dan aliran permukaan (*run-off*) di Desa Talun Berasap, Kec.Gunung Tujuh, Kab. Kerinci, Jambi

Teknik konservasi	Erosi (t ha^{-1})	Run-off (m^3/ha)	Run-off (% CH)
KTA-1	14,7 a	1518,6 a	9,5 a
KTA-2	11,3 c	1219,6 c	7,7 b
KTA-3	10,9 c	1176,7 c	7,4 b
KTA-4	12,7 b	1411,1 b	8,9 a
Curah hujan (mm)		1591	
Hari hujan (hari)		64	

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata pada taraf 0,05 DMRT; KTA-1 = kontrol (praktek petani), KTA-2 = kontrol diperbaiki, dipotong gulud setiap 5m, KTA-3 = KTA-2 ditambah rorak, KTA-4 = tanaman/bedengan searah kontur; pengukuran November 2011 s/d Maret 2012, TSL metoda Thompson (1975 dalam Arsyad, 2000) = 13,46 t ha th^{-1}.

Teknik konservasi tanah yang diuji nyata menurunkan erosi dan aliran permukaan. Teknik konservasi KTA-3 menyebabkan erosi paling rendah dibandingkan teknik konservasi lainnya. Hal ini disebabkan karena pada KTA-3 selain terdapat guludan, juga dilengkapi dengan rorak yang dibuat sebelum guludan. Hal ini menyebabkan tanah beserta aliran permukaan tertampung terlebih dahulu pada rorak, sehingga erosi dan aliran permukaan lebih terkendali dibandingkan perlakuan lainya. Teknik konservasi KTA-2 nyata menurunkan erosi dibandingkan kontrol dan tidak berbeda dengan KTA-3. Teknik konservasi KTA-2 merupakan praktek petani yang diperbaiki dengan menambahkan gulud setiap 5m panjang lereng, sedangkan KTA-3 adalah KTA-2 ditambah rorak, sehingga diperlukan waktu dan tenaga lebih banyak, namun menyebabkan erosi dan aliran permukaan yang tidak berbeda secara statistik. Teknik konservasi KTA-4 nyata menurunkan erosi dan aliran permukaan dibandingkan kontrol (KTA-1), namun memberikan erosi dan aliran permukaan yang lebih tinggi dibandingkan KTA-2 dan KTA-3. Persentase aliran permukaan terhadap hujan yang terjadi pada perlakuan KTA-4 tidak berbeda dibandingkan dengan kontrol (Tabel 5). Hal ini karena tanah mempunyai

sifat melalukan air (drainase cepat, permeabilitas dan perkolasi) yang tinggi sehingga meskipun pada perlakuan KTA-4 barisan tanaman sejajar kontur, tidak berbeda dengan kontrol dimana tanaman sejajar lereng.

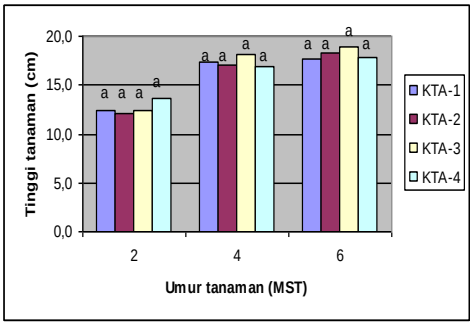
Semua teknik konservasi yang diintroduksikan (KTA-2, KTA-3 dan KTA-4) telah dapat menurunkan erosi dibawah batas erosi yang diperbolehkan (*tolerable soil loss* = TSL). Selanjutnya dapat dilihat bahwa praktek petani (KTA-1) masih memberikan erosi diatas TSL (Tabel 5). Hal ini mengindikasikan bahwa teknik konservasi KTA-2, KTA-3 dan KTA-4 dapat dijadikan alternatif teknik konservasi yang aman, sehingga usahatani dengan menerapkan teknik tersebut lebih berkelanjuttan ditinjau dari segi kelestarian lingkungan.

Undang Kurnia dan Suganda (1999) melaporkan bahwa pada umumnya petani sayuran melakukan usahataninya pada bedengan atau guludan searah lereng, atau bedengan/guludan tersebut dibuat pada bidang-bidang teras bangku yang telah lama ada dengan arah searah lereng, pengolahan tanahnya pun dilakukan searah lereng. Penerapan teknologi bedengan/guludan searah lereng mengakibatkan erosi yang terjadi masih cukup tinggi, seperti pada Andisol Cipanas mencapai 61,3-65,1 t ha^{-1} (Suganda *et al*. 1999) dan pada Inceptisol Campaka sebesar 32,9-43,4 t ha^{-1} (Erfandi *et al*. 2002).

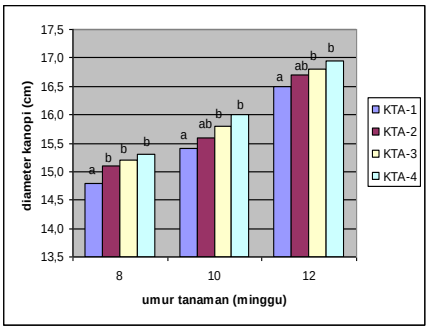
Penelitian konservasi tanah pada usahatani sayuran di dataran tinggi masih sangat terbatas. Hasil penelitian tersebut menunjukkan, bahwa teknik konservasi tanah untuk menanggulangi erosi cukup positif. Suganda *et al*. (1997) dan Suganda *et al*. (1999) membuktikan bahwa jumlah erosi pada bedengan searah kontur paling rendah, yaitu 10,7-40,5 t ha^{-1}.$tahun^{-1}$ pada Andisols dan 91,1 t ha^{-1}.$tahun^{-1}$ pada Inceptisols. Pada Inceptisol Campaka, besarnya erosi pada bedengan searah kontur sebesar 2,3-2,4 t ha^{-1}, jauh lebih kecil dibandingkan dengan erosi pada bedengan searah lereng sepanjang 5 meter dipotong teras gulud mencapai 10,6-15,0 t ha^{-1} (Erfandi *et al.* 2002). Sutapraja dan Asandhi (1998) mendapatkan bahwa jumlah tanah tererosi pada guludan searah kontur adalah 32,06 t.ha^{-1}.$tahun^{-1}$, dua kali lebih kecil dibandingkan dengan guludan arah diagonal terhadap kontur yaitu 68,63 t ha^{-1}.$tahun^{-1}$. Teknik bedengan searah kontur yang diperkuat dengan *Vetiveria zizanoides*, *Paspalum notatum* atau *Flemingia congesta* pada Andisols Dieng dapat menekan laju erosi dibandingkan dengan bedengan searah lereng atau bedengan 45° terhadap kontur (Haryati *et al*. 2000), selain itu, bedengan searah lereng yang panjangnya tidak lebih dari 4,5 m dan dilengkapi dengan teras gulud pada ujung bagian bawah bedengan mampu menghambat aliran permukaan dan erosi. Penerapan teknologi konservasi tanah telah terbukti mampu mengurangi jumlah erosi, sehingga mampu menekan jumlah hara yang hilang (Suwardjo, 1981; Sinukaban, 1990; Undang Kurnia, 1996).

Pertumbuhan tanaman

Keragaan pertumbuhan tanaman dalam hal tinggi tanaman secara statistik tidak berbeda antar perlakuan teknik konservasi (Gambar 1). Perlakuan teknik konservasi memberikan pengaruh yang berbeda terhadap pertumbuhan diameter kanopi tanaman (Gambar 2). Perlakuan KTA-4 (barisan/bedengan tanaman searah kontur) memberikan pengaruh yang terbaik terhadap perkembangan diameter tanaman pada umur 10 dan 12 minggu setelah tanam. Pengaruh ini tidak berbeda dengan perlakuan KTA-3 (barisan tanaman searah lereng, setiap 5 m panjang lereng dibuat gulud + rorak), tetapi berbeda dengan perlakuan KTA-2 (barisan/bedengan tanaman searah lereng, dipotong gulud setiap 5 m panjang lereng) dan KTA-1 (cara petani, barisan tanaman searah lereng) (Gambar 2).



Gambar 1. Pengaruh teknik konservasi tanah terhadap tinggi tanaman kubis di Desa Talun Berasap, Kec. Gunung Tujuh, Kab Kerinci, Jambi



Gambar 2. Pengaruh teknik konservasi tanah terhadap diameter kanopi kubis di Desa Talun Berasap, Kec. Gunung Tujuh, Kab Kerinci, Jambi

Pada TKA-4, dimana kubis ditanam searah kontur, tanah dan kelembaban tanah, serta input pertanian berupa pupuk lebih terkonservasi dan lebih dapat dimanfaatkan oleh tanaman dibandingkan pada perlakuan TKA-1, dimana kubis ditanam searah lereng, sehingga tanah dan pupuk akan mudah terbawa erosi dan aliran permukaan apabila terjadi hujan. Hal ini menyebabkan tanaman kurang mendapat kesempatan untuk mengambil air dan nutrisi yang diperlukannya. Ini mengakibatkan pertumbuhan tanaman yang paling rendah dibandingkan perlakuan yang lain (Gambar 2).

Hasil tanaman

Teknik konservasi tanah secara statistik tidak berpengaruh nyata terhadap populasi tanaman saat panen, namun memberikan pengaruh yang berbeda terhadap hasil tanaman (berat segar *crop*). Perlakuan KTA-3 memberikan hasil yang tertinggi, diikuti oleh KTA-1, kemudian KTA-2 dan KTA-4 memberikan hasil tanaman yang paling rendah (Tabel 6).

Tabel 6. Pengaruh teknik konservasi terhadap populasi tanaman saat panen dan berat segar *crop* kubis di Desa Talun Berasap, Kec. Gunung Tujuh, Kab Kerinci, Jambi

Teknik konservasi	Jumlah tanaman saat panen		Berat crop	Berat crop
	(t plot^{-1})	(t ha^{-1})	(kg plot^{-1})	(t ha^{-1})
KTA-1	88	14611 a	186,2	31,028 b
KTA-2	88	14722 a	174,8	29,139 c
KTA-3	87	14556 a	196,8	32,806 a
KTA-4	89	14778 a	156.3	26.056 d

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama berbeda untuk taraf 5 % DMRT, KTA-1 = teknik konservasi petani, penanaman searah lereng, KTA-2 = teknik petani, dipotong guludan setiap 5 m, KTA-3 = teknik petani, setiap 5 m dipotong gulud dan rorak, KTA-4 = penanaman searah kontur, ukuran plot = 60 m2

Teknik konservasi tidak berpengaruh secara nyata terhadap populasi tanaman saat panen, namun berpengaruh nyata terhadap hasil tanaman kubis (Tabel 6). Teknik konservasi KTA-3 memberikan hasil tanaman yang paling tinggi dibandingkan perlakuan lainnya, diikuti oleh perlakuan TKA-1, kemudian TKA-2 dan akhirnya TKA-4 memberikan hasil tanaman yang paling rendah. Hal ini terutama disebabkan oleh adanya penurunan populasi akibat perlakuan TKA-4 apabila diperhitungkan ke dalam satu ha. Secara normal, populasi tanaman kubis pada perlakuan TKA-1 sampai dengan TKA-4 berturut-turut adalah 33333, 25000, 24000 dan 24000 tanaman/ha. Populasi tanaman pada perlakuan KTA-3 dalam keadaan normal lebih rendah dari KTA-1 namun KTA-3 memberikan hasil tanaman yang paling tinggi. Ini berarti kualitas hasil tanaman pada perlakuan KTA-3 paling bagus diantara perlakuan lainnya.

Penelitian lain menunjukkan bahwa hasil kubis dari bedengan searah kontur dan bedengan 45^0 terhadap kontur yang diperkuat *Vetivera zizanoides*, *Paspalum notatum* atau *Flemingia congesta* sebagai tanaman penguat teras tidak berbeda dengan hasil kubis dari bedengan searah lereng (Haryati *et al.* 2000). Demikian juga penerapan bedengan searah kontur atau bedengan searah lereng yang dilengkapi dengan guludan setiap 5 m tidak menurunkan hasil sayuran kacang tanah, buncis dan kubis dibandingkan dengan praktek

petani berupa bedengan searah lereng tanpa guludan di Cempaka, Cianjur (Erfandi *et al.* 2002).

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Tanah di Desa Talun Berasap, Kecamatan Gunung Tujuh, Kabupaten Kerinci, Provinsi Jambi mempunyai tekstur lempung dan sifat fisik tanah yang cukup bagus dalam menunjang pertumbuhan tanaman terlihat dari BD yang rendah 0,65 g/cm^3, RPT tinggi (67–72% vol.), PDC tinggi (20–21% vol.) dan PDL yang rendah (6% vol.), pori air tersedia yang tinggi (24–25 % vol.) dan agregasi yang sangat baik.
2. Laju perkolasi atau kemampuan melalukan air yang sangat cepat dan tinggi di lokasi (Desa Talun Berasap, Kecamatan Gunung Tujuh, Kabupaten Kerinci, Provinsi Jambi) perlu diwaspadai karena berpotensi untuk terjadi pencucian hara apabila air di dalam tanah melebihi kapasitas lapang.
3. Tanah di lokasi penelitian (Desa Talun Berasap, Kecamatan Gunung Tujuh, Kabupaten Kerinci, Provinsi Jambi) mempunyai pH masam, P potensial sangat tinggi tetapi P tersedia rendah, K_2O sangat rendah, KTK dan KB sedang serta Al-dd sangat rendah sehingga diperlukan teknologi untuk merubah P potensial menjadi tersedia bagi tanaman.
4. Teknik konservasi tanah berpengaruh terhadap indeks stabilitas agregat dan beberapa sifat kimia tanah yaitu P potensial, basa-basa dapat ditukar, KTK serta KB.
5. Teknik konservasi tanah nyata menurunkan erosi dan aliran permukaan dibandingkan kontrol (TKA-1= praktek petani) dan mampu menurunkan erosi sampai dibawah erosi yang diperbolehkan (TSL= 13.46 t/ha/th).
6. Teknik konservasi TKA-3 memberikan hasil tanaman kubis tertinggi (32 t.ha^{-1}) diikuti oleh TKA-1 (31 t.ha^{-1}), TKA-2 (29 t.ha^{-1}) dan TKA-4 memberikan hasil yang paling rendah (26 t.ha^{-1}).
7. Teknik konservasi TKA-2 (barisan tanaman/bedengan searah lereng dipotong gulud setiap 5 m panjang lereng), TKA-3 (TKA-2 ditambah rorak) dan TKA-4 (barisan tanaman/bedengan searak kontur) dapat dijadikan alternatif teknik konservasi untuk petanaman kubis di dataran tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

Arsyad, S. 2000. Konservasi Tanah dan Air. IPB Press.

Erfandi, D., Undang Kurnia dan O. Sopandi. 2002. Pengendalian erosi dan perubahan sifat fisik tanah pada lahan sayuran berlereng. Hal. 277-286 *dalam* Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Lahan dan Pupuk. Buku II. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Bogor, 2002.

Haryati, U., N. L. Nurida, H. Suganda dan Undang Kurnia. 2000. Pengaruh arah bedengan dan tanaman penguat teras terhadap erosi dan hasil kubis *(Brassica oleracea)* di dataran tinggi. Hal. 411-424 *dalam* Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya Tanah, Iklim dan Pupuk. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor.

Hartatik, W., Y. Soelaeman, M. D. Erfandi, E. Santosa, Irawan. 2010. Penelitian dan Pengembangan Pengelolaan Lahan dan Pemupukan untuk Meningkatkan Produktivitas Hortikultura > 20% Mendukung Pengembangan Kawasan Hortikultura. Laporan Tahunan 2010. Balai Penelitian Tanah. Badan Litbang Pertanian.

Hidayat, A dan A. Mulyani. 2005. Lahan Kering untuk Pertanian *dalam* Adimihardja dan Mappaona (Eds). Teknologi Pengelolaan Lahan Kering. Menuju Pertanian Produktif dan Ramah Lingkungan. Edisi Kedua. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Badan Litbang Pertanian.

Pusat Penelitian dan Pengembangan Pengairan. 1995. Data Tahunan Debit Sungai Wilayah Tengah (Jawa, Bali, Kalimantan). Buku II/Hi-1/1995. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.

Sinukaban, N. 1990. Pengaruh pengolahan tanah konservasi dan pemberian mulsa jerami terhadap produksi tanaman pangan dan erosi hara. Pemberitaan Penelitian Tanah dan Pupuk, (9): 32-38.

Suganda, H., M. S. Djunaedi, D. Santoso dan S. Sukmana. 1997. Pengaruh cara pengendalian erosi terhadap aliran permukaan, tanah tererosi dan produksi sayuran pada Andisols. Jurnal Tanah dan Iklim. (15):38-50.

Suganda, H., H. Kusnadi dan Undang Kurnia. 1999. Pengaruh arah barisan tanaman dan bedengan dalam pengendalian erosi pada budidaya sayuran dataran tinggi. Jurnal Tanah dan Iklim, (17):55-64.

Sutapraja, H. dan Asandhi. 1998. Pengaruh arah guludan, mulsa dan tumpangsari terhadap pertumbuhan dan hasil kentang serta erosi di dataran tinggi Batur, Jurnal Hortikultura, 8 (1):1.006-1.013

Suwardjo. 1981. Peranan Sisa-sisa Tanaman dalam Konservasi Tanah dan Air pada Usahatani Tanaman Semusim. Disertasi Fakultas Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor.

Undang Kurnia. 1996. Kajian Metode Rehabilitasi Lahan untuk Meningkatkan dan Melestarikan Produktivitas Tanah. Disertasi Doktor Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.

Undang Kurnia dan H. Suganda. 1999. Konservasi tanah dan air pada budidaya sayuran dataran tinggi. Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 18 (2): 68-74.

Undang Kurnia. 2000. Penerapan teknik konservasi tanah pada lahan usahatani dataran tinggi. Hal 47-57 *dalam* A. Abdurachman *et al.* (eds.). Prosiding Lokakarya Nasional Pembahasan Hasil Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Bogor, 2-3 September 1999. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.

Degradasi Lahan Pesisir Akibat Cemaran Logam Berat Limbah Pabrik

39

[1]Munawar dan [2]Purnomo Edi S.

[1]Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, UPN Veteran Jawa Timur. email: munawar1960@gmail.com

[2]Ilmu Tanah-Agroteknologi Fakultas Pertanian UPN Veteran Jawa Timur[2,] email: purnomoedis@gmail.com,

***Abstrak*.** Buangan limbah industri kulit ke sungai berdampak pada akumulasi logam di perairan, sedimen dan kehidupan biota. Penelitian bertujuan untuk mengkaji kandungan kation dan logam berat pada tanah dan air lahan pertanian, tambak dan mangrove sekitar sungai yang melintasinya. Sampel tanah dan air pada kedalaman, 0-10 dan 10-20 cm dari area sekitar sungai yang membawa limbah pabrik kulit, paku, diterjen di Kabupaten Sidoarjo. Kedua sampel dievaluasi kandungan Cd, Cu, Pb, Ca, Mg, Na dan K- dapat ditukar. Hasil survei menunjukkan bahwa konsentrasi logam Cd, Pb dan Cu di lahan sawah dan tambak lebih tinggi dibanding di lahan mangrove. Konsentrasi basa-basa Ca^{-}, Mg^{-}, Na^{-}, dan K^{-} dapat ditukar juga tinggi dilahan sawah dusun tambak sehingga menyebabkan pH tanah tinggi (pH>7). Logam berat terkonsentrasi pada lahan non mangrove, akibat tidak adanya penyerapan/fiksasi logam sehingga yang tertinggal di tanah dan cairan dari limbah industri di sekitarnya. Hampir semua kandungan logam dan kation berhubungan dengan jarak dari lahan mangrove. Makin dekat lahan mangrove, kandungannya makin rendah dan sebaliknya. Kondisi ini menunjukkan kalau mangrove dapat berperan sebagai absorban logam berat dan kation sehingga mampu menurunkan polutan tersebut. Biota yang tumbuh didalamnya sangat ditentukan oleh besarnya cemaran logam dan kation. Padi mampu berproduksi lebih baik dengan semakin rendahnya logam berat dan dengan lebih seimbangnya kation-kation dapat ditukar.

Kata kunci:Pesisir, konsentrasi kation, limbah industri, mangrove,

Abstract. *Changing Mangrove coastale land into farms and settlements, resulting in further degradation of coastal environments. Some cases which arise due to the high metal pollution can not be reduced by mangroves. Changes in mangrove environmental improvements will decrease the accumulation of metals, because it has obtained data that mangroves are able absorb fires resulting in lower metal solubility in water. The study aimed to assess the metal content in some mangrove and pond habitats, studying the feasibility or the quality of maintenance of sediment ponds for milkfish, and determine the relationship between the quality of sediment by the end of biomass production (PROD), dense stocking density (STD) and survival rate (SR) as well as changes quality of water.*

Keywords:*Coastale area, cation concentration, industrial waste, mangrove*

PENDAHULUAN

Ekosistem wilayah pesisir berkarakter unik dan khas karena ekosistem tersebut perpaduan antara kehidupan darat dan air. Ekosistem wilayah pesisir memiliki arti strategik karena memiliki potensi kekayaan hayati baik juga segi biologi, ekonomi bahkan pariwisata. Hal itu mengakibatkan berbagai pihak ingin memanfaatkan secara maksimal potensi itu. Kawasan pesisir dengan hutan mangrove di sepanjang Pantai Utara Jawa Timur berada diambang kepunahan, dikarenakan desakan kepentingan pengembangan kawasan industri, pemukiman serta budidaya perikanan payau. Ketiga hal ini dipicu oleh pelanggaran rencana tata ruang wilayah regional pesisir pantai utara Jawa Timur (Arisandi P, 2004)

Wilayah pesisir banyak ditumbuhi tanaman mangrove yang tumbuh di muara sungai, merupakan tempat penampungan terakhir bagi limbah-limbah yang terbawa aliran sungai, terutama jika jumlah limbah yang masuk ke lingkungan estuari melebihi kemampuan pemurnian alami oleh badan air. Tumbuhan memiliki kemampuan untuk menyerap ion-ion dari lingkungannya ke dalam tubuh melalui membran sel. Dua sifat penyerapan ion oleh tumbuhan adalah: 1). faktor konsentrasi; kemampuan tumbuhan dalam mengakumulasi ion sampai tingkat konsentrasi tertentu, bahkan dapat mencapai beberapa tingkat lebih besar dari konsentrasi ion di dalam mediumnya, 2). faktor perbedaan kuantitatif akan kebutuhan hara yang berbeda pada tiap jenis tumbuhan. Sel-sel akar tumbuhan umumnya mengandung konsentrasi ion yang lebih tinggi daripada medium di sekitarnya. Sejumlah besar eksperimen menunjukkan adanya hubungan antara laju pengambilan ion dengan konsentrasi ion yang menyerupai hubungan antara laju reaksi yang dihantarkan enzim dengan konsentrasi substratnya (Hamzah *et al*. 2010).

Tanah tambak umumnya merupakan tanah endapan yang tingkat kesuburannya banyak ditentukan oleh kualitas material yang diendapkan. Bahan organik tanah merupakan bahan penting dalam menunjang kesuburan tanah, baik secara fisik, kimia dan biologi tanah (Indrawadi, 2006). Tanah dasar tambak mempunyai peranan penting sebagai sumber hara mineral dalam air tambak, karena tanah dasar tambak berinteraksi langsung dengan air yang ada di atasnya. Pada tambak sumber utama bahan organik adalah sisa pakan, *faeces* dan sisa metabolit. Pergeseran usaha ke arah intensif secara langsung akan meningkatkan akumulasi bahan organik pada permukaan dasar tambak. Penguraian bahan organik bisa terjadi secara *chemo-autotrophic* (proses nitrifikasi dan oksidasi sulfida), fermentasi (pelepasan gas CH_4-methan) dan *heterotrophic* (reduksi sulfat dengan pelepasan gas H_2S)

Akumulasi bahan organik tanah (BOT) selama periode budidaya berkisar antara 5,91-19,42% dengan rerata sebesar 9,15-5,80%. Sedangkan di wilayah Selatan Jawa Timur pada tambak pola campuran yaitu antara 5,52-8,81% (Husain, 2005). Perubahan penggunaan lahan dari mangrove ke tambak diduga akan berdampak pada tingginya

akumulasi logam berat dan kation, yang berpengaruh pada kehidupan biota didalamnya (Arisandi, 2001)

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran korelasi antara unsur logam terlarut yaitu Cd, Pb, Cu, dengan kandungan pH, EC dan C-organik endapan, cairan mangrove api-api dan kualitas tambak terdekat mangrove.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan menggunakan metode survei pada muara mangrove dan tambak yang dilalui sungai pewakil di wilayah Pantai Timur Sidoarjo pada bulan Mei- Juli 2011. Lokasi 1: tambak dekat muara sungai/kali Tambak Oso, Lokasi 2: tambak dekat muara sungai/kali Banjar Kemuning, dan Lokasi 3: tambak dekat muara sungai/kali Gisik (Gambar 2). Empat (4) unit tambak bandeng intensif/tradisionil pewakil dengan jumlah petakan untuk masing-masing unit tambak sebanyak 3 (tiga) petak.

Sampel tanah/endapan dan 36 sampel cairan dikumpulkan dari lahan lahan pertanian, tambak dan mangrove sungai di Kecamatan Wadung Asri dan Kecamatan Sedati, Kabupaten Sidoarjo, pada kedalaman 0-20 cm dan 20-50 cm di tiga (3) lokasi pewakil sekitar sungai yang membawa limbah industri di wilayah Sidoarjo (Gambar 1).



Gambar 1. Titik lokasi penelitian

Sampel tanah/endapan dari bagian *tengah* (T: dekat *central drain)* dan bagian tepi (P) lahan/petakan diambil dengan menggunakan sekop untuk tanah terganggu (komposit) dan ring sampel untuk tanah utuh (tidak terganggu) kemudian diberi label lokasi. Sampel Tanah komposit dikeringanginkan hingga kelembaban ± 10-20%, kemudian ditumbuk di mortar keramik dan diayak lolos saringan 2 mm. Sampel tanah disimpan dalam plastik polyetilen untuk kemudian dianalisis kandungan bahan organik tanah (BOT) Hg, Cu, Cd, pH, dan EC. Selain itu, diukur kadar air sampel untuk koreksi kelembaban sampel tanah.

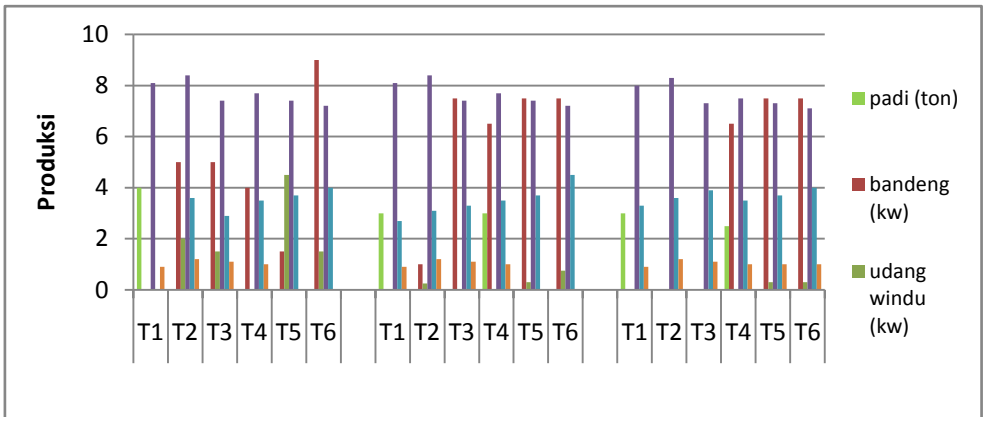
Penentuan total logam berat dari sampel tanah dilakukan ke dalam tabung bakar diikuti penambahan 10 ml HNO_3 pekat. Sampel-sampel ditempatkan di pembakar selama 8 jam pada suhu 96°C dengan pengocokan intermittent. Setelah pembakaran sempurna, samples disaring ke dalam tabung volume 100 ml menggunakan kertas saring Whatman No. 42. Sampel dibuat hingga tanda volume 100 ml dalam botol ukur dengan air distilasi. Konsentrasi Cd, Cu, Pd dalam larutan supernatan ditentukan dengan menggunakan spectrophoto-meter.

Penentuan basa-basa dapat ditukar tanah ditentukan dengan ekstraksi amonium acetat 1N pH 7. Konsentrasi Na, dan K dalam supernatan ditentukan dengan Flamefotometer sedangkan konsentrasi Ca dan Mg ditentukan dengan titrasi EDTA. Sampel air disaring ke dalam botol reagent 50 ml kemudian disimpan untuk analisis logam berat. Penentuan bahan organik dengan pengabuan (metode Weende).

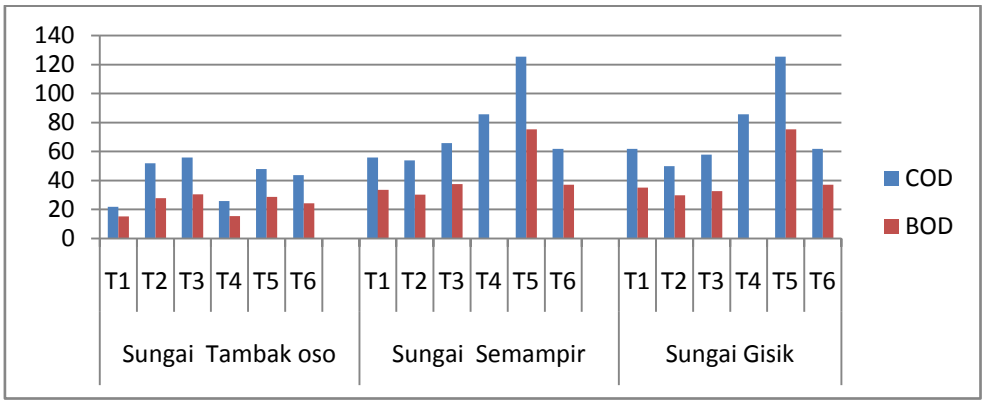
Data hasil penelitian berupa kandungan logam berat dan kation serta roduksi padi dan bandeng pada lokasi pewakil dianalisis secara deskriptif dan disajikan dalam gambar berikut (2, 3, 4 dan 5). Kandungan logam dan kation rata-rata dikorelasikan terhadap model perubahan pengelolaan lahan dan buangan industri sekitar aliran sungai. Kandungan logam berat di tanah/air tertinggi mencerminkan buruknya mutu air sungai dan tanah pewakil serta rendahnya absorbance logam tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

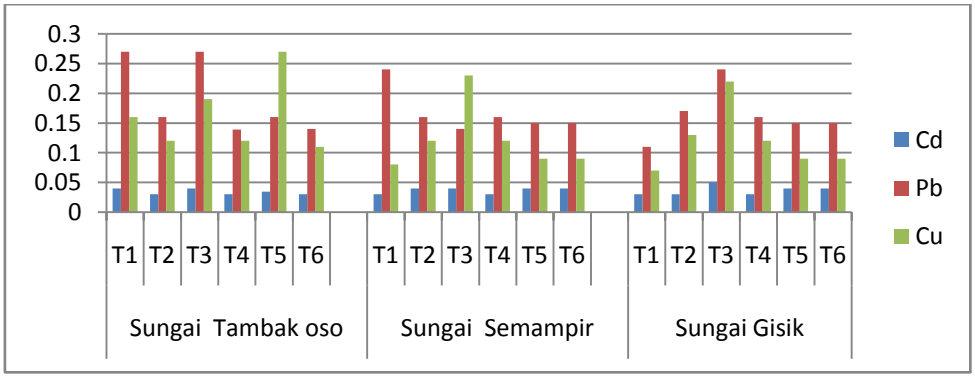
Hasil analisis kandungan logam, basa, pH, dan EC sampel tanah dan air di laboratorium dari ketiga titik lokasi muara sungai, seperti terlihat pada Gambar berikut (2, 3, 4 dan 5):



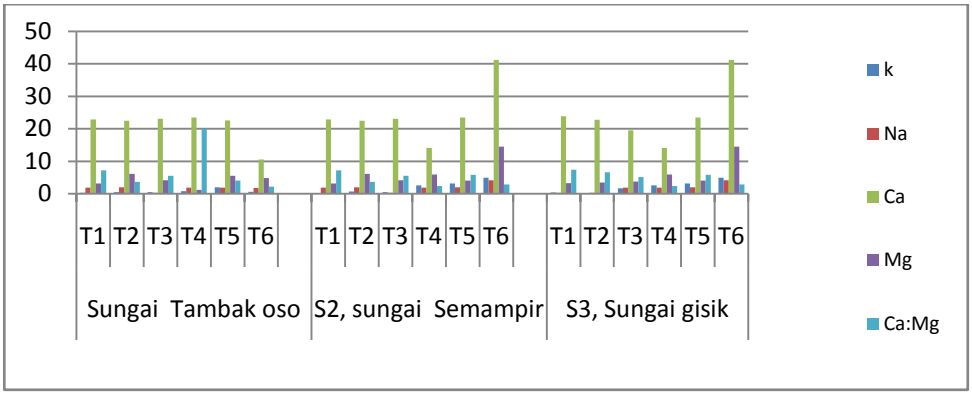
Gambar 2. Produksi ikan dan Padi



Gambar 3. Kandungan BOD dan COD



Gambar 4. Logam berat terakumulasi di sekitar lahan



Gambar 5. Kandungan logam berat

Pertumbuhan ikan bandeng diamati mulai tebar hingga panen dikorelasikan dengan kualitas air yang mengairi tambak. Setelah masa pemeliharaan antara 35-40 hari mulai dilakukan sampling berat individu (WIN) bandeng dan selanjutnya sampling dilakukan setiap 10 hari sekali. Pengambilan sampel tanah untuk pengukuran bahan organik tanah (BOT) Hg, Cu, Cd, pH, dan EC dilakukan setiap 20 hari.

Pada akhir masa budidaya dilakukan penimbangan terhadap biomassa produksi 9 kg ha^{-1}), padat penebaran (STD m^{-2}) dan ukuran yang selanjutnya diestimasi berat individu akhir (WIN:gram) dan *survival rate* (SR: jumlah bandeng yang dipanen/ jumlah bandeng yang ditebar x100 %)

Tanah tambak umumnya merupakan tanah endapan yang tingkat kesuburannya banyak ditentukan oleh kualitas material yang diendapkan. Bahan organik tanah merupakan bahan penting dalam menunjang kesuburan tanah, baik secara fisik, kimia dan biologi tanah. Tanah dasar tambak mempunyai peranan penting sebagai sumber hara mineral dalam air tambak, karena tanah dasar tambak berinteraksi langsung dengan air yang ada diatasnya. Pada tambak sumber utama bahan organik adalah sisa pakan, *faeces* dan sisa metabolit. Pergeseran usaha kearah intensif secara langsung akan meningkatkan akumulasi bahan organik pada permukaan dasar tambak. Penguraian bahan organik bisa terjadi secara *chemo-autotrophic* (proses nitrifikasi dan oksidasi sulfida), fermentasi (pelepasan gas CH_4-methan) dan *heterotrophic* (reduksi sulfat, dengan pelepasan gas H_2S) (Dahuri *et al.* 2002)

Akumulasi bahan organik tanah (BOT) selama periode budidaya berkisar antara 5,91-19,42% dengan rerata sebesar 9,15-15,80%. Sedangkan di wilayah Selatan Jawa Timur pada tambak pola campuran yaitu antara 5,52-8,81% (Husain, 2005). Perbedaan akumulasi BOT ini disebabkan adanya pola penanaman bibit campuran dengan udang, karena sifat udang mampu mengkonsumsi bahan organik secara langsung sebagai pakan

untuk pertumbuhannya sehingga dapat mengurangi akumulasi bahan organik tanah dalam tambak (Wijayanti *et al*. 2005).

Berdasarkan lokasi, di atas akumulasi bahan organik tanah dimasukkan sebagai ko-variabel dalam analisis maka produksi terhadap lokasi menjadi signifikan, berarti perbedaan produksi antar lokasi dipengaruhi faktor akumulasi bahan organik tanah. Produksi tertinggi didapatkan pada lokasi dengan rerata akumulasi BOT terendah (lokasi 1). akumulasi bahan organik tanah tertinggi didapatkan pada produksi terendah (lokasi 2) dibandingkan pada (lokasi 3) dan (lokasi 1)

Pada kelas tekstur tanah berpasir menunjukkan akumulasi bahan organik tanah yang rendah (lokasi 2), karena sifat porous dari pasir mampu mencuci bahan organik tanah ke bawah sehingga akan mengurangi akumulasinya. Pada kelas tekstur liat yang dalam keadaan tergenang air (reduksi) dan pH tinggi, bahan organik tanah akan bermuatan negatif selanjutnya diikat oleh partikel liat dengan bantuan ion-ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} sehingga dapat meningkatkan akumulasinya.

KESIMPULAN

Terdapat korelasi antara parameter tanah (BOT; KTK; C-organik; C/N; pH tanah dan H_2S) dengan produksi dan karakteristik produksi. Ternyata parameter tanah tersebut memiliki korelasi negatif dengan produksi padi, berarti bahwa dengan meningkatnya kandungan BOT tanah maka produksi padi akan menurun. Begitu juga terdapat korelasi positif antara parameter tanah (Eh dan NH^{4+}) dengan produksi ikan, artinya bahwa dengan meningkatnya parameter tanah tersebut, maka produksi ikan akan meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

Arisandi, P. 2001. Mangrove Jenis Api-Api (Avicennia marina) Altematif Pengendalian Pencemaran Logam Berat Pesisir. http://www.terranet.or.id

Arisandi, P. 2004. Mangrove Pantai Timur Surabaya Terancam Punah. http://www. terranet.or.id

Dahuri, R., Rais, J., Ginting, P., Sitepu, M. 2002. Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Pesisir dan LautSecara Terpadu. PT. PradnyaParamita,Jakarta

Hamzah, F. dan A. Setiawan. 2010. Akumulasi Logam Berat Pb, Cu, dan Zn di Hutan Mangrove Muara Angke, Jakarta Utara. (Accumulation of Heavy Metals Pb, Cu, and Zn in The Mangrove Forest Of Muara Angke, North Jakarta). Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis 2 (2): 41-52

Husain, 2005, Melirik Kembali Mangrove. http://www.duamata.blogspot.com

Indrawadi, 2006, Rehabilitasi Hutan Mangrove Berbasis Masyarakat, http://www.ubh.ac.id

Wijayanti, T. dan Malviana, A. 2005, Upaya Penanganan Hutan Mangrove Pantai Timur Surabaya Melalui Strategi Studi Visualisasi Obyek, Karya IImiah Mahasiswa

Teknologi Arang Aktif untuk Penanggulangan Pencemaran Residu Insektisida Klorpirifos di Lahan Sayuran Kubis

40

Sri Wahyuni, Indratin, dan Asep Nugraha Ardiwinata

Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Jl. Jakenan-Jaken Km 05, Pati 59182. Email: swahuni@gmail.com

Abstrak. Pestisida adalah salah satu bahan kimia yang berpotensi menimbulkan dampak negatif di lingkungan pertanian.Arang aktif adalah salah satu bahan amelioran potensial yang dapat menurunkan konsentrasiresidu pestisida. Arang aktif mampu menyerap residu insektisida di dalam air minum sebanyak 99,9% dari konsentrasi mula-mula sebanyak 2250 mg l^{-1}. Penurunan konsentrasiresidu insektisida di lingkungan pertanian dapat memperbaiki kualitas lingkungan.Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan arang aktif dalammenurunkan konsentrasi residu insektisida klorpirifos di lahan sayuran kubis hingga 50%. Penelitian dilakukan di Kebun Percobaan (KP) Pacet, pada tahun 2009 dengan menggunakan rancangan acak kelompok (RAK),enam (6) perlakuan dan tiga (3) ulangan. Perlakuan yang diuji adalah K0=Kontrol tanpa amelioran (0 kg ha^{-1} arang aktif), K1=Arang aktif sekam (1.000 kg ha^{-1}), K2 = Arang aktif tempurung kelapa (1.000 kg ha^{-1}), K3=Arang aktif tongkol jagung (1.000 kg ha^{-1}), K4 = Arang aktif tandan kosong kelapa sawit (1.000 kg ha^{-1}), K5 = Zeolit 1.000 kg ha^{-1}. Arang aktif tongkol jagung dapat menahan residu klorpirifos tertinggi dalam tanah pada pertanaman kubis.Residu klorpirifos masih dapat ditahan oleh semua amelioran selama fase pembentukan crophingga fase panen.Konsentrasi residu klorpirifos di tanah berkurang hingga lebih dari 50%.

Kata kunci: Arang aktif, klorpirifos, lahan kubis.

PENDAHULUAN

Pestisida adalah salah satu bahan kimia yang berpotensi menimbulkan dampak negatif di lingkungan pertanian.Residu pestisida di lingkungan pertanian tanaman pangan dan sayuran merupakan permasalahan yang harus dicari solusi pemecahannya. Di lahan sayuran di Magelang JawaTengah banyak ditemukan golongan organofosfat (klorpirifos), senyawa karbamat (karbofuran) dan organoklorin. Penggunaan pestisida semakin intensif dan cenderung tidak terkontrol, akibatnya agroekologi pertanian dan kesehatan masusia sebagai konsumen menjadi terabaikan.Data formulasi dan bahan aktif yang ada di Indonesia dari tahun ke tahun terus meningkat.

Ameliorasi merupakan suatu teknologi untuk menurunkan residu pestisida di lingkungan pertanian. Arang aktif merupakan salah satu bahan amelioran potensial yang dapat menurunkan residu pestisida.arang aktif merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, sehingga mempunyai daya serap Iod tinggi. Arang aktif

dapat dibuat dari limbah pertanian yang melimpah antara lain: sekam padi, tempurung kelapa, atau limbah pertanian lainnya. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa arang aktif yang berasal dari sekam padi dan tempurung kelapa memiliki daya serap yang tinggi (yang diekspresikan dengan angka lod) terhadap residu pestisida masing-masing sebesar 460,4 dan 1191,8 mg g^{-1} (Ardiwinata, 2004).

Ardiwinata (2004) melaporkan bahwa karbon aktif dapat menyerap karbofuran (karbamat) di dalam air minum sebanyak 99,9% dari konsentrasi mula-mula sebanyak 2.250 mg l^{-1}. Jatmiko *et al.* (2004) melaporkan,Urea-karbon aktif efektif menekan residu profenofos (organofosfat) dalam air sebesar 16-49% dan meningkatkan kemampuan fiksasi tanah terhadap residu profenofos sebesar 100-200% dan fiksasi klorpirifos dalam tanah sebesar 29-30%. Potensi karbon aktif sebagai bahan amelioran dalam menurunkan residu pestisida perlu dikembangkan dalam bentuk teknologi remediasi tanah pertanian di tingkat petani. Penurunan residu insektisida di lingkungan pertanian dapat memperbaiki kualitas lingkungan dan kualitas pangan.

Arang aktif adalah alkali lemah yang mempunyai kemampuan menyerap air dan menahan udara, sedangkan arang aktif yang mengandung abu tinggi merupakan alkali kuat (pH: 9-10) dan mempunyai luas permukaan yang besar. Arang aktif yang dicampurkan ke dalam asam atau ke dalam tanah dengan akumulasi garam, maka tanah akan ternetralisir dan mendekati netral dan meningkatkan kapasitas tukar kation tanah, akan tetapi jika jumlah arang aktif terlalu banyak (1.500 g $^{m-2}$) maka tanah akan menjadi alkali yang dapat merusak pertumbuhan tanaman pangan. Pada tanah netral sampai alkali seperti tanah abu vulkanik dan batu kapur (*limestone*), arang aktif tidak mempengaruhi nilai pH.

Rongga arang aktif sangat disukai oleh mikroba (bakteri tanah pendegradasi dan bakteri pengikat nitrogen) sebagai tempat tinggal (rumah), sehingga populasi mikroba di dalam rongga meningkat karena terdapat nutrient C dan N yang berasal dari residu pestisida. Kapasitas dan daya serap arang aktif yang besar melalui struktur pori dan keberadaan gugus kimia di permukaan arang aktif (C=O, ion C_2^- dan ion C_2H^-) mampu berperan dalam menurunkan pencemaran residu pestisida. Apabila residu pestisida masuk atau terperangkap di dalam rongga arang aktif, maka residu pestisida tersebut akan didegradasi oleh mikroba pendegradasi sehingga residu pestisida akan terurai/terdegradasi. Apabila konsentrasi residu pestisida di tanah dapat ditekan, maka konsentrasi residu pada produk pertanian akan dapat diminimalisir.

Klorpirifos ($C_9H_{11}C_{l3}NO_3PS$) adalah pestisida organofosfat dengan toksisitas tinggi terhadap mamalia tetapi dapat didegradasi secara biologis. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan arang aktif yang mampu menurunkan konsentrasi residu insektisida klorpirifos di lahan sayuran kubis hingga 50%.

METODOLOGI

Bahan baku arang aktif yang digunakan adalah sekam padi, tempurung kelapa, tongkol jagung dan tandan kosong kelapa sawit. Bahan baku dikarbonisasi dalam tungku listrik pada suhu 500°C selama 5 jam. Hasil karbonisasi diaktifkan dengan mengalirkan uap air panas pada suhu 900°C selama 60 menit di dalam tungku listrik.Aplikasi klorpirifos dilakukan pada lahan kubis pada saat persiapan lahan.Konsentrasi insektisida yang diaplikasikan 3 ppm.Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan (KP) Pacet, Cipanas.Percobaan disusun menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan 6 perlakuan dan 3 ulangan (blok). Ukuran masing-masing petak perlakuan 3 m x 4 m.Pemberian arang aktif pada tiap petak perlakuan pada saat pengolahan tanah.Perlakuan yang diuji adalahK0=Kontrol tanpa amelioran (0 kg ha^{-1} arang aktif), K1=Arang aktif sekam (1.000 kg ha^{-1}), K2=Arang aktif tempurung kelapa (1.000 kg ha^{-1}), K3=Arang aktif tongkol jagung (1.000 kg ha^{-1}), K4=Arang aktif tandan kosong kelapa sawit (1.000 kg ha^{-1}), K5=Zeolit 1.000 kg ha^{-1}.

Bibit kubis yang sudah siap dari persemaian (setelah berumur 3-4 minggu) ditanam dengan jarak tanam 50 cm x 60 cm, dengan cara memasukkan bibit kubis ke dalam lubang yang sudah dibuat, kemudian ditutup dengan tanah. Pupuk dasar diberikan sehari sebelum tanam dengan dosis 250 kg SP36 ha^{-1}, 50 kg Urea ha^{-1}, 175 kg ZA ha^{-1} dan 100 kg KCl ha^{-1}. Pupuk dasar dicampur secara merata lalu diberikan pada lubang tanam yang telah diberi pupuk kandang, kemudian ditutup kembali dengan tanah.

Parameter yang diamati meliputi: kandungan residu insektisida klorpirifos pada tanah, air dan tanaman yang dideteksidengan menggunakan alat kromatografi gas.

Kandungan residu yang terdapat di dalam contoh tanah, air dan tanaman dihitungberdasarkan rumus: $\text{Residu} = \frac{\text{Ac} \times \text{Vis} \times \text{Ks} \times \text{Vfc}}{\text{As} \times \text{Vic} \times \text{B} \times \text{R}}$

Keterangan:

Ac =area contoh
As =area standar
Vic =volume injeksi contoh (μL)
Vis =volume injeksi standar (μL)
Ks =Konsentrasi standar (ppm)
B =Bobot awal/volume awal (mg atau ml)
R =recovery (%)

Kandungan residu yang didapat kemudian dibandingkan dengan nilai *Acceptabel Daily Intake* (ADI) untuk Lindan adalah 0,008 ppm yaitu konsentrasi residu yang aman apabila terkonsumsi oleh manusia.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan arang aktif

Pembuatan arang aktif meliputi pembakaran arang pada suhu tinggi dan arang diaktivasi menjadi arang aktif. Pembuatan arang dilakukan di Sindangbarang Bogor, sedangkan aktivasi arang dilakukan di Puslitbanghut Bogor. Bahan arang aktif yang digunakan dalam penelitian ini adalah dari sekam padi, tempurung kelapa, tongkol jagung, tandan kosong kelapa sawit. Tabel 1 menunjukkan hasil rendemen pembuatan arang dan rendemen arang aktif.

Tabel 1. Rendemen hasil pembuatan arang dan hasil samping destilat dari 4 jenis limbah pertanian, Bogor 2009.

Jenis Limbah Pertanian	Berat Bahan mentah(kg)	Proses (jam)	Hasil Arang (kg)	Rendemen (%)	Destilat (lt)
Tempurung kelapa	25	6	7	28	4,5
Sekam padi	27	6	9	33	3,0
Tandan kosong kelapa sawit	20	6	4	20	5,0
Tongkol Jagung	28	6	7	25	3,5

Berdasarkan hasil pembuatan arang yang telah dilakukan rata-rata menghasilkan rendemen 26,5%, sedangkan rendemen arang aktif umumnya sebesar 10% dari arang. Pengelolaan limbah pertanian dapat diupayakan dan dimanfaatkan hasil keseluruhan dari proses pembakaran sehingga limbah dapat diminimalisasi di dalam lingkungan (*minimum waste*). Proses pembuatan arang dihasilkan rendemen tertinggi pada arang sekam padi yaitu 33%, sedangkan rendemen berikutnya adalah tempurung kelapa dan tongkol jagung masing-masing 28% dan 25% dan yang terendah adalah tandan kosong kelapa sawit (Tabel 1). Hasil samping berupa destilat rata-rata sebanyak 4 liter dengan berat awal bahan mentah rata-rata 25 kg.

Pengujian kualitas arang aktif (tidak ada di metode, tolong ditambahkan)

Tabel 1 memperlihatkan karakteristik keempat limbah pertanian yang dimanfaatkan sebagai arang aktif.Berdasarkan kemampuannya menyerap iodine (I_2), arang aktif dari tempurung kelapa berdaya serap iodine tertinggi diikuti sekam padi, tongkol jagung, dan tandan kosong kelapa sawit. Arang aktif dari tempurung kelapa mengandung zat terbang dan kadar abu terendah dibandingkan ketiga limbah pertanian lainnya. Berdasarkan standar kualitas pada Tabel 7, kualitas arang aktif dari tempurung kelapa (TK) dan tonggol jagung (TJ) memenuhi syarat kualitas daya serap I_2 minimum 750 mg g^{-1} yaitu 901,1 mg g^{-1} untuk TK dan 887,1 mg g^{-1} untuk TJ, sedangkan daya serap

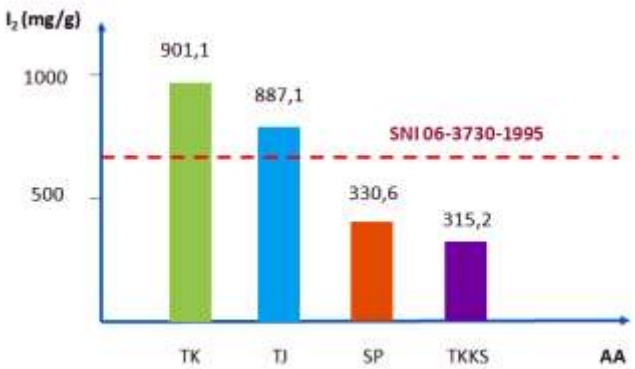
I_2 arang aktif dari, tandan kosong kelapa sawit, dan sekam belum memenuhi syarat kualitas arang aktif (minimum 750 mg g^{-1}). Demikian pula untuk kadar abu, kadar abu arang aktif dari tempurung kelapa kurang dari 2,5% dimana syarat kualitas karbon aktif berkadar abu maksimum 2,5%).

Tabel 2. Kualitas arang aktif dari limbah pertanian.

No.	Uraian	Arang aktif			
		Tempurung kelapa	Bonggol Jagung	TKKS (lengkap spy konsisten)	Sekam padi
1	Kadar Air (%)	5,0	1,5	10,0	17,3
2	Kadar zat terbang (%)	9,4	12,5	13,5	14,5
3	Kadar abu (%)	1,5	32,0	40,0	38,5
4	Daya serap I_2 (mg g^{-1})	901,1	887,1	330,6	315,2
5	Bobot jenis curah	0,34	0,32	0,30	0,31
6	Lolos mesh	20	20	20	20

[a]Analisis dilakukan di P_3HH. Hasil yang ditampilkan adalah rata-rata dari dua kali pengukuran ulangan. TKKS=Tandan Kosong Kelapa Sawit

Berdasarkan kriteria SNI 06-3730-1995 dari aspek daya serap terhadap I_2, AA tempurung kelapa (TK) dan tongkol jagung (TJ) memenuhi persyaratan mutu arang aktif (Gambar 1).

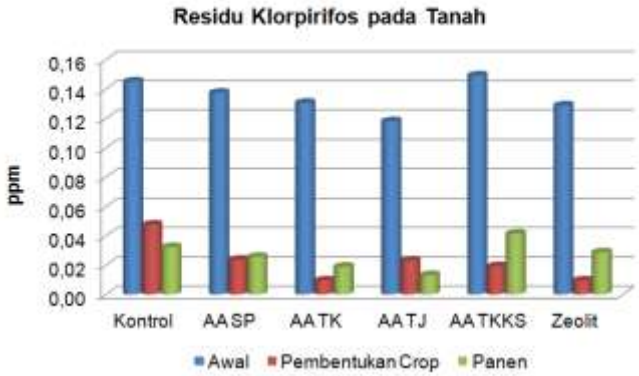


Gambar 1. Daya serap arang aktif dari lombah pertanian yang digunakan dalam penelitian (TK=Tempurung Kelapa; TJ=Tongkol Jagung;SP=Sekam Padi; TKKS=Tandan Kosong Kelapa Sawit; AA=Arang Aktif)

Pengaruh arang aktif terhadap residu insektisida klorpirifos di pertanaman kubis

Arang aktif tongkol jagung dapat menahan residu klorpirifos tertinggi dalam tanah pertanaman kubis.Residu klorpirifos masih dapat ditahan oleh semua amelioran selama fase pembentukan crop hingga fase panen. Amelioran arang aktif tandan kosong kelapa

sawit dapat menahan residu klorpirifos tertinggi pada fase panen (Gambar 2).Pada pertanaman kubis, amelioran arang aktif tempurung kelapa lebih baik efektif menahan residu lindan (>0,2 ppm),diikuti arang aktif tandan kosong kelapa sawit.



Gambar 2. Perunuan residu klorpirifos pada tanah pada pertanaman kubis

Tabel 3. Residu klorpirifos dalam tanah diawal pertumbuhan, pembentukan crop dan panen. Pada pemberian arang aktif.

Perlakuan	Residu di tanah			Prosentase penurunan (%)
	Awal	Pembentukan Crop	Panen	
Kontrol	0.1451	0.0476	0.0323	77.73949
AA SP	0.1375	0.0237	0.0256	81.38182
AA TK	0.1306	0.0096	0.0189	85.52833
AA TJ	0.1180	0.0231	0.0132	88.81356
AA TKKS	0.1492	0.0193	0.0414	72.25201
Zeolit	0.1288	0.0096	0.0287	77.71739

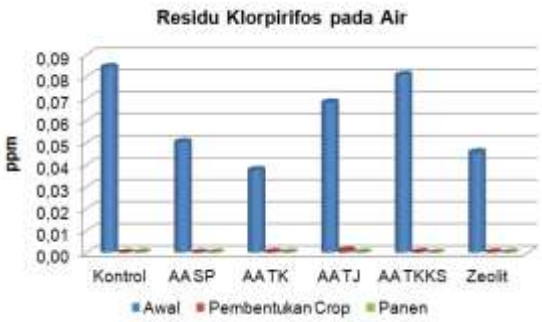
Tabel 4. Residu klorpirifos dalam air pada pertanaman kubis pada pemberian arang aktif di KP. Pacet, 2009.

Perlakuan	Rerata konsentrasi residu klorpirifos (ppm)		
	Awal	Pembetukan Crop	Panen
Kontrol (K0)	0,0845a	0,0000d	0,0002a
AA sekam padi (K1)	0,0504d	0,0000d	0,0001ab
AA tempurung kelapa (K2)	0,0377e	0,0003b	0,0001ab
AA Bonggol Jagung (K3)	0,0684b	0,0010a	0,0001ab
AA TKKS (K4)	0,0809a	0,0003b	0,0000b
Zeolit (K5)	0,0458c	0,0002bc	0,0001ab

Keterangan: Angka dalam kolom yang sama diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% menurut uji Duncan. AA = Arang aktif, TKKS = Tandan Kosong Kelapa Sawit.

Pada kombinasi perlakuan tanah steril dan non steril dengan pemupukan penurunan residu insektisida lindan terendah pada perlakuan urea berlapis arang aktif tempurung kelapa yang diperkaya dengan mikroba yaitu sebesar 94% diikuti oleh urea berlapis arang aktif tempurung kelapa sebesar 92% dan urea berlapis arang aktif tongkol jagung yang diperkaya mikroba 92%.

Kondisi air di pertanaman kubis merupakan indikator keberhasilan aplikasi amelioran dalam menurunkan residu insektisida.Penurunan residu klorpirifos tersaji pada Gambar 3, sedangkan penurunannya lebih dari 50% .



Gambar 3. Residu klorpirifos pada air di pertanaman kubis.

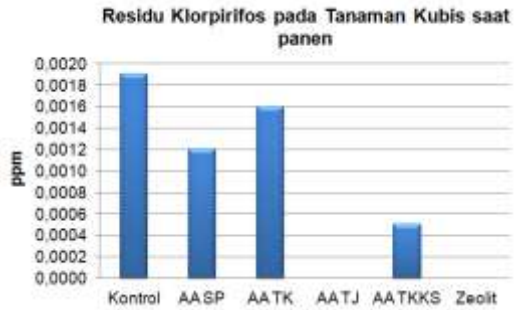
Pengaruh pemberian amelioran arang aktif terhadap konsentrsi residu klorpirifos pada tanaman kubis di KP Pacet, 2009 dapat terdeteksi hingga tidak terdeteksi.Hal ini dapat disajikan pada Tabel 5. (pembahasan satu alinea tidaklah cukup, perlu dielaborasi lagi)

Tabel 5. Pengaruh pemberian arang aktif terhadap residu klorpirifos pada tanaman kubis di KP. Pacet, 2009.

Perlakuan	Rerata konsentrasi residu klorpirifos (ppm)
Kontrol (K0)	0,0019 a
AA sekam padi (K1)	0,0012 ba
AA tempurung kelapa (K2)	0,0016 a
AA Tonggol Jagung (K3)	0,0000 b
AA TKKS (K4)	0,0005 ba
Zeolit (K5)	0,0000 b

Keterangan: Angka dalam kolom yang sama diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% menurut uji Duncan. AA = Arang aktif, TKKS = Tandan Kosong Kelapa Sawit.

Residu klorpirifos pada kontrol tinggi karena tidak diberi bahan amelioran, sehingga residu yang ada tidak dapat terjerap oleh bahan amelioran.Pada perlakuan AATJ dan Zeolit residu klorpirifos tidak terdeteksi pada tanaman kubis saat panen.Hal ini menunjukkan bahwa AA TJ dan Zeolit sangat baik untuk menjerap residu pestisida.



Gambar 4. Residu Klorpirifos pada Tanaman Kubis saat panen

Arang aktif (AA) sekam padi, AA tempurung kelapa, AA tongkol jagung, tandan kosong kelapa sawit, dan zeolit berpengaruh terhadap peningkatan populasi mikroba tanah *Pseudomonas* sp, *Serratia* sp, dan S. *natans* . Peningkatan populasi tertinggi pada arang aktif tongkol jagung adalah *Citrobacter* sp., *Pseudomonas* sp, *Serratia sp., Bacillus* sp., *Azotobacter* sp, dan *Azospirrillium* sp.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Arang aktif dari tempurung kelapa dan tongkol jagung memiliki daya serap I_2 tertinggi dan memenuhi persyaratan mutu arang aktif SNI 06-3730-1995.
2. Arang aktif tempurung kelapa pada tanah dan air dipertanaman kubis dapat menurunkan residu insektisida klorpirifos lebih dari 50%.
3. Arang aktif tongkol jagung efektif untuk menurunkan residu insektisida klorpirifos
4. Arang aktif tempurung kelapa dan tongkol jagung dapat meningkatkan populasi mikroba *Citrobacter* sp, *Enterobacter* sp, dan *Azotobacter* sp pada pertanaman padi, sedangkan arang aktif tongkol jagung pada pertanaman kubis dapat meningkatkan populasi mikroba *Citrobacter* sp., *Pseudomonas* sp., *Serretia* sp., *Bacillus* sp, *Azotobacter* sp., dan *Azospirrillium* sp.

DAFTAR PUSTAKA

Ardiwinata, A. N**.** 2004. Pengaruh Penambahan Karbon Aktif Tempurung Kelapa dan Sekam Padi di Tanah Terhadap Residu Karbofuran (2,3-dihidro-dimetil-7-benzofuranil-N-metil karbamat) di dalam Tanah, Air, dan Tanaman Padi. Disertasi Doktoral Universitas Indonesia. Jakarta.

Jatmiko, S.Y., Harsanti, E.S., dan A.N. Ardiwinata. 2004. Teknologi Remediasi Lahan Dan Tanaman Bawang Merah Akibat Residu Pestisida. Laporan Akhir Tahun. Unpublish

Pola Sebaran Ruang Limbah Krom yang Berasal dari Industri Electroplating dan Teknologi Penurunan Konsentrasi

41

[1]Sigit Yuli Jatmiko, [1]Anik Hidayah, dan [2]Dedi Nursyamsi

[1]Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Jl. Jakenan-Jaken Km 05, Pati 59182

[2] Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa, Jl. Kebun Karet, Loktabat Banjarbaru

Abstrak. Industri *electroplating* selain menghasilkan limbah tembaga (Cu), nikel (Ni), seng (Zn), perak (Ag) juga logam krom (Cr). Potensi pencemaran limbah industri ini makin besar dengan banyaknya industri yang tidak memanfaatkan instalasi pengolah limbah. Keberadaan logam krom di lingkungan patut mendapat perhatian karena dapat menyebabkan efek akut dan kronis. Tujuan penelitian adalah mengetahui pola sebaran ruang limbah krom dan teknologi penurunan konsentrasi. Penelitian dilakukan secara survei di lahan sawah sekitar sentra industri electroplating di Kabupaten Tegal, Provinsi Jawa Tengah pada 20-50 titik grid sedangkan teknologi penurunan konsentrasi limbah cair krom dilaksanakan di Laboratorium Terpadu Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Pati, Jawa Tengah dengan menggunakan bahan koagulan (tawas, sodium bisulfit, dan anion resin) dan bahan absorben (arang aktif). Alat yang digunakan untuk menentukan kadar krom adalah AAS Varian tipe AA240FS. Hasil analisis menunjukkan frekuensi terdeteksi krom di lahan sawah adalah 100% (20 lokasi) dan frekuensi terdeteksi di air sawah adalah 32% (16 lokasi dari 50 lokasi) dengan kadar maksimum masing-masing adalah 140,33 mg kg^{-1} dan 77,51 mg L^{-1}. Pola sebaran krom mempunyai keruangan kuat dengan persentase rasio nugget-sill 37%. Semua bahan koagulan yang diujikan mampu menurunkan konsentrasi Cr limbah cair elektroplating lebih dari 50% (53-97%) sedangkan kombinasi koagulan dan absorben menurunkan konsentrasi Cr pada rentang 94-98%.

Kata kunci: Pola sebaran, limbah krom, *electroplating*, teknologi, krom, penurunan konsentrasi

Abstract. *Electroplating industry beside generate waste as well as copper (Cu), nickel (Ni), zinc (Zn), silver (Ag) are also metal chromium (Cr). Potential pollution of industrial waste were the greater the number of these industries that do not utilize waste processing equipment. The presence of chromium metal in the environment deserves attention because it will cause acute and chronic effects. The research objective were to know the pattern of spatial distribution of chromium waste and technology for reducing chromium waste. Research conducted in a survey in the fields around the center of the electroplating industry in the Tegal Regency, Province of Central Java in 20-50 grid points for spatial distribution while reducing of chromium waste technology was conducted at the Integrated Laboratory, Indonesian Agricultural Environment Research Institute (IAERI), Jakenan, Pati Regency, Province of Central Java that use of coagulants (alum, sodium bisulfite, and the anion resin) and absorbent material (activated carbon). To determine*

the level of chromium AAS varian type AA 240 FS. The analysis showed the frequency of chromium detec in the paddy field was 100% (20 locations) and the frequency detected in rice field water was 32% (16 sites of 50 sites) with maximum levels of each is 140.33 mg kg^{-1} *and 77.51 mg* L^{-1}*. Chrome has a spatial distribution patterns strongly with the percentage of nugget- sill ratio was 37%. All materials tested coagulants can reduce the concentration of Cr electroplating wastewater by more than 50% (53-97%) while the combination of coagulant and adsorbent could reducing Cr concentrations in the range 94-98%.*

Keywords: *Spatial distribution, electroplating, technology, chromium, concentration reduction*

PENDAHULUAN

Electroplating adalah proses pelapisan logam menggunakan bantuan arus listrik searah untuk membentuk permukaan dengan sifat atau dimensi yang berbeda dengan logam dasarnya. Logam yang digunakan adalah logam-logam yang lebih anodik atau dengan logam yang lebih katodik sebagai pelapisnya. Tujuan pelapisan ini adalah untuk mendapatkan nilai estetika pada permukaan logam yang dilapisi, yaitu warna, kilap dan tekstur tertentu, tahan karat, tahan gesekan, memperhalus bentuk permukaan serta kekerasan permukaan logam (Musalam, 2004; Suarsana, 2008).

Sumber logam krom yang digunakan sebagai pelapis adalah asam krom dan krom oksida (Cr_2O_3). Limbah yang dihasilkan industri ini adalah limbah padat (serbuk halus) dan limbah cair. Limbah cair tersebut dibuang ke badan air tanpa melalui instalasi pengolahan limbah (IPAL) terlebih dahulu. Walaupun jumlah limbah *electroplating* yang dihasilkan lebih sedikit dibandingkan dengan limbah industri lain, namun karena sifatnya yang sangat beracun maka bahan buangan ini amat berbahaya bagi manusia serta dapat mengancam kelestarian kehidupan.

Keberadaan krom di lingkungan berasal dari: (1) alam dengan kadar relatif kecil, misalnya bijih kromit, umumnya tidak membahayakan, dan dari (2) aktivitas antropogenik (Chatterje, 2007). Jenis industri yang menghasilkan limbah krom antara lain kegiatan pelapisan logam, industri bateri, industri suasa, penyamakan kulit, pengolahan karet, dan pabrik kimia anorganik, dan pewarna (Utami, 1994).

Adanya pencemaran krom di lahan pertanian telah banyak dilaporkan antara lain di lahan yang dilewati limbah buangan industri penyamakan kulit (Nitisapto *et al*. 1993), yaitu lahan yang terletak di DAS Code Yogyakarta (Ba roto dan Siradz, 2006). Lahan sawah yang berada dekat dengan kawasan *home industry electroplating* berpeluang tercemar krom. Walaupun krom trivalen (Cr(III)) dibutuhkan oleh tubuh dalam jumlah sedikit untuk metabolisme gula dan lemak, namun dalam jumlah banyak terutama krom heksavalen (Cr(VI)) dapat bersifat racun.

Badan Penelitian Kanker Internasional (IARC) dan Badan Perlindungan Lingkungan Amerika (EPA) mengkategorikan krom heksavalen sebagai pemicu kanker pada manusia (*direct human carcinogen*), alergi kulit, gangguan mukosa, kerusakan syaraf, merusak sistem kekebalan tubuh dan sistem endokrin (Chun dan Kang, 2003; Kime, 1999; Nordberg *et al*. 2007). Konsentrasi Cr maksimum yang diijinkan dalam tanah adalah 50-200 mg kg^{-1} menurut Kabata-Pendias dan Mukherjee (2007), atau 75-100 mg kg^{-1} menurut Alloway (1995), sedangkan dalam air irigasi 0,05 mg L^{-1}, dalam air sungai 0,05 mg L^{-1} (PP No. 82 Tahun 2001), dan dalam air minum 0,05 mg L^{-1}.

Kehadiran logam berat dalam tanah, air dan tanaman patut mendapat perhatian karena: (1) sifat racun dan potensi karsinogeniknya, (2) mobilitasnya dalam tanah yang cepat berubah, dan (3) cenderung kumulatif dalam tubuh manusia (Notodarmojo, 2004). Berkenaan dengan hal tersebut maka diperlukan suatu informasi spasial sebaran dan logam berat Cr pada lahan pertanian dan air irigasi di sentra industri *electroplating* di Kabupaten Tegal serta metode penurunan konsentrasi krom menggunakan bahan koagulan, absorben maupun kombinasinya.

Koagulan tawas (alum), sodium bisulfat, anion resin dan absorben umum digunakan untuk pengolahan air minum, tapi jarang digunakan untuk pengolahan limbah. Jenis tawas ($Al_2S0_4.xH_2O$) x= 11,14, dan x umumnya yang digunakan adalah 18 H_2O. Semakin banyak ikatan molekul hidrat maka semakin banyak ion lawan yang ditangkap. Pada pH < 7 terbentuk $Al(OH)^{2+}$, $Al(OH)_2{}^{4+}$, $Al_2(OH)_2{}^{4+}$. Pada pH > 7 terbentuk $Al(OH)^-_4$. Sodium bisulfat ($NaHSO_4$) digunakan untuk deklorinasi klorin dalam air dan untuk mereduksi limbah kromium heksavalen yang berbahaya menjadi kromium trivalen yang tidak berbahaya (Markon, 2006).

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pola sebaran ruang limbah krom dan teknologi penurunan konsentrasi.

BAHAN DAN METODE

Lokasi penelitian dilaksanakan di kawasan sentra *home industry electroplating* di Kabupaten Tegal Provinsi Jawa Tengah yang tersebar di empat kecamatan, yaitu Kecamatan Adiwerna (4 lokasi), Talang (8 lokasi), Tarub (5 lokasi), dan Kecamatan Kramat (3 lokasi) yang terletak antara 108°57'6-109°21'30 BT dan 6°50'41"-7°1515'30" LS. Penelitian dilaksanakan secara survei. Jenis sampel yang diambil adalah tanah dan air. Pengambilan sampel dilakukan secara grid.

Kegiatan penelitian penurunan konsentrasi limbah cair krom dilaksanakan di Laboratorium Terpadu Balingtan, Jawa Tengah dengan menggunakan rancangan faktorial dua faktor dalam rancangan acak kelompok dengan tiga ulangan. Faktor pertama adalah penggunaan koagulan, yaitu: kontrol, sodium bisulfat, tawas dan anion resin amberlite

IRA402 Cl produksi Rohm masing-masing konsentrasi 600 mg L^{-1}, faktor kedua adalah penggunaan adsorben, yaitu: kontrol, arang aktif (produk Pusat Penelitian Hasil Hutan Bogor), dan zeolit (produk zeolit agro 2000) masing-masing konsentrasi 400 mg L^{-1}.

Alat yang digunakan untuk penurunan limbah krom adalah *Jartest* yang dilengkapi gelas piala volume 1000 ml. Contoh limbah cair *electroplating* dengan kadar Cr 4 mg L^{-1} dimasukkan ke dalam gelas piala. Kemasaman larutan dipertahankan pada pH 7 dengan menambahkan H_2SO_4 atau NaOH. Selanjutnya ke dalam contoh limbah ditambahkan bahan koagulan dan adsorben sesuai dengan dosis dan perlakuan. Contoh larutan diaduk dengan kecepatan 200 rpm selama 2 menit untuk pengadukan cepat dan 20 rpm selama 10 menit untuk pengadukan lambat, kemudian didiamkan selama 30 menit, larutan disaring, dan lalu kadar Cr dalam larutan ditetapkan dengan menggunakan AAS tipe AA240FS Varian.

Persentase penurunan konsentrasi logam berat dalam air limbah dihitung menurut Hariani *et al.*(2009) menggunakan rumus:

$$\%\,C = \frac{C_{awal} - C_{akhir}}{C_{awal}} \times 100 \quad \text{.....(1)}$$

Keterangan:

%C = persentase penurunan konsentrasi Cr
C_{awal} = konsentrasi Cr air limbah sebelum perlakuan
C_{akhir} = konsentrasi Cr air limbah setelah perlakuan

Pengolahan data menggunakan program SAS R.9.0 dan ArcGIS ver 9.0. Batas ambang Cr dalam tanah menggunakan kriteria menurut Kabata-Pendias dan Mukherjee (2007) dan Alloway (1995). Batas krom dalam air menggunakan pedoman PP No. 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, Keputusan Menteri Kesehatan RI No. 907/MENKES/SK/VII/2002 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, pedoman untuk air minum menurut WHO, dan kualitas air untuk irigasi menurut FAO. Analisis semivariogram digunakan untuk mengetahui sebaran spasial (Hengl, 2007; Krasilnikov *et al*. 2008) dengan model spherikal dalam bentuk persamaan sebagai berikut:

$$\gamma(h) = \begin{cases} 0, untuk h = 0 \\ C0 + C(\frac{1{,}5h}{a} - 0{,}5(\frac{h}{a})^3), untuk\ 0 < h < a \\ C0 + C, untuk\ \mathrm{h} \geq \mathrm{a} \end{cases} \quad \text{.....(2)}$$

γ (h): semivarian pada tiap interval jarak, N(h): jumlah pasangan titik, $z(x_i)$: hasil pengukuran pada lokasi x_i, dan $z(x_i+ h)$= hasil pengukuran pada lokasi x_i+h. Parameter-parameter variogram: (nugget (C0), range (a), sill (C0+C1). Kaidah Cambardella *et al*.

(1994) digunakan untuk mengetahui adanya korelasi spasial, jika nisbah nugget-sill rasio bernilai: (1) >75%, maka korelasi spasial lemah, dan (2) <25%, korelasi spasial kuat. Uji koefisien korelasi Pearson (Steel and Torrie, 1980) digunakan untuk mengetahui hubungan antara kadar krom dalam tanah dengan parameter lain dengan formulasi:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \overline{X})(Y_i - \overline{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \overline{X})^2 \sum_{i=1}^{n}(Y_i - \overline{Y})^2}} \quad \text{.....(3)}$$

X_i: peubah X ke i, $\overline{X}$: rerata peubah X, Y_i: peubah Y ke i, dan $\overline{Y}$ = Rerata peubah Y. Tingkat signifikasi koefisien korelasi nyata pada $p<0,05$ dan sangat nyata jika $p<0,01$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar krom total di lahan sawah dan air

Frekuensi terdeteksi krom di lahan sawah adalah 100% (48 lokasi) dan frekuensi terdeteksi di air sawah adalah 20% (10 lokasi) dengan kadar maksimum masing-masing adalah 140,33 mg kg^{-1} dan 77,51 mg L^{-1}, yang melebihi konsentrasi maksimum yang diijinkan di dalam tanah menurut Kabata-Pendias dan Mukherjee (2007) dan batas maksimum yang ditetapkan (BMD) dalam air berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 (Tabel 1).

Tabel 1. Nilai statistik deskripsi kadar krom total yang terdeteksi dalam lahan sawah dan air di Kabupaten Tegal, Provisni Jawa Tengah.

	Kadar krom total	
	Tanah (mg kg^{-1})	Air (mg L^{-1})
Minimum	32,60	tt[e]
Maksimum	140,33	77,51
Rerata	71,02	14,90
Standar deviasi	27,30	29,82
VMR[f]	10,50	59,70
Koefisien ragam (%)	38,45	200,06
Skewness	1,03	1,8
Kurtosis	1,06	1,3
Lokasi terdeteksi (%)	48 (100%)	10 (20%)
KMI[a], RKM[c], BMD[d]	50-200[a], 75-100[b]	0,05[cd]

[a]Konsentrasi Maksimum yang diijinkan (KMI) di tanah (Kabata-Pendias dan Mukherjee, 2007), [b]Alloway (1995), [c]Rekomendasi konsentrasi maksimum air irigasi (RKM) (FAO, 1994). [d]Batas maksimum yang ditetapkan (BMD) (PP No.82 Thn 2001). [e]tt=tidak terdeteksi. [f]VMR= Variance mean ratio, VMR<1 data tersebar, VMR>1 data mengelompok (Rogerson, 2006).

Kromium mempunyai bilangan oksidasi dari -4 sampai +6. Di dalam tanah dapat berada tingkat oksidasi +3 (kromit) sebagai Cr(III) dan +6 sebagai kromat, CrO_4^{-2}. Nilai pH air limbah saat penelitian adalah netral hingga alkali (7,11±0,36), sedangkan nilai potensial redoks (Eh) antara -5,24 V dan 3,32 V. Lebih dari 73% (35 lokasi) mempunyai nilai Eh <0 (reduktif), dan 17% (13 lokasi) mempunyai nilai Eh>0 (oksidatif). Menurut Brookins (1987) *cit*. Motzer (2005) bentuk ion krom yang berada pada nilai pH 6,0-14,0 dan Eh -0,1 V sampai +0,9 V adalah bentuk anion kromat yang larut CrO_4^{2-} atau Cr(VI).

Nilai daya hantar listrik (DHL) berkorelasi positif sangat nyata ($p<0,01$) terhadap keberadaan senyawa krom. Hal ini merupakan indikasi bahwa parameter DHL sebagai petunjuk adanya senyawa logam terlarut di lingkungan perairan (Tabel 2).

Tabel 2. Matrik korelasi antara parameter air dengan konsentrasi krom dalam air di kawasan *home industry electroplating* Kabupaten Tegal, Provinsi Jaawa Tengah.

Parameter	Temperatur	TSS	TDS	pH	DHL
Temperatur	-				
TSS	-0,09	-			
TDS	0,02	-0,08	-		
pH	0,18	-0,07	0,28	-	
DHL	-0,32	-0,09	0,35	0,46*	-
Cr	-0,30	-0,01	0,29	0,61**	0,94**

**Korelasi sangat nyata ($p<0,001$). *Korelasi nyata ($p<0,05$)

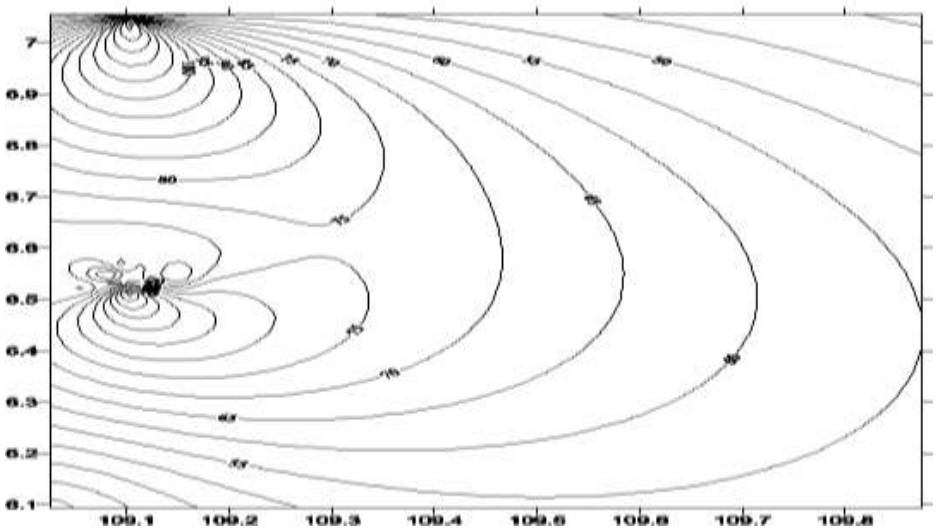
Sebaran ruang krom total di lahan sawah

Berdasarkan hasil analisis spherical semivariogram menurut kaidah Cambardella *et al*. (1994) bahwa distribusi krom mempunyai autokorelasi spasial yang ditunjukkan oleh nisbah nugget/sill =37%, dengan nilai *sill* 987,65 mg kg^{-1}, melandai (*flatten out*) pada jarak *range* (892 m), nilai nugget 366,08 mg kg^{-1}. Konsentrasi krom yang tinggi berada di lahan-lahan pertanian yang terletak di sentra-sentra *home industry electroplating* (Gambar 1).

Pengaruh koagulan dan adsorben

Koagulan, adsorben ataupun kombinasi keduanya mampu menurunkan konsentrasi logam berat Cr dalam limbah cair *electroplating* hingga lebih dari 50%. Koagulan tunggal anion resin paling tinggi menurunkan kadar Cr hingga 97% dibandingkankan koagulan lainnya. Kemampuan menurunkan kadar Cr tertinggi diperoleh pada perlakuan kombinasi anion resin + zeolit, yaitu 98% (Tabel 3). Kemampuan ini berkaitan dengan nilai kapasitas tukar kation (KTK) anion resin yang lebih besar pula dibandingkan dengan koagulan

lainnya. Nilai KTK anion resin adalah 410 cmol(+) kg^{-1} (Bilgen, 2009), sedangkan nilai KTK zeolit adalah 119 cmol(+) kg^{-1} (Al-Jabri, 2008). Kombinasi anion resin + zeolit selain dapat meningkatkan KTK juga menambah luas permukaan sehingga daya sorpsinya juga meningkat.

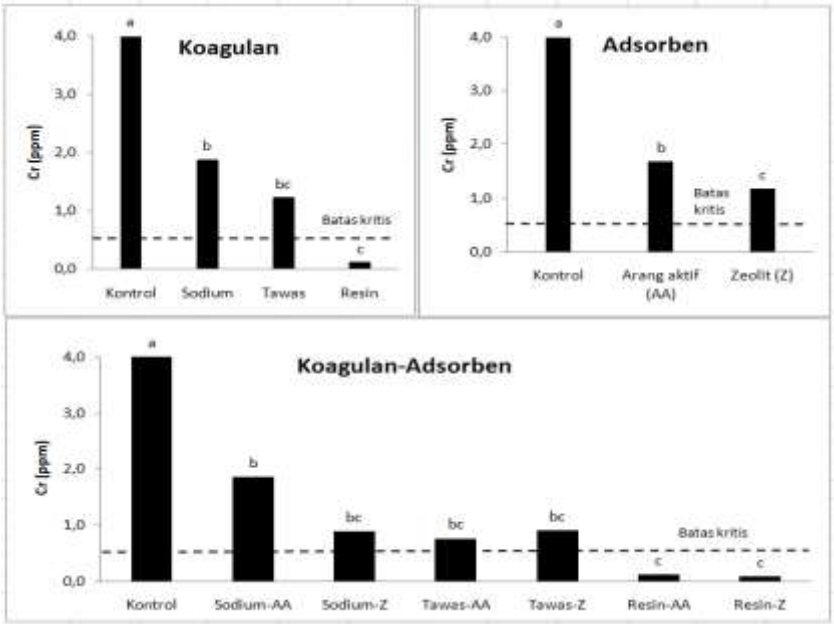


Gambar 1. Distribusi isokonsentrasi spatial krom (Cr) di lahan sawah di kawasan *home industry electroplating* di Kab. Tegal Provinsi Jateng.

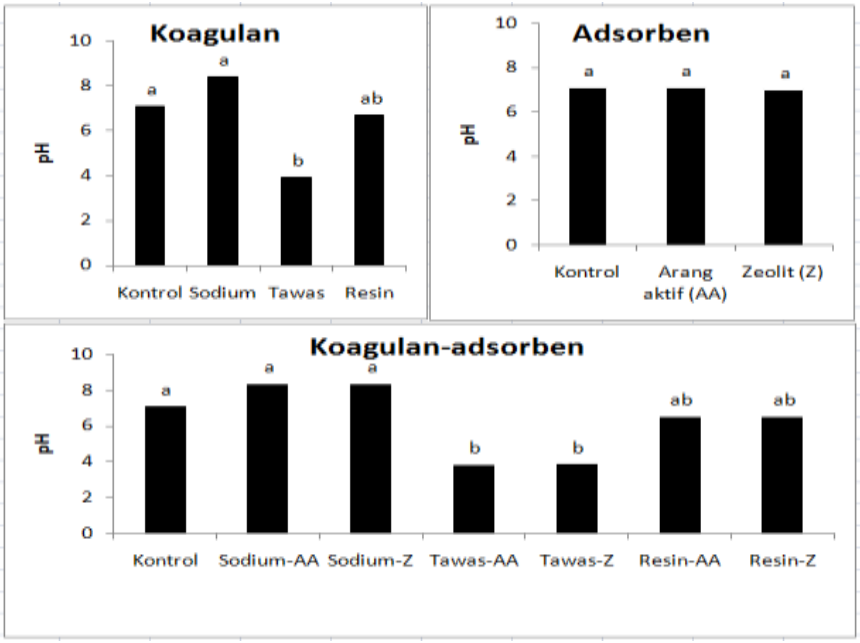
Tabel 3. Persentasi penurunan konsentrasi Cr limbah cair *electroplating* menggunakan bahan adsorben dan koagulan

Perlakuan tunggal	Penurunan Cr (%)	Perlakuan kombinasi	Penurunan Cr (%)
Kontrol	0	Sodium + arang aktif	54
Sodium bisulfat	53	Sodium + zeolit	78
Tawas	70	Tawas + arang aktif	81
Anion resin	97	Tawas + zeolit	77
Arang aktif	58	Anion resin + arang aktif	97
Zeolit	71	Anion resin + zeolit	98

Penggunaan bahan koagulan, adsorben, dan kombinasinya dapat menurunkan kadar Cr limbah cair *electroplating*. Koagulan anion resin paling efektif dalam menurunkan konsentrasi Cr limbah cair hingga 0,11 ppm, di bawah ambang batas maksimum yang ditetapkan oleh Kepmen LH No. 51/MENLH/10/1995 yaitu 0,5 ppm. Kombinasi anion resin+zeolit dan anion resin+arang aktif mampu menurunkan konsentrasi Cr air berturut-turut hingga 0,09 dan 0,12 ppm (Gambar 2).

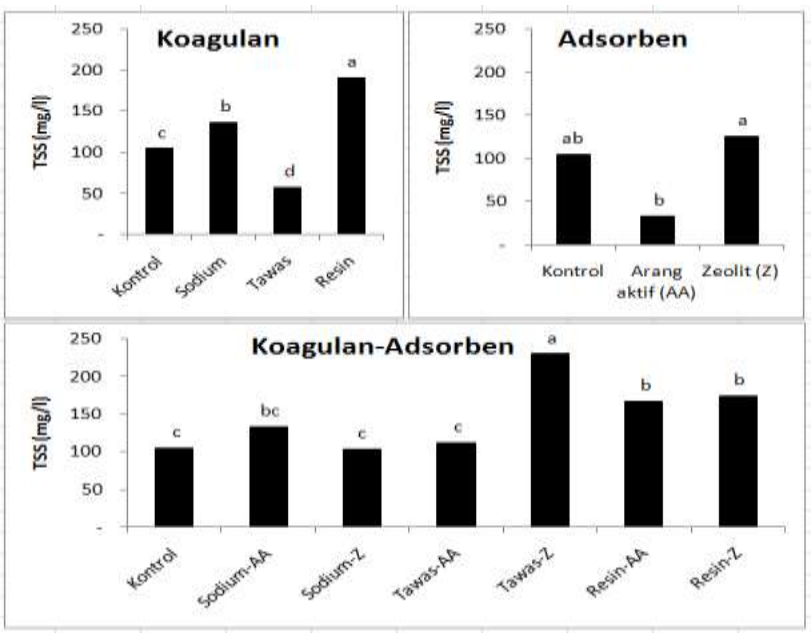


Gambar 2. Pengaruh koagulan, adsorben, dan kombinasi koagulan-adsorben terhadap konsentrasi Cr limbah cair *electroplating*



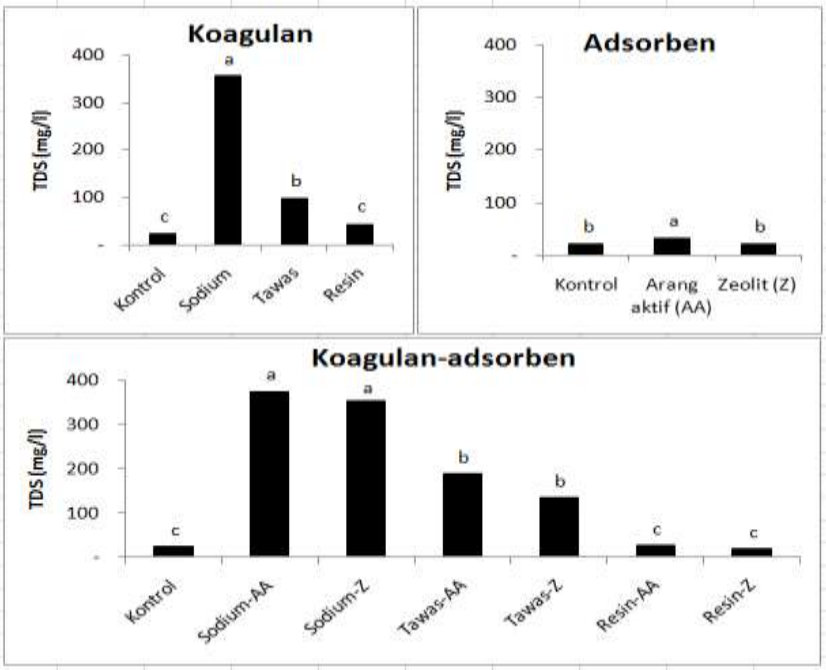
Gambar 3. Pengaruh koagulan, adsorben, dan kombinasi koagulan-adsorben terhadap pH limbah cair *electroplating*

Penggunaan tawas dan kombinasinya menurunkan pH limbah sangat nyata ($p<0,01$), dari nilai pH netral hingga alkali (7,11±0,36) menjadi asam (3,8-3,9) (Gambar 3 dan 4). Nilai pH asam merupakan kondisi ideal untuk detoksifikasi bentuk senyawa krom toksik (kromat) menjadi bentuk tidak toksik (kromit).



Gambar 4. Pengaruh koagulan, adsorben, dan kombinasi koagulan-adsorben terhadap TSS limbah cair *electroplating*

Penggunaan koagulan sodium bisulfat dapat meningkatkan TDS limbah cair secara nyata ($p<0,05$), oleh karena itu penggunaan koagulan ini harus hati-hati, walaupun penurunannya masih di bawah batas maksimum yang ditetapkan menurut Kepmen LH No. 51/MENLH/10/1995, yaitu 2.000 mg L^{-1} (Gambar 5).



Gambar 5. Pengaruh koagulan, adsorben, dan kombinasi koagulan-adsorben Terhadap TDS limbah cair *electroplating*

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Distribusi krom mempunyai autokorelasi spasial yang ditunjukkan oleh nilai nisbah nugget/sill =37%, dengan nilai *sill* 987,65 mg kg^{-1} Cr, pada kisaran jarak range 892 m kemudian melandai, nilai nugget 366,08 mg kg^{-1} Cr dengan sudut anisotropi 92°.
2. Semua bahan koagulan (sodium bisulfat, tawas, dan anion resin) yang diujikan mampu menurunkan konsentrasi Cr limbah cair *electroplating* lebih dari 50% (53-97%). Kemampuan menurunkan kadar Cr tertinggi diperoleh pada perlakuan kombinasi anion resin + zeolit hingga 98%.

Saran

Penggunaan bahan koagulan dan adsorben dapat direkomendasikan untuk digunakan pasang pada saluran buangan industri *electroplating*. Teknologi ini telah terbukti dapat meminimalisasi kandungan logam Cr yang berpotensi merusak lingkungan.

Keunggulan teknologi ini adalah selain efektif, murah, banyak tersedia di pasar Indonesia dan dapat diregenerasi sehingga dapat digunakan ulang.

DAFTAR PUSTAKA

Al-Jabri, M. 2008. Kajian Metode Penetapan Kapasitas Tukar Kation Zeolit sebagai Pembenah Tanah Untuk Lahan Pertanian Terdegradasi. Jurnal Standardisasi. Vol. 10 No.2 Tahun 2008. Badan Standardisasi Nasional.

Alloway, B.J. 1995. Heavy metals in soils. 2nd. Blackie Academic & Professional, London.

Baroto dan Syamsul A. Siradz. 2006. Taraf pencemaran dan kandungan kromium (Cr) pada air dan tanah di DAS Code. Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan Vol 6 (2) p: 82-100.

Bilgen, M. 2009. Wrinkle Recovery for Cellulosic Fabric by Means of Ionic Crosslinking. Journal of Industrial Textiles:39: 57-80.

Cambardella, C.A., T.B. Moorman, J.M. Novak, T.B. Parkin, D.L. Karlen, R.F. Turco, A.E. Konopka. 1994. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. Soil Sci. Soc. Am. J., V. 58:1501-1511.

Chatterje, K.K. 2007. Uses of metals and metallic minerals. New Age International Limited, Pub., New Delhi.

Chun, O.K. and H.G. Kang. 2003. Estimation of risk of pesticide exposure by food intake to Koreas. Food and chemical Toxicology 41(2003): 1063-1076.

Hariani, P.L., N. Hidayati, dan M. Oktaria. 2009. Penurunan konsentrasi Cr(VI) dalam Air dengan Koagulan $FeSO_4$. Jurnal Penelitian Sains. Jurnal Penelitian Sains, Vol. 12 2(C) 12208.

Hengl, T. 2007. A practical guide to geostatistical mapping of environmental variables. European Commission, JRC, Institute for Environment and Sustainability, Italy.

Kabata-Pendias dan A.B. Mukherjee, 2007. Trace elements from soil to human. Springer. Berlin-Heidelberg-New York.

Kime, D.E. 1999. Environmentally Induced Endocrine. P. 27-48 in R.E. Hester and R.M. Harrison eds. Endocrine disrupting chemicals. Issues in environmantal science and technology. The Royal Society of Chemistry Pub., Science Park, Cambridge, UK

Krasilnikov, P., F. Carre, L. Montanarella. 2008. Soil geography and geostatistics. European Commission, JRC, Institute for Environment and Sustainability, Italy.

Markon. 2006. Hexavalent Chrome Waste Teatment. http://www.sensorex.com/docs /AppNoteChromeWaste.pdf. Diakses tanggal 10 Oktober 2011.

Motzer, W.E. 2005. Chemistry, Geochemistry, and Geology of Chromium and Chromium Compounds. Pages 23-91 in J. Guertin, J.A. Jacobs, C.P. Avakian Eds. CRC Press, Boca Raton, London.

Musalam, L. 2004. 2004. Mekanisme proteksi lapis logam terhadap serangan korosi. Korosi: Vol. 13 No.2.

Nitisapto, M., T. Notohadipawiro, dan S. Soekodarmodjo. 1993. Peranan beberapa jenis tanah untuk sanitasi lingkungan terhadap limbah cair pabrik penyamak kulit di Yogyakarta. BPPS-UGM 6(3B):353-370.

Nordberg, G.F., B.A. Fowler, and M. Nordberg. 2007. Handbook on the Toxicology of Metals. Academi Press. Copenhagen.

Notodarmojo, B. 2004. Pencemaran tanah dan air tanah. Penerbit ITB, Bandung.

Rogerson, P.A. 2006. Statistical methods for geography. Sage Pub., 2nd Ed. London.

Steel, R.G.D. dan J.H. Torrie. 1980. Prinsip dan prosedur statistik (Terjemahan Bambang Sumantri). PT Gramedia Jakarta.

Suarsana, I.K. 2008. Pengaruh waktu pelapisan nikel pada tembaga dalam pelapisan khrom dekoratif terhadap tingkat kecerahan dan ketebalan lapisan. Cakram: Vol. 2 No. 1.

Utami, A. 1994. Industri-industri Penghasil Limbah B3. http: //www. hamline.edu/ apakabar/basisdata/1994/09/23/0013.html.

Pemberian Humat pada Tanah Tercemar untuk Menurunkan Logam Berat Cd dalam Beras

42

Mulyadi, Triyani Dewi, dan Sigit Yuli Jatmiko

[1]Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Jl. Raya Jakenan-Jaken Km 05, Pati 59182

Abstrak. Pesatnya pertumbuhan industri di Indonesia bertujuan untuk meningkatkan taraf hidup dan kesejahteraan masyarakat. Namun dewasa ini ada kecenderungan kurang disertai dengan tingginya wawasan lingkungan. Pencemaran akibat adanya limbah industri khususnya unsur logam bahan beracun berbahaya (B3) seperti Cd yang terlarut dalam limbah yang mengalir memasuki lahan pertanian dan secara kumulatif terendapkan dalam zona perakaran serta terangkut dalam jaringan tanaman. Penelitian pemberian humat pada tanah tercemar untuk menurunkan logam berat Cd dalam beras dilakukan tahun 2009 di rumah kasa Balai Penelitian Lingkungan Pertanian (Balingtan). Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok, diulang 3 kali, adapun perlakuan adalah: 1) kontrol, 2) humat sampah kota, 3) humat kotoran ternak, 4) humat gambut rawapening, 5) kascing limbah teh, 6) zeolit, 7) petroganik, 8) tanin dari bakau, dan 9) pupuk kandang. Dosis bahan amelioran 10 t ha^{-1} kecuali zeolit 5 t ha^{-1}. Tahapan penelitian meliputi: a) pemisahan bahan humat b) membuat larutan Cd sebagai bahan cemaran, dan c) inkubasi amelioran pada media tanah. Bibit padi varietas Ciherang ditanam umur 21 hari setelah tebar, air yang digunakan untuk mengairi media pot adalah air suling murni yang bebas dari unsur logam. Kebutuhan pupuk untuk tanaman padi 112,5 kg N, 45 kg P_2O_5 dan 60 kg $K_2O.ha^{-1}$, pupuk N, P dan K bersumber dari Urea, SP 36 dan KCl. Hasil penelitian menunjukkan pemberian humat dan bahan amelioran dapat menurunkan logam berat Cd dalam jerami berkisar antara 25-87% sedangkan pada beras antara 86-97%. Pemberian humat dari kotoran hewan (kohe) dapat menurunkan Cd dalam jerami sebesar 87,27% sedangkan penurunan logam Cd tertinggi pada beras sebesar 97% dari pemberian kascing limbah teh. Berat gabah dan jerami kering/rumpun tertinggi dari pemberian pupuk kandang masing-masing meningkat sebesar 3,75 dan 15,66% dibandingkan kontrol.

Kata kunci: Humat, logam Cd, beras

PENDAHULUAN

Perkembangan industri yang pesat dewasa ini tidak lain karena penerapan kemajuan teknologi oleh manusia guna mendapatkan kualitas hidup yang lebih baik. Industri dan teknologi dimanfaatkan oleh manusia untuk mengolah kekayaan alam yang ada untuk memenuhi tuntutan kebutuhan manusia. Dampak positif langsung dari kemajuan industri dan teknologi adalah meningkatkan pertumbuhan ekonomi dan tersedianya lapangan pekerjaan. Namun ada dampak langsung yang bersifat negatif akibat kegiatan industri dan teknologi, yaitu timbulnya masalah-masalah: 1) pencemaran udara, 2) pencemaran air,

dan 3) pencemaran daratan. Ketiga macam pencemarann tersebut diatas akan mengurangi daya dukung alam (Wardhana, 2004).

Pencemaran limbah industri pada umumnya tergantung pada jumlah dan macam industri, serta produk sampingan yang dihasilkan. Setiap jenis industri menggunakan bahan baku utama dan pembantu dalam proses produksinya. Bahan-bahan baku tersebut umumnya menggunakan zat-zat kimia yang mengandung bahan beracun berbahaya, sehingga diperkirakan limbahnya mengandung unsur-unsur yang sama seperti bahan bakunya. Limbah tersebut akan menimbulkan pencemaran bila dibuang ke lingkungan tanpa diolah terlebih dahulu (Kurnia *et al.* 2003).

Berdasarkan hasil penelitian BPLHD, Dinas perikanan dan Kelautan, Pemerintah Daerah Jawa barat, dan Institut Teknologi Bandung pada air waduk Cirata diketahui bahwa waduk Cirata mengandung berbagai jenis logam Hg, Pb, Cd, Zn, Cr, Cu dan As (Widowati et al. 2008). Pencemaran lahan sawah di Kecamatan Rancaekek, Kabupaten Bandung, Jawa Barat adalah akibat digunakannya air sungai Cikijing yang merupakan wilayah hulu DAS Citarum yang telah tercemar limbah industri tekstil sebagai sumber air irigasi. Dampaknya adalah hasil gabah menurun dari 5-6 t ha-1 menjadi sekitar 1-2 t ha-1, ini diakibatkan karena tanah mengandung Na tinggi (Kurnia et al. 2003). Pencemaran lahan sawah di Kecamatan Rancaekek limbah industri tekstil produksi gabah 5-6 t ha-1 turun 1-2 t ha-1 (Kurnia et al. 2003).

Hasil survei lahan pertanian yang dilakukan daerah kawasan industri di Desa Sukajadi, Kecamatan Sukatani, Kabupaten Bekasi kadar logam berat Pb dan Cd dalam tanah adalah 4,5 dan 0,3 ppm; sedangkan di Desa Rengasdengklok, Kec. Rengasdengklok Kab. Karawang kadar logam Pb dan Cd dalam tanah 1,5 dan 0,1 ppm (Sismiyati, 2002 *dalam* Saraswati, 2003). Saraswati (2003) dari hasil penelitiannya identifikasi pada lahan sawah yang telah dilakukan di 9 desa Kabupaten Bekasi kadar logam berat Cd dalam tanah berkisar antara 0,12-0,38 ppm.

Tanah mempunyai daya sangga (*buffering capacity*) terhadap polutan, sehingga mengurangi daya racunnya tetapi pada air yang berada di permukaannya kemampuan tersebut terbatas. Jika daya sangga terlampaui sebagai akibat penumpukan bahan beracun berbahaya terus menerus, maka akan ada bahan racun yang terbebas dan mencemari tanah. Sampai saat ini upaya konkrit untuk menanggulangi pencemaran pada lahan pertanian masih kurang.

Dalam upaya meminimalisasi kontaminan dalam tanah, dengan penggunaan bahan organik merupakan tindakan yang dapat mengurangi resiko pencemaran akibat penggunaan bahan kimia dalam kegiatan pertanian. Bahan organik selain berfungsi untuk menyediakan hara bagi tanaman, juga berperan dapat mengkonversi hara melalui mekanisme retensi, fiksasi atau khelat. Unsur yang diserap dapat berupa unsur hara makro, mikro, logam berat serta senyawa toksik. Sebagian besar dari unsur tersebut terikat dalam ikatan kompleks atau khelat dengan bahan organik tanah. Unsur atau senyawa tersebut akan tersedia apabila ada mikroorganisme yang merombak bahan organik dalam

proses mineralisasi secara biologis, namun pada saat yang sama kehilangan hara ke lapisan bawah dapat dicegah karena hara terfiksasi oleh koloid organik atau termobilisasi oleh mikroba. Reaksi dari senyawa organik dalam tanah dengan senyawa beracun seperti pestisida juga dapat menyebabkan senyawa beracun menjadi tidak berbahaya karena terikat dalam bentuk khelat yang kuat (Suriadikarta *et al.* dalam Dariah dan Rachman, 2006).

Tujuan penelitian adalah untuk mendapatkan bahan humat yang dapat mengimobilisasi logam Cd dalam tanah dan tidak mudah tersedia oleh tanaman.

BAHAN DAN METODE

Percobaan telah dilakukan di rumah kasa Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, tanah sebagai media tanam diambil dari Desa Sukarahayu, Kecamatan Tambelang, Kabupeten Bekasi Jawa Barat. Tanah diambil pada lapisan olah 0-20cm, tanah sebelum diberi perlakuan, telah dilakukan analisis sifat kimia.

Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok, dengan 3 (tiga) ulangan. perlakuan ada 9, yaitu: 1) kontrol, 2) humat sampah kota, 3) humat kotoran hewan (kohe) sapi, 4) humat gambut rawa pening, 5) kascing limbah teh, 6) zeolit, 7) petroganik (pupuk organik komersial dari PT. Petro Kimia Gresik), 8) tanin dari bakau, dan 9) pupuk kandang.

Tahapan penelitian

a. Membuat larutan NaOH 0,5 M dari NaOH M 40 gr mol^{-1}

NaOH ditimbang sebanyak 20 gr, NaOH dimasukkan ke dalam labu ukuran volume 1.000 ml, H2O ditambahkan sampai volume 1.000 ml, 1.000 ml larutan NaOH ini dapat digunakan untuk 5 contoh (tabung erlenmeyer).

b. Membuat larutan HCl 0,5 N dari HCL 37%

HCl dipipet sebanyak 42,5 ml, HCl dimasukkan ke dalam labu ukuran volume 1.000 ml, H_2O ditambahkan sampai volume 1.000 ml, 1.000 ml larutan HCl ini dapat digunakan untuk 4 contoh (bahan humat).

c. Proses fraksionasi humat

Bahan organik ditimbang sebanyak 40 gr, bahan organik dimasukkan dalam erlenmeyer volume 250 ml, larutan NaOH 0,5 M ditambahkan sebanyak 200 ml, campuran NaOH dan bahan organik digojok selama 6 jam, kemudian disaring (bagian yang larut merupakan larutan bahan humat dan fulvat), HCl 0,5 N sebanyak 250 ml ditambahkan ke dalam larutan humat dan fulvat, campuran HCl dan humat-fulvat di *shaker* selama 1,5 jam, kemudian disaring (bagian yang mengendap dikertas saring merupakan humat), humat yang tertinggal di kertas saring dipindah ke petridis hingga

kering, humat yang kering/ terlepas dari permukaan petridisk, humat langsung ditimbang dan digunakan untuk perlakuan.

d. Tanah untuk media tanam.

Tanah setelah dikeringanginkan, ditumbuk dan diayak dengan menggunakan saringan 2 mm lalu dimasukkan dalam pot, berat tanah 7,5 kg berat kering mutlak (BKM) setiap pot. Tanah diinkubasi dengan memberikan air aquadest sampai kondisi tetap tergenang (3cm).

e. Membuat larutan logam Cd sebagai cemaran pada media tanam.

Batas kritis logam Cd 3-8, dalam penelitian ini digunakan batas kritis untuk logam berat Cd 8 ppm. Membuat larutan sebagai bahan cemaran logam berat Cd=3 gr diencerkan dengan 250 ml aquadest. Setelah larutan jadi, larutan Cd dipipet 5 ml, dan encerkan dengan aquadest 50 ml dan diaplikasikan pada pot yang berisi 7,5 kg tanah yang sebelumnya sudah diinkubasi. Media tanah yang sudah ditambahkan larutan logam Cd kemudian diaduk pada lapisan permukaan (0-20 cm).

f. Inkubasi amelioran pada media tanah

Dosis bahan organik yang digunakan sebagai amelioran adalah 10 t ha^{-1} = 5000 ppm. Karena berat tanah per pot 7,5 kg, maka bahan organik yang dibutuhkan = 5000 ppm x 7,5 x 10^6 mg = 5000 x 1/10^6 x 7,5 x 10^6 mg = 37.500 mg = 37,5 gr. Dosis bahan organik 37,5 gr pot^{-1} digunakan pada perlakuan (kascing limbah teh, petroganik dan pupuk kandang), sedangkan zeolit dosis = 5 t ha^{-1} = 2500 ppm = 18,75 gr pot^{-1}. Sedangkan dosis perlakuan humat sampah kota, humat limbah ternak, humat gambut rawapening dan tanin dari bakau yang digunakan ditentukan berdasarkan kadar humat dan tanin setelah melalui proses fraksionasi. Kadar humat sampah kota, limbah ternak, gambut rawapening dan tanin dari daun bakau masing-masing adalah sebesar 0,6%, 3%, 2% dan 7%. Dosis humat sampah kota, humat limbah ternak, humat gambut rawapening dan tanin masing-masing sebesar 0,225; 1,125; 0,75; dan 2,625 gr pot^{-1}.

Bibit padi varietas Ciherang setelah berumur 21 hari ditanam sebanyak 3 bibit per pot dan diperjarang menjadi 2 bibit pot^{-1} setelah berumur 1 minggu. Kebutuhan pupuk untuk tanaman padi 112,5 kg N, 45 kg P_2O_5 dan 60 kg $K_2O.ha^{-1}$, pupuk N, P dan K bersumber dari Urea, SP-36 dan KCl. Aplikasi pupuk, pemupukan pertama (1 HST) seluruh P_2O_5, 1/3 N, dan 1/3 K_2O; pemupukan kedua (21 HST), 1/3 N dan 1/3 K_2O; pemupukan ketiga (42 HST) 1/3 N dan 1/3 K_2O. Pengairan menggunakan air suling murni yang bebas dari unsur logam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis tanah untuk media penelitian

Tanah untuk media tanam diambil dari Desa Sukarahayu, Kecamatan Tambelang, Kabupaten Bekasi. Dari hasil analisis sifat kimianya, tanah ini memiliki pH sedang, KTK

tinggi sebesar 33,63 cmol kg^{-1}, kandungan N-total sangat tinggi, karbon organik tinggi dan sudah memenuhi syarat kecukupan $C_{organik}$ untuk lahan pertanian yaitu sebesar 3%, dan P-total tanah sangat tinggi (Tabel 1). Tingginya kandungan P-total dalam tanah diduga karena pemupukan P yang sangat intensif di lahan tersebut.

Tabel 1. Sifat-sifat kimia tanah Vertisol Tambelang, Bekasi

Parameter	Satuan	Nilai
pH H_2O	-	5,73
C_{org}	%	3,88
N-Total	%	1,16
P-Total	mg $100g^{-1}$	1241,69
KTK	cmol kg^{-1}	33,63
Logam berat Cd	Ppm	0,08

Kandungan logam berat Cd dalam tanah 0,08 ppm, angka tersebut masih aman/normal. Batas kritis Cd total dalam tanah sebesar 3-8 ppm. Kriteria acuan tanah tercemar atau batas kritis tidak berlaku mutlak karena pada dasarnya kondisi tanah berbeda tergantung dari keadaan geografis dan iklim suatu wilayah.

Uji daya serap Iod dari bahan amelioran

Bahan amelioran dapat mengurangi ketersediaan logam berat dan residu pestisida dalam tanah. Untuk mengetahui daya serap bahan amelioran yang diberikan ke dalam media, analisis daya serap perlu dilakukan. Pengekstrak yang paling sesuai untuk melihat daya serap bahan amelioran terhadap logam berat adalah Iod dan nilai daya serap terbaik adalah bahan amelioran dari humat dan kascing limbah teh (Tabel 2). Hasil analisis menunjukkan bahwa kemampuan bahan amelioran untuk menjerap logam berat berbeda.

Tabel 2. Daya serap Iod bahan amelioran

Perlakuan	Satuan	Hasil	Metode uji/teknik
1. Humat sampah kota	mg g^{-1}	341,2	SNI
2. Humat limbah ternak	,,	383,3	,,
3. Humat gambut rawapening	,,	347,9	,,
4. Kascing limbah teh	,,	337,4	,,
5. Zeolit	,,	100,6	,,
6. Petroganik	,,	167,2	,,
7. Tanin dari bakau	,,	103,9	,,
8. Pupuk kandang	,,	158,7	,,

Hasil dan komponen hasil

Pemberian pupuk kandang, tinggi tanaman pada saat panen dan berat jerami kering, menunjukkan lebih tinggi dan beda nyata dibandinglkan kontrol. Demikian pula berat gabah per rumpun walaupun tidak beda nyata, pemberian pupuk kandang memberikan hasil tertinggi dibandingkan kontrol maupun bahan amelioran lainnya (Tabel

3). Komponen hasil padi yang meliputi jumlah malai/rumpun dan prosentase gabah isi dengan pemberian pupuk kandang menunjukkan nilai lebih tinggi dari kontrol maupun bahan amelioran yang lain (Tabel 4).

Pemberian bahan hijau dan sisa-sisa tanaman serta pupuk kandang dapat memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah, hasil tanaman, meningkatkan berat isi, pori aerasi, stabilitas agregat tanah dan kandungan $C_{organik}$ dan unsur-unsur hara N, P dan K dalam tanah Kurnia *et al.* (2003). Selanjtnya Ponnamperuma, (1984) menyatakan pupuk kandang yang matang nyata meningkatkan hasil gabah maupun komponen hasil. Bahan organik pupuk kandang dari ternak relatif cepat tersedia dibandingkan bahan organik dari seresah jerami, sehingga memberikan pengaruh yang lebih cepat. Unsur hara mikro seperti Mn, Cu, Zn dan Fe menjadi tersedia bagi tanaman dengan pemberian bahan organik. Bahan organik berupa pupuk kandang yang mengandung 0,03% dan 0,05% asam fulvik dapat meningkatkan hasil gabah masing-masing 56% dan 85%.

Tabel 3. Tinggi tanaman, berat jerami dan gabah per rumpun dari pemberian humat pada tanah tercemar untuk menurunkan logam Cd dalam beras, Jakenan 2009.

Perlakuan	Tinggi tanaman panen (cm)	Berat jerami kering (g)	Berat gabah/ rumpun (g)
1. Kontrol	89,35 b	22,15 b	26,98 a
2. Humat sampah kota	88,83 b	22,58 b	26,78 a
3. Humat limbah ternak	90,50 ab	23,60 ab	27,22 a
4. Humat gambut rawapening	91,00 ab	21,88 b	27,25 a
5. Kascing limbah teh	91,50 ab	23,53 ab	27,98 a
6. Zeolit	89,33 b	22,43 b	27,23 a
7. Petroganik	87,83 b	24,12 ab	26,83 a
8. Tanin dari bakau	88,83 b	22,98 ab	27,72 a
9. Pupuk kandang	94,83 a	25,62 a	27,99 a

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada Uji Duncan taraf 5%.

Tabel 4. Komponen hasil dari pemberian humat pada tanah tercemar untuk menurunkan logam Cd dalam beras, Jakenan 2009.

Perlakuan	Jumlah malai rumpun^{-1}	Persentase gabah isi	Jumlah gabah malai^{-1}	Berat 1000 btr gabah (g)
1. Kontrol	14,00 a	91,33 ab	106,00 a	20,81 a
2. Humat sampah kota	15,00 a	89,00 b	114,67 a	20,70 a
3. Humat limbah ternak	14,33 a	89,33 b	117,00 a	19,94 a
4. Humat gambut rawapening	13,33 a	93,33 ab	107,33 a	20,42 a
5. Kascing limbah teh	14,00 a	90,67 ab	107,33 a	20,97 a
6. Zeolit	13,33 a	93,33 ab	118,00 a	20,95 a
7. Petroganik	14,67 a	94,00 ab	103,33 a	20,67 a
8. Tanin dari bakau	14,67 a	92,33 ab	107,00 a	21,09 a
9. Pupuk kandang	15,00 a	95,33 a	103,00 a	20,32 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menujukkan tidak berbeda nyata pada Uji Duncan taraf 5%.

Parameter komponen hasil lainnya yaitu jumlah gabah/malai nilai tertinggi dari pemberian zeolit, sedangkan berat gabah 1000 butir tertinggi dari pemberian tanin dari bakau walaupun keduanya tidak beda nyata. Zeolit adalah mineral alumino-silikat yang terhidrasi logam alkali dan alkali tanah (Na dan Ca) dengan struktur sangkar tiga. Salah satu sifat kimianya adalah kemampuan dalam mengikat kation (KTK) yang tinggi. Zeolit yang sudah diproses diberikan pada lahan pertanian akan meningkatkan nilai KTK dan meningkatkan kesuburan tanah. Selain itu penggunaan zeolit dapat berfungsi sebagai sumber unsur kalium dan unsur mikro seperti Cu, Mn dan Zn.

Kadar logam Cd dalam tanah

Hasil pengamatan kandungan logam berat dalam tanah 3 hari setelah aplikasi amelioran, secara umum pemberian berbagai bahan amelioran kandungan logam berat Cd dalam tanah menurun. Tanin dari bakau nyata menurunkan Cd dalam tanah, sedangkan kadar logam berat Cd tanah 50 hari setelah aplikasi amelioran menunjukkan kandungan logam berat Cd dalam tanah terendah adalah pada pot yang ditambahkan zeolit (Tabel 5). Kasno *et al.* (2003), berdasarkan hasil penelitiannya, untuk menurunkan kadar Cd di dalam tanah telah dilakukan dengan menggunakan amelioran gambut, kaolin dan zeolit. Penurunan kadar Cd terbesar terjadi pada pemberian zeolit kemudian disusul kaolin dan gambut. Namun demikian upaya penurunan kadar Cd dengan zeolit tersebut baru mencapai 16% (< 50 %). Penambahan bahwa penambahan zeolit pada lapisan 0-10 cm mampu meningkatkan jerapan Pb dan Cd, sehingga Pb larut pada lapisan10-20 cm lebih rendah. Sementara itu kelarutan Cd pada lapisan 20 cm ke bawah lebih rendah dibanding tanpa zeolit. Menurut Gworek (1992), zeolit dapat menurunkan konsentrasi Pb dan Cd tersedia sehingga zeolit dapat digunakan untuk mengatasi keracunan tanaman pada

Tabel 5. Kadar Logam Cd tanah 3 dan 50 hari hari setelah aplikasi amelioran dari pemberian humat pada tanah tercemar untuk menurunkan logam Cd dalam beras, Jakenan 2009.

Perlakuan	Kadar Cd dalam tanah (ppm),	
	3 hari setelah aplikasi amelioran	50 hari setelah aplikasi amelioran
1. Kontrol	12,10 a	18,91 ab
2. Humat sampah kota	7,553ab	19,11 ab
3. Humat limbah ternak	5,73 ab	20.50 a
4. Humat gambut rawapening	4,76 ab	16,23 abc
5. Kascing limbah teh	4,58 ab	8,48 d
6. Zeolit	5,08 ab	7,57 cd
7. Petroganik	7,25 ab	12,11 abcd
8. Tanin dari bakau	1,09 b	8,64 cd
9. Pupuk kandang	7,38 ab	9,52 bcd

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada Uji Duncan taraf 5%.

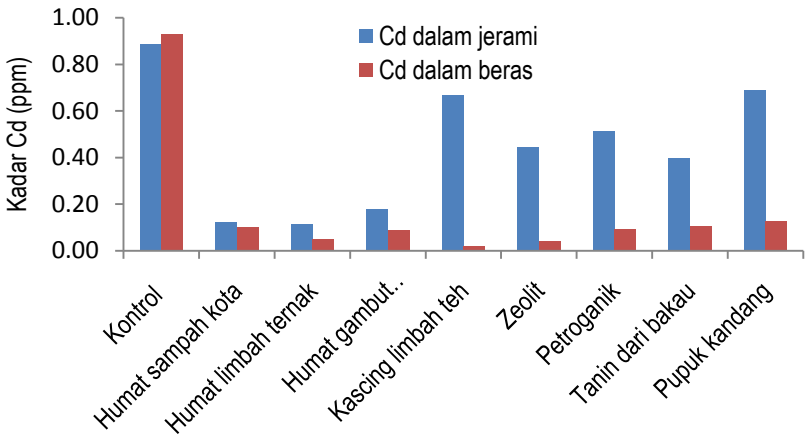
Tanah yang terkontaminasi oleh logam berat mekanismenya berkaitan dengan luas permukaan spesifik (*specific surface area*) zeolit yang sangat tinggi. Kemungkinan besar terjadi pengikatan secara fisik dan atau kimia (karena zeolit memiliki KTK tinggi) logam berat oleh permukaan koloid zeolit sehingga mobilitas logam berat menurun.

Kadar logam Cd dalam Jerami dan Beras

Pemberian humat dari kotoran hewan (kohe) sapi, sampah kota dan gambut rawapening mampu menurunkan Cd dalam jerami lebih tinggi dari amelioran yang lain yaitu masimg-masing sebesar 87,21; 86,09 dan 80,07% dibandingkan kontrol. Sedangkan penurunan logam Cd dalam beras dari pemberian kascing limbah teh, zeolit dan humat kohe sapi masing-masing sebesar 97,85; 95,70 dan 94,62%. (Gambar 1).

Tingginya kemampuan kascing limbah teh dan bahan humat untuk menurunkan serapan Cd dalam tanaman diantaranya adalah dari tingginya nilai daya serap Iod dari bahan tersebut dibandingkan bahan amelioran lainnya (Tabel 3). Boyd dan Sommers (1990) dalam Prijambada (2005), menyatakan penambahan bahan organik juga dapat digunakan untuk mengimobilkan logam berat di dalam tanah. Asam fulvat dan asam humat yang dikandung dalam bahan organik dapat mengikat Pb, Fe, Mn, Cu, Ni, Zn dan Cd perbandingan 1:1. Ketidaklarutan asam humat dan fulvat mengakibatkan ion-ion logam yang diikatnya menjadi tidak larut dan tidak tersedia bagi tanaman. Hal yang sama disampaikan oleh Tan (1992), senyawa humat efektif dalam mengikat beberapa unsur logam. Pada tanah masam, unsur logam terdapat dalam jumlah yang besar dan menyebabkan masalah keracunan pada tanaman. Dengan memberikan asam humat sebagian logam yang berlebih akan terambil dari larutan tanah melalui pembentukan kompleks dengan senyawa-senyawa humat (Tan, 1992). secara kimia, asam humat dapat berikatan dengan ion logam yang bersifat racun sehingga menjadi tidak larut dan meracuni tanaman (Tan, 2003).

Sifat asam humat dintaranya adalah kemampuan untuk mengikat atau bergabung dengan zat atau substansi lain. Kemampuan ini diperkirakan sebagai akibat banyaknya lubang atau ruang kosong di dalam strukturnya yang mempunyai berat molekul besar, serta kecenderungan timbulnya ikatan H dari ujung struktur molekul. Selain itu ada kecenderungan humat atau fulvat diadsropsi oleh liat. Senyawa humat umumnya bermuatan negatif, dan partikel koloidal tersebut dapat diendapkan bila ada kation logam (Stumm dan Morgan 1981 *dalam* Notodarmojo 2005). Prijambada (2005), menyatakan bahan organik mengandung bahan humin dan bahan humat. Bahan humat mengandung asam humat dan asam fulfat terjadi reaksi pengomplekan membentuk kelat, yang dapat menyerap senyawa organik dan logam berat sehingga tidak mudah larut dan tidak tersedia bagi tanaman.



Gambar 1. Kadar Logam Cd dalam jerami dan beras dari pemberian humat pada tanah tercemar, Jakenan 2009

KESIMPULAN

1. Pemberian humat dari kotoran hewan sapi, sampah kota dan gambut rawapening mampu menurunkan Cd dalam jerami masimg-masing sebesar 87,21; 86,09 dan 80,07% dibandingkan kontrol. Sedangkan penurunan logam Cd dalam beras tertinggi dari pemberian kascing limbah teh kemudian zeolit dan humat kotoran hewan sapi masing-masing sebesar 97,85; 95,70 dan 94,62% dibandingkan kontrol.
2. Berat gabah dan jerami kering rumpun^{-1} tertinggi dari pemberian pupuk kandang masing-masing meningkat sebesar 3,75 dan 15,66% dibandingkan kontrol.

DAFTAR PUSTAKA

Dariah, A dan A. Rachman, 2006. Optimalisasi multifungsi lahan pertanian dalam penanggulanagn pencemaran di darah aliran sungai. Prosiding Seminar Nasional Pengendalian Pencemaran Lingkungan Pertanian melalui pendekatan Pengelolaan DAS Secara Terpadu. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Surakarta 28 Maret 2006.

Gworek, B. 1992. Lead inactivation in Soils by zeolits. Plant soils.

Kasno, A., J. Sri Adiningsih, dan S. Dwiningsih. 2003. Pengaruh pemberian amelioran terhadap kadmium tanah dan serapan kadmium padi sawah pada tanah vertisols dan inceptisols. Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Lingkungan Pertanian.

Loka Penelitian Pencemaran Lingkungan Pertanian dan Universitas Sebelas Maret Surakarta, 21 Oktober 2003. 191-201.

Kurnia, U., J. Sriadiningsih dan A. Abdurachman. 2003. Strategi pencegahan dan penanggulangan pencemaran lingkungan pertanian. Makalah disampaikan dalam Seminar Nasional Peningkatan Kualitas Produk Pertanian Kudus, 4 Nopember 2002.

Notodarmojo, S. 2005. Pencemaran Tanah dan Air Tanah. Penerbit ITB. Bandung.

Ponnamperuma, F.N. 1984. Straw as a soerce of nutrients for wetland rice, In: Organic Matter and Rice. International Rice Research Institute. Los Banos, Philippines. . 311-328.

Prijambada, I.D. 2005. Pengelolaan lahan pertanian tercemar logam berat melalui upaya bioemediasi. Makalah disampaikan dalam Workshop Pengemangan Teknolgi Ramah Lingkungan Dalam Rangka Pengendalian Dampak Kerusakan lahan Pertanian. Di BPSP Suropadan Temanggung 14 Juli 2005.

Saraswati. 2003. Reduksi Pencemaran Lahan Pertanian oleh Senyawa Logam Berat dengan Teknologi Bioremediasi. Laporan Akhir Riset Unggulan Terpadu VIII. Balai Penelitian Bioteknologi dan Sumberdaya Genetika Pertanian, Badan Litbang Pertanian.

Tan, K. H. 1992. Principles of Soil Chamestry. Marcel-Dekker Inc., New York.

Tan, K. H. 2003. Humic Matter in Soil and the Environment. Marcel Dekker, Inc. New York.

Wardhana, W.A. 2004. Dampak Pencemaran Lingkungan. Andi. Yogyakarta.

Widowati, W., A. Sastiono., dan R. Jusuf. 2008. Efek Toksik Logam, Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran. Andi Offfset Yogyakarta.

Penyebaran Logam Berat Pb dan Cd pada Lahan Pertanian di DAS Citarum Hulu Kabupaten Bandung

43

Muhammad Hikmat dan Mulyadi

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Jl. Raya Jakenan-Jaken Km 05, Pati 59182

Abstrak. Plumbum (Pb) dan Cadmium (Cd) merupakan jenis logam berat yang umum dijumpai di lahan pertanian. Aktivitas pertanian seperti pemupukan selain berperanan penting dalam peningkatan produksi pertanian, tetapi kegiatan tersebut dapat menyisakan lahan dengan kadar logam berat tinggi dan berpotensi mencemari lingkungan sekitarnya. Logam berat yang terbawa dalam produk pertanian secara periodik akan terkonsumsi dan membahayakan kesehatan manusia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebaran logam-logam berat pada lahan-lahan pertanian di DAS Citarum Hulu, Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat. Lahan-lahan pertanian tersebut meliputi lahan sawah, kebun palawija, dan hortikultura seluas 62.928 ha. Untuk mengetahui kadar logam berat pada lahan pertanian di wilayah ini, sebanyak 41 sampel tanah telah diambil di lapangan dan dianalisis di laboratorium Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Jakenan, Pati. Hasil penelitian menunjukkan sebagian besar kadar logam berat Pb dan Cd pada lahan-lahan pertanian tergolong tinggi. Lahan dengan kadar Pb rendah (<6,5 ppm) seluas 584 ha, sedang (6,5-12,0 ppm) seluas 11.757 ha, dan tinggi (>12,0 ppm) seluas 50.579 ha. Sedangkan luas lahan pertanian dengan kadar Cd rendah (<3,4 ppm), sedang (3,4-6,4 ppm), dan tinggi (>6,4 ppm) masing-masing adalah 560, 3.252, dan 50.579 ha. Namun secara keseluruhan nilai-nilai tersebut masih di bawah ambang batas yang diperbolehkan.

Kata kunci: Pb dan Cd, lahan pertanian, DAS

Abstract. *Plumbum (Pb) and Cadmium (Cd) are kind of heavy metals that are commonly found in agricultural land. Agricultural activity, such as fertilizing, may contribute to the increase of agricultural production. However, it may also remain the hight content of heavy metal residues on the land, and potentially pollute the environmental around. The heavy metal transpoted to the agricultural peroduct, will be periodically consumed and cause negative effects to the human body. This study aimed to know the distribution of the heavy metal content to agricultural land of Citarum Hulu Watershed, Bandung Regency, West Java Province. Those agricultutral land consist of paddy, palawija, and horticultural field with total is 62,928 ha area. To know how the content of heavy metal residues, 41 soil samples are taken in the field and analized in the laboratory of Indonesian Agriculture Environmental Research Institute (IAERI), in Jakenan, Pati. Result indicated that most agricultural have a high level of Pb and Cd content. The land with low level Pb content (<6.5 ppm) is abouts 584 ha area, medium (6.5-12.0 ppm) is about 11,757 ha area, and high (>12.0 ppm) is 50,579 ha area. While, area of the land with low (<3.4 ppm), medium (34-6.4 ppm), and high (>6.4 ppm) level of Cd are 560 ha,*

3,252 ha and 50,579 ha, respectively. However, those value of Pb and Cd contents are still below of Maximun Alowable Concentration (MAC).

Keywords: *Pb and Cd, agricultural land, watershed*

PENDAHULUAN

Logam berat yang berasal dari pupuk merupakan salah satu faktor yang dapat mencemari lingkungan pertanian di samping residu pestisida yang secara intensif diberikan petani untuk membasmi hama dan penyakit yang menyerang tanaman. Logam berat dapat menurunkan produksi dan kualitas tanaman pertanian (pustaka). Dua jenis logam berat yang berpotensi ditemukan dalam kadar tinggi di dalam tanah adalah Plumbum (Pb) dan Cadmium (Cd). Logam berat yang terbawa dalam produk pertanian secara periodik akan terkonsumsi dan membahayakan kesehatan manusia. Logam berat Pb dapat menyebabkan autisme, gangguan ginjal, jantung, dan tekanan darah tinggi, sedangkan Cd dapat menyebabkan karsinogenik. Sampai saat ini informasi status dan sebaran logam berat, baik yang terdapat di dalam tanah, air maupun tanaman masih terbatas dan bersifat parsial. Faktor pengelolaan lahan berpengaruh terhadap kandungan logam berat di lahan pertanian. Pemakaian pupuk kimia dan pestisida secara terus-menerus akan meningkatkan kandungan logam berat dalam tanah. Kandungan logam berat di dalam pupuk dan pestisida dikhawatirkan akan terakumulasi di dalam tanah dan terangkut tanaman melalui panen dan masuk ke dalam rantai makanan manusia.

Logam berat yang mencemari lahan sawah dan perairan dapat berasal dari dua sumber utama dalam sistem tanah-tanaman yaitu pelapukan batuan mineral dan kegiatan *anthropogenic*. Kegiatan *anthropogenic* terutama berkaitan dengan aktivitas industri, pabrik, pembuangan industri, sampah rumah tangga dan bahan-bahan limbah lainnya (Tabel 1).

Darmono (2001) menyatakan kontaminan logam berat dalam tanah pertanian tergantung pada: (i) jumlah logam berat yang terdapat dalam batuan induk, (ii) jumlah pupuk yang diberikan, (iii) jumlah deposit logam berat dari atmosfer yang masuk ke dalam tanah, dan (iv) jumlah logam yang terambil dalam proses panen ataupun merembes ke dalam tanah. Beberapa jenis batuan induk yang mengandung logam berat Pb dan Cd, antara lain ultrabasalt, basalt, granit, batuliat, sabs hitam, batupasir, dan batukapur.

Pemanfaatan lahan untuk pertanian saat ini tidak hanya berlangsung intensif di bagian hilir suatu daerah aliran sungai (DAS), namun berkembang dan merambah daerah hulu dari suatu DAS. Prasetyo dan Setiani (2001) menyatakan bahwa penggunaan lahan untuk pertanian semakin intensif dengan semakin meningkatnya kebutuhan hidup petani sehingga penggunaan lahan untuk tanaman pangan bergeser ke DAS bagian hulu. Selanjutnya Fagi dan Las (2006) melaporkan pada bagian tengah dan hulu DAS yang

didominasi oleh pegunungan dan perbukitan telah ditanami palawija dan tanaman sayuran. Tanaman sayuran dipupuk dengan takaran tinggi dan disemprot pestisida dengan dosis dan waktu pemberian yang intensif. Kondisi yang sama juga terjadi pada sawah irigasi. Hal inilah yang mencemari perairan di DAS hilir. Nasution *et al*. (2003) menyatakan terdapat kecenderungan peningkatan kandungan logam berat dalam tanah dari waktu ke waktu, seperti kandungan Cd yang telah diteliti tahun 1983 dibandingkan dengan hasil penelitian sepuluh tahun kemudian.

Tabel 1. Sumber logam berat yang beracun di lingkungan

1. Industri:
   a) Plastik (Co, Cr, Cd, Hg)
   b) Tekstil (Zn, Al, Ti, Sn)
   c) Elektronik mikro (Cu, Ni, Cd, Zn, Sb)
   d) Pengawetan kayu (Cu, Cr, As)
   e) Pengilangan/penyulingan (Pb, Ni, Cr)
2. Pengendapan atmosfer:
   a) Sumber perkotaan/industri, termasuk bangunan *incenerator*, pembuangan sampah (Cd, Cu, Pb, Sn, Hg, V)
   b) Industri pirometalurgi (As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, Tl, Zn)
   c) Pembuangan gas/asap kendaraan (Mo, Pb (dengan Br dan Cl), V)
   d) Pembakaran bahan bakar fosil (termasuk pembangkit listrik) (As, Pb, Sb, Se, U, V, Zn, Cd)
3. Pertanian:
   a) Pupuk (As, Cd, Mn, U, V, dan Zn dalam pupuk fosfat)
   b) Pupuk organik (As dan Cu dalam kotoran babi dan unggas, Mn dan Zn dalam pupuk kandang)
   c) Kapur/pengapuran (As, Pb)
   d) Pestisida (Cu, Mn, dan Zn dalam fungisida, As dan Pb digunakan untuk fungisida anggrek)
   e) Air irigasi (Cd, Pb, Se)
   f) Karat logam (pelapisan seng dan logam) (Fe, Pb, Zn)
4. Pembuangan limbah pada tanah:
   a) *Sludge* cair (Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, V, Zn)
   b) Air cucian dari tempat buangan sampah (As, Cd, Fe, Pb)
   c) Tumpukan sampah (Cd, Cr, Cu, Pb, Zn)
   d) Api unggun, abu batubara (Cu, Pb)

Sumber: Ross (1994).

Kabupaten Bandung mempunyai kawasan pertanian yang luas dan dikelola secara intensif. Lokasi kawasan pertanian ini terletak dalam areal Daerah Aliran Sungai (DAS) Citarum Hulu. Data Dinas Pertanian Kabupaten Bandung (2010) menunjukkan bahwa lahan sawah mencapai 55.578 ha. Dari luasan tersebut, sekitar 81% merupakan lahan sawah irigasi sedangkan sisanya merupakan sawah tadah hujan. Lahan kering mencapai 250.353 ha. Potensi sumber daya alam yang mendukung sektor pertanian tanaman pangan di Kabupaten Bandung hingga saat ini sangat memadai. Berdasarkan data dari Dinas Pertanian tersebut, produksi padi mencapai 452.344 ton, sedangkan produksi tanaman

pangan lainnya (jagung, ubi kayu, ubi jalar, palawija) mencapai 265.169 ton. Produksi sayuran mencapai 3.773.825 ton.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebaran logam berat Pb dan Cd pada lahan-lahan pertanian di DAS Citarum Hulu, Kabupaten Bandung Provinsi Jawa Barat.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan waktu

Penelitian dilaksanakan di DAS Citarum Hulu, secara administrasi termasuk ke dalam wilayah Kabupaten Bandung. Secara geografis letak Kabupaten Bandung berada pada 6°,41'-7°,19' Lintang Selatan dan diantara 107°22'-108°5' Bujur Timur dengan luas wilayah Kabupaten Bandung ± 176.238,67 ha.

Penelitian telah dilaksanakan pada tahun 2011. Analisis contoh dilakukan di Laboratorium Terpadu Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Jakenan.

Bahan dan alat penelitian

Bahan utama penelitian adalah peta penggunaan lahan Kabupaten Bandung. Peta tersebut disusun berdasarkan Peta Rupa Bumi Indonesia (Peta RBI) digital 1:25.000. Informasi utama yang digunakan dari peta RBI ini adalah penggunaan lahan pertanian (sawah dan tegalan). Sedangkan informasi lainnya sebagai pendukung yaitu jaringan jalan, sungai, dan wilayah administrasi. Selain peta RBI, juga digunakan bahan pendukung lain yaitu adalah peta geologi skala 1:100.000. Peralatan lapangan yang digunakan untuk keperluan antara lain adalah bor tanah, GPS, kompas, dan lain-lain.

Metodologi

Penelitian dilakukan menggunakan metode survei, dimana data yang dianalisis diperoleh melalui pengumpulan contoh tanah di lapangan. Pengambilan contoh tanah dilakukan menggunakan sistem random, dimana lokasi pengamatan terdistribusi pada lahan-lahan pertanian dengan penggunaan lahan berupa sawah (sawah irigasi dan tadah hujan) serta tegalan. Contoh tanah diambil secara komposit, diambil pada kedalaman 0-20 cm, kemudian dianilisis di laboratorium. Kadar Pb dan Cd tanah diukur menggunakan metode oksidasi basah dengan pengekstrak $HClO_4$ pekat dan HNO_3 pekat. Ekstrak logam berat kemudian diukur menggunakan AAS. Data hasil analisis diolah menggunakan metode analisis spasial dan hasilnya disajikan dalam peta skala 1:50.000 menggunakan software ArcGis/ArcView. Pengkelasan kadar residu Cd dan Pb ini berdasarkan pada

rentang nilai residu yang diperoleh berdasarkan hasil analisis laboratorium. Berdasarkan rentang nilai tersebut, kadar Pb dan Cd dibagi menjadi tiga kelas yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Sepertiga nilai yang terendah dari rentang tersebut tergolong rendah, sepertiga kedua tergolong sedang, dan sepertiga tertinggi digolongkan tinggi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

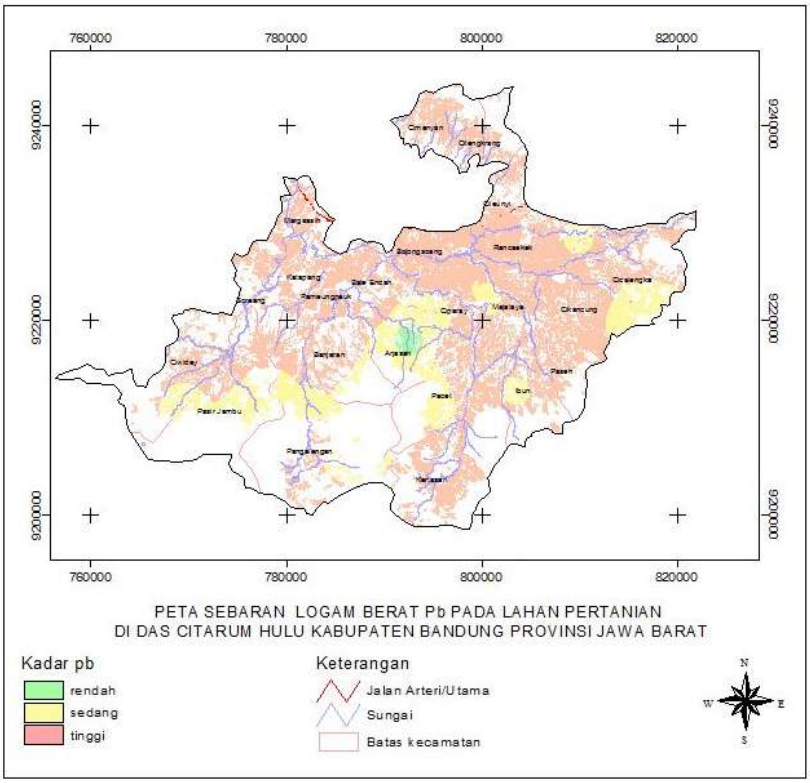
Hasil analisis statistik deskriptif terhadap data-data hasil analisis menunjukkan bahwa logam berat Pb dan Cd mempunyai distribusi normal dengan koefisien keragaman (CV) 20,17% dan 21,18%. Berdasarkan sifat sebarannya, logam Pb dan Cd tersebar merata (*spread out*) (VMR <1). Logam berat Pb dan Cd terdeteksi di semua lokasi (n=41) dengan konsentrasi minimum masing-masing 1,17 dan 0,28 ppm, sedangkan konsentrasi maksimumnya 17,8 dan 9,50 ppm. Nilai rata-rata logam Pb dan Cd masing-masing 12,86 dan 7,60 ppm. Frekuensi terdeteksi logam Pb dan Cd yang melebihi konsentrasi maksimum yang diijinkan (MAC) adalah 0 (tidak ada), artinya kadar kedua logam berat ini di lahan pertanian Kabupaten Bandung masih tergolong aman.

Sebaran logam berat Pb dan Cd pada lahan pertanian di DAS Citarum Hulu secara spasial ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2. Berdasarkan gambar tersebut, kadar Pb dan Cd pada lahan-lahan pertanian tergolong rendah, sedang, dan tinggi. Luasan masing-masing kelas disajikan pada (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil analisis statistik deskripsi logam berat Pb dan Cd di lahan pertanian DAS Citarum Hulu, Kabupaten Bandung

Nilai	Pb tanah (ppm)	Cd tanah (ppm)
Jumlah contoh (n)	41,00	41,00
Max	17,18	9,50
Min	1,17	0,28
CV (%)	20,17	21,18
Rata-2	12,86	7,60
Standar deviasi	2,59	1,61
Varian	6,86	2,64
VMR	0,54	0,36
MAC	33,00	45,00
Jumlah > MAC	0,00	0,00

*VMR: *Varian Mean Ratio*, jika nilai VMR >1 data mengelompok tetapi jika <1 data menyebar
*MAC: *Maximum Allowable Concentration*

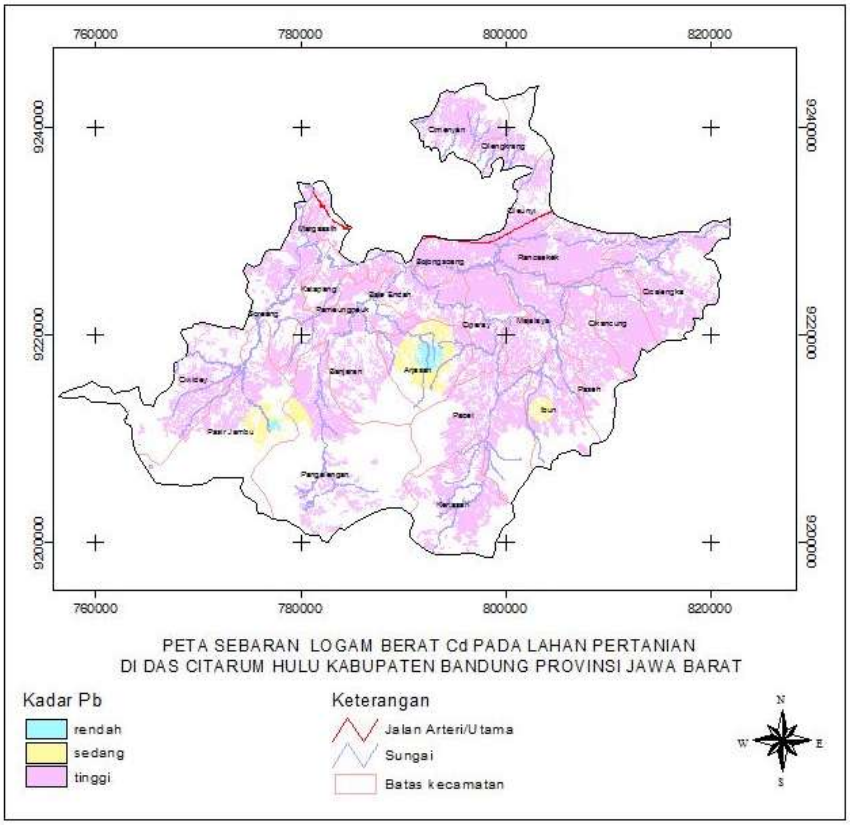


Gambar 1. Peta Sebaran Pb di lahan pertanian DAS Citarum Hulu, Kabupaten Bandung

Tabel 3. Status Pb dan Cd dalam tanah dan luasan penyebarannya di DAS Citarum Hulu, Kabupaten Bandung

Status logam berat	Kadar Pb tanah	Luas		Kadar Cd tanah	Luas	
		ha	%		ha	%
Rendah	< 6,5	584	<3,4	<3,4	560	1,0
Sedang	6,5-12,0	11,757	3,4-6,4	3,4- 6,4	3.252	5,1
Tinggi	> 12,0	50,579	>6,4	> 6,4	59.068	93,9
Total		62,920	100,0		62.920	100,0

Kadar Pb maupun Cd di lahan-lahan pertanian secara umum tergolong tinggi, masing-masing >12 ppm untuk Pb dengan luasan 50.579 ha atau sekitar 80,3% dari total luas lahan pertanian DAS Citarum Hulu dan 6,5 ppm untuk Cd dengan luasan 59.068 ha (93,9%). Walaupun demikian, kadar Pb dan Cd yang tinggi tersebut masih berada dalam batas yang diperbolehkan. Sebagian kecil areal pertanian tergolong sedang dan rendah, baik untuk Pb maupun Cd.



Gambar 2. Peta Sebaran Cd di lahan pertanian DAS Citarum Hulu, Kabupaten Bandung

Tingginya kadar Pb dan Cd pada lahan-lahan pertanian tersebut diduga sebagai akibat intensifnya penggunaan pupuk kimia. Hal ini wajar dikarenakan lahan pertanian di daerah DAS Citarum Hulu mempunyai sejarah yang panjang dan sangat intensif dikelola, baik untuk memproduksi tanaman pangan maupun hortikultura. Setyorini *et al*. (2003) menyatakan bahwa pemakaian pupuk kimia secara terus-menerus akan meningkatkan kandungan logam berat dalam tanah.

Berdasarkan hasil penelitian, sebaran logam berat yang tinggi lebih dominan di bagian utara dan timur Kabupaten Bandung. Hal ini dimungkinkan karena beberapa tempat di Kabupaten Bandung bagian utara dan timur merupakan daerah industri sehingga dapat menambah kadar logam berat dalam tanah, baik melalui udara maupun air.

KESIMPULAN

1. Logam berat Pb dan Cd terdeteksi di semua lokasi dengan nilai rata rata masing-masing 12,86 dan 7,60 ppm, konsentrasi minimum 1,17 dan 0,28 ppm, dan nilai maksimum masing-masing 17,8 dan 9,50 ppm.
2. Sebagian besar lahan pertanian, baik lahan sawah maupun tegalan di DAS Citarum Hulu mempunyai kadar Pb dan Cd tergolong tinggi, namun masih berada di bawah batas yang dapat ditoleransi.

DAFTAR PUSTAKA

Darmono. 2001. Lingkungan hidup dan pencemaran. Hubungannya dengan toksokologi senyawa logam. Jakarta. UI Press.

Fagi, A.M. dan I. Las. 2006. Konsepsi Penanggulangan pencemaran di lingkungan pertanian berbasis DAS. Makalah disampaikan dalam Seminar Nasional Pengendali Pencemaran Lingkungan Pertanian Melalui Pendekatan Pengelolaan DAS Secara Terpadu. UNS Surakarta, 28 Maret 2006.

Nasution, I., M. Al-Djabri, dan A. Wihardjaka. 2003. Identifikasi pencemaran logam berat pada tanaman padi sawah di DAS Bengawan Solo. Prosiding. Seminar Nasional Pengelolaan Lingkungan Pertanian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Surakarta, 21 Oktober 2003.

Prasetyo dan Setiani. 2001. Teknologi sistem usahatani konservasi di DAS Bagian Hulu (antara keutuhan dan kepentingan). Prosiding. Lokakarya Nasional Diversifikasi Tanaman. Penelitian dan Pengembangan Usahatani. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan Bogor.

Ross, S.M. 1994. Sources and Forms of Potentially Toxic Metals in Soil-Plant System. P. 3-25. *In* Ross, S.M (ed) Toxic Metals in Soil-Plant System. John Wiley and Sons Ltd., Chichester-New York-Brisbane-Toronto-Singapore.

Setyorini, D., Suparto, dan Sulaeman. 2003. Kadar logam berat dalam pupuk. Prosiding. Seminar Nasional Peningkatan Kualitas Lingkungan dan Produk Pertanian. Puslitbang Tanah dan Agroklimat. Bogor. Hlm. 219-230.

Sebaran Senyawa POPs Lindan pada Lahan Pertanian di Daerah Aliran Sungai (Das) Citarum Hilir Kabupaten Karawang

44

Mulyadi, Harsanti, dan Muhammad Hikmat
Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Jl. Raya Jakenan-Jaken Km 05, Pati 59182

Abstrak. Organoklorin merupakan pencemar utama dalam golongan *Persistent Organic Pollutants* (POPs) yang sedang dipermasalahkan di dunia akibat sifatnya yang toksik kronis, persisten, dan bioakumulatif. Data cemaran residu pestisida senyawa POPs pada lahan pertanian di DAS Citarum Hilir masih terbatas dan sifatnya parsial. Oleh karena itu dilakukan tujuan untuk mengetahui sebaran Lindan pada lahan pertanian DAS Citarum Hilir Kabupaten Karawang Jawa Barat. Pengambilan sampel tanah menggunakan pendekatan wilayah SubDAS, bentuk lahan, dan sumber pencemar. Sekitar 73% kebutuhan air tanaman dipenuhi dari waduk, 25% dari sungai, dan 2% dari air hujan. Hama utama yang menyerang tanaman padi adalah wereng coklat dan penggerek batang, terdapat 15 jenis insektisida yang digunakan petani untuk menanggulangi serangan hama dengan cara mencampurkan 2-4 jenis insektisida dalam satu *sprayer*. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa semua lokasi pengambilan sampel terdeteksi mengadung Lindan antara 0,011-0,040 ppm. Sebesar 72% tanah sawah di Kabupaten Karawang masuk kategori kelas III dengan kandungan 0,032-0,040 ppm, sedangkan kelas I dengan kandungan 0,011-0,021 ppm, dan II dengan kandungan 0,022-0,031 ppm masing-masing sebesar 15 dan 13%.

Kata kunci: Lindan, tanah sawah, DAS Citarum Hilir

PENDAHULUAN

Jawa Barat merupakan salah satu lumbung padi nasional yang mempunyai area panen seluas 1.829.085 ha yang tersebar di 16 kabupaten dan 9 kota. Dari luas lahan tersebut produksi padi yang dihasilkan mencapai 9.914.019 ton. Karawang tercatat sebagai kabupaten yang mempunyai luas area pertanian terluas di Jawa Barat setelah Indramayu, dengan luas panen 188.384 ha yang dapat menghasilkan beras sebanyak 1.026.063 ton (BPS Jawa Barat, 2007). Intensifnya kegiatan pertanian di wilayah tersebut menimbulkan masalah yaitu diakibatkan oleh penggunaan pupuk, baik pupuk organik maupun anorganik, termasuk penggunaan pestisida.

Soemirat (2003) menyatakan perkembangan sektor pertanian telah mengakibatkan peningkatan pencemaran lingkungan oleh bahan kimia. Di antara polutan-polutan tersebut, terdapat polutan organik yang disebut organoklorin merupakan polutan yang bersifat persisten dan dapat terbioakumulasi di alam serta bersifat toksik terhadap manusia dan makhluk hidup lainnya. Organoklorin tidak reaktif, stabil, memiliki kelarutan yang sangat tinggi di dalam lemak, dan memiliki kemampuan degradasi yang rendah. Hal yang

sama disampaikan Ramadhani dan Oginawati (2009), organoklorin tergolong senyawa *Persistent Organic Pollutants* (POPs) yaitu senyawa kimia yang persisten di lingkungan, dapat mengalami bioakumulasi di rantai makanan, dan memiliki risiko penyebab banyak dampak negatif terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Sekarang, komunitas internasional telah mengambil tindakan darurat yang bersifat global untuk mengurangi dan mengeliminasi diproduksinya bahan-bahan kimia ini.

Organoklorin dikelompokkan menjadi 3 yaitu diklorodifenil etan (contoh: DDT, DDD, Portan, Metosiklor, dan Metioklor), siklodin (contoh Aldrin, Dieldrin, Heptaklor, Lindan, dan Endosulfan), dan sikloheksan benzene terklorinasi (contoh HCB, HCH, dan Lindan). Organoklorin merupakan pencemar utama dalam golongan POPs yang sedang dipermasalahkan oleh dunia akibat sifatnya yang toksik kronis, persisten, dan bioakumulatif (Zhou *et al*. 2006 *dalam* Paramita dan Oginawati, 2009). Dalam jangka waktu 40 tahun, organoklorin masih ditemukan di lingkungan dan biota, dan terdistribusi secara global bahkan ke daerah terpencil di mana organoklorin tidak pernah digunakan. Sejak akhir 1990, semua jenis insektisida organoklorin sudah dilarang penggunaannya di Indonesia. Namun karena harganya yang murah, mudah digunakan, dan efektif membasmi hama, maka beberapa jenis organoklorin seperti DDT masih digunakan di Indonesia, selain karena kurangnya ketegasan peraturan dan hukum yang berlaku (Sudaryanto *et al*. 2007 *dalam* Paramita dan Oginawati, 2009).

Bahan-bahan agrokimia (pupuk, pestisida) yang secara kumulatif berada di dalam tubuh dapat mengganggu kesehatan manusia yang secara tidak langsung menurunkan kualitas sumberdaya manusia. Selain itu, pencemaran pestisida dapat menurunkan sumberdaya alam (penurunan biodiversitas) dan produktivitas tanah.

Dalam upaya meningkatkan produksi pertanian, penggunaan pupuk dan pestisida cenderung terus meningkat. Meskipun sistem perlindungan tanaman telah menganut Pengendalian Hama Terpadu (PHT), namun dalam pelaksanaannya banyak petani menggunakan pestisida secara tidak benar. Bahkan dalam praktek banyak petani masih menggunakan insektisida yang dilarang, sehingga berdampak tercemarnya pada tanah, air, dan produk pertanian.

Lindan banyak digunakan untuk membasmi hama pertanian, seperti untuk obat anti rayap pada kayu, pengendalian serangga dalam rumah, dan digunakan sebagai obat untuk membunuh enteroparasit pada manusia dan hewan peliharaan (Crosby, 1998). Mengingat bahaya dan dampaknya, maka perlu diwaspadai secara serius dan berkala baik keberadaan dan statusnya, karena senyawa POPs sudah menyebar di berbagai komponen lingkungan (tanah, air, dan tanaman), yang pada akhirnya akan terakumulasi dalam tubuh mahluk hidup. Data cemaran residu pestisida senyawa POPs pada lahan pertanian masih terbatas dan sifatnya parsial. Oleh karena itu, perlu dilakukan identifikasi residu pestisida senyawa

POPs untuk mengetahui sebarannya pada lahan pertanian, selanjutnya menentukan teknologi penanggulangannya.

Tujuan penelitian adalah untuk mendapatkan sebaran residu senyawa POPs Lindan di DAS Citarum Hilir Kabupaten Karawang.

BAHAN DAN METODE

- Penelitian dilaksanakan bulan Juni tahun 2010 di DAS Citarum Hilir Kabupaten Karawang.
- Penentuan satuan wilayah kerja ditentukan berdasarkan batas wilayah DAS Citarum Hilir Kabupaten Karawang, selanjutnya *overlay* peta geologi skala 1:100.000 dan peta rupa bumi skala 1:25.000 menjadi peta bentuk lahan *(land form). Overlay* peta *land form* dan penggunaan lahan menjadi peta satuan lahan. Dari peta satuan lahan tersebut dengan sumber pencemar akan diperoleh peta satuan wilayah pengambilan sampel tanah.
- Pengambilan contoh tanah dilakukan dengan sistem grid yang dimodifikasi. Satu titik contoh tanah adalah komposit dari campuran 5 subsampel contoh tanah individu. Contoh tanah individu diambil dari lapisan olah atau lapisan perakaran (0-20 cm). Satu contoh tanah komposit mewakili hamparan yang homogen sekitar 10-15 ha. Pada lahan miring dan bergelombang, 1 contoh tanah komposit mewakili areal sekitar 5 ha, tergantung kemiringan lereng (Rochayati dan Hartatik, 2004).
- Contoh tanah dianalisa di Laboratorium Terpadu Balingtan untuk mengetahui kadar senyawa Lindan
- Analisis contoh tanah: sebelum dianalisa contoh tanah dari lapang dikeringanginkan, ditumbuk, dan diayak dengan ayakan 2 mm
  - Kadar residu insektisida dari contoh tanah ditetapkan dengan menimbang contoh 10 g lalu dimasukkan dalam tabung kertas soxhlet, kemudiaan diekstrak dengan pelarut aseton p.a. sebanyak 100 ml pada alat soxhlet yang berlangsung selama 6 jam pada suhu 80°C. Setelah enam jam hasil ekstraksi diuapkan hingga agak kering dengan alat evaporator pada suhu 45°C.
  - Residu pestisida yang diperoleh dari hasil evaporasi dipindahkan ke dalam corong pisah 150 ml dengan bantuan pelarut n-heksan 25 ml, kemudian diekstraksi dengan pelarut asetonitril p.a.25 ml sebanyak 3 kali. Lapisan n-heksan di lapisan atas sedangkan asetonitril di lapisan bawah.
  - Lapisan asetonitril hasil ekstrak 3 kali, kemudian diuapkan/dipekatkan dengan alat evaporator pada suhu 45°C. Larutan residu dilarutkan dengan pelarut n-heksan

sebanyak 5 ml dan dimasukkan dalam kolom kromatografi dan dielusi dengan eluen campuran n-heksan dan aseton (9+1).

- Eluat kemudian ditampung ke dalam labu 125 ml dan dipekatkan hingga agak kering. Eluat selanjutnya dimasukkan dalam tabung uji dan dijadikan volume 5 ml dengan pelarut aseton. Larutan tersebut kemudian ditetapkan kadar residu insektisida (organoklorin, organofosfat, dan piretroid) dengan alat GC.

- Untuk mendelineasi sebaran Lindan dalam tanah, kadar residu lindan dari berbagai titik pengamatan dibuat kelas-kisaran. Penentuan kelas-kisaran melalui pengurangan nilai maksimum dan minimum dibagi tiga, kelas-kisaran pertama adalah nilai minimum ditambah nilai rentang, kelas-kisaran kedua adalah kisaran pertama ditambah nilai rentang, dan kelas-kisaran ketiga adalah kisaran kedua ditambah nilai rentang

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil identifikasi pada lahan pertanian di Karawang, semua titik pengambilan sampel terdeteksi adanya Lindan dalam tanah. Kadar residu insektisida Lindan dalam tanah berkisar antara 0,011-0,040 ppm (Tabel 1). Berdasarkan hasil survei sebelumnya oleh Murtado *et al*. (1996), bahwa tanah sawah di Jawa Barat (Karawang, Subang, Indramayu, Cirebon, Kuningan, Ciamis, Tasikmalaya, Garut, Bandung, Cianjur, Sukabumi, Lebak, Pandeglang, dan Serang) diketahui mengandung residu Klorpirifos, Diazinon, Karbofuran, Lindan, dan Heptaklor yang konsentrasi residunya masih di bawah BMR. Survei dilakukan kembali (Ardiwinata *et al*. 1999) di daerah Jawa Barat (Subang, Indramayu, Cirebon, Karawang, Cianjur, Sukabumi, dan Pandeglang) dengan hasil ditemukan senyawa POPs di dalam beras yaitu Lindan, Aldrin, dan Endosulfan.

Menurut Sofia (2001), dalam praktek penyemprotan hanya 20% pestisida mengenai sasaran dan 80% lainnya jatuh ke tanah. Ardiwinata (2008) melaporkan bahwa kurang lebih 60% pestisida akan jatuh ke tanah, dan dari pestisida tersebut muncul permasalahan besar bagi kualitas lingkungan. Residu pestisida akan terbawa aliran air dan akhirnya masuk ke sungai hingga berpotensi membahayakan hewan ternak bahkan manusia.

Bila kontaminan terlarut kontak dengan tanah, maka konsentrasinya akan berkurang karena kontaminan akan bereaksi atau terikat dengan tanah melalui suatu mekanisme yang disebut soprsi. Pada tanah-tanah dengan permukaan spesifik yang relative luas, maka adsorpsi akan mendominasi reaksi antara partikel tanah dengan kontaminan. Tanah permukaan umumnya mempunyai kandungan organik yang juga dapat bereaksi dengan pencemar. Dengan demikian bila tanah tersebut kontak dengan kontaminan atau polutan, reaksi yang terjadi melibatkan tanah dengan suatu zat dalam

medium akan sangat beraneka ragam tergantung sifat zat pencemar dan mineral tanah tersebut.

Tabel 1. Kadar senyawa POPs Lindan di lahan pertanian DAS Citarum Hilir Kabupaten Karawang

Titik sampel	Koordinat		Kadar Lindan (ppm)	Titik sampel	Koordinat		Kadar Lindan (ppm)
	X	Y			X	Y	
1	788875	9311784	0,039	26	742393	9327993	0,034
2	787570	9312945	0,039	27	743296	9331316	0,037
3	788735	9311059	0,033	28	749036	9325300	0,037
4	787844	9309681	0,033	29	749023	9325289	0,029
5	785553	9310931	0,039	30	754881	9320698	0,033
6	784095	9311899	0,039	31	758126	9325038	0,024
7	786594	9308791	0,022	32	760986	9329596	0,011
8	783008	9302539	0,039	33	760986	9329596	0,033
9	785432	9308896	0,038	34	752787	9307770	0,038
10	789356	9311490	0,037	35	755641	9308596	0,038
11	784271	9305317	0,038	36	757762	9309605	0,018
12	784960	9301480	0,028	37	758819	9303708	0,040
13	782544	9297385	0,038	38	761129	9303942	0,037
14	783118	9306734	0,027	39	760215	9298954	0,033
15	731449	9337002	0,011	40	770608	9296265	0,038
16	731722	9337939	0,038	41	773137	9296525	0,039
17	731930	9335758	0,038	42	770509	9294810	0,028
18	732649	9336009	0,040	42	778701	9293082	0,038
19	733900	9335467	0,030	44	779326	9291835	0,033
20	734168	9334734	0,034	45	781291	9293126	0,039
21	734300	9333498	0,032	46	776575	9292210	0,038
22	737113	9330671	0,015	47	776771	9290998	0,032
23	738791	9332569	0,038	48	744844	9283679	0,038
24	739313	9333916	0,022	49	756710	9296497	0,034
25	739125	9329526	0,020				
Rata-rata							0,03
Standar deviasi							0,01

Grafik matrik korelasi

Tabel 2 menyajikan grafik matrik korelasi sifat-sifat tanah. Pada tabel tersebut terlihat tidak adanya pengaruh nyata antara Lindan dengan KTK, C-organik, pH, dan lempung. Pengaruh sangat nyata hanya terjadi antara KTK dengan lempung dengan nilai R >0,354.

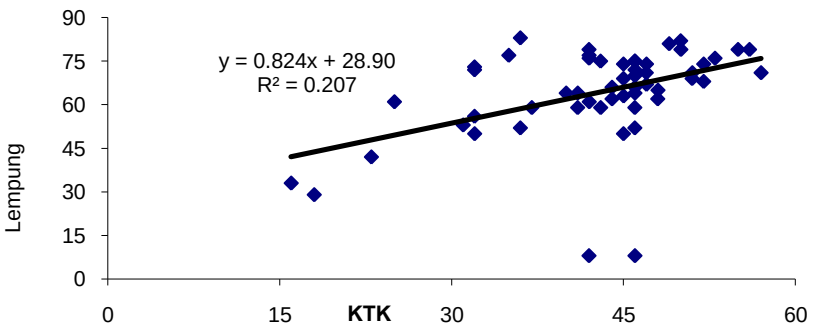
Tabel 2. Matrik korelasi sifat sifat tanah dengan senyawa POPs Lindan

	KTK	C-organik	pH	Lempung	Lindan
KTK	1,00000				
C-organik	0,25025	1,00000			
	0,06800				
pH	0,10000	0,08391	1,00000		
	0,47180	0,54640			
Lempung	0,45550	0,13673	0,02406	1,00000	
	0,00050	0,32420	0,86290		
Lindan	-0,04164	-0,08222	-0,24666	-0,03340	1,00000
	0,76500	0,55450	0,07220	0,81050	

$r_{0,05\ (49)} = 0,273$, $r_{0,01\ (49)} = 0,354$

Korelasi regresi KTK dengan lempung

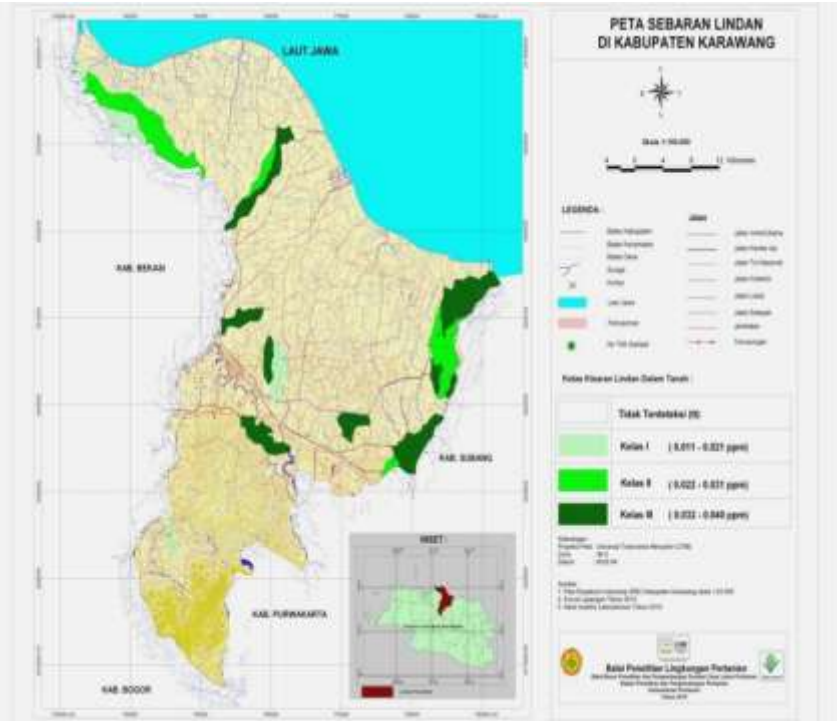
Salah satu sifat kimia tanah yang terkait erat dengan ketersediaan hara bagi tanaman dan menjadi indikator kesuburan tanah adalah Kapasitas Tukar Kation (KTK). Terdapat hubungan linier yang kuat antara KTK dengan lempung mempunyai nilai Y= 0,824x + 28,90 dan $R^2 = 0,207$ (Gambar 1). Diduga pada tanah Vertisols yang didominasi oleh mineral liat smektit (2:1) dimana peran terhadap KTK yang lebih menonjol berasal dari sumber muatan permanen (*permanent charge*). Hal tersebut ditandai oleh adanya korelasi positip nyata antara kadar liat dan KTK tanah (Nursyamsi dan Sutriadi, 2005).



Gambar 1. Korelasi regresi KTK dengan lempung

Sebaran senyawa POPs lindan di lahan pertanian

Hasil penelitian menunjukkan bahwa 72% sebaran Lindan dalam tanah termasuk kelas III (0,32-0,040 ppm), kelas I (0,011-0,021 ppm), kelas II (0,022-0,031 ppm), (Gambar 2). Li *et al.* (2006) menyatakan bahwa penyebaran pestisida organoklorin ke suatu lingkungan selain melalui kontak langsung dengan tanah juga dapat melalui udara dan air. Organoklorin dapat membentuk uap dan juga dibawa oleh udara. Akhirnya, kontaminan tersebut mengembun dan didepositkan di daratan atau terlarut dalam air.



Gambar 2. Korelasi regresi KTK dengan lempung

Insektisida dalam tanah cenderung terakumulasi pada permukaan tanah. Menurut Tarumingkeng (1992) *dalam* Ardiwinata *et al*. (1999) hal ini disebabkan lapisan atas tanah memiliki kandungan organik tinggi sehingga insektisida mudah terserap, terabsorpsi, dan sukar keluar. Kandungan organik yang tinggi dalam tanah juga akan menghambat terjadinya penguapan insektisida. Menurut Ardiwinata (2008), pestisida biasanya terikat dengan ikatan kimia dengan senyawa humus (*humic substances*) terlarut sehingga bioavaibilitasnya menjadi rendah.

Jika menghubungkan koefisien adsorpsi tanah dengan koefisien partisi air-oktanol (Koc), akan diperoleh hubungan Koc dan kelarutan pestisida dalam air. Pestisida dengan nilai Koc lebih dari 100 akan terikat kuat dalam tanah dan memiliki mobilitas yang rendah. Pestisida tersebut akan tertranspor ke dalam lingkungan akuatik melalui adsorpsi dengan partikel tanah. Sedangkan pestisida dengan nilai Koc kurang dari 100 akan mudah bergerak karena mudah larut dalam air. Pestisida ini akan tertranspor ke dalam lingkungan akuatik melalui limpasan air. Endrin dan Lindan termasuk pestisida dengan nilai Koc kurang dari 100 (Oginawati, 2009).

KESIMPULAN

1. Terdapat senyawa POPs Lindan pada semua titik pengambilan sampel. Sebesar 72% tanah sawah di Kabupaten Karawang masuk kategori kelas III (0,032-0,040 ppm), sedangkan kelas I (0,011-0,021 ppm) dan kelas II (0,022-0,031 ppm) masing-masing sebesar 15 dan 13%.
2. Sampai sekarang belum ditemukan referensi batasan Lindan dalam tanah, upaya yang bisa dilakukan adalah melakukan ameliorasi (zeolit, arang aktif, pupuk kandang/ kompos) untuk menekan lindan terangkut dalam jaringan tanaman

DAFTAR PUSTAKA

Ardiwinata, A.N. 2008. Peran Karbon Aktif dalam Proses Degradasi Residu Karbofuran di Tanah oleh Mikroba. Prosiding Seminar Nasional Pengendalian Pencemaran Lingkungan Pertanian Melalui Pendekatan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) Secara Terpadu. Surakarta, 28 Maret 2006. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Hal. 171-189.

Ardiwinata, A.N., S.Y. Jatmiko, dan E.S. Harsanti. 1999. Monitoring residu insektisida di Jawa Barat. Risalah Seminar Hasil Penelitian Emisi Gas Rumah Kaca dan Peningkatan Produktivitas Padi di Lahan Sawah, Bogor 24 April 1999. Hal. 91-105.

BPS Propinsi Jawa Barat. 2007. http//jabar.bps.go.id/tabel//pertanian.htm.

Crosby. 1998, Environmental toxicology and chemistry. Oxford University Press.

Li, J., T. Ze, F. Wang, X.H. Qiu, and W.L. Lin. 2006. Observation of organochlorine pesticides in the air of the Mount Everest Region. Ecotoxicology and Environmental Safety, 63: 33-41.

Murtado, A. Nugraha, I. Nasution, I.M. Samudra, P. Lestina, dan Ismiyatun. 1996. Status residu pestisida pada sentra produksi padi sawah. Laporan Hasil Penelitian Balitro, Bogor, 1996. Hal. 15.

Nursyamsi, D. dan M.T. Sutriadi. 2005. Uji tanah hara kalium di tanah Inceptisols untuk kedelai. Agric, Jurnal Ilmu Pertanian, 18(1): 102-118.

Oginawati, K. 2009. Identifikasi dan penyebaran pencemaran pestisida organoklorin pada tanah di DAS Citarum Hulu sebagai indikasi dampak *Persisten Organic Pollutans* (POPs) di lingkungan. Laporan Akhir Riset Lembaga Penelitian dan Pengabdian Pada Masyarakat. Institut Teknologi Bandung.

Paramita, S.J. dan K. Oginawati. 2009. Pengaruh perubahan musim terhadap residu pestisida organoklorin pada ikan, air, dan sedimen di DAS Citarum Hulu segmen Cisanti sampai Nanjung, Jawa Barat. Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung (tidak dipublikasi).

Ramadhani1, N.W. dan K. Oginawati. 2009. Residu insektisida organoklorin di persawahan SubDAS Citarum Hulu. Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung (tidak dipublikasi).

Rochayati, S. dan W. Hartatik. 2004. Pengambilan Contoh Tanah untuk Uji Tanah (*booklet*). Balai Penelitian Tanah. Pusat Peneiitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor.

Soemirat. 2003. Toksikologi Lingkungan, Yogyakarta. UGM Press.

Bioremediasi Lahan Sulfat Masam Melalui Pemanfaatan Bakteri Pereduksi Sulfat dengan Bahan Pembawa Substrat Organik

45

Mukhlis dan Dedi Nursyamsi

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa, Jl. Kebun Karet, Loktabat Utara, Banjabaru, Kalimantan Selatan

Abstrak. Keberadaan lahan sulfat masam (6,71 juta ha) merupakan masalah utama dalam budidaya pertanian di lahan rawa Indonesia. Lahan sulfat masam secara alami terjadi pada tanah-tanah yang mengandung besi sulfida (pirit). Bila lahan mengalami kekeringan, pirit teroksidasi dan mengakibatkan tanah menjadi masam dan unsur beracun melimpah. Teknik bioremediasi akan mempercepat proses perombakan unsur beracun dengan memilih inokulan mikroba yang sesuai. Bakteri Pereduksi Sulfat (BPS) dapat berfungsi sebagai bioremediator karena sangat berperan dalam proses reduksi di lahan sulfat masam, namun secara alamiah prosesnya berjalan lambat. Penelitian ini bertujuan mendapatkan teknologi aplikasi BPS yang dapat meningkatkan produktivitas lahan dan tanaman padi di lahan sulfat masam. Kegiatan penelitian dilaksanakan di laboratorium, rumah kaca, dan lapangan meliputi tiga tahapan, yaitu: uji substrat organik sebagai *carrier*, efikasi pupuk hayati BPS, dan cara aplikasi pupuk hayati BPS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jerami padi dan pupuk kandang lebih sesuai untuk dijadikan carrier (bahan pembawa) untuk pembuatan pupuk hayati BPS. Pupuk hayati BPS dengan carrier jerami padi lebih mampu meningkatkan pH dan pertumbuhan dan hasil padi di rumah kaca dibandingkan carrier pupuk kandang. Aplikasi pupuk hayati BPS dengan cara perendaman bibit selama 24 jam atau disemprotkan pada areal lahan sebelum tanam mampu meningkatkan pH 9,41-16,15%, menurunkan sulfat tanah 11,48-27,11%, serta meningkatkan hasil padi 17,17-27,37%.

Kata kunci: Pupuk hayati, bakteri pereduksi sulfat, padi, tanah sulfat masam, lahan rawa

Abstract. *Presence of acid sulphate soils (6.71 million ha) is a major problem in the cultivated swampslands of Indonesia. Acid sulphate soils are naturally occurring soils containing iron sulfides (pyrite). When they are dried, pyrite is oxidized, resulting acid soils and high in toxic elements. Bioremediation can enhance toxic element degradation with selection of adaptive microbe. Sulphate Reducing Bacteria (SRB) can be bioremediator because they have important role in the reduction process of acid sulphate soils, but natural condition the process is slow. This research aim is to find the technology of SRB application to increase land productivity and plant yield. Research will be done in laboratory, green house, and field. There are three steps of this research, i.e.: test of organic substrat as carrier, effication of SRB biofertilizer, and application method of SRB biofertilizer. Research results showed that rice straw and cow dunk could be used as carrier for making SRB biofertilizer. SRB biofertilizer with rice straw as carrier more effective in increasing pH, growth and yield of rice at green house than cow dunk. Application of SRB biofertilizer through seedling soak for 24 hours or spraying to area*

before planting increased pH 9.41-16.15%, decrease soil sulphate 11.48-27.11%, and increased rice yield 17.17-27.37%.

Keywords*: Biofertilizer, sulphate reducing bacteria, rice, acid sulphate soil, swamplands*

PENDAHULUAN

Pembangunan pertanian di masa depan dihadapkan kepada permasalahan permintaan produk pertanian terutama pangan yang semakin meningkat sejalan dengan meningkatnya pertambahan penduduk yang diperkirakan pada tahun 2030 mencapai 300 juta jiwa (Pasaribu, 2008), sementara kapasitas sumberdaya alam pertanian terutama lahan terbatas dan bahkan semakin menurun karena konversi lahan pertanian ke non pertanian terus berlanjut. Setiap tahun sekitar 100.000 hektar lahan sawah produktif terutama di P. Jawa dikonversi untuk kegiatan non pertanian (Manan, 2008). Pemanfaatan lahan rawa sebagai areal produksi pertanian terutama pangan merupakan alternatif yang sangat strategis untuk menggantikan lahan pertanian yang terus berkurang akibat alih fungsi lahan.

Pengembangan lahan rawa baik rawa pasang surut maupun lebak masih menghadapi berbagai kendala sehingga masih belum mencapai hasil yang optimal. Masalah yang dominan adalah terdapatnya lahan sulfat masam yang luasnya mencapai 6,71 juta ha (Nugroho *et al*. 1992). Lahan sulfat masam adalah lahan yang tanahnya mengandung senyawa pirit (FeS_2). Pada kondisi tergenang, senyawa tersebut bersifat stabil, namun bila teroksidasi maka akan memunculkan masalah, seperti ketersediaan hara pada aras yang kahat dan kelarutan unsur yang meracun seperti Al dan Fe dalam keadaan melimpah (Dent, 1986; Sanchez, 1976). Lahan sulfat masam dibedakan atas: (1) tanah sulfat masam potensial dan (2) tanah sulfat masam aktual. Pada tanah sulfat masam potensial proses pemasaman belum berjalan, sedang pada tanah sulfat masam aktual proses pemasaman telah berlangsung. Proses pemasaman terjadi bila aerasi mencapai lapisan pirit, sehingga pirit mengalami oksidasi melepas asam sulfat yang berakibat pH yang semula sekitar netral turun menjadi 3,5 atau kurang (Dent, 1986). Permasalahan yang timbul akibat proses pemasaman adalah apabila senyawa atau unsur yang beracun tidak terbuang dari lingkungan perakaran, maka pertumbuhan tanaman terhambat, lahan kemudian menjadi lahan tidur, baik lahan bongkor maupun lahan tidur mati suri.

Pengalaman menunjukkan bahwa pembukaan lahan sulfat masam selalu dibarengi dengan pembuatan saluran air untuk kepentingan transportasi dan drainase atau irigasi pada kawasan tersebut. Namun pada kenyataannya, pengelolaan air tidak dapat terkendali dengan baik. Karena permukaan air tanah turun di bawah permukaan lapisan pirit terutama pada musim kemarau, akibatnya senyawa pirit teroksidasi yang menghasilkan asam sulfat yang membuat pH tanah menjadi sangat rendah. Kemasaman yang tinggi tersebut berdampak negatif terhadap sifat kimia dan aktivitas mikroba tanah (Van Breemen, 1993).

Bioremediasi merupakan proses penurunan atau pembersihan bahan pencemar menggunakan aktivitas mikroba tanah. Mikroorganisme dapat menggunakan bahan pencemar sebagai sumber energi, sumber karbon atau aseptor elektron untuk metabolisme hidupnya (Alexander, 1977). Menurut Anas (1997), teknik bioremediasi akan mempercepat proses perombakan polutan dengan memilih inokulan mikroba yang sesuai dan memanipulasi lingkungan yang sesuai bagi mikroba tersebut sehingga memungkinkan proses terjadinya perombakan polutan secara maksimal.

Bakteri Perduksi Sulfat (BPS) diketahui sangat berperan dalam proses reduksi dan dapat mengurangi kemasaman di lahan sulfat masam, namun secara alamiah prosesnya berjalan lambat. Pemanfaatan teknologi mikroba diharapkan dapat meningkatkan fungsi mikroba indegenous (asli alamiah) di dalam tanah. Untuk meningkatkan efektivitas fungsinya, BPS sebagai komponen pupuk hayati harus disediakan dari jenis unggul terpilih, yang difungsikan sebagai inokulan. Teknologi produksi inokulan yang kurang tepat dapat mempengaruhi keefektifan pupuk hayati yang dihasilkan. Sampai saat ini, pemanfaatan bakteri pereduksi sulfat sebagai pupuk hayati masih belum berkembang. Karena itu, perlu adanya penelitian berupa formulasi bakteri pereduksi sulfat yang dapat digunakan sebagai pupuk hayati untuk mengatasi kendala pemanfaatan lahan sulfat masam.

Penelitian ini bertujuan mendapatkan teknologi aplikasi BPS yang dapat meningkatkan produktivitas lahan dan tanaman padi di lahan sulfat masam.

METODOLOGI

Uji substrat organik sebagai *carrier* bakteri pereduksi sulfat

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Mikrobiologi Balittra, Banjarbaru (Kalsel). Jenis substrat organik yang digunakan meliputi serbuk enceng gondok, serbuk gulma purun tikus, serbuk jerami padi, dan serbuk pupuk kandang sapi. Substrat organik dikeringkan (kadar air ±14%) dan kemudian dihaluskan sampai ukuran sekitar 2 mm. Konsorsium BPS (Bakteri Pereduksi Sulfat) yang digunakan pada percobaan ini hasil seleksi BPS unggul pada penelitian tahun 2009. Masing-masing substrat organik sebanyak 50 gr dimasukkan ke dalam botol 500 ml dan ditambahkan air, kemudian disterilkan dengan autoclove selama 20 menit dan tekanan 1 atm serta suhu 121°C. BPS dibiakkan pada media Postgate cair dan kemudian sebanyak 10 ml diinokulasikan pada bahan organik steril serta ditambahkan air steril sampai penuh. Rancangan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap dengan 4 ulangan. Pengamatan dilakukan terhadap populasi BPS, perubahan pH, dan potensial redoks (Eh) pada hari ke-1, hari ke-7, hari ke-14, dan hari ke-21.

Efikasi pupuk hayati BPS

Percobaan dilaksanakan di rumah kaca Balittra, Banjarbaru (Kalsel). BPS dibiakkan pada media Posgate cair. Pupuk hayati BPS dibuat dari substrat organik sebagai sumber hara dan carrier yang terpilih dari percobaan 1 (serbuk jerami padi dan pupuk kandang sapi), kemudian diinokulasi dengan BPS sebanyak 2%. Populasi BPS sebanyak 10^5 cfu.ml^{-1}. Tanah sulfat masam teroksidasi diambil dari lahan sulfat masam aktual di Kec. Barambai, Kab. Batola (Kalsel). Sebanyak 10 kg tanah sulfat masam (berdasarkan berat kering) dimasukkan dalam pot plastik, ditambahkan air dan diaduk sampai kondisi macak-macak. Kemudian diberi pupuk NPK dengan dosis 0,5 g N, 0,3 g P_2O_5, dan 0,25 g K_2O per pot. Setengah dosis N diberikan pada saat tanam dan sisanya pada 30 hari setelah tanam. Sedangkan pupuk P dan K diberikan pada saat tanam. Sebanyak 2 bibit padi berumur 15 hari ditanam pada masing-masing pot. Perlakuan terdiri dari 2 jenis bahan carrier (serbuk jerami padi dan pupuk kandang), inokulasi pupuk hayati BPS 4 ml.pot^{-1} dan tanpa inokulasi, dengan menggunakan 2 varietas padi, yaitu: Batanghari (rentan pH rendah) dan Banyuasin (tahan pH rendah). Rancangan percobaan adalah split plot dengan 3 ulangan. Pengamatan dilakukan terhadap pH tanah, ion sulfat tanah, Ca, Mg, P, K, Fe, tinggi tanaman, jumlah anakan, komponen hasil, dan hasil padi.

Cara aplikasi pupuk hayati BPS

Percobaan dilaksanakan pada lahan sulfat masam aktual (Barambai, Kab. Batola, Kalsel) dan lahan sulfat masam potensial (KP. Belandean, Kab. Batola, Kalsel). Perlakuan terdiri dari pemberian pupuk hayati BPS dengan cara: a) disemprot ke areal lahan (25 l ha^{-1}), b) melalui perendaman bibit selama 24 jam sebelum tanam (25 l ha^{-1}), c) melalui persemaian (1 l kg^{-1} benih), dan d) tanpa inokulasi. Pupuk hayati BPS dengan *carrier* dipilih berdasarkan hasil kegiatan di rumah kaca. Varietas yang digunakan adalah Batanghari (rentan pH rendah). Rancangan acak kelompok dengan 3 ulangan.

Lahan disiapkan dengan pemetakan sesuai perlakuan dan dibuat petak percobaan (6x8 m), dilanjutkan dengan pengolahan tanah sampai siap tanam. Bibit padi berumur 21 hari ditanam dengan 2 bibit per lobang dan jarak tanam 20x20 cm^2. Pertanaman dipupuk NPK dengan dosis 90-60-50 kg ha^{-1}. Setengah dosis N diberikan pada saat tanam dan sisanya pada 30 hari setelah tanam. Sedangkan pupuk P dan K diberikan pada saat tanam. Pengamatan dilakukan terhadap pH tanah, ion sulfat tanah, Fe, tinggi tanaman, jumlah anakan produktif, dan hasil padi.

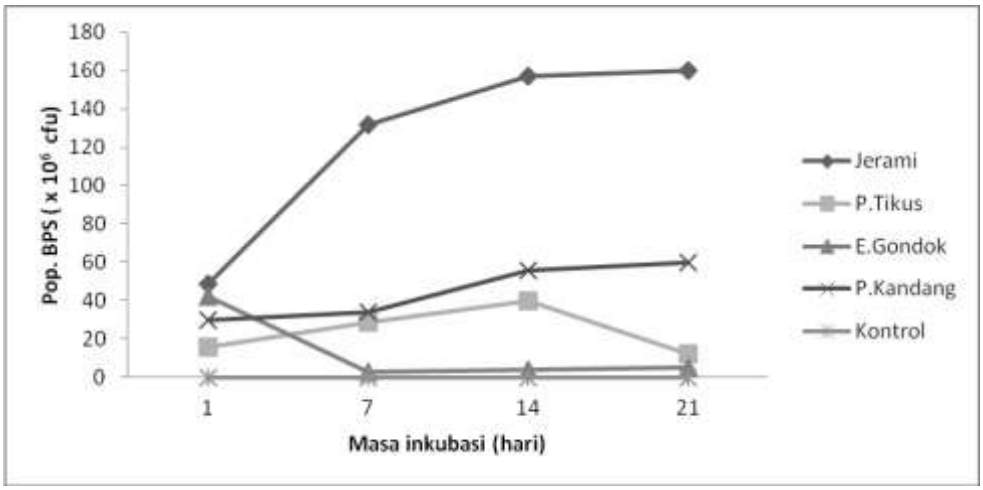
HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji substrat organik sebagai bahan pembawa bakteri pereduksi sulfat

Hasil pengamatan populasi BPS sampai minggu keempat disajikan pada Gambar 1, sedangkan perubahan pH dan potensial redoks (Eh) disajikan pada Tabel 1 dan 2.

Berdasarkan populasi BPS, jerami padi dan pupuk kandang lebih sesuai untuk pertumbuhan BPS dibandingkan jenis bahan organik lainnya. Gulma purun tikus memperlihatkan jumlah perkembangan populasi yang cukup tinggi sampai hari ke 14, namun menurun pada hari ke 21. Sedangkan populasi BPS pada enceng gondok menurun setelah hari ke 1. Berdasarkan hasil ini, jerami padi dan pupuk kandang lebih sesuai untuk dijadikan carrier (bahan pembawa) pada pupuk hayati BPS.

Perubahan pH yang cukup tinggi antara yang diinokulasi dengan tanpa inokulasi ditunjukkan oleh jerami padi dan gulma purun tikus yang mempunyai kandungan C lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa dengan inokulasi BPS telah terjadi proses perombakan C dan terbentuk asam-asam organik, sehingga pH menjadi lebih rendah. Potensial redoks pada jerami padi dan purun tikus juga menunjukkan lebih tinggi disebabkan proses perombakan C yang menghasilkan oksigen. Meskipun demikian, nilai potensial redoks secara umum di bawah 200, sehingga masih dalam kategori anerob.



Gambar 1.Perubahan populasi BPS pada berbagai bahan pembawa substrat organik

Tabel 2. Perubahan pH pada berbagai bahan pembawa substrat organik yang diinokulasi BPS

Bahan organik	Masa inkubasi (hari)							
	Inokulasi				Tanpa inokulasi			
	1	7	14	21	1	7	14	21
Jerami padi	5,3	5,5	5,5	5,5	6,5	6,8	6,0	6,0
Purun tikus	5,7	5,7	5,9	5,9	6,2	7,2	6,2	6,1
Enceng gondok	6,8	6,9	7	7,0	6,7	6,7	6,8	6,8
Pupuk kandang	6,9	7	7,2	7,2	7,0	6,9	7,3	7,2

Tabel 3. Perubahan Eh pada berbagai bahan pembawa substrat organik yang diinokulasi BPS

Bahan organik	Masa inkubasi (hari)							
	Inokulasi				Tanpa inokulasi			
	1	7	14	21	1	7	14	21
Jerami padi	180	117	156	160	95	76	136	130
Purun tikus	153	152	142	140	97	53	133	134
Enceng gondok	74	74	63	67	80	65	77	78
Pupuk kandang	68	61	50	52	65	160	47	45

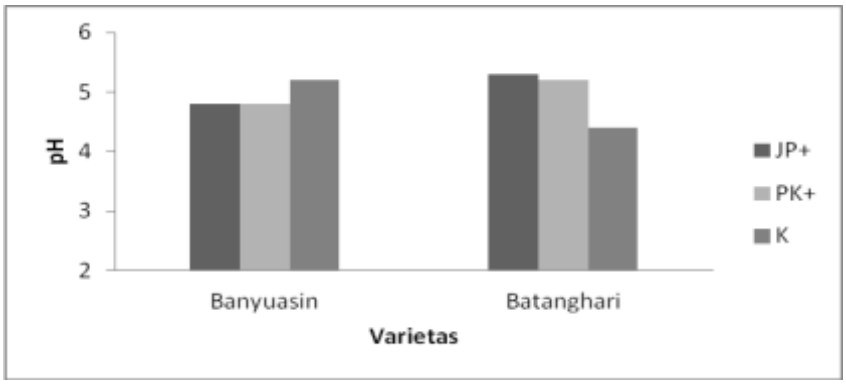
Efikasi pupuk hayati BPS

Pemberian pupuk hayati dengan *carrier* yang berbeda mempengaruhi pH tanah pada 30 hari setelah pemberian. *Carrier* jerami padi memperlihatkan pH tanah yang lebih tinggi dibandingkan pupuk kandang. Hasil pengamatan pertumbuhan tanaman fase vegetatif dan generatif menunjukkan bahwa pemberian pupuk hayati BPS dengan *carrier* yang berbeda mempengaruhi tinggi tanaman dan jumlah anakan baik pada varietas Banyuasin maupun Batanghari. Jerami padi memperlihatkan tinggi tanaman dan jumlah anakan yang lebih tinggi dibandingkan dengan pupuk kandang. Hal ini sejalan dengan jumlah populasi BPS pada bahan pembawa jerami padi ($7x10^6$ cfu) lebih tinggi dari pupuk kandang ($1x10^6$ cfu). Tingginya populasi BPS pada jerami dikarenakan kandungan C yang lebih tinggi dibandingkan pada pupuk kandang. Dalam melakukan reduksi sulfat, BPS menggunakan sulfat sebagai sumber energi yaitu sebagai akseptor elektron dan menggunakan substrat organik sebagai sumber C. Karbon tersebut berperan selain sebagai donor elektron dalam metabolisme juga merupakan bahan penyusun selnya (Groudev *et al*. 2001).

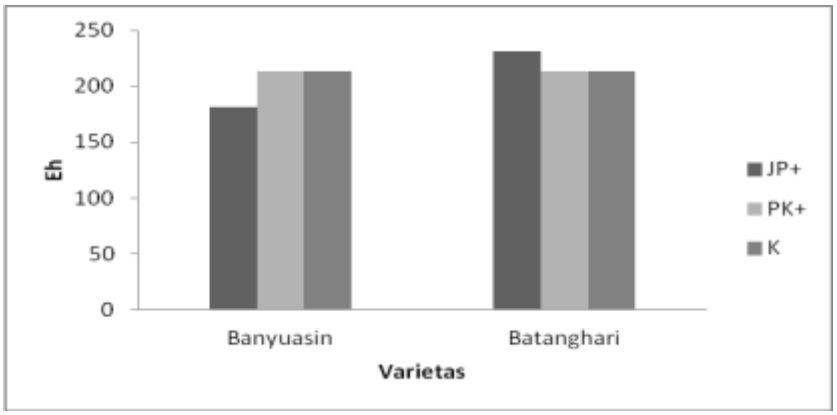
Dibandingkan kontrol (tanpa *carrier* dan BPS), pemberian pupuk hayati BPS memberikan pengaruh nyata terhadap (peningkatan) pH dan pertumbuhan tanaman baik fase vegetatif maupun generatif. Gambar 3, 4, 5, dan 6 memperlihatkan perubahan pH, potensial redoks, tinggi tanaman, dan jumlah anakan padi yang diberi pupuk hayati BPS dengan *carrier* yang berbeda. Hasil analisis tanah dan jaringan tanaman yang diberi pupuk hayati BPS dengan *carrier* yang berbeda disajikan pada Tabel 3 dan 4. Kandungan hara tanah dan jaringan tanaman pada perlakuan yang diberi pupuk hayati lebih tinggi dibandingkan kontrol. Namun perbedaan *carrier* bervariasi kandungan haranya, tergantung jenis unsur. Kadar Fe dan SO_4 juga menurun pada perlakuan yang diberi pupuk hayati, namun tidak berbeda antar *carrier*.

Pada percobaan ini, penurunan konsentrasi sulfat akan meningkatkan pH tanah. Hal ini terjadi karena proses yang saling berkaitan, yaitu karena penggenangan dan aktivitas BPS. Pada proses penggenangan yang ditunjukkan oleh potensial redoks (Eh) kurang lebih 200 dan berarti dalam kondisi anaerob, dilepaskan ion-ion hidroksil yang akan mengikat ion H^+. Apabila dibandingkan antara perlakuan kontrol dengan perlakuan pupuk hayati BPS, meskipun kedua perlakuan memberikan suasana anaerob yang tidak

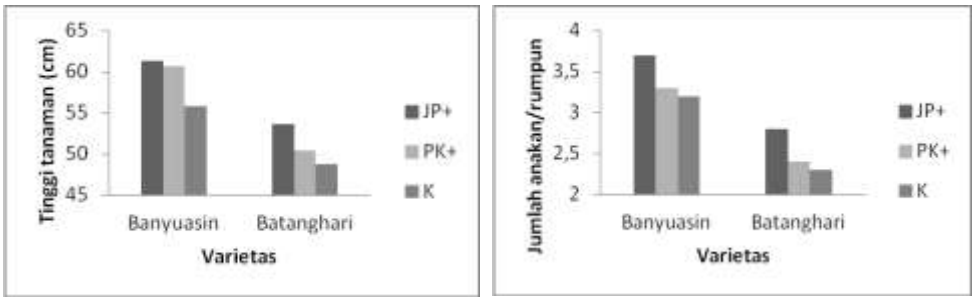
berbeda nyata (Gambar 4), tetapi memberikan hasil yang berbeda nyata dalam menurunkan sulfat dan meningkatkan pH tanah sulfat masam. Perlakuan BPS memperlihatkan sulfat tanah yang lebih rendah sehingga meningkatkan pH (Tabel 3). Hal ini menunjukkan bahwa reaksi reduksi sulfat yang dikatalis oleh BPS lebih efesien daripada proses reduksi secara kimia oleh penggenangan. Namun demikian, penggenangan tetap diperlukan karena menurut Alexander (1977), bahwa reaksi reduksi sulfat oleh BPS menjadi sulfida dapat ditingkatkan melalui penambahan kadar air. Proses ini memerlukan Eh yang rendah (anaerob). Peningkatan pH memberikan pengaruh yang positif terhadap kandungan hara tanah yang sekaligus meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman. Pemberian pupuk hayati mampu meningkatkan hasil antara 36,62-43,00% untuk varietas Banyuasin dan 24,65-33,06% untuk varietas Batanghari dibandingkan kontrol (Tabel 5).



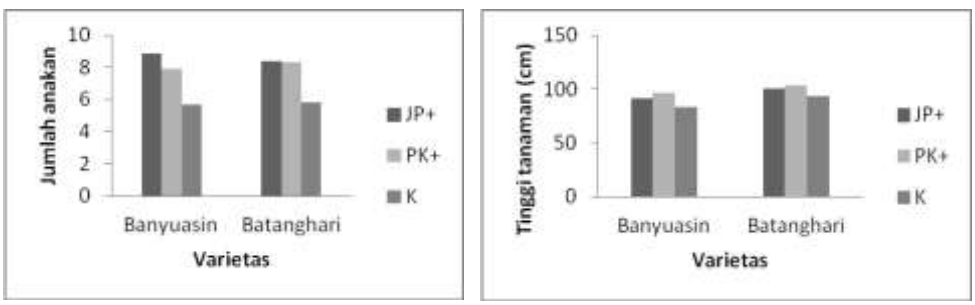
Gambar 3. Perubahan pH tanah yang diberi pupuk hayati BPS dengan bahan pembawa yang berbeda pada 30 hari setelah pemberian (JP+ = jerami padi + BPS, PK+ = pupuk kandang + BPS, K = tanpa carrier dan BPS)



Gambar 4. Perubahan Eh tanah yang diberi pupuk hayati BPS dengan bahan pembawa yang berbeda (JP+ = jerami padi + BPS, PK+ = pupuk kandang + BPS, K = tanpa carrier dan BPS)



Gambar 5. Tinggi tanaman dan jumlah anakan padi (fase vegetatif) yang diberi pupuk hayati BPS dengan bahan pembawa yang berbeda (JP+ = jerami padi + BPS, PK+ = pupuk kandang + BPS, K = tanpa carrier dan BPS)



Gambar 6. Jumlah anakan dan tinggi tanaman (fase generatif) yang diberi pupuk Hayati BPS dengan bahan pembawa yang berbeda (JP+ = jerami padi + BPS, PK+ = pupuk kandang + BPS, K = tanpa carrier dan BPS)

Tabel 3. Hasil analisis tanah yang diberi pupuk hayati BPS dengan bahan pembawa yang berbeda

Perlakuan	N total	P Bray I	Ca-dd	Mg-dd	K-dd	Fe-dd	SO_4	pH
	%	ppm P_2O_5	$Cmol_{(+)}.kg^{-1}$			ppm		
Banyuasin								
Kontrol	0.15 a	20.88 a	2.13 a	1.61 a	0.13 a	2909.3 b	65.24 b	4.7 a
Pukan + BPS	0.19 b	21.92 a	2.19 a	1.84 c	0.21 b	2031.8 a	51.83 a	5.5 b
Jerami +BPS	0.18 b	24.46 b	2.32 a	1.70 b	0.22 b	2237.2 a	50.41 a	5.4 b
Batanghari								
Kontrol	0.17 a	20.78 a	2.02 a	1.15 a	0.15 a	1815.7 b	60.36 b	4.2 a
Pukan + BPS	0.22 b	19.23 a	2.43 b	1.69 b	0.16 a	1646.1 a	52.24 a	4.9 b
Jerami +BPS	0.21 b	37.67 b	2.78 c	1.70b	0.15 a	1268.4 a	51.15 a	5.2 b

Keterangan: Angka pada satu kolom untuk masing-masing varietas diikuti huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada taraf uji 5%.

Tabel 4. Hasil analisis jaringan padi yang diberi pupuk hayati BPS dengan bahan pembawa yang berbeda

Perlakuan	N	P	K	Ca	Mg	Fe	SO_4
				%			
Banyuasin							
Kontrol	1.54 a	1.30 a	4.29 a	0.37 a	0.26 a	0.034 b	0.50 a
Pukan + BPS	1.82 b	1.26 a	4.28 a	0.55 b	0.22 a	0.033 a	0.49 a
Jerami +BPS	1.96 b	1.31 a	4.20 a	0.56 b	0.29 a	0.026 a	0.48 a
Batanghari							
Kontrol	1.12 a	1.18 a	4.19 a	0.47a	0.24 a	0.041 b	0.66 b
Pukan + BPS	1.26 b	1.26 a	4.72 b	0.68 b	0.22 a	0.031 a	0.56 a
Jerami +BPS	1.26 b	1.20 a	4.62 b	0.59 b	0.24 a	0.020 a	0.55 a

Keterangan: Angka pada satu kolom untuk masing-masing varietas diikuti huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada taraf uji 5%.

Tabel 5. Komponen hasil dan hasil padi yang diberi pupuk hayati BPS dengan bahan pembawa yang berbeda

Perlakuan	Komponen hasil				Hasil.rumpun^{-1} (g)
	Jumlah malai	Panjang malai (cm)	Jumlah gabah.malai^{-1}	Berat 100 biji (g)	
Banyuasin					
Kontrol	6,67 a	19,58 a	98,00 a	2,28 a	21,00 a
Pukan + BPS	7,92 b	20,86 a	113,00 b	2,48 a	28,69 b
Jerami +BPS	8,83 b	20,60 a	133,00 b	2,56 a	30,06 b
Batanghari					
Kontrol	6,75 a	20,50 a	101,33 a	2,00 a	18,54 a
Pukan + BPS	8,33 b	20,98 a	106,57 a	2,02 a	23,11 b
Jerami +BPS	8,42 b	21,20 a	106,40 a	2,04 a	24,67 b

Keterangan: Angka pada satu kolom untuk masing-masing varietas diikuti huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada taraf uji 5%.

Percobaan 3. cara aplikasi pupuk hayati BPS

Penggunaan pupuk hayati BPS dengan cara perendaman bibit selama 24 jam atau disemprotkan ke areal lahan lebih mampu menurunkan kadar Fe dan SO_4 serta meningkatkan pH baik pada lahan sulfat masam aktual maupun potensial dibandingkan inokulasi pupuk hayati pada saat persemaian. Dibandingkan kontrol, pemberian pupuk hayati BPS mampu menurunkan kadar SO_4 dan Fe, meningkatkan pH, dan pertumbuhan tanaman baik fase vegetatif maupun generatif (jumlah anakan, tinggi tanaman, berat berangkasan, dan jumlah malai). Hasil analisis SO_4 dan Fe serta pH pada tanah sulfat masam aktual (Barambai) dan potensial (KP. Belandean) yang diberi pupuk hayati BPS dengan cara aplikasi yang berbeda disajikan pada (Tabel 6).

Tabel 6. Pengaruh cara aplikasi pupuk hayati BPS terhadap pH tanah dan kadar sulfat di lahan sulfat masam aktual (Barambai) dan sulfat masam potensial (KP. Belandean).

Lokasi	Perlakuan	pH tanah		Kadar sulfat (ppm)		Kadar Fe (ppm)	
		Vegetatif	Generatif	Vegetatif	Generatif	Vegetatif	Generatif
Barambai	Semprot	5,33 b	5,61 b	395,37 a	149,60 a	3179,93 a	1312,35 a
	Rendam	5,28 b	5,54 b	405,41 a	153,49 a	3755,06 a	1347,40 a
	Semai	5,25 b	5,20 b	467,60 a	167,15 a	4033,27 b	1566,20 b
	Kontrol	4,40 a	4,83 a	482,03 b	229,93 b	5704,30 c	1961,00 c
Belandean	Semprot	6,03 b	5,98 b	312,21 a	318,03 a	3243,36 a	2376,53 a
	Rendam	5,98 b	5,98 b	293,02 a	311,64 a	3204,23 a	2461,47 a
	Semai	5,93 b	5,93 b	308,97 a	327,21 a	3678.86 a	2487,88 a
	Kontrol	5,03 a	5,42 a	357,43 b	398,81 b	3922,28 b	3011,02 b

Keterangan : Angka pada satu kolom pada masing-masing lokasi diikuti huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada taraf uji 5%.

Penurunan kadar sulfat tanah di Barambai dari 229,93 ppm (kontrol) menjadi antara 149,60-153,49 ppm atau 33,24-34,94% dan di KP. Belandean dari 398,81 ppm (kontrol) menjadi antara 311,64-318,03 ppm atau 20,25-21,86%. Sedangkan penurunan kadar Fe di Barambai dari 1961,00 ppm (kontrol) menjadi 1.312,35-1.347,40 ppm atau 31,29-33,08% dan di KP. Belandean dari 3011,02 ppm (kontrol) menjadi 2.376,53-2.461,47 ppm atau 18,25-21,07%. Gambar 8 memperlihatkan perubahan Eh tanah pada waktu panen di tanah sulfat masam aktual (Barambai) dan potensial (KP. Belandean) yang diberi pupuk hayati BPS dengan cara aplikasi berbeda.

Di Barambai, pH tanah pada kontrol 4,83 dan meningkat menjadi antara 5,20-5,61 (14,70-16,15%) setelah diberi pupuk hayati BPS, sedangkan di KP. Belandean, pH tanah kontrol 5,42 dan meningkat menjadi 5,93-5,98 (9,41-10,33%). Peningkatan pH ini tidak sesuai dengan yang diharapkan yaitu 40%, dikarenakan lahan yang selalu tergenang sepanjang tahun dan tidak terjadi suasana oksidasi. Sebaliknya terjadi suasana reduksi dan BPS yang secara alami (indigenous) dapat berperan aktif. Hal ini mengakibatkan pH pada lahan yang tidak diberi pupuk hayati BPS juga meningkat.

Pada penelitian ini, pemberian pupuk hayati BPS mampu meningkatkan pH dari 4,20 (pH awal) menjadi 5,61 atau 1,41 point (Barambai) dan 4,50 (pH awal) menjadi 5,98 atau 1,48 point (KP. Belandean). Dibandingkan tanpa pupuk hayati, hanya terjadi peningkatan pH dari 4,20 menjadi 4,4 atau 0,2 (Barambai) dan 4,50 menjadi 5,42 atau 0,92 (KP. Belandean). Menurut Noor (komunikasi pribadi), untuk meningkatkan 1 point pH diperlukan kurang lebih 5 ton kapur.ha^{-1}. Dengan demikian, pemberian pupuk hayati BPS dapat menghemat 100% kapur.

Hasil analisis tanah setelah panen menunjukkan bahwa kandungan hara terutama P Bray I, Ca-dd, Mg-dd, dan K-dd lebih tinggi pada perlakuan yang diberi pupuk hayati

BPS (semprot dan rendam) dibandingkan kontrol. Hasil ini sesuai dengan peningkatan pH pada perlakuan tersebut dan mengakibatkan unsur-unsur hara yang tersedia semakin tinggi. Sedangkan hasil analisis jaringan meskipun tidak ada perbedaan nyata dibandingkan kontrol, pemberian pupuk hayati BPS cenderung meningkatkan kandungan hara tanaman.

Tabel 7. Hasil analisis tanah setelah panen yang diberi pupuk hayati BPS dengan cara aplikasi yang berbeda

Lokasi	Perlakuan	N tot	P Bray I	Ca-dd	Mg-dd	K-dd
		%	ppm P_2O_5	$Cmol_{(+)}.kg^{-1}$		
Barambai	Semprot	0,41 a	18,51 a	14,40 a	2,34 a	0,32 a
	Rendam	0,34 a	13,61 b	12,48 a	1,47 b	0,12 b
	Semai	0,30 a	14,00 b	12,25 a	1,55 b	0,18 b
	Kontrol	0,34 a	9,96 c	7,25 b	1,27 b	0,04 c
KP.Belandean	Semprot	0,36 a	17,92 a	8,60 a	4,32 a	0,40 a
	Rendam	0,45 a	17,95 a	7,23 b	3,91 a	0,40 a
	Semai	0,38 a	15,90 a	7,30b	3,39 a	0,27 b
	Kontrol	0,39 a	10,11 b	5,79 c	2,83 a	0,20 b

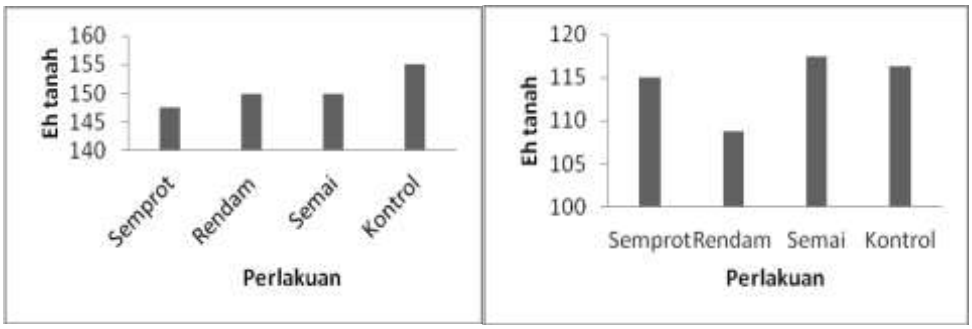
Keterangan: Angka pada satu kolom untuk masing-masing lokasi diikuti huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada taraf uji 5%.

Tabel 8 . Hasil analisis jaringan yang diberi pupuk hayati BPS dengan cara aplikasi yang berbeda

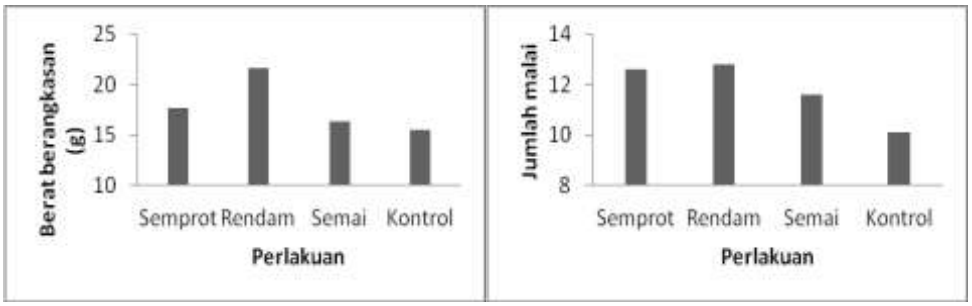
Lokasi	Perlakuan	N	P_2O_5	K	Ca	Mg	Fe	SO_4
		%						
Barambai	Semprot	1,19	0,60	2,04	0,49	0,08	0,02	0,38
	Rendam	1,21	0,61	2,03	0,71	0,09	0,02	0,32
	Semai	1,18	0,70	2,12	0,56	0,09	0,01	0,38
	Kontrol	1,18	0,63	2,00	0,49	0,12	0,02	0,35
KP.Belandean	Semprot	0,78	0,72	2,02	0,54	0,15	tu	0,26
	Rendam	0,76	0,65	1,96	0,64	0,16	0,03	0,44
	Semai	0,70	0,64	1,91	0,49	0,11	0,05	0,32
	Kontrol	0.75	0,66	1,80	0,44	0,11	0,03	0,36

Keterangan: tu = tidak terukur dengan alat yang digunakan

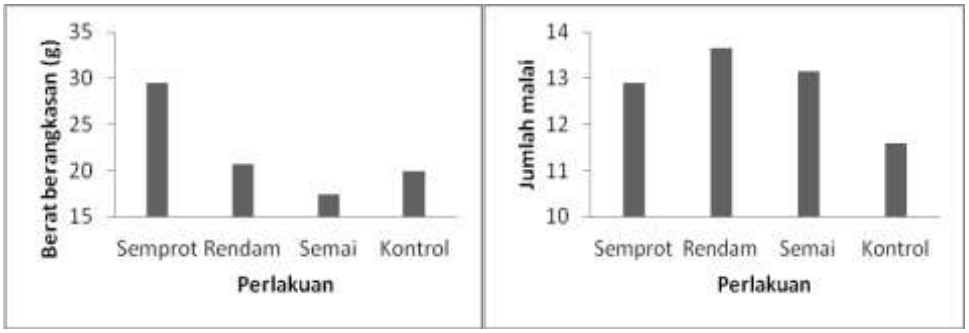
Gambar 9 dan 10 menyajikan berat berangkasan dan jumlah malai padi fase generatif pada tanah sulfat masam aktual (Barambai) dan potensial (KP. Belandean) yang diberi pupuk hayati BPS dengan cara aplikasi berbeda. Pada gambar ini terlihat bahwa berat berangkasan dan jumlah malai pada pemberian pupuk hayati BPS dengan cara disemprot ke lahan atau perendaman bibit lebih tinggi dibandingkan cara melalui persemaian atau kontrol. Demikian juga pada Tabel 9, hasil yang diperoleh pada perlakuan dengan cara disemprot ke lahan atau perendaman yaitu 4,65-4,70 t ha^{-1} (Barambai) dan 4,88-5,05 t ha^{-1} (KP. Belandean) lebih tinggi dibandingkan kontrol yaitu masing-masing 3,69 t ha^{-1} dan 4,04 t ha^{-1} atau meningkat 26,02-27,37% (Barambai) dan 17,17-21,98% (KP. Belandean).



Gambar 8. Eh tanah sulfat masam aktual (kiri) dan sulfat masam potensial (kanan) yang diberi pupuk hayati BPS dengan cara aplikasi yang berbeda pada saat panen



Gambar 9. Berat berangkasan dan jumlah malai padi fase generatif pada tanah sulfat masam aktual (Barambai) yang diberi pupuk hayati BPS dengan cara aplikasi yang berbeda.



Gambar 10. Berat berangkasan dan jumlah malai padi fase generatif pada tanah Sulfat masam potensial (KP. Belandean) yang diberi pupuk hayati BPS dengan cara aplikasi yang berbeda.

Tabel 9. Pengaruh cara aplikasi pupuk hayati BPS terhadap pertumbuhan dan hasil padi di lahan sulfat masam aktual (Barambai) dan sulfat masam potensial (KP. Belandean)

Lokasi	Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)		Jumlah anakan		Hasil (t ha^{-1})
		Vegetatif	Generatif	Vegetatif	Generatif	
Barambai	Semprot	71,56 a	94,38 b	15,25 b	19,05 b	4,70 c
	Rendam	70,05 a	95,00 b	16,00 b	18,75 b	4,65 c
	Semai	68,06 a	94,78 b	14,75 b	17,60 ab	4,43 b
	Kontrol	67,45 a	86,15 a	11,50 a	15,50 a	3,69 a
KP.Belandean	Semprot	85,65 b	102,8 c	17,65 b	18,58 b	5,05 c
	Rendam	82,53 b	97,91 b	16,40 b	17,75 b	4,88 c
	Semai	77,68 a	96,00 b	16,91 b	15,56 a	4,35 b
	Kontrol	73,42 a	91,48 a	14,05 a	13,75 a	4,04 a

Keterangan: Angka pada satu kolom diikuti huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada taraf uji 5%. Rata-rata produktivitas padi ditingkat petani=3,00 $t.ha^{-1}$

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Pupuk hayati BPS dengan bahan pembawa jerami padi lebih mampu meningkatkan pH dan pertumbuhan dan hasil padi di rumah kaca dibandingkan bahan pembawa lainnya. Hal ini disebabkan jerami padi mengandung unsur C lebih tinggi yang diperlukan bagi pertumbuhan BPS.
2. Aplikasi pupuk hayati BPS dengan cara perendaman bibit selama 24 jam atau disemprotkan pada areal lahan mampu meningkatkan pH 14,70-16,15% (sulfat masam aktual) dan 9,41-10,33% (sulfat masam potensial) serta menurunkan sulfat sebesar 33,24-34,94% (sulfat masam aktual) dan 20,25-21,86% (sulfat masam potensial).
3. Pemberian pupuk hayati BPS mampu meningkatkan pH dari 4,20 (pH awal) menjadi 5,61 atau 1,41 point (sulfat masam aktual) dan 4,50 (pH awal) menjadi 5,98 atau 1,48 point (sulfat masam potensial). Hasil padi meningkat dari 3,69 menjadi 4,65-4,70 $t.ha^{-1}$ atau 26,02-27,37% (sulfat masam aktual) dan 4,04 menjadi 4,88-5,05 $t.ha^{-1}$ atau 17,17-21,98% (sulfat masam potensial).

DAFTAR PUSTAKA

Alexander, M. 1977. Introduction to Soil Microbiology. 2nd ed. John Wiley & Sons. New York.

Anas, I. 1997. Bioteknologi Tanah. Laboratorium Biologi Tanah, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian IPB. Bogor. (tidak dipublikasikan).

Dent, D. 1986. Acid sulphate soils: A baseline for research and development. Publication No. 39 ILRI, Wageningen, The Netherlands.

Goudev, S.N, K. Komnitsas, I.I. Spasova, and I. Paspaliaris. 2001. Treatment of AMD by a natural wetland. Mineral Engineering 12: 261-270.

Manan, H. 2008. Strategi dan arah program pencetakan sawah baru. Dalam Subarja, D.S. et al. (eds) Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya Lahan dan Lingkungan Pertanian. 7-8 Nopember. Buku I. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian Badan Litbang Pertanian Dep. Pertanian. Bogor.

Nugroho, K., Alkasuma, Paidi, W. Wahdini, Abdurachman, H. Suhardjo, dan IPG. Widjaja-Adhi. 1992. Peta areal potensial untuk pengembangan pertanian lahan rawa pasang surut, rawa lebak, dan pantai. Proyek Penelitian Sumber Daya Lahan. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Badan Litbang Pertanian. Departemen Pertanian.

Pasaribu, B. 2008. Implikasi UU lahan pertanian pangan abadi terhadap ketahanan pangan nasional. Dalam Subarja, D.S. *et al*. (eds) Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya Lahan dan Lingkungan Pertanian. 7-8 Nopember. Buku I. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian Badan Litbang Pertanian Dep. Pertanian. Bogor.

Sanchez, P.A. 1976. Properties and management of soil in the tropics. A Wiley Interscience Publication. John Wiley and Sons. New York-London. 616p.

Van Breemen, N. 1993. Environmental aspects of acid sulphate soils. In Dent D.K. and M.E.F. van Mensvoort (eds) Selected paper of the Ho Chi Minh City Symposium on Acid Sulphate Soil, Vietnam, 1992. p. 391-402.

Logam Berat Pb, Cd, dan Cu pada Pupuk Organik di Kabupaten Bogor

46

[1]Yulis Hindarwati, [2]Arif Anshori,[3]dan Indratin

[1]Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Teknologi Pertanian Jawa Tengah, email: yulis_hindarwati@yahoo.co.id
[2]Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Teknologi Pertanian Yogyakarta
[3]Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Pati

Abstrak. Produktivitas pertanian meningkat salah satu alternatifnya menggunakan pupuk organik diantaranya pupuk kandang. Bahan dasar pupuk kandang yang mengandung logam berat akan menghasilkan pupuk kandang yang mengandung logam berat pula. Identifikasi dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kandungan logam berat Pb, Cd, dan Cu pada pupuk organik, sehingga berpengaruh pada tanaman apabila dikonsumsi manusia melebihi batas maksimum akan membahayakan kesehatan. Penelitian dilaksanakan pada bulan April 2009 di Kabupaten Bogor. Ada lima titik pengambilan contoh pupuk organik dari kotoran ayam padat dan cair dan kotoran kambing di Kecamatan Cisarua dan Megamendung. Contoh diambil kemudian di analisa di Laboratorium Balingtan dengan menggunakan metode destruksi basah dan diukur dengan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). Hasil penelitian menunjukkan logam berat Pb dan Cd ditemukan di tiga titik yaitu 1, 2, dan 5. Kadar Pb terendah 0,17 mg kg^{-1}, tertinggi 0,93 mg kg^{-1}, dan kadar Cd terendah 0,09 mg kg^{-1}, tertinggi 0,17 mg kg^{-1}. Logam berat Cu ditemukan pada semua pupuk organik di semua titik dengan kadar terendah 0,08 mg kg^{-1} dan tertinggi 0,25 mg kg^{-1}. Kandungan logam berat Pb, Cd, dan Cu yang terdapat pada pupuk kandang masih dalam batas aman untuk diaplikasikan terutama pada pupuk kandang dari kotoran kambing, tapi bila kadar logam berat pada pupuk organik tidak dikendalikan akan berpotensi mencemari lingkungan sehingga penggunaannya perlu diperhatikan.

Kata kunci: Logam berat, pupuk organik, Bogor

PENDAHULUAN

Seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk dunia yang berarti semakin berkurangnya areal pertanian dan dibarengi dengan semakin meningkatnya harga pupuk anorganik yang beredar di pasaran serta kebijakan pemerintah mengenai penghapusan subsidi pupuk anorganik, maka penggunaan pupuk organik merupakan alternatif yang digunakan petani untuk meningkatkan hasil pertanian baik berupa pupuk organik padat maupun pupuk organik cair. Pupuk organik sangat bermanfaat bagi peningkatan produksi pertanian baik kualitas maupun kuantitas, mengurangi pencemaran lingkungan, dan meningkatkan kualitas lahan secara berkelanjutan. Penggunaan pupuk organik dalam jangka panjang dapat meningkatkan produktivitas lahan dan dapat mencegah degradasi lahan. Pupuk

organik adalah pupuk yang berasal dari bahan-bahan organik berupa sisa-sisa tanaman, kotoran hewan seperti pupuk kandang, pupuk hijau, dan kompos baik yang berbentuk cairan maupun padat yang telah mengalami dekomposisi dan digunakan untuk memasok hara tanaman (Pramono *et al.* 2012).

Pupuk organik merupakan sumber karbon dan nitrogen tanah yang utama berperan memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologis tanah serta lingkungan (Anonim[a], 2005). Dalam aplikasinya pupuk kandang selain berdampak baik terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman, dapat pula berdampak negatif mengandung salah satu bahan pencemar lingkungan yang biasanya berupa logam berat maupun senyawa yang merupakan residu dari pupuk. Kualitas pupuk organik bergantung pada bahan dasarnya. Pupuk yang berasal dari sisa tanaman sedikit mengandung bahan berbahaya, tetapi pupuk kandang, limbah industri, dan limbah kota banyak mengandung bahan berbahaya seperti logam berat dan asam-asam organik yang dapat mencemari lingkungan. Bahan dasar pupuk yang mengandung logam berat maka produk yang dihasilkan juga akan mengandung logam berat. Logam berat dalam pupuk organik dapat menurunkan produktivitas dan mutu hasil pertanian sehingga dapat membahayakan kesehatan manusia apabila mengkonsumsi produk yang tercemar. Logam berat yang terserap dalam jaringan akar selanjutnya masuk dalam rantai makanan dan apabila terakumulasi pada jaringan tubuh dapat menimbulkan keracunan bagi manusia, hewan, dan tanaman apabila melebihi batas maksimum. Oleh karena itu peraturan mengenai persyaratan batas maksimum kandungan logam berat dalam pupuk organik harus dipenuhi agar memberikan manfaat yang maksimal bagi pertumbuhan tanaman dan kelestarian alam tetap terjaga. Pemberian pupuk organik ke dalam tanah dapat memperbaiki kesuburan tanah dan meningkatkan respon tanaman terhadap pemupukan, dan dalam bentuk pupuk kandang memberikan hasil yang lebih baik dibanding jerami maupun kombinasi pupuk kandang dan kompos jerami (Juliardi dan Gani, 2002).

Setyorini *et al*. (2006) menyatakan bahwa pupuk organik yang berasal dari pupuk kandang merupakan bahan pembenah tanah yang paling baik dibanding pembenah tanah lainnya. Kadar hara yang dikandung pupuk organik pada umumnya rendah dan sangat bervariasi sebagai bahan pembenah tanah. Pupuk organik membantu dalam mencegah terjadinya erosi dan mengurangi terjadinya retakan tanaman. Pemberian bahan pupuk organik mampu meningkatkan kelembaban tanah dan memperbaiki porositas tanah. Identifikasi dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kandungan logam berat Pb, Cd, dan Cu pada pupuk organik, sehingga berpengaruh pada tanaman apabila dikonsumsi manusia melebihi batas maksimum akan membahayakan kesehatan.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian kandungan logam berat Pb, Cd, dan Cu pada pupuk organik dilaksanakan pada bulan April 2009 di Kabupaten Bogor. Ada lima titik lokasi pengambilan contoh pupuk organik, yaitu dua titik lokasi di Kecamatan Cisarua dan tiga titik lokasi di Kecamatan Megamendung. Pengambilan contoh pupuk organik dengan memperhatikan jenis pupuk yang biasa digunakan dan diambil dari lahan petani sebelum diaplikasikan. Pupuk organik berasal dari kotoran ayam padat dan cair dan kotoran kambing. Untuk menentukan kandungan logam berat Pb, Cd, dan Cu, contoh dianalisis di Laboratorium Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Pati. Menggunakan metode destruksi basah dalam campuran HNO_3:$HClO_4$:H_2SO_4=5:2:1, kemudian diukur dengan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) AA240FS Varian (Varian, 1989).

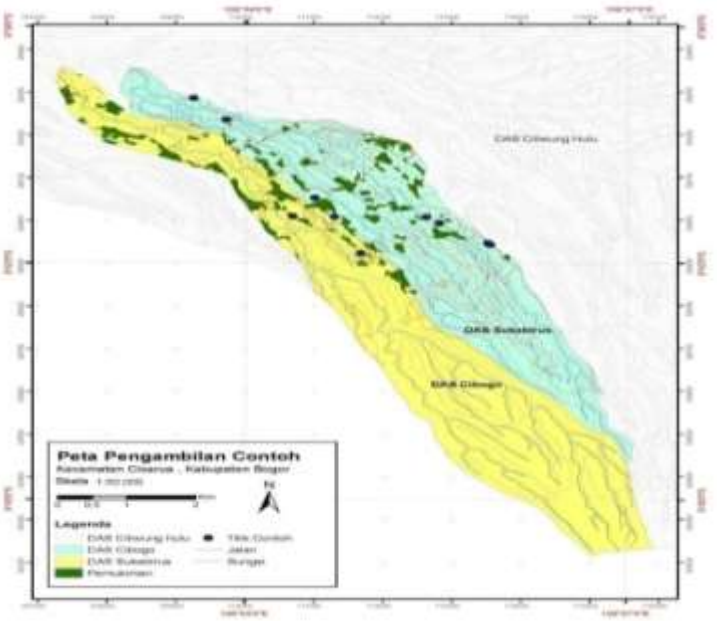
HASIL DAN PEMBAHASAN

Lima titik lokasi pengambilan contoh pupuk organik terdapat pada Tabel 1 yang menunjukkan lokasi, koordinat, dan ketinggian tempat pengambilan contoh di Kabupaten Bogor. Pengambilan dilakukan dengan memperhatikan penggunaan jenis pupuk yang terdapat pada kawasan tersebut. Peta pengambilan contoh pupuk organik di Kabupaten Bogor ditunjukkan pada Gambar 1.

Pupuk organik yang biasa yang digunakan pada kawasan tersebut adalah pupuk organik yang berasal dari kotoran ayam baik yang berupa kotoran ayam padat maupun cair dan kotoran kambing dengan dosis penggunaan 2 t ha^{-1}, dimana dosis tersebut sudah sesuai dengan Peraturan Menteri Pertanian Nomor 40/Permentan/OT.140/4/2007.

Tabel 1. Lokasi, koordinat, dan ketinggian tempat pengambilan contoh pupuk di Kabupaten Bogor

No	Kode contoh	Lokasi	Koordinat	Ketinggian tempat (m dpl^{-1})
1.	CB-1	Ds. Citeko Kec. Cisarua	6,696139 106,931966	974,414551
2.	CB-2	Ds. Citeko Kec. Cisarua	6,691597 106,925215	870,112305
3.	CB-4A	Ds. Sukagalih Kec. Megamendung	6,697992 106,914946	871,313965
4.	CB-4B	Ds. Sukagalih Kec. Megamendung	6,697992 106,914946	871,313965
5.	CB-5	Ds. Sukagalih Kec. Megamendung	6,690229 106,911491	811,712646



Gambar 1.Peta pengambilan contoh pupuk organik di Kabupaten Bogor

Tabel 2. Jenis penggunaan pupuk organik di Kabupaten Bogor

Kode contoh	Jenis pupuk
CB 1	Kotoran ayam
CB 2	Kotoran ayam
CB 4A	Kotoran ayam
CB 4B	Kotoran kambing
CB 5	Kotoran ayam cair

Tabel 3. Kadar logam berat Pb, Cd, dan Cu dalam pupuk organik di Kabupaten Bogor

Kode contoh		Konsentrasi logam berat (mg.kg^{-1})		
		Pb	Cd	Cu
CB 1		0,17	0,16	0,25
CB 2		0,17	0,09	0,21
CB 4A		tt	tt	0,19
CB 4B		tt	tt	0,08
CB 5		0,93	0,17	0,09
Batas maksimum:	Pupuk kandang (a)	27	0,8	172
	Pupuk organik padat (b)	50	2	-
	Pupuk cair organik (b)	12,5	0,5	-

Sumber: a. Alloway (1995) b. Permentan (2011)

Menurut hasil analisis yang terlihat pada Tabel 3 menunjukkan bahwa pupuk organik yang digunakan baik dari kotoran ayam dan kotoran kambing yang terdapat pada titik 3 dan 4 di lokasi sama tidak ditemukan logam berat Pb maupun Cd. Tidak ditemukannya logam berat tersebut dimungkinkan karena ternak ayam dan kambing tidak mengkonsumsi makanan dan minuman yang mengandung logam berat sehingga kotoran yang dihasilkan tidak mengandung logam berat pula. Logam berat Pb ditemukan pada dua lokasi yang sama di titik 1 dan 2 dengan konsentrasi terendah sama 0,17 mg kg^{-1} dari pupuk organik kotoran ayam padat. Konsentrasi logam berat Pb tertinggi 0,93 mg kg^{-1} terdapat pada kotoran ayam cair di titik 5. Logam berat Pb yang terkandung pada pupuk organik baik dari kotoran ayam padat maupun cair dan kotoran kambing konsentrasinya di bawah batas terendah yang ditetapkan untuk pupuk kandang yaitu 1,1-27 ppm (Tabel 4) dan di bawah batas maksimum persyaratan teknis minimal pupuk organik (Tabel 5). Timbal (Pb) merupakan logam berat non esensial yang berbahaya setelah Hg, oleh karena itu upaya penurunan logam berat pada pupuk perlu kita tingkatkan melalui peningkatan pengetahuan pada produsen. Pada umumnya petani menggunakan pupuk organik hanya sebagai pupuk tambahan karena semakin mahalnya pupuk anorganik. Selain itu limbah dari peternakan mengandung sedikit logam berat sehingga dapat langsung digunakan sebagai pupuk organik (Anonim[b], 2005). Meningkatnya kesadaran petani untuk memanfaatkan limbah kotoran ternak merupakan wujud nyata betapa besar manfaat dari limbah tersebut untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan harapan bisa mencapai produksi yang maksimal. Namun demikian kurangnya pengetahuan mengenai bahaya yang ditimbulkan akibat pemakaian pupuk tersebut baik organik dan anorganik padat maupun cair belum disadari sehingga penggunaan pupuk justru menyebabkan penurunan kualitas dan kuantitas produksi, bahkan dapat berakibat fatal, yakni kematian tanaman dan juga pencemaran lingkungan. Pupuk yang diaplikasikan mengandung logam berat akan terserap tanaman. Apabila tanaman tersebut dikonsumsi manusia melebihi ambang batas dalam jangka lama, akan terjadi akumulasi dalam tubuh, sehingga mengakibatkan terganggunya metabolisme tubuh yang pada akhirnya berpengaruh menurunnya kesehatan. Mengingat efek yang ditimbulkan dari logam berat tersebut, hendaknya persyaratan yang ditetapkan untuk pembuatan pupuk organik perlu diperhatikan agar tidak mencemari lingkungan. Penggunaan bahan organik sebagai pupuk merupakan upaya penciptaan siklus unsur hara yang sangat bermanfaat dalam mengoptimalkan pemakaian sumberdaya alam yang terbarukan (Anonim[b], 2005)

Logam berat Cd dari pupuk kotoran ayam padat yang digunakan terdapat pada titik 1 dan 2 dengan konsentrasi 0,09 mg kg^{-1} dan 0,16 mg kg^{-1}, sedangkan pupuk organik dari kotoran ayam cair yang digunakan terdapat pada titik 5 dengan konsentrasi 0,17 mg kg^{-1}. Pada titik 1 dan 5 pupuk yang berasal dari kotoran ayam baik padat maupun cair masih berada dalam kisaran yang ditetapkan untuk pupuk kandang (Tabel 4), tetapi masih di bawah persyaratan teknis minimal pupuk organik baik padat maupun cair (Tabel 5). Sedangkan logam berat Cd pada pupuk organik dari kotoran ayam padat pada titik 2 di bawah ambang batas untuk pupuk kandang dan persyaratan teknis minimal pupuk organit padat. Diduga makanan yang dikonsumsi ternak ayam tersebut lebih sedikit mengandung

logam berat, sehingga kotoran yang dihasilkan juga mengandung logam berat lebih sedikit pula dibanding pada titik yang lain.

Penggunaan pupuk organik padat pada umumnya kurang disukai petani karena aplikasinya di lapang lebih sulit, diberikan dalam jumlah banyak, terdekomposisi lebih lama sehingga membutuhkan banyak tenaga, biaya lebih, dan lama terserap oleh tanaman. Berkembangnya teknologi, kotoran ternak dapat diproses menjadi pupuk organik cair yang mengandung hara tinggi serta lebih mudah dan murah dalam aplikasinya di lapang.

Kandungan logam berat Cu yang terdeteksi pada semua pupuk di semua titik masih di bawah ambang batas pupuk kandang yang ditetapkan dan persyaratan teknis minimal pupuk padat dan cair. Logam berat Cu ditemukan pada semua pupuk organik baik yang berasal dari kotoran ayam padat maupun cair dan kotoran kambing dengan konsentrasi 0,08-0,25 mg kg^{-1} dari semua titik. Menurut data yang terdapat pada Tabel 3, terlihat bahwa pada kawasan tersebut petani menggunakan pupuk organik dari kotoran kambing. Pupuk organik dari kotoran kambing yang digunakan petani mengandung logam berat Cu kadarnya paling rendah yaitu 0,08 mg kg^{-1}, bahkan tidak terdeteksi adanya logam berat baik Pb maupun Cd. Hal ini diduga ternak kambing mengkonsumsi makanan dan minuman yang mengandung sedikit logam berat sehingga kotoran yang dihasilkan paling sedikit mengandung logam berat dibanding ternak lain karena makanan ternak kambing lebih selektif cenderung dedaunan dibanding ternak ayam yang pemakan segala. Sedikitnya kandungan logam berat Cu dan tidak terdeteksinya logam berat Pb dan Cd yang merupakan logam berat berbahaya berarti pupuk tersebut masih aman untuk diaplikasikan pada tanaman. Meskipun dalam kotoran kambing terdeteksi adanya logam berat tembaga (Cu), tetapi unsur ini merupakan mineral yang esensial dan tergolong mineral mikro bagi ternak. Unsur hara mikro ini yang sangat diperlukan tanaman terutama pada fase generatif. Kekurangan Cu pada fase ini akan mengurangi hasil panen secara drastis. Di dalam tanaman, tembaga (Cu) memiliki beberapa peran yakni sebagai katalisator dalam proses pernapasan dan perombakan karbohidrat, sebagai salah satu elemen dalam proses pembentukan vitamin A, dan secara tidak langsung berperan dalam proses pembentukan klorofil (Novizan, 2002). Pupuk organik dari kotoran ayam yang padat ternyata mengandung logam berat Cu lebih tinggi dibandingkan dengan pupuk organik dari kotoran kambing dan kotoran ayam cair. Pada umumnya petani lebih menyukai pupuk kandang yang berasal dari kotoran ayam, hal ini terlihat pada kawasan tersebut pupuk organik dari kotoran ayam lebih banyak digunakan dari pupuk kandang lainnya karena kandungan nitrogen yang ada pada kotoran ayam lebih tinggi dibanding kotoran ternak lain. Rendahnya logam berat Cu yang terdapat pada kotoran ayam cair dibanding kotoran ayam padat diduga karena cara pembuatan yang berbeda. Pupuk organik yang berasal dari kotoran ayam cair dalam pembuatannya dicampur dengan air dengan perbandingan satu kg pupuk kandang dari kotoran ayam padat ditambahkan satu liter air, kemudian direndam sehari dan sebelum diaplikasikan disaring dengan menggunakan kain terlebih dahulu. Dengan perendaman tersebut diduga dihasilkan pupuk organik cair yang mengandung logam berat konsentrasinya lebih rendah dibanding pupuk organik yang padat. Ambang batas untuk logam berat yang ditetapkan untuk pupuk kandang dapat terlihat pada Tabel 4 berikut:

Tabel 4. Kadar logam berat pada pupuk, pupuk kandang, kapur, dan kompos (mg kg^{-1})

Unsur	Pupuk fosfat	Pupuk nitrat	Pupuk kandang	Kapur	Kompos
Pb	7-225	2-27	1,1-27	20-1250	1,3-2240
Cd	0,1-170	0,05-8,5	0,1-0,8	0,04-0,1	0,01-100
Cu	1-300	-	2-172	2-125	13-3580

Sumber: Alloway,1995

Maraknya isu pertanian organik merupakan salah satu motivasi petani untuk bisa beralih ke teknologi baru. Penggunaan pupuk organik diantaranya pupuk kandang merupakan salah satu usaha untuk mewujudkan kesehatan lingkungan karena berkurangnya cemaran terutama logam berat yang ada pada pertanian sehingga bisa menghasilkan produk yang organik pula. Namun demikian, persyaratan teknis minimal pupuk organik yang ditetapkan pemerintah harus diperhatikan. Berdasarkan persyaratan teknis minimal pupuk organik, penggunaan pupuk organik baik yang berasal dari kotoran ayam maupun kambing mengandung logam berat Pb, Cd, dan Cu kadarnya masih di bawah persyaratan teknis minimal pupuk organik seperti yang terlihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Persyaratan teknis minimal pupuk organik padat dan cair

No	Parameter	Satuan	Standar mutu				
			Granul/Pelet		Remah/Curah		Cair
			Murni	Diperkaya Mikroba	Murni	Diperkaya mikroba	-
1.	$C_{organik}$	%	Min 15	Min 15	Min 15	Min 15	Min 6
2.	C/N rasio		15-25	15-25	15-25	15-25	-
3.	Bahan ikutan (Plastik, Kaca, Kerikil)	%	Maks 2	Maks 2	Maks 2	Maks 2	Maks 2
4.	Kadar Air	%	8-20	10-25	15-25	15-25	-
5.	Logam berat						
	- As	ppm	Maks 10	Maks 10	Maks 10	Maks 10	Maks 2,5
	- Hg	ppm	Maks 1	Maks 1	Maks 1	Maks 1	Maks 0,25
	- Pb	ppm	Maks 50	Maks 50	Maks 50	Maks 50	Maks 12,5
	- Cd	ppm	Maks 2	Maks 2	Maks 2	Maks 2	Maks 0,5
6.	pH	-	4-9	4-9	4-9	4-9	4-9
7.	Hara makro ($N+P_2O_5+K_2O$)	%	Min 4				-
	- N	%	- - - -				3-6
	- P_2O_5	%	- - - -				3-6
	- K_2O	%	- - - -				3-6
8.	Mikroba kontaminan						
	- *E. coli*	MPN g^{-1}	Maks 10^2	Maks 10^2	Maks 10^2	Maks 10^2	-
	- *Salmonella, sp*	MPN g^{-1}	Maks 10^2	Maks 10^2	Maks 10^2	Maks 10^2	-
	- *E. coli*	MPN ml^{-1}	-	-	-	-	Maks 10^2
	- *Salmonella, sp*	MPN ml^{-1}	-	-	-	-	Maks 10^2
9.	Mikroba fungsional						
	- Penambat N	Cfu g^{-1}	-	Min 10^3	-	Min 10^3	-
	- Pelarut P	Cfu g^{-1}	-	Min 10^3	-	Min 10^3	-
10.	Ukuran butiran 2-5 mm	%	Min 80	Min 80	-	-	-

No	Parameter	Satuan	Standar mutu				
			Granul/Pelet		Remah/Curah		Cair
			Murni	Diperkaya Mikroba	Murni	Diperkaya mikroba	-
11.	Hara mikro						
	- Fe total atau	ppm	Maks 9000	Maks 9000	Maks 9000	Maks 9000	90-900
	- Fe tersedia	ppm	Maks 500	Maks 500	Maks 500	Maks 500	5-50
	- Mn	ppm	Maks 5000	Maks 5000	Maks 5000	Maks 5000	250-5000
	- Zn	ppm	Maks 5000	Maks 5000	Maks 5000	Maks 5000	250-5000
	- Cu	ppm	-	-	-	-	250-5000
	- B	ppm	-	-	-	-	125-2500
	- Co	ppm	-	-	-	-	5-20
	- Mo	ppm	-	-	-	-	2-10
12.	Unsur lain:						
	- La	ppm	0	0	0	0	0
	- Ce	ppm	0	0	0	0	0

Sumber: Permentan (2011)

KESIMPULAN

Kandungan logam berat Pb, Cd, dan Cu yang terdapat pada pupuk kandang masih dalam batas aman untuk diaplikasikan terutama pada pupuk kandang dari kotoran kambing, tapi bila kadar logam berat pada pupuk organik tidak dikendalikan akan berpotensi mencemari lingkungan sehingga penggunaannya perlu diperhatikan.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim[a]. 2005. Membuat Pupuk Cair Bermutu dari Limbah Kambing. Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian Vol. 27. No. 6. BPTP Bali.

Anonim[b]. 2005. Pupuk Organik Tingkatkan Produksi Pertanian. Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian Vol. 27. No.6. Diakses tanggal 4 Agustus 2012. http://pustaka.litbang.deptan.go.id/publikasi/wr276057.pdf.

Alloway, B.J. 1995. Heavy Metals in Soils. Blackie Academic and Profesional, London.

Setyorini, D., R. Saraswati, dan E.K. Anwar. Kompos, Pupuk Organik, dan Pupuk Hayati. 2006. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.

Pramono, J., Samijan, H. Anwar, dan T.R. Prastuti. 2012. Buku Lapang. Sekolah Lapang Pengelolaan Tanaman Terpadu (SL-PTT). Panduan Peneliti, Penyuluh, dan Petugas Lain Pendamping P2BN. BPTP Jawa Tengah.

Juliardi, I. dan A. Gani. 2002. Pemberian Bahan Organik dan Pupuk P pada Padi Sawah. Pengelolaan Hara P dan K pada Padi Sawah. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat.

Novizan, 2002. Kiat Mengatasi Permasalahan Praktis. Petunjuk Pemupukan yang Efektif. PT. Agro Media Pustaka. Jakarta.

Peraturan Menteri Pertanian Nomor 40/Permentan/OT.140/4/2007.

Peraturan Menteri Pertanian Nomor 70/Permentan/SR.140/10/2011. Tanggal 25 Oktober 2011 pada Lampiran 1.

Varian. 1989. Analytical Methods: Flame Atomic Absorption Spectrometry. Varian Australia. Victoria.

Pelapisan Pupuk Urea dengan Arang Aktif yang Diperkaya dengan Mikroba Selektif untuk Menurunkan Residu Lindan dan Meningkatkan Efisiensi Pupuk Nitrogen

47

Sri Wahyuni, Sigit Yuli Jatmiko, dan Poniman
Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Jl. Jakenan-Jaken Km 05, Pati 59182. Email: swahyuni@gmail.com

Abstrak. Lindan ($C_{12}H_6Cl_6O$) adalah salah satu insektisida golongan POPs (*Persistent Organic Pollutants*) yang telah dilarang penggunaannya di bidang pertanian di banyak negara karena sifatnya yang persisten, toksik pada manusia dan hewan. Masukan pupuk nitrogen merupakan salah satu upaya dalam meningkatkan produksi pertanian. Penggunaan pupuk N terutama urea di lahan pertanian umumnya kurang efisien, hanya 30-40% pupuk urea yang dapat dimanfaatkan oleh padi. Pelapisan urea dengan arang aktif yang diperkaya dengan mikroba pendegradasi POPs berfungsi ganda yaitu menurunkan kadar residu dan meningkatkan efisiensi pupuk pupuk N. Pengayaan mikroba diharapkan dapat mempercepat degradasi residu insektisida lindan. Penelitian ini dilaksanakan tahun 2011 skala pot dengan media tanah yang diambil dari lahan tercemar di Desa Sukamenak, Kecamatan Cilamaya Wetan, Kabupaten Karawang. Penelitian dilakukan di rumah kasa terdiri dari 2 faktor: faktor ke 1 tanah (steril dan non steril) dan faktor ke 2 pupuk (kontrol, urea prill, urea arang aktif tongkol jagung (UAATJ), urea arang aktif tempurung kelapa (UAATK), urea arang aktif tongkol jagung+mikroba (UAATJM), dan urea arang aktif tempurung kelapa+mikroba (UAATKM). Tanaman yang digunakan adalah padi varietas Ciherang. Analisa residu insektisida dilakukan di laboratorium bahan agrokimia Balingtan. Tujuan penelitian ini adalah memperoleh teknologi pelapisan pupuk urea dengan arang aktif yang diperkaya dengan mikroba pendegradasi insektisida POPs yang dapat meningkatkan efisiensi pupuk N dan menurunkan residu insektisida lindan. Teknologi pelapisan pupuk urea dengan arang aktif tempurung kelapa yang diperkaya dengan mikroba *Bacillus aryabhattai, Pseudomonas* sp., *Azospirilium* sp., *Azotobacter* sp., *Cromobacterium* sp. dapat menurunkan residu lindan pada tanah non steril sebesar 94% dan meningkatkan efisiensi pupuk N sebesar 24%.

Kata kunci: Urea arang aktif, mikroba, lindan, efisiensi pupuk N

Abstract. *Lindane ($C_{12}H_6Cl_6O$) was one class of POPs (Persistent Organic Pollutants) insecticides has been banned for use in agriculture in many countries because it was persistent, toxic to humans and animals. Nitrogen fertilizer input is an effort to increase yield. Nitrogen fertilizers utilization, especially urea on agricultural land are generally less efficient only 30-40% of urea fertilizer that can be utilized by rice crop. Coating urea with activated charcoal enriched with degrading microbes POPs had multiple function, namely to reduce levels of residues and increasing efficiency of N fertilizer. Microbial enrichment was expected to accelerate the degradation of lindane insecticide residues. The research was conducted in 2011 with the planting soil medium taken from polluted land in the Sukamenak, district of Cilamaya Wetan, Karawang Regency. The study was*

*conducted at the screenhouse consists of two factors, namely soil factor (sterile and non sterile), and fertilizer factor (control, prill urea, urea coated by activated charcoal of corn cobs (UAATJ), urea coated by activated charcoal of coconout shell (UAATK), activated charcoal of corn cobs urea+microbes (UAATJM), urea coated by activated of coconut shell+microbes (UAATKM). Rice variety was Ciherang. Insecticide residue analysis carried out in laboratories of Balingtan agrochemical material. The aim this study was obtained urea fertilizer coating technology with activated charcoal enriched with degrading microbial insecticide POPs that could increasing efficiency of N fertilizer and reducing insecticide residues of lindane. Coating urea technology combined by activated charcoal of coconut shell enriched with microbes degradating of POPs insecticide (*Bacillus aryabhattai, Pseudomonas *sp.*, Azospirilium *sp.*, Azotobacter *sp.*, Cromobacterium *sp.) could reducing lindane residues until 95% in the non sterile soil and increasing efficiency of N fertilizer until 24%.*

Keywords: *Urea activated charcoal, microbial, lindane, efficiency of N fertilizer*

PENDAHULUAN

Penggunaan pestisida mempunyai kontribusi paling besar terhadap peningkatan produksi pertanian sejak tahun 1970. Jumlah pestisida yang beredar di Indonesia dari tahun ke tahun semakin meningkat. Pada tahun 2006 terdaftar sebanyak 1.336 formulasi, tahun 2008 jumlah pestisida yang beredar sebanyak 1.702 formulasi, tahun 2010 sebanyak 2.048 formulasi, dan tahun 2011 sebanyak 2.247 formulasi, atau rata-rata terjadi kenaikan jumlah formulasi sebanyak 13% per tahun (PPI, 2008; PPI, 2010; PPI, 2011). Insektisida menduduki peringkat formulasi terbanyak (887 merek dagang), disusul kemudian herbisida (656 merek dagang), dan fungisida (387 merek dagang) (PPI, 2011). Di Asia, Indonesia termasuk negara yang banyak menggunakan pestisida setelah Cina dan India (Soerjani, 1990).

Berdasarkan data Komisi Pestisida (2006) dan PPI tahun 2008-2011 menggambarkan penggunaan pestisida semakin intensif dan cenderung tidak terkontrol. Penggunaan pestisida yang tidak terkontrol berakibat agroekologi pertanian dan kesehatan manusia sebagai konsumen menjadi terabaikan. Pengendalian hama sebelum tahun 1997 lebih banyak mengandalkan pestisida jenis organoklorin yang memiliki toksisitas tinggi dan persistensi lama dalam tanah sehingga berpotensi mencemari lingkungan.

Penyerapan insektisida oleh mineral dapat berlangsung secara eksternal maupun internal yang dikendalikan oleh komposisi larutan ionik pestisida secara alami. Lindan ($C_{12}H_6Cl_6O$) adalah salah satu insektisida golongan POPs yang telah dilarang penggunaannya di bidang pertanian di banyak negara karena sifatnya yang persisten, toksik pada manusia dan hewan.

Hasil penelitian 2009-2010 menunjukkan bahwa kandungan residu pestisida yang ditemukan pada contoh tanah Inceptisols Karawang adalah golongan organoklorin yang bersifat persisten atau yang umum disebut dengan istilah *Persistent Organic Pollutants*

(POPs). Pada penelitian tersebut diketahui perlakuan *urea coated activated carbon* (UCA) (urea dilapisi arang aktif, UAA) mempunyai efisiensi N sebesar 13,5% (Wahyuni *et al*. 2010).

Pupuk nitrogen merupakan komponen utama dalam meningkatkan produksi pertanian. Penggunaan pupuk N terutama yang bersumber dari urea di lahan pertanian umumnya kurang efisien dan hanya 30-40% yang dimanfaatkan oleh tanaman (De Datta, 1987), atau sekitar 60-70% N hilang. Kehilangan N dalam proses pemupukan tanaman terjadi melalui volatilisasi ammonia, nitrifikasi-denitrifikasi, aliran permukaan, dan pencucian (De Datta and Buresh, 1991). Kehilangan N menyebabkan pemupukan menjadi kurang efisien dan berpotensi mencemari lingkungan, sehingga upaya penurunan tingkat kehilangan N perlu dilakukan untuk meningkatkan efisiensi pupuk nitrogen.

Tujuan penelitian ini adalah memperoleh teknologi pelapisan pupuk urea dengan arang aktif yang diperkaya dengan mikroba pendegradasi insektisida POPs yang dapat meningkatkan efisiensi pupuk N dan menurunkan residu insektisida lindan.

METODE PENELITIAN

Penelitian terdiri dari dua kegiatan percobaan yaitu (1) percobaan laboratorium dan (2) percobaan rumah kaca. Kegiatan penelitian laboratorium dilaksanakan di Laboratorium Residu Bahan Agrokimia Laladon Bogor, karakterisasi tanah dilakukan di Balai Penelitian Tanah Bogor serta seleksi isolat dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi LIPI Cibinong. Kegiatan penelitian rumah kaca dilaksanakan di Kebun Percobaan Balingtan. Waktu pelaksanaan mulai bulan Januari hingga Desember 2011. Pengambilan contoh tanah untuk media tanam berasal dari wilayah DAS Citarum hilir yaitu Desa Sukamenak Kecamatan Cilamaya Wetan, Kabupaten Karawang berdasarkan hasil penelitian sebelumnya (tahun 2010) yang menunjukkan lokasi tersebut terdeteksi lindan tertinggi dibanding wilayah lainnya yaitu sebesar 0,038-0,039 ppm (Mulyadi *et al*. 2010). Contoh tanah awal diambil dari 10 titik, masing-masing titik diambil lima subtitik pada kedalaman 20 cm dan dikompositkan, sehingga total berjumlah 50 titik. Percobaan ini menggunakan pupuk urea berlapis arang aktif yang diperkaya bakteri pendegradasi sebagai materi utama. Mikroba pendegradasi merupakan mikroba konsorsia terseleksi pada percobaan laboratorium. Tanaman yang digunakan adalah padi varietas Ciherang dengan umur bibit 21 hari, jumlah 2 tanaman per pot.

Percobaan rumah kaca disusun menggunakan rancangan petak terpisah (*split plot*). Rancangan ini terdiri dari 2 faktor 6 perlakuan dan diulang 3 kali.
Petak utama (*main plot*):

1. Steril (S)
2. Non Steril (NS)

Anak petak (*sub plot*): Pupuk

1. Kontrol (tanpa urea) (U0)
2. Urea prill (U1)
3. UAATJ/urea berlapis arang aktif tongkol jagung (U2)
4. UAATK/urea berlapis arang aktif tempurung kelapa (U3)
5. UAATJM/urea berlapis arang aktif tongkol jagung+mikroba (U4)
6. UAATKM/urea berlapis arang aktif tempurung kelapa+mikroba (U5)s

Parameter Pengamatan

Parameter yang diamati untuk mengetahui kemampuan urea berlapis untuk menurunkan residu insektisida organoklorin POPs antara lain konsentrasi residu insektisida pada contoh tanah, air, dan tanaman. Parameter lain yang diamati adalah kandungan amonium (NH_4^+) dalam tanah dan air, nitrat (NO_3^-) dalam tanah dan air. Karakter agronomi yang diamati adalah tinggi tanaman, jumlah anakan dan biomassa tanaman.

Pengukuran Residu Insektisida POPs

Pengukuran residu insektisida POPs dilakukan pada hasil kultur mikroba pendegradasi residu insektisida POPs 20 hari setelah pembuatan kultur. Analisis residu pestisida POPs dilakukan di Laboratorium Balingtan (Lab. Residu Bahan Agrokimia) di Bogor dengan menggunakan GC Varian Type 450. Konsentrasi residu insektisida POPs dalam contoh dihitung berdasarkan rumus dari Ohsawa *et al.* (1985) sebagai berikut :

$$[\text{POPs}] = A \frac{B}{C} \times \frac{D}{E} \times \frac{F}{G} \text{ .ppm}$$

Keterangan:

A = konsentrasi standar (µg/mL larutan),
B = area puncak sampel,
C = area puncak standar,
D = volume larutan standar yang disuntikkan (µL),
E = volume larutan sampel yang disuntikkan (µL),
F = volume ekstrak heksana-eter (mL),
G = volume supernatan (mL),
F/G = faktor pengenceran
[POP]= Konsentrasi POP

Analisis kehilangan N dan analisis residu insektisida POPs pada contoh tanah, tanaman dan air. Analisis kehilangan N/Efisiensi N menggunakan rumus:

$$\text{Efisiensi N} = 100 - (NO_3^-/(NO_3^- + NH_4^+)) \times 100\% \text{ (Alsaadawi, 2001)}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan arang aktif meliputi pembakaran (secara pirolisis) tempurung kelapa menjadi arang (suhu 200-300°C), dan arang menjadi arang aktif pada suhu tinggi (suhu 600-900°C) arang diaktivasi menjadi arang aktif. Pembuatan arang dan aktivasinya dilakukan di Laboratorium Residu Bahan Agrokimia Bogor. Rendemen pembuatan arang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rendemen hasil pembuatan arang dan hasil samping destilat pada tempurung kelapa dan tongkol jagung, Bogor 2011

Jenis Limbah Pertanian	Berat (kg)	Proses (jam)	Hasil Arang (kg)	Rendemen (%)	Destilat (l)
Tempurung kelapa	25	6	7	28	4.5
Tongkol Jagung	28	6	7	25	3.5

Rendemen pembuatan arang tempurung kelapa dan tongkol jagung masing-masing sebesar 28% dan 25% (Tabel 1). Pengelolaan limbah pertanian dapat diupayakan dan dimanfaatkan hasil keseluruhan dari proses pembakaran sehingga limbah dapat diminimalisasi di dalam lingkungan (*minimum waste*). Hasil samping berupa destilat tempurung kelapa sebanyak 4,5 liter dan tongkol jagung 3,5 liter.

Arang aktif yang dipakai untuk melapisi urea berasal dari arang tongkol jagung dan arang tempurung kelapa, karena mempunyai daya serap yang tinggi. Kualitas arang aktif dari tongkol jagung dan tempurung kelapa yang dihasilkan seperti disajikan pada Tabel 2. Berdasarkan uji daya serap terhadap iod (I_2), arang aktif tongkol jagung dan tempurung kelapa memiliki daya serap iod masing-masing sebesar 887,1 dan 950 mg g^{-1} (memenuhi standar minimum SNI sebesar 750 mg g^{-1}).

Tabel 2. Kualitas arang aktif tempurung kelapa dan tongkol jagung

No.	Uraian	Tempurung kelapa	Tongkol Jagung
1	Kadar air (%)	5,00	1,50
2	Kadar zat terbang (%)	9,40	12,50
3	Kadar abu (%)	1,50	32,00
4	Daya serap I_2 (mg g^{-1})	950,00	887,10
5	Bobot jenis curah	0,34	0,32
6	Lolos mesh	50	50

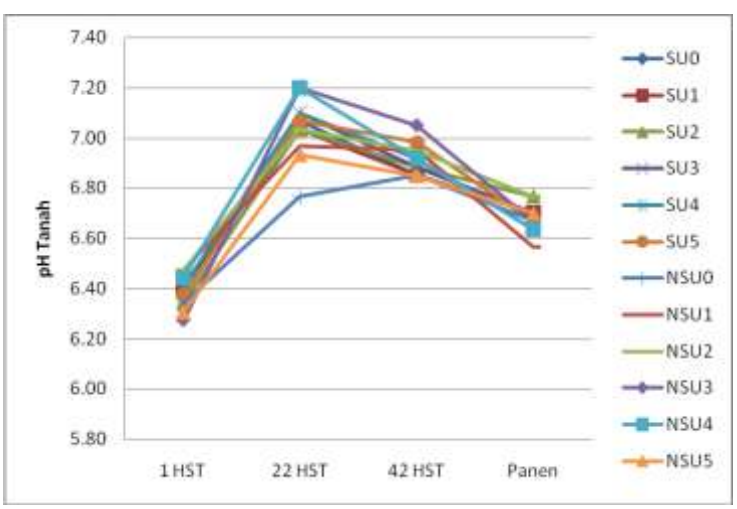
Produksi Granular Arang Aktif Berisi Bakteri

Urea prill yang ada di pasaran dipakai untuk bahan utama pupuk N, pupuk tersebut dilapisi dengan arang aktif dengan perbandingan 80:20.

Bakteri yang akan dipakai untuk memperkaya urea lapis arang aktif adalah bakteri yang diperoleh hasil seleksi yang didapatkan dari tanah yang akan digunakan untuk media tanam (*Bacillus aryabhattai, Azotobacter* sp., *Azospirrilum* sp., *Pseudomonas* sp., dan *Chromobacterium* sp.) dengan cara melakukan isolasi kemampuan bakteri dalam mendegradasi senyawa POPs.

Teknik pengayaan arang aktif dengan bakteri pendegradasi dilakukan setelah perlakuan pelapisan urea dengan arang aktif dengan cara menyemprotkan suspensi bakteri ke permukaan arang aktif.

Hasil pengamatan pH tanah selama masa pertumbuhan terlihat pada Gambar 1. Pada awal pertumbuhan pH tanah meningkat sejalan dengan perlakuan pemupukan pada fase vegetatif dan awal generatif, pH tanah tertinggi pada tanaman umur 22 HST (hari setelah tanam) dicapai oleh perlakuan tanah non steril urea berlapis arang aktif tongkol jagung yang diperkaya mikroba. pH tanah mulai terlihat menurun saat tanaman berumur 42 HST hingga panen.



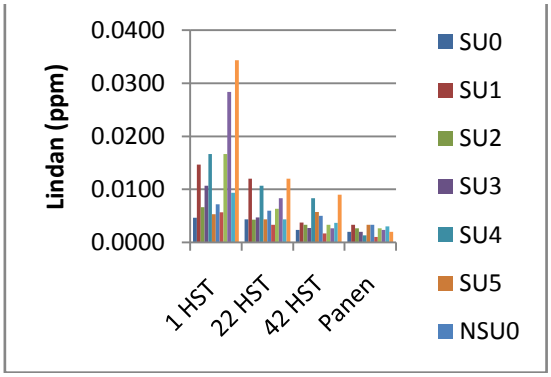
Gambar 1. Perubahan pH selama masa pertumbuhan padi saat 1, 21, 42 HST dan panen. Tanah steril kontrol (SU0), tanah steril urea prill (SU1)

Tabel 3. Residu lindan dalam tanah dan air pada berbagai perlakuan

Perlakuan	Residu Lindan (ppm)						
	Tanah				Air		
	1 HST	22 HST	42 HST	Panen	1 HST	22 HST	42 HST
SU0	0,0047 c	0,0043 cd	0,0023 a	0,0020 a	0,0023 b	0,0017 bc	0,0000 b
SU1	0,0147 bc	0,0150 ab	0,0073 a	0,0033 a	0,0047 b	0,0007 bc	0,0000 b
SU2	0,0067 c	0,0030 d	0,0043 a	0,0027 a	0,0020 b	0,0013 bc	0,0000 b
SU3	0,0107 bc	0,0097 b-d	0,0090 a	0,0020 a	0,0053 b	0,0000 c	0,0000 b
SU4	0,0107 bc	0,0107 bc	0,0083 a	0,0013 a	0,0063 ab	0,0000 c	0,0000 b
SU5	0,0053 c	0,0043 cd	0,0053 a	0,0033 a	0,0043 b	0,0000 c	0,0000 b
NSU0	0,0240 ab	0,0060 cd	0,0050 a	0,0033 a	0,0037 b	0,0037 a	0,0013 ab
NSU1	0,0057 c	0,0033 cd	0,0017 a	0,0010 a	0,0110 a	0,0000 c	0,0000 b
NSU2	0,0133 bc	0,0033 cd	0,0033 a	0,0027 a	0,0063 ab	0,0000 c	0,0000 b
NSU3	0,0283 a	0,0190 a	0,0117 a	0,0023 a	0,0067 ab	0,0000 c	0,0000 b
NSU4	0,0093 c	0,0043 cd	0,0037 a	0,0030 a	0,0067 ab	0,0023 c	0,0017 a
NSU5	0,0343 a	0,0103 b-d	0,0090 a	0,0020 a	0,0040 b	0,0013 c	0,0013 ab
CV	0,6009	0,3815	0,5316	0,1424	0,2630	0,1142	0,0739

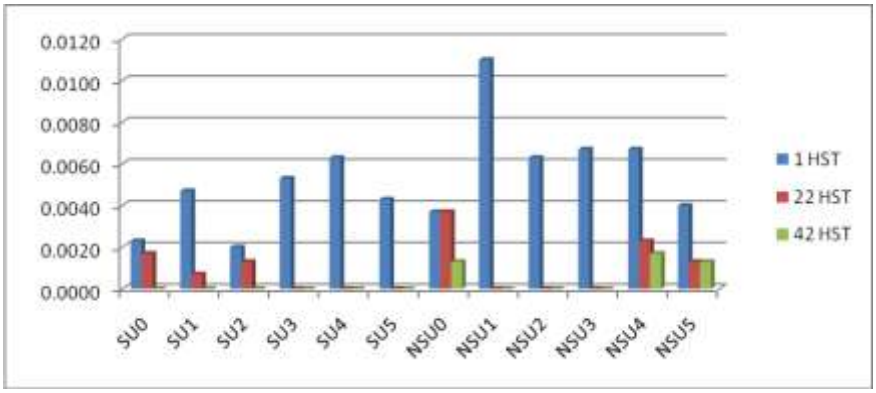
Angka dalam lajur diikuti huruf sama berarti tidak berbeda nyata menurut uji LSD pada taraf 5%

Perlakuan tanah non steril urea berlapis arang aktif tempurung kelapa+mikroba (U5) mampu menjerap residu insektisida lindan yang semula 0,0343 ppm menjadi 0,0020 ppm. Residu insektisida lindan pada tanah berbagai perlakuan menunjukkan perbedaan yang nyata pada umur 1 HST, 22 HST, namun pada umur 42 HST dan panen tidak menunjukkan perbedaan yang nyata menurut uji LSD pada taraf 5% disajikan dalam (Tabel 3). Sedangkan residu insektisida lindan pada air pada umur 1, 22 dan 42 HST menunjukkan beda nyata, namun air pada saat panen sudah tidak terdeteksi residu lindan (Tabel 3). Pada kombinasi perlakuan tanah steril dan non steril dengan pemupukan penurunan residu insektisida lindan terendah pada perlakuan urea berlapis arang aktif tempurung kelapa yang diperkaya dengan mikroba yaitu sebesar 94% diikuti oleh urea berlapis arang aktif tempurung kelapa sebesar 92% dan urea berlapis arang aktif tongkol jagung yang diperkaya mikroba 92%.



Gambar 2. Residu Lindan dalam tanah pada berbagai perlakuan, penurunan residu masing-masing perlakuan adalah 57%, 77%, 60%, 81%, 92%, 38%, 54%, 82%, 84%, 92%, 68%, 94%

Residu insektisida lindan dalam air pada perlakuan tanah non steril dan steril disajikan dalam Gambar 2. Urea berlapis arang aktif tongkol jagung yang diperkaya mikroba (U4) mampu menjerap residu insektisida lindan yang semula ada hingga tidak terdeteksi. Residu insektisida lindan pada berbagai perlakuan menunjukkan perbedaan yang nyata pada umur 1 HST, 22 HST maupun 42 HST menurut uji LSD pada taraf 5% disajikan dalam (Tabel 3). Pada 21 HST ada beberapa perlakuan yang hasilnya tidak terdeteksi.



Gambar 2. Residu Lindan dalam air pada berbagai perlakuan

Pengaruh Aplikasi Arang Aktif yang Diperkaya Mikroba terhadap Efisiensi Pemupukan

Kehilangan N dalam bentuk amonium (NH_4^+) dalam tanah dan air menunjukkan ada beda nyata pada perlakuan tanah steril dan non steril, perlakuan pupuk, maupun kombinasi perlakuan disajikan dalam Tabel 4. Pada perlakuan tanah steril dan non steril 1, 22 dan 42 HST tidak berbeda nyata menurut uji LSD taraf 5%, sedangkan pada kombinasi perlakuan menunjukkan perbedaan yang sangat nyata Tabel 4.

Peningkatan efisiensi penggunaan pupuk mengandung arti bahwa tanaman lebih efisien dan efektif memanfaatkan hara yang berasal dari pupuk, sehingga kehilangan hara dari dalam tanah menjadi berkurang. Salah satu kehilangan hara dalam tanah itu melalui pencucian (*leaching*).

Kehilangan N dalam bentuk nitrat (NO_3^-) melalui pencucian (*leaching*) pada saat terjadi aliran air ke bawah permukaan tanah. Besarnya pencucian sangat dipengaruhi oleh sifat fisik dan kimia tanah, pengairan, dan pemupukan, Kandungan N-nitrat dalam air pada perlakuan tanah steril dan non steril pada 1 dan 42 HST menunjukkan beda nyata

menurut uji LSD pada taraf 5%. Sedangkan kandungan nitrat dalam air tidak beda nyata saat 1 dan 22 HST, kecuali pada 42 HST Pada tanah steril kandungan nitrat dalam tanah dan air lebih besar dibandingkan dengan tanah non steril (Tabel 5).

Tabel 4. Kandungan amonium dalam tanah dan air pada perlakuan tanah steril dan non steril, perlakuan pupuk, dan kombinasi perlakuan

Perlakuan	NH_4^+					
	Tanah			Air		
	1HST	22 HST	42 HST	1HST	22 HST	42 HST
Petak Utama						
Steril	59,494 a	110,22 a	3,506 a	81,67 a	9,129 a	4,039 a
Non Steril	82,447 b	92,03 a	0,000 a	75,03 b	6,871 a	3,572 a
Anak Petak						
U0	36,46 b	34,61 a	0,000 a	29,94 b	3,809 a	2,797 a
U1	77,45 a	109,00 a	0,187 a	87,92 ab	4,869 a	4,112 a
U2	90,39 a	133,65 a	0,000 a	74,35 a	9,369 a	4,347 a
U3	80,40 a	96,54 a	6,233 a	86,57 a	7,983 a	4,828 a
U4	77,11 a	112,63 a	4,098 a	81,63 a	11,799 a	3,592 a
U5	64,02 ab	120,33 a	0,000 a	109,67 a	10,170 a	4,112 a
Interaksi						
SU0	28,80 e	53,48 bc	0,000 a	29,31 b	6,274 a	2,424 a
SU1	53,25 a-d	124,13 a	0,373	95,70 ab	8,098 a	3,539 a
SU2	93,02 abc	149,52 a	0,000 a	78,36 ab	13,185 a	5,052 a
SU3	63,54 a-e	111,64 ab	12,465	73,04 ab	14,944 a	6,675 a
SU4	68,19 a-e	92,62 ab	8,197	84,88 ab	4,624 a	3,316 a
SU5	50,18 cde	129,91 a	0,000 a	128,71 a	7,648 a	3,233 a
NSU0	44,13 de	15,73 c	0,000 a	30,57 b	1,343 a	3,170 a
NSU1	101,65 a	93,86 ab	0,000 a	80,13 ab	1,641 a	2,786 a
NSU2	87,76 a-d	117,78 ab	0,000 a	70,35 ab	5,553 a	3,642 a
NSU3	97,25 ab	81,44 ab	0,000 a	100,10 a	1,023 a	2,980 a
NSU4	86,03 a-d	132,64 a	0,000 a	78,38 ab	18,974 a	3,868 a
NSU5	77,87 a-d	110,75 ab	0,000 a	90,63 b	12,693 a	4,991 a

Angka dalam lajur diikuti huruf sama berarti tidak berbeda nyata menurut uji LSD pada taraf 5%

Tabel 5. Kandungan nitrat (NO_3^-) dalam tanah dan air pada perlakuan tanah steril dan non steril, pupuk, dan kombinasi perlakuan pada tanah dan air 1, 22, dan 42 HST

Perlakuan	NO_3^-					
	Tanah			Air		
	1HST	22 HST	42 HST	1HST	22 HST	42 HST
Petak utama						
Steril	22,767a	12,283a	5,184a	131,36a	18,364a	3,4078a
Non Steril	20,241b	10,385a	4,246b	102,76a	16,803a	2,8471b
Anak petak						
U0	21,629a	11,846a	5,7593a	97,30a	15,560a	2,5260b
U1	23,486a	12,802a	4,9220ab	121,20a	20,396a	4,0983a
U2	20,910a	10,020a	4,4660bc	93,85a	16,399a	3,4523ab
U3	21,389a	10,915a	5,0345ab	130,39a	16,324a	3,0023ab
U4	21,090a	10,197a	3,7948c	117,15a	16,771a	2,9948ab
U5	20,970a	12,225a	4,3148bc	142,39a	20,053a	2,6910b
Interaksi						
SU0	23,247a	13,060a	7,2185	132,40abc	18,640abc	2,5475b
SU1	23,007a	13,809a	5,7150b	122,10abc	18,974abc	5,4845a
SU2	23,366a	9,985a	4,3245cd	113,87abc	14,214bc	3,7840ab
SU3	22,288a	11,887a	5,1445bs	140,99ab	17,853abc	3,3970b
SU4	22,168a	11,927a	4,1730cd	121,06abc	18,140abc	2,4695b
SU5	22,528a	13,030a	4,5295bcd	157,72a	22,365a	2,7640b
NSU0	20,011a	10,632a	4,3000cd	62,31c	12,480c	2,5045
NSU1	23,966a	11,796a	4,1290cd	120,31abc	21,818ab	2,7120b
NSU2	18,454a	10,056a	4,6075bcd	73,83bc	18,584abc	3,120b
NSU3	20,491a	9,944a	4,9245cb	119,78	14,796abc	2,6075b
NSU4	20,011a	8,467a	3,4165d	113,24abc	15,403abc	3,5200ab
NSU5	19,412a	11,421a	4,1000cd	127,07abc	17,742abc	2,6180b

Angka dalam lajur diikuti huruf sama berarti tidak berbeda nyata menurut uji LSD pada taraf 5%

Sedangkan efisiensi pemupukan N berdasarkan N air pada kombinasi perlakuan disajikan pada (Tabel 6).

Tabel 6. Efisiensi pemupukan N

Perlakuan	NH_4^+	NO_3^-	Efisiensi N	Kenaikan (%)
SU0	27,43	14,5	65,40	0,00
SU1	59,25	14,2	80,69	15,29
SU2	80,84	12,6	86,55	21,15
SU3	62,55	13,1	82,68	17,27
SU4	56,34	12,8	81,54	16,14
SU5	60,03	13,4	81,79	16,39
NSU0	19,95	11,6	63,14	0,00
NSU1	65,17	13,3	83,05	19,91
NSU2	68,51	11,0	86,12	22,98
NSU3	59,56	11,8	83,48	20,34
NSU4	72,89	10,6	87,27	24,13
NSU5	62,9	11,6	84,37	21,23

Efisiensi N = $100 - (NO_3^-/(NO_3^-+NH_4^+))\times 100\%$

KESIMPULAN

1. Urea berlapis arang aktif tempurung kelapa+mikroba pada tanah non steril (NSU5) nyata menurunkan residu insektisida POPs lindan pada tanah sebesar 94%,
2. Teknologi pelapisan pupuk urea dengan arang aktif yang diperkaya dengan mikroba pendegradasi insektisida POPs (*Bacillus aryabhattai, Pseudomonas sp, Azospirilium sp, Azotobacter sp, Cromobacterium sp)* dapat meningkatkan efisiensi pupuk N sebesar 24%.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada Kepala Balai Penelitian Lingkungan Pertanian yang telah mempercayakan penelitian ini, epada Pak Cucuk dan Pak Didik (PPL di Cilamaya) yang telah membantu dalam pengambilan tanah, kepada Indratin, Ali Ichwan, Asep Kurnia, Eman Sulaeman, Aji Mohammad Tohir, Nanang Priatna, Cahyadi, Wasidin, dan Duri yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian, dan kepada seluruh tim penelitian yang telah membantu terlaksananya penelitian hingga menjadi tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

Alsaadawi, I.S. 2001. Allelopathic Influence of Decomposing Wheat Residue in Agroecosystem. Page 185-196.

De Datta, S.K. 1987. Nitrogen transformation processes in relation to improved cultural practices for lowland rice. Plant and Soil 100: 47-69.

De Datta, S.K., R.J. Buresh, R.J. Samson, M.N. Obecemea, and J.G. Real. 1991. Direct measurement of ammonia and denitrification flu×es from urea applied to rice. Soil Sci. Soc. Am. J. 55: 543-548.

Mulyadi, R., Artanti, W. Purbalisa, dan A. Hidayah. 2010. Identifikasi Sebaran Logam Berat pada Lahan Sawah di Kabupaten Karawang Mendukung P2BN. Laporan Akhir Tahun 2010, Balai Penelitian Lingkungan Pertanian.

Ohsawa, K., S. Hartati, S. Nugrahati, H. Sastrohamidjoyo, K. Untung, N. Arya, K. Sumiartha, dan S. Kuwatsuka. 1985. Residue analysis of organochlorin and organophosphorus pesticides in soil, water, and vegetables from Central Java and Bali. Ecol./impact of IPM in Indonesia. p. 59-70.

PPI Deptan. 2006. Pestisida Terdaftar (Pertanian dan Kehutanan). Pusat Perijinan dan Investasi. Departemen Pertanian.

PPI Deptan. 2008. Pestisida Pertanian dan Kehutanan. Pusat Perijinan dan Investasi. Departemen Pertanian.

PPI Deptan. 2010. Pestisida Pertanian dan Kehutanan. Pusat Perijinan dan Investasi. Departemen Pertanian.

PPI Deptan. 2011. Pestisida Pertanian dan Kehutanan. Pusat Perijinan dan Investasi. Departemen Pertanian.

Soerjani, M. 1990. Trend of Pesticide Use in Indonesia and Asia Countries with Negative Impact to the Sustainable Agriculture and Enviromental Safe. Agricon. pp. 719-745.

Wahyuni, S., A.N. Ardiwinata, E.S. Harsanti, Poniman, E. Sulaeman, Indratin, A. Kurnia. 2010. Aplikasi Urea Berlapis Arang Aktif pada Lahan Padi untuk Mendukung P2BN. Laporan Akhir Tahun 2010, Balai Penelitian Lingkungan Pertanian.

Analisis Sifat Kimia Tanah dan Potensi Tumbuhan Lokal sebagai Sumber Bahan Organik dalam Budidaya Jeruk Keprok Soe

48

Masria, A.K. Djaelani, M.K. Salli, dan M. Syarifuddin

Dosen Jurusan Pertanian Lahan Kering pada Politeknik Pertanian Negeri Kupang.
politanikoe@plasa.com, masriadimyati@yahoo.co.id

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh informasi tentang sifat kimia tanah dan potensi tumbuhan lokal sebagai bahan organik dalam budidaya Jeruk Keprok Soe. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah*:* Metode purposive sampling untuk menentukan lokasi penelitian, dimana ditentukan 5 lokasi pengamatan yakni*:* Ajobaki I, Ajobaki II, Ajobaki III, Cendana I dan Cendana II. Dengan parameter sifat kimia yang diamati adalah pH, C-organik,N total, P, K, dan KTK. Untuk menentukan potensi tumbuhan lokal sebagai sumber bahan organik digunakan metode eksperimen, dimana dipilih empat tanaman yang berpotensi sebagai sumber bahan organik yaitu*:* Alang-alang, Kirinyu, Bunga Putih (tanaman asli setempat) dan Cemara. Keempat tanaman ini diuji tingkat mineralisasinya selama delapan minggu untuk mengetahui potensi ketersediaannya di dalam tanah dengan parameter pengamatan adalah Kandungan N, P, K, dan pH. Analisis data sifat kimia tanah dan potensi tanaman lokal menggunakan penilaian sifat kimia tanah yang dikembangkan oleh Puslittanak Bogor (1983). Hasil penelitian menunjukkan bahwa sifat tanah bervariasi dari rendah sampai sedang yang belum sesuai dengan kebutuhan tanaman, sementara tanaman yang paling berpotensi menyediakan unsur hara paling cepat adalah bunga putih.

Kata kunci: Analisis, sifat kimia tanah, potensi tumbuhan lokal, jeruk keprok SoE

Abstract. *This research aimed to obtain information about soil chemical properties and the potency of local vegetation as organic matter on Jeruk Keprok SoE cultivation. Method used was purposive sampling method to determine research sites, where 5 observed locations were chosen which were: Ajobaki I, Ajobaki II, Ajobaki III, Cendana I and Cendana II. Soil chemical properties were observed for soil acidity, organic-C, total-N, absorbed-P, K and Cation Exchanged Capacity (CEC). Local vegetation potency as organic matters were determined by an experimental method, where four vegetations were chosen which were: grassland, Chromolaena odorata, white flower (native plant) and pine. These vegetations were tested for mineralization during eight weeks to know their potencies to be absorbed by plants, with observed parameters were compositions of N, P, K and their acidity degree. Soil chemical properties analysis and local vegetations potency were compared to soil chemistry evaluation by Puslittanak Bogor (1983). The result showed that soil chemistry ranged from low to moderate which is not suitable for plant needs, while the native plant (white flower) had the fastest mineralization rate.*

Keywords: *Analysis, soil chemical properties, local vegetation potencies, jeruk keprok soE*

PENDAHULUAN

Jeruk keprok SoE (JKS) merupakan salah satu produk unggulan dari Kabupaten Timor Tengah Selatan. Jeruk ini memiliki keunggulan yaitu bobot buah dapat mencapai 200 g/buah, kulit buah tipis dan daging buah tebal, pengupasan tidak perlu dengan alat cukup dengan tangan. Daging buah mudah terpisah, teksturnya lembut dan lunak, bijinya sedikit, banyak mengandung air, rasa manis dan aroma segar. Budidaya jeruk keprok Soe (JKS) tidak dilakukan oleh masyarakat secara khusus, melainkan sebagai komponen pelengkap dari sistem usahatani yang ada yaitu ternak, tanaman pangan dan hortikultura (Litbang Deptan, 2005). Karena hanya merupakan pelengkap dari sistem usahatani, budidaya tanaman jeruk tidak dilakukan dengan baik. Pemeliharaan tanaman oleh petani hanya terbatas pada pemangkasan cabang wiwilan yang tidak produktif, pembersihan tanaman pengganggu dan pemupukan organik seadanya dengan kotoran sapi yang merupakan ternak yang dimiliki oleh petani.

Jeruk membutuhkan hara dalam jumlah yang banyak. Pengelolaan yang tepat memberikan potensi hasil dapat mencapai 74 $t.ha^{-1}$. Untuk menghasilkan panen sebanyak 74 ton dibutuhkan unsur N sebanyak 325 kg atau setara dengan 723 kg Urea, P_20_5 sebanyak 67 kg atau setara 186 SP-36, dan K_2O sebanyak 392 atau setara dengan 653 kg KCl (Novizan, 2007). Unsur hara itu dapat diperoleh dari pupuk organik dan pupuk anorganik. Penggunaan pupuk organik dapat menjadi alternatif dengan memanfaatkan sumber bahan organik yang melimpah dari gulma yang ada disekitar areal pertanian. Jenis gulma yang dengan mudah dijumpai di lahan pertanaman jeruk dengan perkembangannya yang sangat pesat dan keberadaannya cukup mengganggu adalah *Cromolaena odorata*. Menurut Tjitrosoemitro (1997), dalam satu hektar tegakan Cromolaena selama setahun dapat dihasilkan bahan organik yang mengandung N sebanyak 103,4 kg atau setara dengan 225 kg urea, 15,2 kg P_2O_5 atau setara dengan 98,19 kg SP-36 dan 80,9 K_2O atau setara dengan 134,8 kg KCl dan 63,9 kg Ca.

Rekomendasi pemupukan yang tepat memerlukan analisis tanah untuk menunjukkan potensi ketersediaan hara dalam tanah yang dapat diserap akar (Marschner, 1986). Analisis tanah bukan hanya berperan dalam menentukan banyak tidaknya kandungan hara yang dibutuhkan tanaman di dalam tanah, akan tetapi juga menentukan tindakan pengelolaan tanah yang tepat berdasarkan sifat kimia tanah yang ditunjukkan dari hasil analisis tanah. Penelitian bertujuan untuk mengetahui sifat kimia tanah pada lahan budidaya JKS dan potensi tanaman lokal yang dapat dijadikan sebagai sumber bahan organik.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan pada bulan Mei-November 2009. Lokasi pengamatan dilakukan di lima tempat yakni*:* Desa Cendana1, Desa Cendana 2, Desa Ajobaki 1, Desa Ajobaki 2,

dan Desa Ajobaki 3. Kelima tempat ini mewakili sentra produksi JKS karena merupakan daerah dengan luasan terbesar di Kabupaten Timor Tengah Selatan (TTS).

1. Sifat kimia tanah*:* sifat kimia tanah dilakukan dengan pengambilan sampel tanah terganggu. Selanjutnya pengambilan contoh tanah individu yang akan dilakukan secara zigzag. Adapun sifat kimia tanah yang menjadi parameter penelitian ini adalah*:* pH, C organik, N dengan, P_2O_5, Kapasitas Tukar Kation (KTK) dan K dan Kejenuhan Basa (KB). Sifat-sifat kimia tanah dianalisis untuk mengetahui statusnya pada tanah dengan menggunakan kriteria penilaian sifat kimia tanah.

2. Potensi tumbuhan lokal. Tumbuhan lokal yang dipilih sebanyak 4 jenis (Alang - alang, *Cromolaena odorata*, Bunga putih (tanaman asli setempat) dan Cemara) yang mempunyai kelimpahan terbanyak di lokasi penelitian. Identifikasi tanaman lokal sebagai sumber bahan organik akan dilakukan dengan dua tahap: 1) analisis jaringan tanaman di laboratorium untuk mengetahui komposisi kandungan hara dalam jaringan. Adapun komposisi hara yang akan di amati adalah: N, P, dan K. 2) uji mineralisasi kegiatan ini dilaksanakan di green house Politani Negeri Kupang. Uji mineralisasi ini lakukan dengan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan model faktorial. Dimana faktor pertama (A) adalah jenis tanaman dan Faktor kedua (B) adalah dosis pupuk kandang yang ditambahkan untuk mempercepat proses mineralisasi. Perlakuan kemudian diinkubasi selama 8 minggu. Adapun sifat tanah yang diamati setelah 8 minggu adalah N, P tersedia, dan K dan dianalisis dengan menggunakan kriteria penilaian sifat kimia tanah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat kimia tanah

Sebelum membahas sifat kimia tanah pada lahan petani jeruk, terlebih dahulu disajikan sifat kimia tanah pada beberapa vegetasi alami yang ada di lokasi yakni*:* alang-alang, *Cromolaena odorata*, dan cemara.

Tabel 1. Sifat kimia tanah pada berbagai vegetasi alami di Timor Tengah Selatan

Vegetasi	Sifat kimia tanah					
	pH H_2O	% C	% N total	ppm P_2O_5	me $100g^{-1}$ K	mg $100g^{-1}$ KTK
Alang-alang	7,6 N	2,8 S	0,24 S	16,5 R	1,99 R	25,6 T
C. odorata	7,5 N	4,09T	0,32 T	30,73 T	3,17 S	23,2 S
Cemara	7,83 N	1,53 R	0,1 R	5,5 SR	0,81 SR	9,87 R

Sumber: data primer hasil analisis si Laboratorium Tanah BPTP Naibonat

Dari Tabel 1 terlihat bahwa pH tanah pada vegetasi alami berkisar netral sampai agak alkalis, C-organik rendah sampai tinggi, P_2O_5 rendah sampai tinggi, K sangat rendah sampai rendah, dan KTK rendah sampai tinggi.

Tabel 2. Sifat kimia tanah pada budidaya jeruk keprok SoE di TTS

Lokasi	Sifat kimia tanah					
	pH H_20	% C	% N total	ppm P_2O_5	me $100g^{-1}$ K	mg $100g^{-1}$ KTK
Ajobaki I	7,7 N	2,8 S	0,25 S	16,5 S	5,97 S	25,6 T
Ajobaki II	7,5 N	2,79 S	0,31 S	5 SR	1,94 R	26,4 T
Ajobaki III	7,6 N	2,27 S	0,23 S	13,76 R	2,37 R	25,06 T
Cendana I	7,5 N	2,55 S	0,42 S	21,1 S	4,25 s	31,6 T
Cendana II	7,5 N	1,75 R	0,14 S	13,3 R	2,05 R	19,6 S

Sumber: data primer hasil analisis si Laboratorium Tanah BPTP Naibonat

Dari Tabel 2 terlihat bahwa budidaya JKS mempengaruhi beberapa sifat kimia tanah, diantaranya penurunan kandungan C-organik tanah, peningkatan N total tanah, dan peningkatan kapasitas tukar kation tanah.

Reaksi tanah (pH tanah)

Baik pada vegetasi alami maupun pada lahan budidaya JKS mempunyai pH tanah yang netral. Budidaya JKS tidak mempengaruhi perubahan pH tanah. Perubahan pH tanah sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya: pemupukan baik pupuk organik maupun pupuk kimia yang mengandung P_20_5, pengolahan tanah yang intensif dan digunakan oleh tanaman.

Dari identifikasi teknik budidaya yang dilakukan oleh petani terlihat bahwa tidak terjadinya perubahan pH tanah disebabkan petani tidak melakukan pengolahan tanah secara intensif sehingga tidak berpengaruh terhadap kondisi tanah, selain itu pasokan bahan organik dan pupuk kimia yang sangat kurang menyebabkan tidak terjadinya perubahan pH tanah.

Karbon organik tanah

Secara umum kandungan C-organik pada tanah dengan vegetasi alami lebih baik dibandingkan dengan lahan budidaya JKS. Pada tanah dengan vegetasi *C. odorata* kandungan C organik berada pada status tinggi (4,09%) sementara pada lahan JKS kandungan C organik tanah berada pada status sedang (2,01-3,00%). Pada tanah dengan vegetasi alami kehilangan C organik relatif kecil setiap tahun. Hasil penelitian Sinukaban (1994) menunjukkan bahwa kehilangan C-organik tanah pada lahan yang diolah dapat mencapai 60% dibandingkan dengan tanah tidak terganggu.

Dari data tabel diatas terlihat bahwa kandungan C-organik tertinggi terdapat pada lokasi Ajobaki II (2,79%). Walaupun secara umum tidak terdapat perbedaan status C-organik, akan tetapi lebih tingginya kandungan C-organik tanah di Ajobaki II dapat disebabkan karena pada lahan ini selalu dilakukan tumpangsari dengan tanaman lain dan baru pada tahun ini tumpangsari hanya dilakukan pada musim hujan saja, sementara pada lahan lainnya tumpangasari dengan tanaman lain selalu dilakukan pada musim hujan saja. Pola tanam tumpang sari dapat memberikan manfaat terhadap keseimbangan hara, dimana lahan yang tertutup vegetasi mempunyai kandungan hara yang lebih tinggi dibandingkan dengan lahan yang diberakan. Pada tanah yang diberakan terjadi penurunan C-organik dari 2,54% menjadi 2,40% setelah 21 bulan.

Status C-organik terendah terdapat di lokasi cendana II (1,75%), rendahnya status pada lokasi ini diduga disebabkan oleh kurangnya pasokan pupuk yang diberikan pada tanaman. Aplikasi pemupukan tidak dilakukan setiap tahun tergantung ketersediaan pupuk dan tenaga kerja. Dosis yang diberikan sebanyak 2-3 karung perpohon dan pupuk yang diberikan adalah pupuk kandang sapi setengah jadi. Tanaman jeruk seperti tanaman hortikultura lainnya umumnya memberikan respon yang baik terhadap pemupukan pupuk kandang jika diberikan dalam jumlah yang cukup. Kandungan C organik tanah meningkat setelah 21 bulan dari 2,41% menjadi 2,62% dengan penambahan pupuk kandang.

Nitrogen tanah

Status Nitrogen tanah pada lahan budidaya JKS adalah sedang, sementara pada lahan dengan vegetasi asli berkisar rendah sampai tinggi dengan kandungan N tertinggi berada pada lahan dengan vegetasi *C. odorata*. Seperti halnya status C-organik tanah, walaupun tidak terdapat perbedaan status N akan tetapi kandungan N tertinggi terdapat di lokasi Cendana 1 (0,42%). Tingginya kandungan N tanah di Cendana 1 dibandingkan dengan di lokasi lain disebabkan karena lahan ini relatif baru digunakan untuk budidaya JKS selama 12 tahun, sementara lahan lainnya umur penggunaan lahan berkisar 28-30 tahun. Hasil penelitian Masria (2007) menunjukkan bahwa umur penggunaan lahan berpengaruh terhadap kandungan N tanah, dimana dengan komoditas yang sama pada lahan dengan umur penggunaan 2 tahun kandungan N lebih tinggi (0,12%) dibandingkan lahan dengan umur guna 5 tahun (0,1%).

Kandungan N tanah terendah berada di lokasi cendana II (0,14%). Seperti halnya pada kandungan C-organik tanah, rendahnya kandungan N tanah ini diduga juga disebabkan karena rendahnya pupuk yang diberikan. Masria (2007) melaporkan terdapat perbedaan status N tanah akibat perbedaan pasokan pupuk kandang yang diberikan, dimana pada lahan dengan pasokan pupuk kandang sebesar 484 kg ha musim^{-1} nilai N tanah menunjukkan 0,12% sementara pada lahan dengan pasokan pupuk kandang 297,5 kg ha musim^{-1} nilai N tanah hanya 0,01%.

Phospor tanah

Kandungan P tanah pada lahan dengan vegetasi alami berkisar sangat rendah sampai tinggi, dimana kandugan P2O5 tertinggi terdapat pada lahan dengan vegetasi *C. odorata* sementara pada lahan budidya JKS berkisar dari sangat rendah sampai sedang.

Kandungan P tanah terendah berada pada lokasi Ajobaki II (5 ppm) sementara kandungan P tertinggi berada di Cendana 1 (21,1 ppm). Rendahnya kandungan P pada tanah di Ajobaki II diakibatkan penerapan teras oleh petani. Penterasan dilakukan karena kemiringan lahan di lokasi tersebut ± 100%, diduga akibat penterasan terjadi pemotongan bidang olah mengakibatkan lapisan atas hilang dan lapisan masam muncul dipermukaan. Reaksi tanah yang masam akan meningkatkan kandungan Al dan Fe yang dapat memfikasasi P menjadi senyawa Al-P dan Fe-P yang sukar larut.

Sementara tingginya kandungan P di cendana 1 diduga disebabkan oleh letak lokasi ini yang dekat dengan sumber air. Dengan demikian tersedia cukup P yang larut dalam larutan tanah karena tidak terfiksasi di dalam kompleks jerapan larut (Hanafiah, 2007).

Kalium tanah

Status Kalium tanah pada lahan JKS berkisar antara rendah sampai sedang, dengan status terendah berada di lokasi Ajobaki II dan status sedang dengan kandungan tertinggi berada di lokasi Ajobaki I. Rendahnya kandungan K tanah pada lokasi Ajobaki II diduga disebabkan karena penterasan yang diterapkan petani.mengakibatkan terpotongnya tanah bagian atas yang subur sehingga tanah menjadi tidak subur (Hanafiah, 2007).

Kandungan K yang tinggi di Ajobaki I disebabkan masukan unsur hara yang lebih banyak dibandingkan di tempat lain. Pada lokasi ini pemberian pupuk kandang babi dan sapi dilakukan sebanyak dua kali setahun dengan dosis 2 karung/pohon. Sumber K dalam tanah dapat berasal dari penambahan pupuk yang mengandung K. Unsur K ini selain dapat tersedia bagi tanaman, juga dapat mengalami fiksasi yang kuat pada permukaan koloidal tanah sehingga menjadi bentuk yang tidak mudah larut. (Hardjowigeno, 2003).

Kapasitas tukar kation

Status KTK pada lahan budidaya JKS berkisar sedang sampai tinggi. Dengan status sedang berada di Cendana II dan status tinggi dengan kandungan terbanyak terdapat di lokasi Ajobaki I. Tingginya nilai KTK pada lahan di Ajobaki disebabkan masukan unsur hara berupa pupuk kandang yang lebih besar dibandingkan ditempat lain. Pada lokasi Ajobaki sumber pupuk kandang berasal dari ternak sapi dan babi yang dimiliki oleh pemilik lahan sebanyak 17 ekor. Dengan jumlah ternak yang lebih banyak dari pemilik

lahan yang lain, maka petani mampu memberikan pupuk yang lebih banyak pula pada tanaman. Pemupukan dilakukan sebanyak dua kali setahun dengan jumlah dua karung (setara 50 kg) untuk setiap tanaman.

Sementara nilai terendah KTK tanah yang berasal dari Cendana II selain disebabkan masukan pupuk yang kurang juga disebabkan kondisi lahan yang terjal tanpa tindakan konservasi. Kemiringan lahan di lokasi ini mencapai 100%. Dengan kondisi ini maka diduga terjadi aliran permukaan yang tinggi yang dapat mengurangi jumlah bahan organik yang semakin menurunkan nilai KTK tanah. Sebab semakin tinggi bahan organik tanah semakin tinggi nilai KTK tanah (Tan, 1993).

Potensi tanaman lokal sebagai sumber bahan organik

Hasil identifikasi tumbuhan lokal pada lokasi penelitian dipilih 4 jenis tumbuhan yang kelimpahannya paling tinggi dibanding tumbuhan yang lain. Hasil analisis kandungan hara pada tumbuhan lokal tersebut dapat dilihat pada (Tabel 3).

Dari Tabel 3 terlihat bahwa *Cromolaena odorata* mempunyai kandungan N, P dan K yang lebih tinggi dibandingkan dengan tumbuhan lain. *C. Odorata* merupakan gulma yang perkembangannya sangat cepat dan berpotensi untuk dijadikan sebagai sumber bahan organik bagi tanaman. Menurut Tjitrosoemitro (1997), dalam satu hektar tegakan Cromolaena selama setahun dapat dihasilkan bahan organik yang mengandung N sebanyak 103,4 kg atau setara dengan 225 kg urea, 15,2 kg P_2O_5 atau setara dengan 98,19 kg SP-36 dan 80,9 K_2O atau setara dengan 134,8 kg KCl dan 63,9 kg Ca.

Tabel 3. Jenis tumbuhan potensial untuk sumber hara bagi JKS

Jenis tumbuhan	Kandungan hara (%)		
	N	P	K
Cromolaena odorata	2,46	2,83	7,11
Cemara	1,13	1,10	5,67
Alang-alang	0,95	1,28	6,91
Gulma lokal berbunga putih	1,83	2,30	8,09

Sumber: Data Primer (2009) hasil analisis si Laboratorium Tanah BPTP Naibonat

Untuk mengetahui kemampuan dari tumbuhan itu dalam menyediakan unsur hara bagi tanaman maka telah dilakukan uji mineralisasi selama 8 minggu. Dalam uji mineralisasi ini dikombinasikan dengan penambahan pupuk kandang. Hasil uji mineralisasi keempat tumbuhan tersebut dapat dilihat pada (Tabel 4).

Dari data Tabel 4 terlihat bahwa pembenaman bahan organik tidak mempengaruhi perubahan pH tanah, yang selalu ada dalam kisaran netral. Hal ini berpengaruh terhadap peningkatan kelarutan hara. Status N tanah secara umum menurun dari status sedang pada tanah awal (0,23%) menjadi berstatus rendah (0,14% - 0,19%). Rendahnya status N tanah diduga disebabkan waktu mineralisasi selama 8 minggu belum cukup untuk

membebaskan N ke dalam tanah sehingga terjadi penurunan N tanah. Untuk itu diperlukan waktu yang lebih lama dalam peningkatan N tanah.

Penambahan pupuk kandang 30 t.ha^{-1} pada alang-alang dan *C. Odorata* meningkatkan ketersediaan N tanah, sementara untuk gulma lokal setempat dan cemara pupuk kandang sebesar 20 t.ha^{-1} cukup untuk meningkatkan kandungan N tanah. Sementara status P meningkat dari sedang menjadi sangat tinggi. Status P tertinggi diperoleh dengan penambahan 20 t.ha^{-1} pupuk kandang pada gulma lokal setempat (101,16 ppm), sementara untuk *C. odorata* penambahan pupuk kandang dengan jumlah yang sama hanya mampu meningkatkan ketersediaan P menjadi 77,56 ppm. Untuk status K, terjadi peningkatan yang sangat signifikan dari status tanah awal yang rendah menjadi tinggi sampai sangat tinggi. Penambahan pupuk kandang sebesar 20 ton/ha pada alang-alang memberikan peningkatan kandungan K tertinggi, begitu juga pada gulma lokal setempat dan *C. odorata*.

Tabel 4. Hasil mineralisasi jaringan tanaman selama 8 minggu

Perlakuan	Kandungan hara			
	pH	N (%)	P (ppm)	K (me/100 g)
A1B1	7,42	0,14 (R)	13,8 (R)	0,86 (T)
A1B2	7,49	0,17 (R)	20,63 (R)	0,83 (T)
A1B3	7,22	0,15 (R)	30,23 (T)	2,55 (ST)
A1B4	7,25	0,19 (R)	38,03 (ST)	0,79 (T)
A2B1	7,39	0,18 (R)	33,0 (T)	0,90 (T)
A2B2	7,43	0,19 (R)	56,16 (ST)	0,84 (T)
A2B3	7,49	0,19 (R)	77,56 (ST)	1,14 (ST)
A2B4	7,47	0,26 (S)	71,1 (ST)	1,23 (ST)
A3B1	7,5	0,16 (R)	38,96 (ST)	0,80 (T)
A3B2	7,55	0,22 (S)	66,46 (ST)	1,07 (ST)
A3B3	7,52	0,21 (S)	101,16 (ST)	1,20 (ST)
A3B4	7,55	0,15 (R)	95,33 (ST)	1,16 (ST)
A4B1	7,61	0,10 (R)	18,83 (ST)	0,83 (T)
A4B2	7,64	0,19 (R)	36,7 (ST)	1,07 (ST)
A4B3	7,61	0,27 (S)	33,33 (T)	0,83 (T)
A4B4	7,57	0,19 (R)	73,83 (ST)	1,01 (ST)

Sumber: Data Primer (2009) hasil analisis si Laboratorium Tanah BPTP Naibonat.

Keterangan: A1 = Alang-alang, A2 = Cromolaena odorata, A3 = Tumbuhan lokal setempat, A4 = Cemara. B1 = tanpa pupuk kandang, B2 = pupuk kandang 10 ton/ha, B3 = pupuk kandang 20 ton/ha, B4 = pupuk kandang 30 ton/ha.

Tabel 2 menunjukkan bahwa penambahan pupuk kandang sebesar 20 t.ha^{-1} mampu meningkatkan ketersediaan unsur hara lebih cepat dibandingkan dengan dosis 30 t. ha^{-1}. Pupuk kandang mempunyai efek membantu terjadinya proses dekomposisi secara cepat, karena mengandung mikroorganisme yang aktif terlibat dalam proses perombakan dan mengubah bahan organik menjadi mineral siap pakai bagi tanaman (Hanafiah, 2007).

Data Tabel 4 menunjukkan bahwa gulma lokal setempat paling berpotensi untuk dikembangkan sebagai sumber bahan organik. Dimana dengan penambahan pupuk

kandang setara 20 t. ha^{-1} bisa diperoleh 0,21% N setara dengan 4800 kg N/ha dan mampu memasok 96 kg N ha^{-1} siap pakai setara dengan 213 Urea, 101,16 ppm P_2O_5 atau setara dengan 202,32 kg P_2O_5 ha^{-1} tanah atau setara dengan 1.124 kg SP-18 dan 1,2 mg $100g^{-1}$ K_2O yang setara dengan 24 kg ha^{-1} K_2O tanah atau setara dengan 48 kg KCl.

KESIMPULAN

1. Sifat kimia tanah pada lahan budidaya JKS berkisar dari rendah sampai sedang. Keadaan ini tidak dapat mendukung pertumbuhan dan produksi JKS secara optimal.
2. Tumbuhan lokal yang berpotensi memberikan ketersediaan unsur hara paling tinggi dan cepat bagi pertumbuhan dan produksi JKS secara optimal adalah tumbuhan bunga putih yang merupakan tumbuhan asli setempat dibandingkan dengan tumbuhan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

Hanafiah, K. 2007. Dasar-dasar Ilmu Tanah. Raja Grafindo Perkasa, Jakarta.

Hardjowigeno, S. 2003. Ilmu Tanah. Akademika Presindo. Jakarta.

Kurnia, U. 1997. Kajian Metode Rehabilitasi Lahan untuk Meningkatkan dan Melestarikan Produktivitas Tanah. Disertasi Doktor. Program Pasca Sarjana IPB, Bogor. (Tidak dipublikasikan).

Litbang Deptan 2005. Pengkajian PTT Jeruk Keprok So'e (JKS). http://ntt.litbang.deptan.go.id/jks.htm. Diakses tgl 12 Pebruari 2008.

Novizan. 2007. Petunjuk Pemupukan yang Efektif. Agromedia Pustaka. Jakarta.

Marschner, H. 1986. Mineral Nutrition in Higher Plants. Academic Press Inc, London.

Masria. 2007. Evaluasi Penerapan Metode Konservasi Tanah dan Air secara Mekanis pada Budidaya Hortikultura di Dataran Tinggi Malino. Thesis Pasca Sarjana Universitas Hasanuddin. (Tidak dipublikasikan).

Sinukaban, N. 1994. Pengaruh Pengelolaan Tanah Konservasi dan Pemberian Mulsa Jerami terhadap Produksi Tanaman Pangan dan Erosi Hara. Laporan Penelitian Tanah dan Pupuk No. 9: 32-38.

Tan, K. H, 1993. Kimia Tanah. Geneca Exact Bandung, Bandung.

Tjitrosoemitro,S., 1997. Pengendalian *Cromolaena odorata* di Lahan Kering. Makalah yang disampaikan pada Seminar Nasional Pengendalian Cromolaena odorata di lahan Petani. Kupang 14-15 April 1997.

Teknologi Produksi Pupuk Organik Pembawa Nutrisi Melalui Ekstraksi Basa Lemah dan Asam Organik Serta Efeknya pada Tanaman

49

W. Mindari, P. Edi Sasongko, dan Guntoro

Dosen Fakultas pertanian UPN "Veteran" Jawa Timur
Jl. Raya Rungkut Maya Gunung Anyar Surabaya, 60294
Telp. 031 8706369/Fax 0318793653/E-mail: wanti.81263@gmail.com, purnomoedis@gmail.com

Abstrak. Teknologi produksi pupuk organik melalui fermentasi membutuhkan waktu lama dan bahan aditif untuk memperkaya kandungan nutrisinya, karena teknologi tersebut menghasilkan nutrisi inorganik rendah. Macam bahan organik dan teknik produksi pupuk menentukan keberhasilan pupuk organik. Teknologi ekstraksi atau oksidasi bahan organik yang menghasilkan humus untuk dipekerjakan sebagai pembawa nutrisi menjadi alternatif perbaikan teknik produksi pupuk. Tujuan percobaan adalah untuk mengkaji pembuatan pupuk organik cair (POC) secara cepat melalui ekstraksi basa lemah (KOH 10%) dan asam organik (asam fulvat 15%) dan efeknya pada tanaman. Lima bahan organik yang digunakan meliputi kompos, batu bara, lidah buaya, pupuk kandang sapi, dan guano, masing-masing seberat 2 kg diekstrak dalam 20 liter air, diberi 0,2 kg KOH dan 300 ml asam fulvat, dikocok selama 12 jam. Bahan organik yang mengandung C tinggi digunakan sebagai POC-pembawa nutrisi yang akan ditambahkan. Hasil percobaan menunjukkan kandungan C-organik bahan masih dibawah syarat POC (≥6%) sehingga perlu pemilihan bahan organik, teknik dan ekstaksi. Namun demikian, kandungan NPK Guano tertinggi dibanding lainnya yaitu sebesar 0,392%, dan efeknya pada pertumbuhan kangkung nyata. Penambahan ZA 30 g $100ml^{-1}$ pada ekstrak kompos meningkatkan kandungan NPK menjadi 0,510% dan meningkatkan pertumbuhan dan hasil dibanding kontrol, namun hasil masih lebih rendah dibanding produk lain.

Kata kunci: Pupuk organik cair, pembawa nutrisi, ekstraksi, basa lemah, asam organik

Abstract. *Production technology of organic fertilizer by fermentation need a long time and additives to enrich the nutritional content, because the technology produces inorganic nutrients are low. Kinds of organic matter and fertilizer production techniques to determine the success of organic fertilizer. Technology extraction or oxidation of organic material that produces humus to be employed as an alternative carrier of nutrients into fertilizer production technique improvement. Purpose of the experiment was to examine the liquid organic fertilizer (LOF) rapidly extraction through a weak base (KOH 10%) and organic acids (15% fulvic acid) and its effect on plants. Five organic materials used include compost, coal, aloe vera, cow manure and guano, each weighing 2 kg was extracted in 20 liters of water, 0.2 kg were given 300 ml KOH and fulvic acid, shaken for 12 hours. Organic materials containing high C-LOF is used as a carrier of nutrients to be added. The experimental results showed the content of C-organic material is still under qualified LOF (≥ 6%) so it needs organic material selection, engineering and extractIon. However, the highest content of Guano-NPK other than the amount of 0392%, and the effect on the growth of real kale. The addition of ZA 30 g $100ml^{-1}$ in*

compost extracts increased to 0510% NPK content and increase growth and yield compared to the control, but the results are still lower than other products.

Keywords: *Liquid organic fertilizer (LOF), nutrient carriers, extraction, weak bases, organic acids*

PENDAHULUAN

Pengembangan produksi, distribusi dan pemanfaatan pupuk organik perlu didukung dan dipromosikan lebih intensif ke arah perimbangan dengan pupuk anorganik, sehingga perlu kebijakan yang mendukung pengembangan pupuk tersebut (Rusastra *et al*. 2005). Salah satu syarat minimal organik adalah kadar C-organik padat > 12 dan cair ≥4,5 (Permentan Nomor: 02/Pert/Kh.060/2/2006 dan 28/Permentan/SR.130/5/2009). Namun menurut peraturan yang baru, syarat minimal kadar C-organik cair minimal 6 (Permentan N0: 70/Permentan/SR.140/10/2011). Teknologi produksi pupuk organik melalui fermentasi membutuhkan waktu lama dalam hitungan minggu sampai bulan dan setiap bahan organik mempunyai tingkat fermentasi berbeda (Rahman, 1989). Produksi pupuk organik menurut McDonald (1978), Fisher *et al.* 1998, dan Lombard (2002) didasarkan atas perolehan lignin dari proses dekomposisi larutan non-basa dan pelarutan lignin dengan larutan alkali encer. Fisher *et al*. (1998) mendapatkan 55-85% N-organik terikat kuat dengan cara tersebut dan melarutkan lignin dengan amonia dan mengisi gas oksidasi ke larutan tersebut. Nilai pH larutan sekitar 9. Lombard (2002) menemukan cara khusus proses produksi produk organik berguna dengan mengintegrasikan teknik hidrolisis asam encer dari beragam biomassa yang mengandung lignoselulosa dan pelarutan lignin dengan alkali encer agar diperoleh produk berbasis ekonomi yang dapat terdegradasi.

Bahan organik mengandung nutrisi tersedia tanaman rendah, sehingga layak dirombak menjadi humus dan dipekerjakan sebagai pupuk organik tanaman, namun mengandung sejumlah kecil N dan unsur lainnya seperti P, K, dan S. Perombakan bahan organik ke bentuk suatu humus yang mengandung asam humat, fulvat, dan humin dapat digunakan untuk mengkondisikan lapisan atas tanah karena humus berkemampuan tinggi mengabsorb dan menahan kelembaban, menghasilkan tanah yang lunak, gembur, yang memperbaiki penetrasi udara dan air ke dalam daerah akar dan memperbaiki lingkungan yang mendukung populasi organisme tanah berguna (Robinson, 1995). Suatu suspensi pupuk analisis tinggi mengandung sejumlah nitrogen dan nutisi tanaman anorganik tertentu lainnya dihasilkan dari tanaman yang mengandung - material organik rendah nutisi dengan terlebih dahulu menyiapkan suspensi awal dari mencampurkan air ke dalam material organik dalam jumlah yang cukup hingga tersebar merata di seluruh suspensi. Asam sulfat dicampurkan untuk bereaksi dengan material organik dan mengubahnya ke dalam bentuk koloid dengan rasio asam terhadap berat total material organik sekitar 0,2 - sekitar 2 dan rasio berat asam ke berat kering total material organik dalam kisaran sekitar 0,5 sampai 5. Suatu senyawa amoniak, seperti amonia anhidrat atau amoniak cair, dan senyawa tambahan lainnya untuk menghasilkan pupuk suspensi akhir yang memiliki analisis sesuai yang diinginkan. Fischer *et al*. 1998 juga menemukan metode pembuatan

pupuk organik yang mengandung 55-85% N-organik terikat kuat melalui pengendapan lignin dengan non alkalin dan pelarutan lignin dalam larutan alkali, serta penambahan gas oksidasi untuk amomonolisis. Hasil akhir pupuk cair pada nilai pH sekitar 9.

Penambahan NPK 0-½ dari dosis rekomendasi menunjukkan pupuk organik serbuk (POS) kering lebih efektif mensuplai N dibandingkan pupuk organik cair (POC) dan pupuk organik pelet (POP), masing-masing 0,27; 0,25; dan 0,24% serta P masing-masing sebesar 5,99 ppm, 5,72 ppm, 5,69 ppm. Kandungan Corganik tanah oleh pemberian POC terkecil dibanding pemberian oleh POS dan POP masing-masing adalah 3,29; 2,75; dan 3,24% (Maroeto, 2008). Pemberian kompos dari residu tanaman yang telah matang dapat meningkatkan persen kejenuhan basa, kandungan nitrogen (N) dan fosfor (P), serta menurunkan rasio C/N, potensial Hidrogen (pH), *electroconductivity* (EC) dan berat isi (BI) tanah dibanding pemberian limbah hewan dan campurannya dengan kompos (Mahmoud *et al.* 2009). Formula pupuk organik dari campuran pupuk kandang, kompos, guano, dan jerami menghasilkan *grade* tinggi dan bisa meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK), ketersediaan N, menghambat volatilisasi N-amonium, dan pertumbuhan tanaman tomat 35 HST, sedangkan EC tanah menurun. Tingkat dekomposisi pupuk di tanah bertekstur liat lebih lambat dibanding tanah berpasir (Maroeto dan Mindari, 2010). Pemberian pupuk organik dari fermentasi guano, serbuk gergaji, kompos daun, biji kapuk, seaweed, dan pupuk kandang kurang lebih 1 bulan belum mampu meningkatkan pH tanah dan ketersediaan hara sesuai yang diharapkan (Mindari *et al*. 2011).

Proses produksi POC yang mengandung Corganik pembawa dimulai dengan mengekstrak Corganik dari bahan organik alami seperti gambut, batu bara atau kotoran hewan (burung laut, guano, ayam), pakan ternak atau pupuk kandang. Campuran gambut dan batu- bara juga dapat digunakan untuk meningkatkan kandungan Corganik cairan karbon organik. Bahan organik ± 400 kg dicampur dengan 2.500-5.000 lt air dalam sebuah wadah, ditambahkan 25-50 kg KOH, 20-100 l asam organik seperti EDTA atau asam propionat 25%. Campuran diaduk selama 12-24 jam sampai bahan organik terurai hingga memiliki kandungan karbon larutan 16%. Cairan tersebut kemudian dibiarkan agar padatan mengendap pada bagian bawah wadah. Sebuah supernatan yang mengandung C-organik cair kemudian dipompa ke kontainer lain. Cairan tersebut akan memiliki pH sekitar 11-12 pada penambahan KOH dan memiliki pH sekitar 3-4 pada penambahan asam organik (Van Rooijen, 2011). Ekstraksi bahan organik dengan NaOH atau KOH menghasilkan asam humat (Stevenson, 1982; Bohn *et al*. 2001; Tan, 2003; Sparks, 2003). Ekstraksi bahan organik akan memisahan gugus karboksil (R-COOH) dan fenol sebesar 85-90% dari muatan negatif dari humus. Gugus karboksilat dari beberapa grup karboksil terlepas di bawah pH 6 meninggalkan muatan negatif pada kelompok fungsional: R-COOH = $R\text{-}COO^- + H^+$. Gugus karboksilat lebih lemah (OH fenolik) dan sangat asam lainnya terdisosiasi pada pH> 8. Disosiasi H + dari gugus asam sepanjang rentang pH menambah muatan negatif total humus. Disosiasi H +dari OH-enolik, imida (= NH), dan

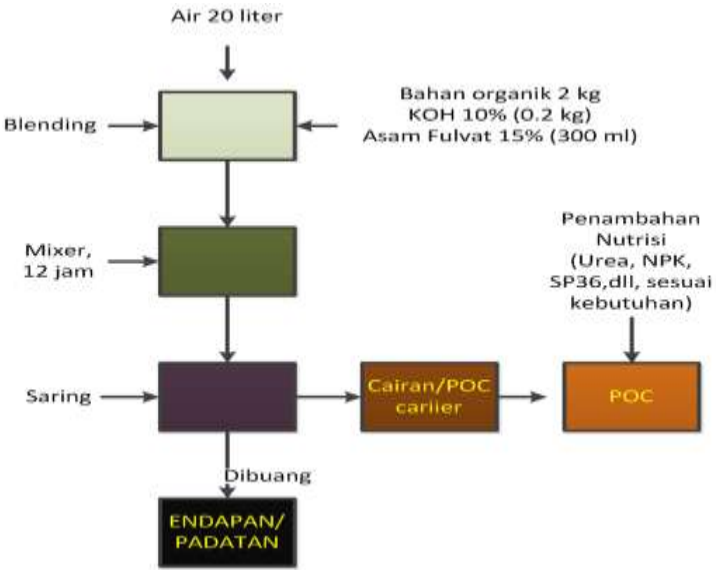
mungkin kelompok lain juga berkontribusi terhadap muatan negatif. Sisi muatan negatif (terutama COO-) memungkinkan bahan organik tanah (BOT) untuk mempertahankan kation tanah tidak dapat tercuci tetapi menjadi bentuk tukar tersedia bagi tanaman (Bohn *et al.* 2001). Menurut Tan (1998), asam humat membentuk kompleks dengan liat dan dengan kation, dan logam-logam akan meningkatkan nutrisi tersedia, agregasi tanah, dan kelimpahan mikroba.

Untuk memenuhi syarat produksi POC, kegiatan difokuskan pada produksi POC pembawa yang mampu menahan kation-kation basa sehingga ketersediaannya lambat dan tidak mudah hilang tercuci. Penelitiam ini bertujuan mengkaji teknologi pembuatan pupuk organik cair pembawa (POCp) melalui ekstraksi KOH (10%) dan asam Fulvat (15%) dari limbah tanaman, kotoran hewan selama 12 jam pencampuran dalam air untuk mengikat nutrisi yang ditambahkan agar ketersediaan nutrisi bagi tanaman lambat namun sesuai kebutuhan dan tidak hilang ke lingkungan. Seberapa besar efektivitas pupuk organik yang dibuat diuji untuk beberapa komoditas tanaman.

METODE PENELITIAN

Ekstraksi bahan organik

Penelitian dilakukan di laboratorium, rumah kaca, dan kebun percobaan Fakultas Pertanian UPN "Veteran" Jatim pada bulan Maret sampai Juni 2012. Lima bahan organik digunakan sebagai bahan baku pupuk organik cair pembawa (POCp) meliputi kompos "Agrivet" (A), pupuk kandang sapi (PK), guano (G), lidah buaya (LB), dan batu bara (BB). Bahan organik yang digunakan sebagian besar dikomposkan kecuali lidah buaya, kemudian dianalisis kandungan C-organik dan NPK. Masing-masing bahan organik/kompos sebanyak 2 kg diekstraks dalam 20 lt air dalam tong plastik kapasitas 50 l, kemudian ditambahkan 0,2 kg (10%) Potasium hidroksida (KOH), 15% (300 ml) Asam fulvat. Campuran tersebut diaduk selama 12 jam kemudian diendapkan semalam dan supernatan disaring dengan diameter lobang 0,5 mm. Cairan ditampung dalam timba/ jurigen (Gambar 1). Cairan hasil saringan diuji kandungan C-organik, pH, EC, N, P, dan K-total kemudian diuji efeknya pada pertumbuhan tanaman kangkung.



Gambar 1. Proses produksi pupuk cair C-organik pembawa

Aplikasi POC ke tanaman

Kangkung ditanam pada 6 bak plastik ukuran 40x30x10 cm^3, dengan jarak tanam 5x5 cm, kemudian diberi ekstrak basa dan asam lemah dari ke lima bahan organik di atas dan kontrol. Pertumbuhan tanaman kangkung dipertahankan hingga fase vegetatif. Bahan yang mengandung C-organik tertinggi digunakan sebagai POC pembawa diberi tambahan nutrisi N (30 g ZA $100ml^{-1}$ cairan) kemudian efektivitasnya dibandingkan dengan POC merk lain, DiGROW, untuk beberapa tanaman sayuran dan dievaluasi terhadap jumlah dan berat buah tanaman lombok, tomat, dan terong. Media tanam disiapkan di lahan dengan membuat 3 bedengan, masing-masing berukuran 4x1,5 m dengan tinggi bedengan 20 cm. Tanah diolah minimum kemudian diberi kompos setara 2 $t.ha^{-1}$. Bibit tanaman lombok, tomat, terong ditanam bersamaan dalam bedengan dengan jarak tanam 30x40 dalam satu bedengan. Sawi di tanam di tepi bedengan, mengelilingi tanaman lombok, tomat, dan terung. Pupuk cair organik (POC) pembawa, DiGROW, dan kontrol diberikan di masing-masing bedengan. Pertumbuhan dan hasil tanaman diamati setelah buah muncul.

Analisis data

Data dievaluasi terhadap hasil analisis ciri kimia POC, media tanaman dan Pertumbuhan dan hasil, ditabulasi dalam Tabel dan Grafik. Hasil perbedaan ciri kimia dan pertumbuhan tanaman dievaluasi dan dibandingkan dengan kontrol.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ekstraksi bahan organik

Hasil ekstraksi bahan organik dari pupuk kandang, guano, batu bara, lidah buaya dan kompos "Agrivet" serta POC pembawa N disajikan dalam (Tabel 1) sedangkan kandungan C-organik bahan kering disajikan (Tabel 2). Kandungan C-organik dan nutrisi ekstrakan/cairan lebih rendah dibanding bahan kering. Kandungan C-organik kompos dan batu bara lebih tinggi dibanding yang lain, yaitu sebesar 0,165% dan 0,15%. Nilai ini masih kurang memenuhi syarat untuk POCp yaitu kandungan C-organik 10-20% (Van Rooijen, 2011) dan C-organik minimal 6% Permentan, 2011). Untuk meningkatkan kandungan C-organik Pupuk cair organik pembawa, disarankan pencampuran batu bara atau gambut ke dalam ekstrakan bahan organik, (Van Noorjien, 2011) sehingga bisa didapatkan C-organik larutan hingga 10-20%. Oleh karena sulitnya mencari gambut atau batu bara di Jawa, sehingga peneliti mencari bahan organik alternantif yang bisa digunakan sebagai pengganti baku pupuk organik cair. Standar mutu pupuk organik cair menurut Peraturan Menteri Pertanian No. 70/Permentan/SR.140/10/2011 pada tanggal 25 Oktober 2011 adalah C-organik minimal 6, pH 4-9, N, P_2O_5,dan K_2O antara 3-6%, hara mikro < 0,5%. Peraturan Mentan sebelumnya, kandungan C-organik ≥4%. Untuk memenuhi syarat mutu Pupuk organik cair sesui permentan, maka pH supernatan tersebut perlu disesuaikan hingga 6,6-7,0 melalui penambahan KOH atau Amonium Nitrogen. Karbon organik pembawa adalah C-organik yang mengikat atau berkompleks dengan nutrisi makro atau mikro yang ditambahkan. Hasil ekstraksi POC ini menggunakan perbandingan asam organik terhadap bahan organik 15% dan asam yang digunakan asam fulvat bukan propionat sesuai saran Van Rooijen (2011), maka hasil yang diperoleh kurang memenuhi syarat POC sehingga perlu penambahan basa lemah dan asam lemah yang mungkin dari asam sulfat (Robinson, 1995) hingga diperoleh rasio sekitar 5 antara asam dan bahan organik agar diperoleh kandungan C-organik cairan sekitar 6% sesui syarat mutu pupuk.

POC pembawa dari kompos agrivet yang diberi nutrisi N dari Urea sebanyak 30 g per 100 ml cairan meningkatkan kandungan NPK POC dari sebelumny.a Kandungan nutrisi POCp tertinggi adalah N-Guano (0,139%), P-Pupuk kandang (0,0045%), K-Guano (0,252%). Kandungan NPK-POCp tertinggi dari guano mencapai 0,392%, diikuti pupuk kandang sapi (0,231%), lidah buaya (0,220%), kompos agrivet (0,181%), dan batu bara (0.129%). Kandungan C-organik kompos "Agrivet" tertinggi (0,165%) diikuti batu bara, lidah buaya, pupuk kandang sapi dan guano, sehingga dipilih untuk POC-pembawa. Penambahan ZA 30 g per 100 ml POCp -kompos menyebabkan kandungan N total meningkat 0,463%, (4629,69 ppm) dan NPK menjadi 0,510%. Rata-rata nilai pH POCp semua bahan baku pupuk masih di atas 7 (Tabel 1), sehingga perlu diturunkan hingga

mencapai pH sekitar 6.5-7,0 melalui penambahan asam fulvat atau asam organik lainnya. Jadi untuk aplikasi lapangan, jika pupuk cair organik yang dihasilkan masih mempunyai pH >7, maka perlu ditambahkan asam organik hingga pH yang diinginkan. Penyesuaian pH ini bertujuan untuk memaksimalkan ketersediaan nutrisi tanaman karena nutrisi tersedia hanya pada kisaran pH 6,5-7,0 (Tan, 1998).

Tabel 1. Hasil analisis ekstrak contoh bahan organik dengan KOH 10% dan asam fulvat 15%.

No.	Kode	C-org	N.total	C/N	Bahan Organik	P	K	NPK	EC	pH
						$HNO_3 + HClO_4$		%		
		……..%.....			……..%					
1	PK	0,075	0,060	1	0,130	0,0045	0,167	0,231	1,43	8,4
2	G	0,030	0,139	0	0,052	0,0006	0,252	0,392	3,05	7
3	BB	0,150	0,007	22	0,260	0,0006	0,122	0,129	1,6	9,3
4	LB	0,105	0,010	11	0,182	0,0028	0,207	0,220	2,66	9,9
5	A	0,165	0,023	7	0,285	0,0028	0,155	0,181	1,95	8,3
6	POC	0,015	0,486	0	0,026	t u	0,025	0,510	1,79	7,6

Tabel 2. Hasil analisis contoh bahan organik kering

No.	Kode	% N Total	% P Total	% K Total	$C_{Organik}$	C/N
1	PK	7,580	2,43	2,03	26,03	3,43
2	G	3,561	2,90	2,60	23,29	6,54
3	BB	1,005	Tdk diukur	Tdk diukur	27,81	27,67
4	LB	1,301	0,62	2,23	10,52	8,09
5	A	1,732	0,69	0,12	22,71	13,11

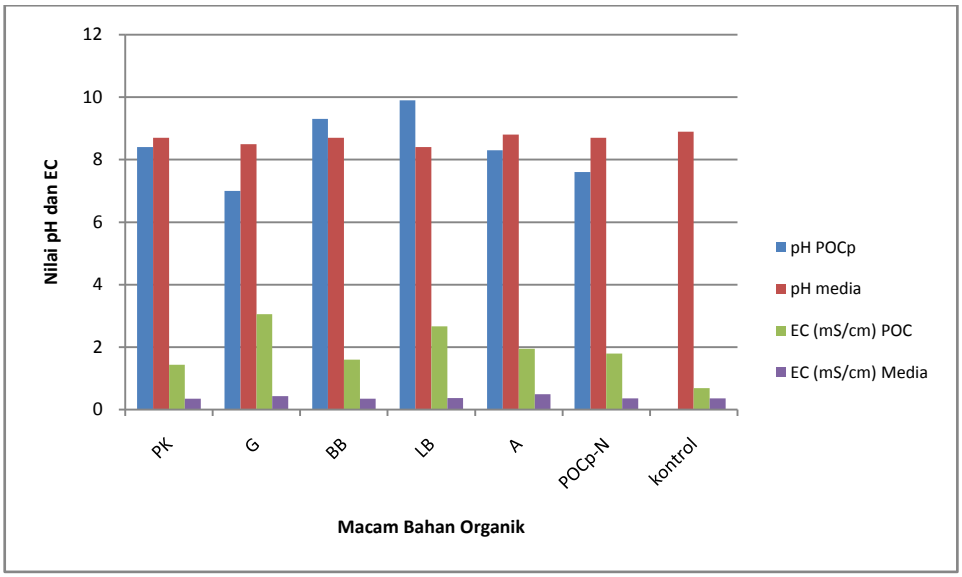
Nilai EC POC-p dari berbagai bahan organik bervariasi dan nilai EC POCp-Guano di atas 2,5 mS cm^{-1}, di atas batas optimal garam-garam tersedia bagi tanaman. Lebih tingginya nilai EC POCp-G ditunjukkan oleh lebih tingginya nitrogen dan kalium yang terekstrak dibandingkan bahan lain. Mungkin juga garam-garam lain yang belum terukur juga lebih banyak tersedia dibanding bahan lain. Meski nilai pH POC-p guano 7, sehingga kelebihan EC perlu diturunkan hingga 2.5 melalui penambahan air. Nilai EC POCp-PK, -BB, dan -A harus ditingkatkan melalui penambahan nutrisi ke dalam POCp agar kecukupan nutrisi untuk pertumbuhan tanaman terpenuhi hingga panen. Hampir semua kandungan K tersedia POCp lebih tinggi dibanding N dan P karena bahan pengekstrak yang digunakan dari KOH yang berfungsi selain sebagai perombak ikatan C-organik, juga sebagai tambahan nutrisi POCp. Hal ini menguntungkan pembuatan POCp yang bisa mengurangi penambahan nutrisi K dari pupuk seperti KCl, KSO_4, KNO_3, atau bahan pupuk K lainnya. Hal ini sesuai dengan pendapat Bohn *et al.* (2001); Tan (2003); dan Sparks (2003) dimana ekstraksi bahan organik dengan KOH menyebabkan POC -organik jenuh dengan K. Pemisahan gugus karboksil dan fenol bahan organik (R-COOH = R-COO^- + H^+) mungkin menghasilkan 85 - 90% muatan negatif dari humus. Unit R-COOH memisah pada berbagai pH yang berbeda, tergantung perubahan pH sistem dan meningkat di atas 6.

Respon tanaman terhadap pemberian POC

Hasil aplikasi POCp ke tanaman disajikan dalam (Tabel 3 dan 4). Ekstraksi basa bahan organik akan membentuk muatan negatif POCp (R-COO-) yang memungkinkan POC mempertahankan kation yang ditambahkan lewat pupuk sehingga tidak mudah hilang tetapi dalam bentuk tukar yang tersedia bagi tanaman. Selain itu, POCp juga menyediakan nutrisi melalui pelepasan nutrisi oleh gugus C-organik, sesuai dengan pendapat Bohn *et al*. (2001), dan Mikkelsen (2005). Tanaman kangkung yang diberi POC 5 $ml.l^{-1}$ air menghasilkan rata-rata daun membuka sempurna lebih banyak dibanding kontrol, namun panjang tanaman bervariasi. Panjang tanaman kangkung setelah aplikasi POC 10 hari lebih tinggi dengan perlakuan POCp guano, diikuti POCp-N dan POCp-PK, dimana kandungan nutrisi ketiga bahan lebih tinggi dibanding lainnya, (Tabel 3 dan Gambar 2). Rata-rata nilai pH media tanam masih lebih tinggi dari 8 dan EC media dibawah 1 $mS.cm^{-1}$, menyebabkan pertumbuhan kangkung kurang sempurna. Hal sama sesuai yang didapat Robinson (1995). Aplikasi POCp-N ke tanaman berbuah pada umur 40 hari setelah tanam jika dibandingkan dengan POC DiGrow masih memberikan hasil lebih rendah (Tabel 4 dan Gambar 3) karena nutrisi yang ditambahkan hanya N saja, sehingga kurang mencukupi kebutuhan metabolisme tanaman. Namun demikian, hasil aplikasi POCp-N lebih baik dibanding kontrol yang menandakan ketersediaan nutrisi meningkat dengan substitusi pupuk ZA. Nutrisi tanaman yang kurang mencukupi kebutuhan metabolisme menyebabkan pertumbuhan organ juga terhambat.

Tabel 3. Efek aplikasi POCp (10 hari) terhadap pH dan EC media serta pertumbuhan kangkung

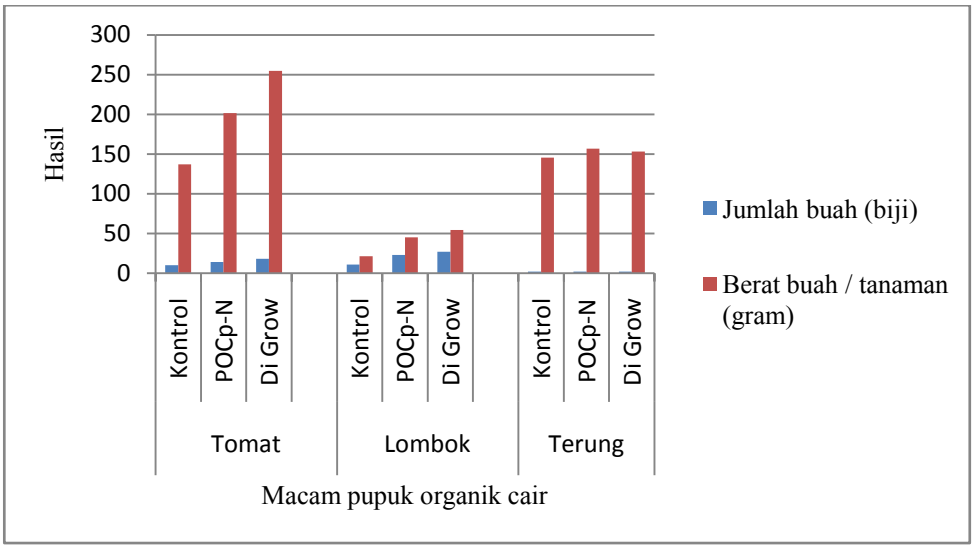
No.	POCp	…….. pH ……..		…… EC ..……		Daun membuka	Panjang tanaman
		POCp	Media	POC	Media		
1	PK	8,4	8,7	1,43	345	2	4,83
2	G	7	8,5	3,05	433	2	5,33
3	BB	9,3	8,7	1,6	350	2	4,20
4	LB	9,9	8,4	2,66	372	2	4,47
5	A	8,3	8,8	1,95	490	2	4,00
6	POCp-N	7,6	8,7	1,79	360	2	5,17
	kontrol		8,9		354	1	4,01



Gambar 2. Nilai pH dan EC Bahan organik terekstrak KOH dan asam fulvat dan pengaruhnya pada media tanam kangkung

Tabel 4 . Perbandingan Efek POCp dan DiGrow pada berbagai tanaman

No.	Tanaman	Perlakuan	Rata-rata jumlah buah	Berat buah atau daun /tanaman
1	Tomat	Kontrol	10	137,20
		POCp-N	14	201,60
		Di Grow	18	254,80
3	Lombok	Kontrol	11	21,20
		POCp-N	23	45,20
		Di Grow	27	54,40
2	Terung	Kontrol	2	145,73
		POCp-N	2	156,82
		Di Grow	2	153,18



Gambar 3. Efek pemberian POC terhadap jumlah dan berat buah tanaman sayuran

KESIMPULAN

Ekstraksi basa lemah dan asam organik dari berbagai bahan organik menghasilkan kandungan C-organik bervariasi. POCp dari kompos tanaman dan batu bara mengandung C-organik lebih tinggi dibanding bahan lainnya, namun kadar C-organik Kompos "Agrivet" 0,165%, masih kurang memenuhi syarat untuk POC sehingga perlu peningkatan kadar C- melalui pemilihan bahan organik dan teknik pencampuran, penambahan asam dan oksidasi yang lebih akurat. Kandungan NPK POCp-Guano (0,392%) kurang mencukupi kebutuhan tanaman sehingga perlu ditambahkan nutrisi lainnya. POC pembawa yang dibuat masih mempunyai pH >7, sehingga perlu disesuaikan ke pH 6-7.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada DP2M - DIKTI atas bantuan dana PPM dalam SKIM IbIKK TA 2011, UPN "Veteran" Jatim atas bantuan dana Penelitian TTG, mahasiswa FP UPN yang telah membantu pelaksanaan kegiatan, Dekan FP UPN atas peminjaman lahan percobaan dan Laboratorium untuk kelangsungan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Bohn, H. B.L.McNeal, and G.A. O,connor. 2001. Soil Chemistry, Third Edition. John Wiley & Sons. Inc. 307p. (ion penting 26-67).

Fischer, K.,; J. Katzur. And R. Schiene. 1998. Organic Fertilizer And Method Of Manufacturing It. Patent Number 5,720,792a.

Lombard. 2002. Process For The Production of Organic Products From Diverse Biomass Sources. Patent No.: Us 6,409,841 Bl.

Mahmoud, E., N. A. EL- Kader, P. Robin. 2009. Effects of Different Organic and Inorganic Fertilizers on Cucumber Yield and Some Soil Properties. World Journal of Agricultural Sciences 5 (4): 408-414.

Maroeto. 2008. Efektifitas Bentuk Pupuk Organik Dan Npk Terhadap Kandungan NP-Entisol. Jurnal Ilmiah "Agro Kusuma" ISSN ; 1412-036 Vol.8 Agustus 2008 Hal.: 79-88.

Maroeto dan W. Mindari. 2010. Formulasi Pupuk Organik Berbahan Baku Lokal dan Implementasinya Pada Tanaman Tomat. Pros. Sem. Nas. LPPM UPN"Veteran" Jatim ISBN 978-602-98517-3-1.

Mikkelsen, R.L. 2005. Humic Materials for Agriculture. Better Crops 89 (3):6-10.

Mindari,W., P.E Sasongko, and Maroeto. 2011. Extent of mineralization organic fertilizer on salt affected soil and that implementation on tomato. In: International Seminar on Natural Resources, Climate hange and Food Security in Development Countries, June 27 -28, 2011, Surabaya.

Peraturan Menteri Pertanian Nomor: 02/Pert/Hk.060/2/2006. Tentang Pupuk Organik dan Pembenah Tanah. Http://Perundangan.Deptan.Go.Id/Admin/P_Mentan/Permentan-02-06.Pdf.

Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 28/Permentan/ Sr. 130/5/2009 Tahun 2009 Tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati Dan Pembenah Tanah Http://Www.Promedia.Co.Id/Ppvtpp/Files/96permentan-28-130-Th-2009.Pdf.

Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 70/Permentan/Sr.140/10/2011 Tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati Dan Pembenah Tanah Http://Www.Deptan.Go.Id/Permentan2011/21.Permentan%2070%20th.%202011/1.Permentan%2070%20tahun%202011%20_378-399_.Pdf.

Rahman, A. 1989. Pengantar Teknologi Fermentasi. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi. IPB. Bogor.

Robinson C. 1995. Method For Producing Suspension Fertilizer Patent Number: Us 5,443,613 Amcdonald Ba.1978. Digester And Process For Converting Organic Matter To Methane And Fertilizer Pantent No Us 4,100,023.

Rusastra, W., Saptana, dan A. Djulin. 2005. Road Map Pengembangan Pupuk Organik Dalam Mendukung Pembangunan Pertanian di Indonesia, Pp 167-211 http://pse.litbang.deptan.go.id/ind/pdffiles/Anjak_2005_VI_05.pdf.

Sparks, D.L. 2003. Environmental Soil Chemistry. Second Edition. University of Delaware. Academic Press. 352p.

Stevenson, F.J. 1982. Humus Chemistry Genesis, Compotition and Reaction. John Willey and Son. New york.

Tan. K.H. 2003. Humic Matter in Soil and the Environment. Principles and Controversies. University of Georgia. Athens, Georgia, U.S.A.

Tan, K.H. 1998. Principles of soil chemistry. 3rd ed. 521p.

Van Rooijen, W.A. 2011. Fertilizer. United States (12) Patent Application Publication No.: US 7,875,096,B2/ 2011.

Pemanfaatan Produk Samping Pertanian sebagai Pupuk Organik Berbahan Lokal di Kota Dumai Provinsi Riau

50

Nurhayati dan A.S. Alim

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Riau, Jl. Kaharuddin Nasution No. 341 Marpoyan, Pekanbaru

Abstrak. Lahan pertanian di Indonesia, baik lahan kering maupun lahan sawah mempunyai kandungan bahan organik tanah yang rendah (<2%). Oleh karena itu penggunaan bahan organik untuk memperbaiki produktivitas lahan perlu digalakkan. Limbah pertanian seperti jerami tanaman pangan, limbah perkebunan dan kotoran ternak adalah sisa dari proses produksi pertanian. Limbah pertanian yang mengalami proses pelapukan atau fermentasi baik secara alami maupun melalui bantuan activator akan menghasilkan pupuk organik. Pupuk organik dipercaya sebagai pupuk yang lengkap walaupun dalam jumlah kecil tetapi mengandung unsur makro dan mikro yang dibutuhkan tanaman. Ketersediaan pupuk organik dalam jumlah dan kualitas yang memadai dapat dijadikan sebagai dasar dalam menuju terwujudnya pembangunan pertanian yang berkelanjutan. Penggunaan pupuk organik selain dapat memperbaiki struktur tanah juga dapat meningkatkan produktivitas lahan. Penelitian dilaksanakan di Kota Dumai pada bulan April - September 2010. Penelitian dilaksanakan dengan metode desk study dan survei di empat kecamatan (Dumai Barat, Sungai Sembilan, Bukit Kapur dan Medang Kampai) dengan melibatkan 40 responden. Data sekunder bersumber dari BPS berupa luas panen, produksi gabah, produksi jerami, jerami yang dikomposkan, produksi kompos, populasi ternak, produksi kotoran ternak, produksi pupuk, persentase pemanfaatan pupuk organik dan luas areal kebun sawit. Kota Dumai dapat menghasilkan kompos dari sisa hasil panen tanaman pangan sebanyak 5.180,72 t.thn^{-1}, dari tanaman perkebunan sebesar 47.877 t.thn^{-1} dan dari limbah ternak sebesar 47.024,87 t.thn^{-1}. Dari keseluruhan potensi kompos dari limbah tanaman pangan, perkebunan dan peternakan sebesar 100.082.59 t dapat memupuk lahan seluas 50.041,3 ha.

Kata kunci: Pupuk organik, limbah pertanian, bahan lokal

Abstract. *Agricultural land in Indonesia, both dry land and paddy fields, has a low content of soil organic matter (<2%). Therefore the use of organic materials should be encouraged to improve the land productivity. Agricultural waste such as crop straw, farm waste and livestock manure are the residue of the agricultural production process. Agricultural waste that has decay or fermentation process either naturally or through the assistance of activator will produce organic fertilizer. Organic fertilizer is believed to be a complete fertilizer, although in small quantities but contain macro and micro elements. Availability of organic fertilizers in adequate quantity and quality can be as basic for the creation of sustainable agricultural development. Using organic fertilizer to improve soil structure and increase the land productivity. Research conducted in Dumai in April-September 2010. Research carried out by the method of desk study and survey in four*

districts (Dumai Barat, Sungai Sembilan, Bukit Kapur and Medang Kampai) involving 40 respondents. Secondary data was sourced from the BPS were harvested area, production of grain, hay production, hay compost, compost production, livestock, manure production, fertilizer production, the percentage utilization of organic fertilizers and the palm plantation area. Dumai city can produce compost from the rest of the crop yield as much as 5,180.72 ts.yr^{-1}, from the plantation of 47,877 ts.yr^{-1}, and from animal waste at 47,024.87 ts.yr^{-1}. The overall potential of compost from waste crops, plantations and farms of 100.082.59 tons can cultivate the land area of 50,041.3 ha.

Keywords: *Organic fertilizer, agricultural waste, local materials*

PENDAHULUAN

Karakteristik lahan daerah Riau dicirikan oleh iklim tropika basah dengan tanah-tanah yang berkembang dari bahan induk batuan sedimen dan bahan induk aluvial yang mempunyai kesuburan alami rendah, yaitu reaksi tanah masam, kandungan bahan organik rendah, basa-basa dapat ditukar dan kejenuhan basa rendah dan kejenuhan aluminium tinggi. Salah satu usaha untuk memperbaiki kondisi tanah yang miskin unsur hara adalah dengan pemberian pupuk.

Jika ditinjau dari bahan bakunya, pupuk dibedakan menjadi pupuk organik dan pupuk anorganik. Pupuk organik adalah pupuk yang berasal dari sisa-sisa tumbuhan maupun hewan, dapat berupa pupuk hijau, pupuk kandang, kompos baik berupa cair maupun padat, sedangkan pupuk anorganik adalah pupuk yang terbuat dari bahan-bahan kimia, seperti Urea, ZA, TSP, SP-36, dan KCl (Indriani, 2000).

Pupuk organik bersifat *bulky* dengan kandungan hara makro dan mikro rendah sehingga perlu diberikan dalam jumlah banyak. Meskipun kandungan haranya rendah, penggunaan pupuk organik semakin meningkat seiring dengan maraknya pertanian organik. Jerami dan pupuk kandang merupakan sumber pupuk organik yang biasa dimanfaatkan petani.

Menurut Musnamar (2003), kandungan unsur hara dalam pupuk organik lebih sedikit daripada pupuk anorganik. Namun penggunaan pupuk organik secara terus menerus dalam rentang waktu tertentu akan menjadikan kualitas tanah lebih baik dibandingkan penggunaan pupuk anorganik. Pupuk organik mampu meningkatkan kemampuan tanah mengikat air, meningkatkan daya tahan tanah terhadap erosi, memperbaiki biodiversitas dan kesehatan tanah, serta dapat mengurangi penggunaan pupuk anorganik. Selain itu pupuk organik tidak akan meninggalkan residu pada hasil tanaman sehingga aman bagi lingkungan dan kesehatan manusia.

Pupuk organik mengandung unsur makro dan mikro yang dibutuhkan tanaman walaupun dalam jumlah yang kecil. Ketersediaan pupuk organik dalam jumlah dan kualitas yang memadai dapat dijadikan sebagai dasar dalam menuju terwujudnya

pembangunan pertanian yang berkelanjutan. Penggunaan pupuk organik selain dapat memperbaiki struktur tanah juga secara tidak langsung dapat meningkatkan produktivitas lahan.

Untuk mempertahankan dan meningkatkan bahan organik tanah, diperlukan penambahan organik secara berangsur. Masalah utama dalam penggunaan pupuk organik adalah perlu jumlah yang banyak dan ketersediaan sumber bahan organik di lapangan. Kebutuhan yang meningkat tidak diimbangi dengan ketersediaan cukup akan berpengaruh terhadap meningkatnya harga pasaran. Tidak jarang saat petani membutuhkan, pupuk menghilang di pasaran dan kalaupun ada harganya melambung tinggi. Kondisi yang kurang menguntungkan ini dapat ditanggulangi dengan meningkatkan penggunaan pupuk organik. Dimasa mendatang bersamaan dengan dicabutnya subsidi pupuk kimia akan semakin meningkatkan kebutuhan pupuk organik.

Potensi pupuk organik lokal yang dimaksud adalah sumber bahan organik lokal yang mudah didapat, dalam jumlah memadai dan efektif dalam meningkatkan hara tanah. Sumber bahan organik lokal yang ada di lapangan sebenarnya cukup banyak, namun belum termanfaatkan. Untuk mengetahui potensi penyediaan bahan baku pupuk organik lokal dan pemanfaatannya diperlukan satu kajian. Untuk itu, perlu diidentifikasi potensi pupuk organik lokal dari limbah pertanian. Tujuan dari kegiatan ini adalah mengidentifikasi potensi bahan organik lokal dari limbah pertanian di Kota Dumai Provinsi Riau.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Kota Dumai pada bulan April - September 2010. Penelitian dilaksanakan dengan metode *desk study* dan survei. Data sekunder yang digunakan untuk identifikasi pupuk organik berbahan baku lokal bersumber dari BPS Kota Dumai. Untuk survei dengan mengikutsertakan 40 responden. Responden yang diambil yang beraktivitas sebagai petani dan peternak. Data dianalisis secara diskriptif.

Data sekunder yang dikumpulkan meliputi:

a. Data jenis bahan baku lokal asal tanaman pangan, luas panen padi, produksi gabah, produksi jerami, jerami yang dikomposkan, produksi kompos.
b. Data jenis bahan baku lokal berasal dari limbah peternakan, populasi ternak, produksi kotoran ternak, produksi pupuk, persentase pemanfatan pupuk organik.
c. Data jenis bahan baku lokal asal tanaman perkebunan, luas areal kebun, jumlah yang dihasilkan dan produksi pupuk.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Potensi pupuk organik dari limbah pertanian tanaman pangan

Potensi sumber daya pertanian tanaman pangan yang diusahakan oleh petani di wilayah Dumai cukup besar. Upaya yang dilakukan untuk meningkatkan produktivitas adalah melalui intensifikasi dan penggunaan pupuk organik yang ditujukan untuk perbaikan dan pemulihan lahan.

Luas panen tanaman pangan untuk komoditas padi, jagung, kacang tanah dan kacang hijau di Kota Dumai pada tahun 2008 seluas 4.449 ha, yang terdiri dari luas panen padi seluas 2.810 ha, padi ladang seluas 1.175 ha, jagung seluas 243 ha, kacang tanah seluas 100 ha dan kacang hijau seluas 121 ha (Tabel 1).

Luasan tersebut memberikan produk gabah kering panen untuk padi sawah 8.439 t, padi ladang sebesar 3.498 t, produksi jagung sebesar 972 t, produksi gabah kering panen kacang tanah sebesar 200 t, produksi gabah kering panen kacang kedelai sebesar 27 t dan produksi gabah kering panen kacang hijau sebesar 242 t.

Tabel 1. Luas panen padi, potensi limbah jerami dan produksi pupuk kompos di wilayah Kota Dumai Tahun 2008

Komoditas	Luas panen (ha)	Produksi gabah GKP (t)	Produksi jerami/ brangkasan (t)	Jerami yang dikomposkan (t)*	Produksi kompos (t)
Padi sawah	2.810	8.439	14.050	6.567	3.207
Padi ladang	1.175	3.498	5.875	2.738	1.369
Jagung	243	972	1.944	906	453
Kacang tanah	100	200	400	186	93
Kacang kedelai	5	27	10	4,66	2,33
Kacang hijau	121	242	242	112,77	56,39
Jumlah	4.449		22.521	10.514,43	5.180,72

Sumber: diolah dari BPS, 2008

Hasil samping panen padi berupa limbah jerami padi yang konversinya per hektar mencapai 5 t. Penyusutan jerami segar menjadi kompos mencapai 50% (Balittanah, 2008). Untuk tanaman jagung, hasil samping panen jagung berupa batang, daun dan tongkol menghasilkan 8-10 $t.ha^{-1}$ limbah jagung kering (Subandi dan Zubachtirodin, 2004; Sariubang *et al.* 2000; dan Yasa dan Adijaya, 2004). Untuk tanaman kacang tanah dapat menghasilkan biomass sebesar 4 $t.ha^{-1}$ (Sumarno, 1986), tanaman kedelai menghasilkan 2 $t.ha^{-1}$ dan kacang hijau sebesar 2 $t.ha^{-1}$ (Puslitbangtan, 2007).

Sisa hasil panen berupa limbah jerami terdiri dari limbah jerami padi baik padi sawah maupun ladang berturut-turut sebesar 14.050 t dan 5.875 t, brangkasan jagung sebesar 1.944 t, jerami kacang tanah sebesar 400 t dan jerami kacang hijau sebesar 242 t. Limbah jerami yang dapat dijadikan sumber pupuk organik sebanyak 22.521 t.

Berdasarkan hasil survei di Kota Dumai, diketahui bahwa hanya 50% petani yang mengetahui tentang adanya manfaat limbah tanaman pangan untuk penyubur tanah. Namun umumnya petani membakar jerami disawah untuk mendapatkan abunya sebagai pupuk. Dari hasil survei hanya 46,6% jerami yang dimanfaatkan menjadi kompos. Dari asumsi tersebut maka diperoleh data sebesar 10.514,43 t jerami yang jika dikomposkan menghasilkan 5.180,72 t kompos.

Potensi Pupuk Organik dari Hasil Samping Perkebunan

Produksi perkebunan kelapa sawit akan menghasilkan limbah seperti tandan kosong sawit (TKS) yang besar sebagai media bahan baku lokal pupuk organik. Permintaan pupuk organik yang semakin pesat merupakan salah satu peluang pemanfaatan TKS menjadi pupuk kompos secara ekonomis. TKS melalui proses dekomposisi dapat dijadikan pupuk yang kaya unsur hara seperti N, P, K, dan Mg sesuai dengan yang dibutuhkan tanaman.

Luas areal perkebunan di Kota Dumai pada tahun 2008 yang meliputi karet, kelapa, kelapa sawit dan pinang mencapai 32.199 ha. Dari beberapa komoditas tersebut kelapa sawit memberikan kontribusi terbesar mencapai 27.954 ha, dengan produksi sawit sebanyak 299.230 t (Tabel 2). Produksi perkebunan kelapa sawit akan menghasilkan limbah seperti tankos atau tandan kosong, yang besar sebagai media bahan baku lokal pupuk organik. Setiap pengolahan 1 t TBS akan menghasilkan limbah pada berupa tandan kosong sawit (TKS) sebanyak 200 kg (Pusat Penelitian Kelapa Sawit, 2005). Dengan asumsi diatas maka perkebunan sawit di Kota Dumai menghasilkan sebanyak 59.846 t TKS dan potensi kompos setara dengan 47.877 t.

Potensi Pupuk Organik dari Limbah Peternakan

Jenis ternak budidaya di wilayah Kota Dumai terdiri ternak ruminansia dan unggas yaitu sapi, kerbau, kambing, babi, ayam buras, ayam ras dan itik. Jumlah total populasi ternak di Kota Dumai mencapai mencapai 15.652,04 ST (Tabel 2).

Populasi ternak tersebut menghasilkan kotoran sebanyak 94.049,73 t. Tiap jenis ternak setiap hari mengeluarkan kotoran yang dapat dijadikan sebagai sumber pupuk organik yang konversinya tergantung jenis ternaknya. Jenis ternak ruminansia besar setiap hari menghasilkan kotoran sebanyak 3 kg, ternak ruminansia kecil seperti kambing dan domba menghasilkan kotoran 0,5 kg $hari^{-1}$ (Buku Saku Peternakan, 2009) dan unggas menghasilkan kotoran 200 g $hari^{-1}$ (Direktorat Jenderal Peternakan, 2006). Apabila kotoran tersebut dikomposkan akan terjadi penyusutan sekitar 50% (Balittanah, 2008). Sehingga diperoleh pupuk kompos dari kotoran ternak sebesar 47.024,87 $t.th^{-1}$.

Tabel 2. Jumlah populasi ternak, produksi kotoran dan produksi kompos di Kota Dumai

Jenis ternak	Jumlah populasi (ekor)	Jumlah populasi (ST)	Produksi Kotoran (t)	Produksi Pupuk (t)
Sapi	3.325	2.521,35	2.760,88	1.380,44
Kerbau	34	30,88	33,81	16,90
Kambing	10.067	1.156	210,91	105,46
Babi	13.576	2.688,05	490,57	245,28
Ayam buras	87.400	524,40	38,28	19,14
Ayam ras	1.089.960	8.719,68	636,54	318,27
Itik	1.500	12,00	0,88	0,44
Jumlah		15.652,04	94.049,73	47.024,87

Sumber: diolah dari BPS, 2008

Dalam sistem pertanian keberadaan ternak dapat meningkatkan jaminan subsisten melalui diversifikasi jenis usaha untuk menghasilkan pangan bagi keluarga petani, memindahkan unsur hara dan energi antara hewan dan tanaman melalui pupuk kandang. Menurut Devendra (1993) *dalam* Dwiyanto dan Handiwirawan (2004) ada delapan keuntungan yang diperoleh dalam penerapan sistem pertanian terpadu antara tanaman pangan dan ternak yaitu: 1) diversifikasi penggunaan sumber daya produksi, 2) mengurangi terjadinya resiko, 3) efisiensi penggunaan tenaga kerja, 4) efisiensi penggunaan komponen produksi, 5) mengurangi ketergantungan energi kimia dan energi biologi serta masukan sumber daya lain dari luar, 6) sistem ekologi lebih lestari dan tidak menimbulkan polusi, 7) meningkatkan *output*, dan 8) mengembangkan rumah tangga petani yang lebih stabil.

PERAN PUPUK ORGANIK

Pupuk organik dapat diartikan sebagai partikel tanah yang bermuatan negatif sehingga dapat dikoagulasikan oleh kation dan partikel tanah untuk membentuk granula tanah (Djuarnani et al. 2005). Pupuk organik memiliki peranan penting bagi tanah yaitu dapat mempertahankan dan meningkatkan kesuburan tanah melalui perbaikan sifat kimia, fisika dan biologi. Penambahan pupuk organik ke dalam tanah dapat memperbaiki struktur, tekstur, lapisan tanah sehingga memperbaiki keadaan aerasi, drainase, absorbsi panas, kemampuan daya serap tanah terhadap air dan dapat mengendalikan erosi tanah. Pupuk organik membantu memperbaiki sifat fisik tanah, mikrobiologi tanah dan kecukupan unsur hara tanah sehingga pertumbuhan tanaman menjadi lebih baik (Rientjes, 1999).

Kandungan zat hara yang terdapat dalam pupuk organik sangat bervariasi tergantung bahan yang dikomposkan, cara pengomposan dan cara penyimpanan. Kandungan hara yang terdapat pada beberapa jenis pupuk organik ditunjukkan pada (Tabel 3).

Menurut Adiningsih dan Rochayati (1988) *dalam* Arafah dan Sirappa (2003) penambahan bahan organik merupakan suatu tindakan perbaikan lingkungan tumbuh tanaman antara lain dapat meningkatkan efisiensi pupuk. Arafah dan Sirappa (2003) menambahkan bahwa penggunaan pupuk organik meningkatkan produktivitas tanah dan efisiensi pemupukan serta mengurangi kebutuhan pupuk terutama pupuk K. Adiningsih (1984) *dalam* Arafah dan Sirappa (2003) menyatakan bahwa penggunaan kompos jerami sebanyak 5 $t.ha^{-1}$ selama 4 musim tanam dapat menyumbang hara sebesar 170 kg K, 160 kg Mg dan 200 kg Si. Rochayati *et al.* (1991) *dalam* Arafah dan Sirappa (2003) menyatakan bahwa 80% kalium yang diserap tanaman berada pada jerami. Hal ini diperkuat oleh Dobermann dan Fairhurst (2000) bahwa kandungan hara tertinggi dalam jerami selain Si (4-7%) adalah kalium yang sekitar 1,2-1,7% dan unsur lainnya seperti N(0,5-0,8%), P (0,07-0,12%), dan S (0,05-0,10%). Hara nitrogen, fosfor, dan kalium merupakan faktor pembatas utama untuk produktivitas padi sawah.

Tabel 3. Kandungan hara beberapa jenis pupuk organik

Jenis pupuk organik	Kandungan hara (%)		
	Nitrogen (N)	Fosfor (P)	Potasium (K)
Residu tanaman (jerami padi)	0,5-0,8	0,15-0,26	1,2-1,7
Pupuk kandang	0,8-1,2	0,44-0,88	0,4-0,8
Kompos	0,5-2,0	0,44-0,88	0,4-1,5
Pupuk kandang unggas	1,5-3,0	1,15-2,25	1,0-1,4
Pupuk kandang domba dan kambing	2,0-3,0	0,88	2,1
Kompos tanah sawah	1,45	0,19	0,49
Jerami + kotoran sapi	1,07	0,46	0,47
Jerami + kotoran ayam	1,43	0,8	0,48
Tanaman jagung + kotoran ayam	3,2	0,57	0,51

Sumber: 1) http://www.knowledgebank.irri.org/ricedoctor
2) Lead *et al*. 1993 *dalam* Purwa, 2007

Di masa mendatang pemakaian pupuk organik terus meningkat sehingga perlu regulasi atau peraturan mengenai persyaratan yang harus dipenuhi pupuk organik agar memberikan manfaat maksimal bagi pertumbuhan tanaman dan dapat tetap menjaga kelestarian lingkungan. Persyaratan teknis minimal pupuk organik ditunjukkan pada Tabel 4.

Penggunaan pupuk organik dapat dalam bentuk segar atau melalui pengomposan terlebih dahulu. Pemakaian pupuk organik segar memerlukan jumlah yang banyak, sulit dalam penempatanya serta dekomposisinya memerlukan waktu yang relatif lama. Untuk tujuan konservasi tanah dan air yaitu sebagai mulsa penutup tanah cara ini lebih bermanfaat. Pupuk organik merupakan sumber nitrogen tanah, serta berperan cukup besar dalam memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah serta lingkungan. Didalam tanah pupuk organik akan dirombak oleh organisme menjadi humus atau bahan organik tanah.

Tabel 4. Persyaratan teknis minimal pupuk organik

No.	Parameter	Kandungan	
		Padat	Cair
1	C-organik (%)	Minimal 15	>6
2	C/N ratio	12-25	-
3	Bahan ikutan (%) (kerikil, beling, plastik)	<2	-
4	Kadar air (%)	Minimal 20	-
		Maksimal 35	-
5	Kadar logam berat		
	As (ppm)	<10	<10
	Hg (ppm)	<1	<1
	Pb (ppm)	<50	<50
	Cd (ppm)	<10	<10
6	pH	>4 - <8	>4 - <8
7	Kadar total ($N+P_2O_5+K_2O$) (%)	Dicantumkan	Dicantumkan
8	Mikroba pathogen (*E. Coli*, *Salmonella*)	Dicantumkan	Dicantumkan
9	Kadar unsur mikro (ppm) (Zn, Cu, Mn, Co, Fe)	Dicantumkan	Dicantumkan

Sumber: Sulaeman *et al*. (2005)

Bahan organik tanah berfungsi sebagai pengikat butiran primer tanah menjadi butiran sekunder dalam pembentukan agregat yang mantap. Keadaan ini berpengaruh besar pada porositas, penyimpanan dan penyediaan air serta aerasi dan temperatur tanah. Bahan organik tidak langsung dapat dimanfaatkan oleh tanaman karena perbandingan C/N yang masih relatif tinggi. Tanaman dapat memanfaatkan bahan organik yang mempunyai rasio C/N mendekati C/N tanah yang nilainya sekitar 10-12. Limbah jerami padi termasuk bahan organik yang mempunyai rasio C/N tinggi (50-70). Bahan yang mempunyai rasio C/ N tinggi memberikan pengaruh yang lebih besar pada perubahan sifat-sifat fisik tanah dibanding dengan kompos yang telah terdekomposisi.

Bahan dengan rasio C/N tinggi mengakibatkan aktivitas biologi mikroorganisme akan berkurang sehingga mikroorganisme untuk menyelesaikan degradasi bahan kompos memerlukan waktu lebih lama. Selain dapat menyediakan unsur hara makro dan mikro pupuk organik mempunyai peranan penting yaitu meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) tanah dan bereaksi dengan ion logam membentuk senyawa komplek (Balittanah, 2008).

KESIMPULAN

1. Kota Dumai dapat menghasilkan kompos dari sisa hasil panen tanaman pangan sebanyak 5.180,72 $t.thn^{-1}$, dari tanaman perkebunan sebesar 47.877 $t.thn^{-1}$ dan dari limbah ternak sebesar 47.024,87 $t.th^{-1}$. Dari keseluruhan potensi kompos dari limbah tanaman pangan, perkebunan dan peternakan sebesar 100.082,59 t dapat memupuk lahan seluas 50.041,3 ha.

2. Berdasarkan karakteristik lahan di Riau yang secara umum tergolong marjinal, maka direkomendasikan penggunaan pupuk organik dalam rangka perbaikan sifat-sifat tanah terutama sifat fisik tanah yang pada akhirnya akan meningkatkan kesuburan, kimia dan biologi tanah.
3. Pada era sekarang, kenyataannya bahwa pupuk anorganik sulit diperoleh dan relatif mahal, sehingga direkomendasikan pemanfaatan pupuk organik ke lahan sebagai *complementary* dari keterbatasan pupuk anorganik untuk peningkatan produksi tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

Arafah dan M.P. Sirappa. 2003. Kajian penggunaan jerami dan pupuk N, P dan K pada lahan sawah irigasi. Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan Vol 4 (1). Hlm: 15-24.

Badan Pusat Statistik. 2008. Kota Dumai dalam Angka. Badan Pusat Statistik Kota Dumai.

Balai Penelitian Tanah. 2008. Pupuk organik untuk tingkatkan produksi pertanian. Balittanah. Bogor. Soil-fertility@indo.net.id.

Buku Saku Peternakan. 2009. Dinas Peternakan dan Kesehatan Hewan Propinsi Jawa Tengah.

Direktorat Jenderal Peternakan. 2006. Buku Statistik Peternakan. Direktorat Jendral Peternakan. Departemen Pertanian RI.

Djuarnani, N., Kristian dan Setiawan. BS. 2005. Cara Cepat Membuat Kompos. Agromedia Pustaka. Jakarta.

Dobermann, A. dan T. Fairhurst. 2000. Rice: Nutrient Disorders & Nutrient Management Potash & Potash Institute/Potash Potash Institute of Canada.

Dwiyanto, K dan E. Handiwirawan. 2004. Peran libang dalam mendukung usaha agribisnis pola integrasi tanaman ternak. Dalam Prosiding Seminar Nasional Sistem Integrasi Tanaman dan Ternak. Puslitbangnak. Bogor.

http://www.knoledgebank.irri.org/ricedoctor. (diunduh tanggal 23 April 2010).

Indriani, Y. H, 2000. Membuat Kompos Secara Kilat. Penebar Swadaya, Bogor. Hlm 5-7.

Musnamar. 2003. Pupuk Organik Cair dan Padat. Penebar Swadaya. Jakarta.

Purwa DR. 2007. Petunjuk Pemupukan. Agromedia Pustaka. Jakarta.

Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. 2007. Kedelai Teknik Produksi dan Pengembangan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor. 523 hal.

Pusat Penelitian Kelapa Sawit. 2005. Pengelolaan Limbah Pabrik Kelapa Sawit Ramah Lingkungan. Seri Buku Saku. PPKS. Medan.

Sariubang, M., D. Pasambe., S.N. Tambing., S. Bahar dan A. Nurhayu, 2000. Alternatif Pengembangan Ternak Ruminansia melalui Pendekatan Integrasi dengan Peternakan terpadu. Prosiding Seminar Nasional Peternakan dan Veteriner. Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan. Bogor. Hlm 473-477.

Subandi dan Zubachtirodin, 2004. Prospek Pertanaman Jagung dalam Produksi Biomas Hijauan Pakan. Prosiding Seminar Nasional. Pemberdayaan Petani Miskin di Lahan Marginal Melaui Teknologi Tepat Guna. BPTP NTB. Puslitbang Sosek. Badan Litbang Pertanian.

Sulaeman, Suparto, Eviati, 2005. Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk. Balai Penelitian Tanah. Bogor.

Sumarno. 1986. Teknik Budidaya Kacang Tanah. Sinar Baru. Bandung. 79 Hlm.

Yasa dan Adijaya, 2004. Daya Dukung Limbah Jagung dan Kacang Tanah untuk Pakan Sapi di Lahan Marginal. Prosiding Seminar Nasional Pemasyarakatan Inovasi Teknologi dalam Upaya Mempercepat Revitalisasi Pertanian dan Pedesaan di Lahan Marginal. Pusat Analisis Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian Bogor.

Efek Kombinasi Pupuk Organik (Serbuk dan Granul) dan Pupuk Anorganik pada Entisols untuk Tanaman Cabai dan Tomat

51

Nora Augustien, Wanti Mindari, Maroeto, dan Hadi Suhardjono

Dosen Agroteknologi Fakultas Pertanian UPN "Veteran Jawa Timur, Jl. Raya Rungkut Madya Gunung Anyar Surabaya, 60294. Tlp.031 8706369/Fax:0318793653. E-mail: noraagustien@yahoo.co.id; wanti.81263@gmail.com; maroeto_08@yahoo.com; hadisuhardjono@gmail.com

Abstrak. Rendahnya efek penggunaan pupuk organik terhadap penyediaan nutrisi tanaman menjadikan petani enggan menggunakannya sehingga masih banyak menggantungkan kebutuhan nutrisi pada pupuk kimia yang berdampak negatif pada kesuburan tanah. Efek kombinasi pupuk organik dan anorganik telah diyakini dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman lebih baik dibanding penggunaan pupuk kimia secara tunggal. Tujuan penelitian ini untuk mengkaji kombinasi pupuk organik-anorganik 0-75% pada Entisols Mojokerto untuk cabai dan tomat. Kandungan NPK pupuk organik serbuk (POS) 3,88% dengan pH 7,2 sedangkan pupuk organik granul (POG) sebesar 1% dengan pH 7,5 kandungan NPK kompos dan pupuk kandang masing-masing sebesar 2,76 dan 1,58%. Perbedaan kandungan NPK dari POS dan POG disebabkan pengelolaan bahan baku yang berbeda. Respon tanaman tomat lebih baik dibanding cabai dari aplikasi pupuk kombinasi tersebut. Dosis kombinasi pupuk organik granul-anorganik 50%:50% dari POG dari 20 t ha^{-1} dan 300 kg ha^{-1} memberikan hasil lebih baik dibanding kombinasi POS dan pupuk tunggal. Kombinasi tersebut memberikan hasil sama baiknya dengan kombinasi 75%:25% untuk pertumbuhan tomat dan kombinasi 25%:75% untuk cabai. Pupuk organik serbuk 20 t ha^{-1} dapat memberikan hasil buah lebih baik dibanding granul untuk kedua tanaman karena ketersediaan nutrisi lebih banyak.

Kata kunci: Kombinasi pupuk, pupuk organik serbuk (POS), pupuk organik granul (POG), cabai tomat

PENDAHULUAN

Aplikasi kombinasi pupuk organik dan anorganik ke dalam tanah dapat memperbaiki kesuburan tanah (fisik-kimia), kualitas, dan kuantitas hasil tanaman (Gungula and Tame, 2006; Jun-yong *et al.* 2007; Babajide *et al.* 2008). Pupuk organik dari campuran guano, serbuk gergaji, kompos daun, biji kapuk, rumput laut, dan pupuk kandang yang didekomposisikan kurang lebih 1 bulan (dalam bentuk serbuk, cair, dan pelet) yang dikombinasikan dengan 50% NPK (Urea: 0,362 mg, SP-36: 1,06 mg, KCl: 0,333 mg) menghasilkan PO serbuk lebih efektif disebabkan tingkat kelarutannya lebih tinggi dibandingkan PO -cair dan PO-pelet (Maroeto, 2008). Kompos residu tanaman yang matang dapat memperbaiki ciri kimia tanah lebih baik dibanding limbah hewan dan campuran dengan kompos yang kurang matang (Mahmoud *et al.* 2009). Namun Maroeto

dan Mindari (2010) mendapatkan bahwa mutu kompos lebih rendah dibanding pupuk organik dari campuran pupuk kandang, kompos, dan guano.

Pemberian Pupuk NPK yang dikombinasikan dengan pupuk organik menyebabkan hasil buah tomat lebih baik dibanding jika diberikan tunggal (Babajide *et al.* 2008; Irshad, 2011). Kombinasi 30 kg N.ha^{-1} (15 g N.kg^{-1}) dan 3,0 t ha^{-1} pupuk organik cukup optimum untuk pertumbuhan dan hasil buah tomat dan perbaikan sifat fisik dan kimia tanah (Babajide *et al.* 2008). Hasil yang sama didapatkan dengan menggunakan kombinasi kompos tithonia 0-6,0 t ha^{-1} dan 0-60 kg N.ha^{-1} urea (46% N), pupuk kandang l0 t ha^{-1} dan pupuk NPK 100, 25, dan 25 kg ha^{-1} dan pupuk kandang sapi 2 t ha^{-1} dengan NPK 70, 70, dan 50 kg ha^{-1}). Jika pupuk NPK Zn S ditambahkan pada pupuk organik sapi menyebabkan kualitas tomat meningkat dengan meningkatnya konsentrasi pupuk (Irshad, 2011). Jika pupuk kandang saja diberikan dalam jumlah cukup pada waktu yang tepat sesuai untuk produksi tomat, sama baiknya dengan aplikasi pupuk anorganik dengan urutan pupuk kandang ayam (PKA) > pupuk kandang sapi (PKS), dan kompos.

Pupuk organik yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya, umumnya berbentuk serbuk. Ada beberapa yang menggunakan pelet namun hasilnya kurang memuaskan. Pupuk cair biasanya diberikan sebagai perawatan tanaman dan membutuhkan waktu dan tenaga yang lebih banyak. Pupuk serbuk meskipun lebih unggul dibanding pupuk pelet, namun karena penyimpanannya kurang tahan lama, umumnya sering berjamur jika terlalu basah. Pupuk organik serbuk sifatnya ringan, sehingga aplikasinya agak sulit dan segera perlu dibenamkan untuk mengurangi kehilangannya. Oleh karenanya, dalam kegiatan ini kami mengkaji efektifitas pupuk organik serbuk dan granul serta kombinasinya dengan pupuk NPK untuk tanaman cabai dan tomat.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di green house Fakultas Pertanian UPN "Veteran" Jatim pada bulan Februari sampai dengan Agustus 2011. Suhu ruangan antara 29-31^0 C. Pupuk organik serbuk dibuat dari campuran kompos tanaman dan kotoran hewan dalam perbandingan 1:1 yang diinkubasi dalam bak kompos volume 1,2 m^3 dengan bahan aditif pupuk cair organik ekstrak herbal tanaman terpilih. Pupuk organik granul dibuat dari campuran tepung kompos, pupuk kandang, liat, dan P rendah fosfat (11% P_2O_5) dengan proporsi 40:40:10:10. Semua bahan dicampur dalam pan granulator dengan kecepatan putaran 10 rpm, sudut kemiringan 60°, dan massa umpan tepung 0,5 kg hingga membentuk butiran dengan mengatur pemberian air melalui pipa tetes (30 ml.menit^{-1}). Pupuk organik granul yang sudah jadi dikeringanginkan kemudian diayak lolos ayakan 2-4 mm. Pupuk organik serbuk dibuat dari campuran kompos dan pupuk kandang, diayak lolos ayakan 2 mm. Pupuk NPK dari Petrogres berbentuk butiran berwarna abu-abu. Tanah Entisols diambil dari Mojokerto pada kedalaman 0-20 cm yang memiliki dengan ciri-ciri: pH 6,5, C-

organik 1,23%, N total 0,14%, C/N ratio 9, K-,Na-, Ca-, Mg- dapat ditukar masing-masing sebesar 2,54, 1,96, 13,86, dan 4,50 cmol.kg^{-1}, KTK 22,54 cmol.kg^{-1}, dan EC 0,25 mS.cm^{-1}. Sampel tanah dikeringudarakan, kemudian dibuat ukuran lolos ayakan 2 mm. Tanah ditimbang setara 15 kg setara kering oven, dimasukkan ke dalam pot plastik kapasitas 20 kg. Dosis pupuk organik granul atau serbuk 250 g, dan pupuk NPK 3,6 g per tanaman.

Terdapat sembilan (9) perlakuan kombinasi pupuk organik-anorganik yaitu G1: Granul 100% tanpa NPK, S1: Serbuk 100% tanpa NPK, N1: NPK 100%, S2N4: Serbuk 75%+NPK 25%, S3N3: Serbuk 50%+NPK 50%, S4N2: Serbuk 25%+NPK 75%, G2N4: Granul 75%+NPK 25%, G3N3: Granul 50%+NPK 50%, G4N2: Granul 25%+NPK 75%, dan Kontrol disusun menurut Rancangan Acak Kelompok (RAK) masing-masing diulang 3 kali.

Disiapkan biji cabai varietas Gada dan tomat cherri, direndam dengan air hangat selama 2 jam, kemudian ditiriskan selanjutnya dibenamkan 2 (dua) biji ke dalam polibag semai ukuran 8x10 cm. Saat bibit semai keluar daun 4 helai dengan umur semai lebih kurang 21 hari, bibit ditransplanting ke dalam polibag ukuran 20 kg, yang telah disiapkan berisi campuran tanah, pupuk kandang, dan pasir dengan perbandingan 3:1:1/2. Tiap polibag berisi 1 bibit. Pupuk dasar digunakan kompos sebanyak 0,5 kg/polibag/tanaman. Pertumbuhan cabai dan tomat dievaluasi terhadap: (a) tinggi tanaman (cm), (b). jumlah daun (helai), (c). jumlah bunga, dan (d) berat buah (g/tanaman).

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis ragam (uji F) rancangan acak kelompok (RAK). Untuk menguji hipotesis penelitian dapat dilihat dari hasil uji F terhitung dan dibandingkan dengan nilai F tabel 5%, yaitu bila $F_{hitung} > F_{tabel}$ 5% dinyatakan bahwa Ho ditolak dan bila $F_{hitung} < F_{tabel}$ 5% berarti Ho diterima. Untuk mengetahui apakah terdapat pengaruh nyata di antara sumber keragaman yang ada. Bila di antara keragaman tersebut berbeda nyata (α=0.05) atau berbeda sangat nyata (α=0.01), maka dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ciri-ciri kimia bahan pupuk disajikan dalam Tabel 1. Kandungan C-organik kompos dan pupuk organik serbuk (POS) memenuhi kriteria pupuk organik sedangkan pupuk organik granul (POG) kurang sesuai. Ratio C/N kompos dan POS juga memenuhi syarat mutu pupuk sedangkan POG tidak. Kandungan NPK POS lebih tinggi dibanding POG masing-masing sebesar 3,88 dan 1%. Pemberian pupuk organik kombinasi dengan atau tanpa pupuk anorganik berbeda nyata dibandingkan kontrol terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah bunga, hasil berat buah cabai dan tomat, namun tidak berbeda nyata untuk pH tanah.

Tabel 1. Komposisi kimia bahan baku dan pupuk organik

No.	Macam bahan	Ciri kimia							
		C-organik	N total	P total	K total	C/N	KTK	pH	NPK
		%	%	% (HNO_3-$HClO_4$)			Cmol/kg		%
1.	Liat	0,38	0,09			4	23,99		
2.	Arang kayu	5,4	0,85			6	16,35		
3.	Kompos	16,10	0,96	0,6	1,2	17	39,64		2,76
4.	Pupuk Organik Serbuk (POS)	13,43	1,1	1,89	0,89	12	40,19	7,2	3,88
5.	PKS	1,91	0,31	0,51	0,76	6	28,59		1,58
6.	Pupuk Organik Granul (POG)	1,28	0,31	0,58	0,11	4	39,40	7,5	1

Kombinasi pupuk organik granul (POG) 50%+NPK 50% (G2N4) atau setara 1 t ha^{-1} POG dan 69,4 kg NPK menyebabkan tinggi tanaman cabai tertinggi (87,33 cm atau 23,28%) dibandingkan pemakaian pupuk NPK 100%. Hasil yang sama diperoleh jika POS 25-75% dikombinasikan dengan NPK 25-75%. Jumlah daun tertinggi pada kombinasi POG 25%+NPK 75% (G4N2) meningkat sebesar 14,59% dibandingkan perlakuan NPK 100%. Respon tanaman cabai cukup baik terutama pada berat buah dengan pemupukan POG 25%+ NPK 75% (G4N2), meningkat sebesar 34,85% dibandingkan perlakuan NPK 100%. Hasil yang sama pada kombinasi G3N3: POG 75%+NPK 25% meningkatkan berat buah cabai sebesar 25,72%. Pupuk organik mampu meningkatkan berat buah cabai seperti yang dinyatakan Augustien (2010), dengan POC teh kompos 2 l/tanaman+25 g KCl/tanaman meningkatkan berat buah cabai sebesar 27,5% dibandingkan hanya menggunakan pupuk anorganik KCl 100%. Respon tanaman cabai terhadap pemupukan organik dan anorganik disajikan pada Tabel 2 di bawah ini.

Kombinasi pupuk organik granul (POG) 25%+NPK 75% (G4N2) atau setara 1 t.ha^{-1} POG dan 69,4 kg NPK menghasilkan tinggi dan jumlah daun tanaman tomat tertinggi (masing-masing 84,33 cm dan 53 helai atau 1.43%) dibandingkan pemakaian pupuk NPK 100%. Hasil yang sama diperoleh jika POS 25% dikombinasikan dengan NPK 75% (S4N2), meningkat 1.42%. Jumlah daun akan menurun jika kombinasi POG/POS dan NPK 50%:50%. Dosis pupuk kandang sapi (PKS) 2 t ha^{-1} dengan NPK pada 70, 70, dan 50 kg ha^{-1}, dan pupuk organik dari kompos jerami atau gambut (400 g.pot^{-1} dan anorganik (2,53 urea - 1,68 SP36 - 3 KCl, g.pot^{-1}), atau dengan dosis NPK 140-100-100 kg ha^{-1} atau setara 70-50-50 g.kg^{-1} menjadikan kondisi lingkungan tanah yang kondusif untuk tomat. Berat buah tomat tertinggi dicapai pada perlakuan kombinasi Serbuk 50%+NPK 50% (S3N3) yang tidak berbeda nyata dengan Granul 50%+NPK 50%, dibandingkan dengan pupuk organik tunggal (granul dan serbuk) atau NPK saja dan kontrol. Respon tanaman tomat terhadap pemupukan organik dan anorganik disajikan pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Rerata tinggi tanaman (cm) dan jumlah daun (helai), jumlah bunga, dan berat buah cabai akibat pemberian kombinasi pupuk organik-anorganik.

Perlakuan	pH tanah	Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah Daun (helai)	Jumlah Bunga	Berat Buah (g)
K = Kontrol	6,90	61,00 a	75,33 a	84,33 a	43,40 a
N =100% NPK	6,87	67,00 a	71,67 ab	118,67 a	73,78 b
G = Granul 100%	7,26	71,50 a	80,00 a	129,33 a	83,61 bc
S = Serbuk 100%	7,51	73,67 ab	70,33 ab	175,00 a	83,14 bc
S2N4=Serbuk75%+NPK25%	7,21	75,83 ab	86,67 ab	116,33 a	88,70 bcd
S3N3=Serbuk50%+NPK50%	7,33	76,27 ab	75,67 ab	154,33 a	83,24 bc
S4N2=Serbuk25%+NPK75%	7,35	83,33 b	83,33 ab	146,00 a	84,36 bcd
G3N3=Granul75%+NPK25%	6,70	85,00 b	84,00 ab	123,67 a	99,33 de
G2N4=Granul50%+NPK50%	6,95	87,33 b	76,00 ab	134,67 a	93,56 cd
G4N2=Granul25%+NPK75%	6,98	84,67 b	93,67 b	148,00 a	113,25 e
BNJ 5%	nt	16,146	20,542	tn	15,437

Angka yang didampingi huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5%

Tabel 3. Rerata tinggi tanaman (cm), jumlah daun (helai), jumlah bunga, dan berat buah tomat akibat pemberian kombinasi pupuk organik-anorganik

Perlakuan	pH-tanah	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah daun (helai)	Jumlah bunga	Berat buah (g)
K = Kontrol	6,90	65,67 a	37,33 a	18,67 a	81,19 a
N =100%NPK	6,87	64,33 a	42,67 ab	19,33 a	117,48 a
G = Granul 100%	7,26	79,67 ab	40,67 ab	34,00 abc	136,39 ab
S = Serbuk 100%	7,51	72,00 ab	40,33 ab	36,67 bc	159,03 abc
S2N4=Serbuk 75%+NPK 25%	7,21	70,67 ab	44,33 ab	26,33 ab	138,05 ab
S3N3=Serbuk 50%+NPK 50%	7,33	72,33 ab	47,00 ab	46,00 c	163,95abcd
S4N2=Serbuk 25%+NPK 75%	7,35	77,33 ab	53,00 b	45,33 c	216,23 bcd
G3N3=Granul 75%+NPK 25%	6,70	80,00 ab	48,67 ab	40,67 bc	208,09abcd
G2N4=Granul 50%+NPK 50%	6,95	82,33 ab	50,67 ab	43,33 c	244,25 d
G4N2=Granul 25%+NPK 75%	6,98	84,33 b	53,33 b	45,00 c	241,87 cd
BNJ 5%	tn	18,13	13,56	28,712	83.642

Angka yang didampingi huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf BNJ 5%.

Pupuk organik granul (POG) yang dibuat dari campuran kompos, liat, dan pupuk kandang mempunyai kandungan C-organik kurang dari standar minimum (12-15%), demikian juga C/N ratio POG kurang memenuhi standar mutu pupuk, seyogyanya dimasukkan kategori pembenah tanah. Jika POG tersebut dimasukkan ke dalam pupuk organik maka syarat C/N ratio harus terpenuhi dengan mengurangi pengeringan bahan baku pupuk. Proses pembuatan pupuk butiran dari serbuk justru menurunkan kandungan C-organiknya karena saat granulasi pupuk, bahan harus dibuat powder/tepung melalui pengeringan bahan baku. Hal inilah yang justru menyebabkan kandungan C-organik semakin rendah. Kombinasi pupuk granul 25% dengan NPK 75% mampu meningkatkan

jumlah daun dan berat buah cabai masing-masing sebesar 23,52% dan 34,85% dibandingkan dengan pemupukan NPK 100%. Akan tetapi dengan kombinasi pupuk granul 75% dengan NPK 25% tidak berbeda nyata. Respon tanaman cabai pada pupuk organik serbuk dengan atau tanpa NPK lebih rendah dibandingkan dengan pupuk granul. Hal ini disebabkan karena tanaman cabai merupakan tanaman semusim yang berumur panjang (kurang lebih 1 tahun), yang membutuhkan dosis pemupukan yang cukup. Pupuk organik granul (POG) merupakan pupuk slow release, yang tidak mudah hancur jika kena air tanah yang berbeda dengan POS secara fisik mudah terlarut. Tanaman cabai merupakan tanaman semi determinate yang membentuk daun, bunga, dan buah secara terus menerus sehingga dibutuhkan nutrisi setiap saat walaupun dalam jumlah sedikit. POG mampu mencukupi kebutuhan nutrisi pada tanaman cabai dengan penambahan NPK 75%, menghemat 25% pupuk anorganik. Gardner, Pearce dan Mitchel (1991) menambahkan bahwa konsentrasi pupuk yang tepat akan membantu metabolisme tanaman secara optimal sehingga diperoleh hasil yang maksimal. Dosis optimum pemupukan N 59,9 kg ha^{-1} dan K_2O 55,1 kg ha^{-1} dengan tiga kali aplikasi untuk tanaman cabai tumpang gilir dengan bawang merah (Suwandi dan Rosliani, 2004). Komposisi pupuk granul berupa kotoran sapi+filler (liat+kadarwati (dosis P rendah)+sedikit guano yang dikombinasikan dengan pupuk NPK mampu meningkatkan berat buah cabai. Pembentukan bunga cabai pada kombinasi granul 25% dengan NPK 75% sebanyak 143 bunga/tanaman, walaupun secara statistik tidak berbeda nyata dengan perlakuan kontrol. POS mampu menghasilkan bunga cabai sebanyak 175 bunga/tanaman akan tetapi tidak mampu bertahan membentuk buah, sehingga hanya diperoleh berat buah buah cabai sebesar 159 g/tanaman. Demikian juga Kelpitna (2009) melakukan pemberian pupuk daun pada tanaman cabai ternyata berpengaruh positif terhadap jumlah buah yang terbentuk. Tanaman cabai yang diberi pupuk daun menghasilkan 18 buah dari 21 bunga yang terbentuk (85,71%), sedangkan tanaman tanpa pupuk daun hanya menghasilkan 6 buah dari 11 bunga yang terbentuk (54,54%). Iqbal (2008), menambahkan bahwa pemberian pupuk organik sebaiknya diimbangi dengan pemberian pupuk nitrogen buatan sampai dengan 50% dosis anjuran. Augustien (2010) memberikan kombinasi pupuk organik cair teh kompos dosis 2 liter/tanaman dengan 50% KCl (25g per tanaman) terbukti meningkatkan jumlah buah cabai sebesar 33% dan berat buah cabai sebesar 38%, dibandingkan tanpa teh kompos dan KCl sedangkan dibandingkan dengan dosis KCl 100 g per tanaman meningkatkan jumlah buah 22% dan berat buah 27%. Unsur kalium membantu mencegah kerontokan bunga sehingga mendorong pertumbuhan vegetatip dan generatip tanaman semakin optimal. Unsur K berperan mengatur membuka dan menutupnya sel-sel stomata tanaman, sehingga mempengaruhi transpirasi. Bila kandungan unsur K tinggi maka sel-sel stomata tanaman menutup, sehingga penguapan

akan berkurang atau menurun (Noggle and Fritz, 1983). Kalium berperan dalam fotosintesis. respirasi, aktivitas enzim, dan pembentukan karbohidrat (Liebhart. 1968), K berpengaruh pada bobot kering gladiol (Sutater, 1993) dan melati (Wuryaningsih *et al.* 1997). Hasil penelitian Setyowati, Nurjanah, dan Korisma (2009) menambahkan bahwa bokashi tusuk konde 100% + 0% urea (1,84 g N-organik/polibag) dapat mensubstitusi kebutuhan N-anorganik pada tanaman cabai. Dengan meningkatnya populasi bakteri dan kandungan N total, panjang buah cabai juga semakin meningkat (r=0,34 dan r=0,33). Di sisi lain, kandungan C-organik yang semakin tinggi dapat menurunkan bobot segar buah cabai (r=-0,41). Kandungan NPK dari POS lebih tinggi dibanding kompos dan POG menyebabkan ketersediannya bagi tanaman juga semakin tinggi sehingga hasil buah tomat juga lebih tinggi dibanding lainnya. Berat buah tomat meningkat lebih banyak dengan pemberian pupuk organik serbuk+NPK dibandingkan dengan pemberian granul dan NPK (50:50), masing-masing sebesar 52,05% dan 45,83%, yang tidak berbeda nyata dengan pemberian pupuk organik serbuk+NPK (25:75), yaitu sebesar 51,45%. Kondisi yang mirip didapatkan oleh Nyangani (2010). Jadi pemberian yang terlalu pekat belum tentu akan memberikan hasil yang optimal tapi justru akan menurunkan pertumbuhan dan hasil tanaman tomat. Pupuk organik serbuk dibuat dari campuran kompos tanaman dan kotoran hewan dalam perbandingan 1:1 yang diinkubasi dalam bak kompos volume 1,2 m^3 dengan bahan aditif pupuk cair organik ekstrak herbal tanaman terpilih yang dikombinasikan dengan pupuk NPK mampu meningkatkan berat buah tomat. Lebih besarnya jumlah NPK dibanding POG/POS tentu menyediakan nutrisi yang lebih banyak jika dibandingkan dengan proporsi yang sama (50%:50%) atau di bawahnya (25%:75%). Tersedianya NPK bagi tanaman tentu akan meningkatkan serapan nutrisi tersebut bagi tanaman, yang selanjutnya akan meningkatkan proses metabolisme tanaman yang terukur melalui peningkatan jumlah daun, jumlah bunga, dan buah tomat. Namun jika dikombinasikan dengan pupuk organik, hasilnya lebih bagus karena nutrisi lebih tercukupi. Aplikasi pupuk organik granul dan serbuk mampu memasok cadangan C-organik tanah yang merupakan sumber energi bagi mikroba tanah dalam mendekomposisi bahan organik tanah yang berdampak pada pelepasan asam-asam organik yang mampu melonggarkan ikatan lempeng liat tanah menjadikannya lebih porus atau gembur. Hasil penelitian Purwanto (2005) menunjukkan bahwa peningkatan efisiensi pemupukan NPK terbesar dengan penambahan pupuk kandang, kapur, dan OST. Pemberian pupuk kandang meningkatkan berat buah tomat tertinggi diiukuti oleh pemberian OST dan terendah pemberian kapur. Pujisiswanto dan Pangaribuan (2008) menambahkn bahwa kompos pupuk kandang sapi mampu memperoleh persentase buah tomat layak jual cukup tinggi yaitu lebih dari 90%.

KESIMPULAN

Efek kombinasi pupuk organik granul (POG) dan pupuk organik serbuk (POS) dengan pupuk NPK terhadap hasil cabai dan tomat lebih tinggi jika dibandingkan dengan jika pupuk diberikan tunggal. Persen kombinasi pupuk organik+NPK 25:75, 50:50, dan 75:25 meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman cabai dan tomat dibanding jika diberikan tunggal. Dua proporsi di belakang lebih ekonomis dibanding di depannya. Oleh karenanya perlu pengembangan lebih detil untuk proporsi tersebut dengan ekonomis tinggi agar mampu diadopsi petani.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada DP2M-DIKTI atas bantuan dana PPM dalam SKIM IbIKK TA 2011, mahasiswa FP UPN yang telah membantu pelaksanaan kegiatan, Dekan FP UPN atas peminjaman greenhouse dan laboratorium untuk kelangsungan penelitian dan LPPM UPN "Veteran" Jatim atas segala pengurusan administrasi.

DAFTAR PUSTAKA

Augustien, N.K. 2010. Efektivitas Pupuk Organik Cair "Teh Kompos" dan Pupuk Anorganik KCl Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Cabai (Capsicum annum L.) Prosiding Seminar Nasional LPPM UPN "Veteran" Jatim.

Babajide, P.A., O.S. Olabode, W.B. Akanbi, O.O. Olatunji, and E.A. Ewetola. 2008. Influence of Composted Tithonia-biomass and N-Mineral Fertilizer on Soil Physico-Chemical Properties and Performance of Tomato (Lycopersicon lycopersicuti) Research Journal of Agronomy 2 (4): 101-106.

Gardner, F.P., R.B. Pearce, dan R.L. Mitchell. 1991. Fisiologi Tanaman Budidaya. Penerjemah: Herawati Susilo dan Subiyanto. UI Press. Jakarta. 424 h.

Gungula, D.T. and V. Tame. 2006. Effects of Organic and Inorganic Fertilizer, Soil and Sawdust on Vigour of Tomato (Lycopersicon lycopersicum (L.) Kart) Seedlings in Yola, Nigeria. Journal of Sustainable Development in Agriculture and Environment 2(1): 137-143.

Irshad A.H. 2011. Effect of Organic Manures and Inorganic Fertilizers on Biochemical Constituents of Tomato (Lycopersicon esculentum). Advances in Environmental Biology, 5(4): 683-685.

Iqbal, A. 2008. Potensi Kompos dan Pupuk Kandang untuk Produksi Padi Organik di Tanah Inceptisol. Jurnal Akta Agrosia. Vol. 11 No. 1 Hal. 3-18.

Jun-yong Ma, Li Ke-jiang, Cao Cai-yun, and Z. Chun-lian. 2007. Effect of Long-term Located Organic-Inorganic Fertilizer Application on Fluvo-aquic Soil Fertility and Crop Yield. Plant Nutrition and Fertilizer Science.

Kelptina, A. 2009. Cara Aplikasi Pupuk Daun pada Tanaman Cabai Merah (Capsicum annum L.)/ Buletin Teknik Pertanian Vol.14 No.1 2009: 37-39. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Maluku.

Liebhart, W.C. 1968. Effect of Potassium in Photosynthesis on Carbohydrate Metabolism and Translocation. Soil Sci. Sco. Amer.: 109-145.

Mahmoud, E., N. A. El- Kader, and P. Robin. 2009. Effects of Different Organic and Inorganic Fertilizers on Cucumber Yield and Some Soil Properties. World Journal of Agricultural Sciences 5 (4): 408-414.

Maroeto. 2008. Efektifitas Bentuk Pupuk Organik dan NPK Terhadap Kandungan NP-Entisol. Jurnal Ilmiah "Agro Kusuma" ISSN; 1412-036 Vol. 8 Agustus 2008 Hal. 79-88.

Maroeto dan W. Mindari. 2010. Formulasi Pupuk Organik Berbahan Baku Lokal dan Implementasinya pada Tanaman Tomat. Pros. Sem. Nas. LPPM UPN "Veteran" Jatim ISBN 978-602-98517-3-1.

Noggle, G.R. and G.J. Fritz. 1983. Introductory Plant Physiology. Second Edition. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, New York. 289 p.

Purwanto. 2005. Pengaruh Pupuk Majemuk NPK dan Bahan Pemantap Tanah Terhadap Hasil dan Kualitas Tomat Varitas Intan. Jurnal Penelitian UNIB Vol. IX No 1 Hal. 54-60.

Pujisiswanto, H. dan D. Pangaribuan. 2008. Pengaruh Dosis Kompos Pupuk Kandang Sapi Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Buah Tomat. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II 2008 Universitas Lampung, 17-18 November 2008 Hal. VII 1-18.

Setyowati, Nanik, U. Nurjanah, dan R. Korisma. 2009. Korelasi Antara Sifat-Sifat Tanah dengan Hasil Cabai Merah pada Substitusi Pupuk N-Anorganik dengan Bokasi Tusuk Konde (Wedelia trilobata L.). Akta Agrosia, 12 (2). pp. 184-194. ISSN 1410-3354

Suwandi dan Rosliani. 2004. Pengaruh kompos, pupuk nitrogen dan kalium pada cabai yang ditanam tumpang gilir dengan bawang merah. Jurnal Hortikultura 14(1): 41-48.

Sutater, T. 1993. Pengaruh Pembelahan Subang dan Pemupukan K Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Gladiol Kultivar Salem. Bul. Penel. Hort. XXV (1): 107-113.

Wuryaningsih, S., T. Sutater, dan Sutono. 1997. Peran Pupuk K dan Cekaman Air bagi Pertumbuhan dan Produksi Melati. Jurnal Hortikultura VI(5): 453-459. ISBN: 0853- 7097.

Pemanfaatan Pupuk Organik untuk Meningkatkan Kesuburan Tanah dan Kualitas Tanaman

52

Wiwik Hartatik dan Diah Setyorini

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Tanah, Jl. Tentara Pelajar No. 12, Bogor 16114. Email: wiwik_hartatik@yahoo.com

Abstrak. Beberapa hasil penelitian mengindikasikan bahwa sebagian besar lahan pertanian intensif telah mengalami degradasi dan menurunnya produktivitas lahan, terutama terkait dengan sangat rendahnya kandungan C-organik dalam tanah yaitu <2%, bahkan pada banyak lahan sawah intensif di Jawa kandungannya <1%. Padahal untuk memperoleh produktivitas optimal dibutuhkan C-organik lebih dari 2,0%. Di lain pihak, Indonesia sebagai negara tropika basah yang memiliki sumber bahan dan pupuk organik yang melimpah belum dimanfaatkan secara optimal. Bahan atau pupuk organik sangat bermanfaat bagi peningkatan produktivitas lahan pertanian dalam perbaikan sifat fisik, kimia dan biologi tanah, dan mengurangi pencemaran lingkungan. Pupuk organik adalah pupuk yang berasal dari tumbuhan mati, kotoran hewan dan/atau bagian hewan dan/atau limbah organik lainnya yang telah melalui proses rekayasa, berbentuk padat atau cair, dapat diperkaya dengan bahan mineral dan/atau mikroba yang bermanfaat untuk meningkatkan kandungan hara dan bahan organik tanah serta memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Sumber bahan untuk pupuk organik sangat bervariasi seperti dari limbah pertanian dan non pertanian dengan karakteristik sifat fisik dan kandungan kimia/hara yang sangat beragam sehingga kualitas pupuk organik yang dihasilkan juga bervariasi mutunya. Oleh karena itu pengaruhnya terhadap produktivitas tanah dan tanaman pada lahan kering dan lahan sawah juga bervariasi. Pemanfaatan pupuk organik baik berupa kompos, pupuk kandang atau bentuk lainnya perlu didukung dan dipromosikan lebih intensif baik dilihat dari sisi positif maupun negatifnya. Diperlukan peraturan mengenai persyaratan mutu pupuk organik agar memberi manfaat maksimal bagi petani, mengurangi dampak negatif bagi kesehatan dan pencemaran lingkungan. Permasalahan pemanfaatan pupuk organik di Indonesia yang tergolong daerah tropis dengan curah hujan yang tinggi, tingkat perombakan bahan organik berjalan relatif cepat, sehingga pupuk organik diperlukan dalam jumlah besar. Hal ini menimbulkan kesulitan dalam pengangkutan dan penggunaannya, terlebih bila pupuk organik harus didatangkan dari tempat yang cukup jauh dari lahan usahanya. Disamping itu kadar hara dalam pupuk organik relatif rendah dan sangat bervariasi sehingga manfaatnya bagi tanaman tidak langsung dan pengaruhnya dalam jangka panjang. Oleh karena itu penggunaan pupuk organik tetap harus dikombinasikan dengan pupuk anorganik dengan takaran yang lebih rendah. Beberapa bahan dasar pembuatan pupuk organik yang terdiri dari bahan-bahan berserat panjang dan keras sehingga menyulitkan proses produksinya. Untuk itu diperlukan alat pengolah/pemotong (*chopper*) sehingga mudah dikomposkan. Dalam rangka pemanfaatan pupuk organik untuk pemulihan lahan yang terdegradasi maka diperlukan program pengembangan pertanian petani mandiri yang mengintegrasikan ternak dan tanaman CLS (*Crop Livestock System*), penggunaan tanaman legum baik berupa tanaman lorong (*alley cropping*) maupun tanaman penutup tanah (*cover crop*)

serta pemanfaatan bahan organik in situ perlu diintensifkan untuk mendukung pengembangan pupuk organik non komersial. Pemberdayaan masyarakat dan kelompok tani dalam pengadaan pupuk organik dapat dilakukan melalui: (a) pelatihan petani membuat pupuk organik in situ yang berasal dari kotoran ternak dan sisa tanaman yang dikomposkan, (b) mendorong petani melakukan diversifikasi usaha pertanian berbasis ternak, (c) mendorong petani melakukan pengelolaan bahan organik in situ terutama pada lahan kering. Untuk mendapatkan pupuk organik yang berkualitas baik, diperlukan fasilitas/insentif dari pemerintah berupa mikroba dekomposer dalam proses pembuatan kompos untuk mempercepat proses pengomposan dan atau peralatan pembuat kompos pada tingkat kelompok tani.

PENDAHULUAN

Beberapa hasil penelitian mengindikasikan bahwa sebagian besar lahan pertanian intensif telah mengalami degradasi dan menurunnya produktivitas lahan, terutama terkait dengan sangat rendahnya kandungan C-organik dalam tanah yaitu <2%, bahkan pada banyak lahan sawah intensif di Jawa kandungannya <1%. Padahal untuk memperoleh produktivitas optimal dibutuhkan C-organik lebih dari 2%. Di lain pihak, Indonesia sebagai negara tropika basah yang memiliki sumber bahan dan pupuk organik yang melimpah belum dimanfaatkan secara optimal. Bahan atau pupuk organik sangat bermanfaat bagi peningkatan produktivitas pertanian baik dari sisi kualitas maupun kuantitas, mengkonservasi hara, mengurangi pencemaran lingkungan, serta meningkatkan kualitas lahan secara berkelanjutan (Sri Adiningsih *et al*. 1995).

Pupuk merupakan salah satu sarana produksi terpenting dalam budidaya tanaman, sehingga ketersediaannya mutlak diperlukan untuk keberlanjutan produktivitas tanah dan tanaman serta ketahanan pangan nasional. Namun dewasa ini, produksi pupuk, khususnya pupuk anorganik terus menurun, sehingga harga pupuk ini menjadi semakin mahal dan di beberapa wilayah terjadi kelangkaan. Kondisi ini membuka peluang produksi berbagai jenis pupuk hayati dan pupuk organik untuk melengkapi kekurangan pasokan pupuk.

Pupuk organik sudah sejak lama dikenal dan dimanfaatkan petani. Selain mampu menyediakan unsur hara makro dan mikro bagi tanaman, pupuk organik juga berperan penting dalam memelihara sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Namun akibat ketergantungan yang berlebihan kepada pupuk anorganik, pemanfaatan pupuk organik menjadi tidak optimal.

Kurangnya pemahaman serta terbatasnya informasi tentang pupuk organik menyebabkan kerancuan berpikir bagi sebagian kalangan dalam hal pengembangan dan pemanfaatannya. Berdasarkan hasil survei yang telah dilakukan, diperoleh pemahaman yang menyatakan bahwa usahatani yang menggunakan pupuk organik diartikan sebagai usahatani pertanian organik. Padahal sistem pertanian organik mempunyai falsafah yang berbeda tidak hanya sekadar menggunakan pupuk organik tetapi memerlukan persyaratan

lain yang lebih spesifik. Apabila hanya menggunakan input pupuk organik saja, maka produktivitas tanaman tidak akan tinggi seperti halnya sistem pertanian input rendah atau LEISA (*Low External Input Sustainable Agriculture*). Pencapaian hasil usahatani yang tinggi hanya dapat dicapai apabila diaplikasikan kombinasi pupuk organik dan anorganik dalam sistem *Integrated Plant Nutrients Management System (IPNMS*).

Sumber bahan untuk pupuk organik sangat bervariasi seperti dari limbah pertanian dan non pertanian dengan karakteristik sifat fisik dan kandungan kimia/hara yang sangat beragam sehingga kualitas pupuk organik yang dihasilkan juga bervariasi mutunya. Oleh karena itu pengaruhnya terhadap produktivitas tanah dan tanaman pada lahan kering dan lahan sawah juga bervariasi. Pemanfaatan pupuk organik baik berupa kompos, pupuk kandang atau bentuk lainnya perlu didukung dan dipromosikan lebih intensif baik dilihat dari sisi positif maupun negatifnya. Sangat diperlukan peraturan mengenai persyaratan pupuk organik agar memberi manfaat maksimal bagi petani, mengurangi dampak negatif bagi kesehatan dan pencemaran lingkungan.

Saat ini, kesempatan memproduksi pupuk organik terbuka luas karena selain bahan bakunya melimpah dan bersifat terbarukan, pupuk organik bisa dibuat dan diproduksi secara komersial oleh berbagai kalangan termasuk pengusaha kecil-menengah (UKM). Sehubungan dengan itu perlu dibangun suatu kesepahaman tentang arah pengembangan pupuk organik, etika komersialisasi, pentingnya baku mutu dan payung hukum, serta sosialisasi pemanfaatannya.

Pengertian Pupuk Organik

Pupuk organik merupakan pupuk yang berasal dari tumbuhan mati, kotoran hewan dan/atau bagian hewan dan/atau limbah organik lainnya yang telah melalui proses rekayasa, berbentuk padat atau cair, dapat diperkaya dengan bahan mineral dan/atau mikroba yang bermanfaat untuk meningkatkan kandungan hara dan bahan organik tanah serta memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah (Permentan No. 70/ Permentan/SR.140/10/2011)

Pupuk organik bukan sebagai pengganti pupuk anorganik, tetapi sebagai komplementer. Dengan demikian, pupuk organik harus digunakan secara terpadu dengan pupuk anorganik untuk meningkatkan produktivitas tanah dan tanaman secara berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Kualitas pupuk organik yang dikomposkan sangat dipengaruhi oleh bahan dasarnya, oleh karena itu sangat penting untuk membuat kriteria dan seleksi terhadap bahan dasar kompos untuk mengawasi mutunya. Bahan dasar yang berasal dari sisa tanaman dapat dipastikan sedikit mengandung bahan berbahaya seperti logam berat (Pb, Cd, Hg, As, dan lain-lain). Namun penggunaan pupuk kandang, limbah industri, dan

limbah kota sebagai bahan dasar kompos cukup mengkhawatirkan karena banyak mengandung bahan berbahaya logam berat dan asam-asam organik yang dapat mencemari lingkungan. Selama proses pengomposan, beberapa bahan berbahaya ini justru terkonsentrasi dalam limbah cair dan produk akhir pupuk. Untuk itu sangat diperlukan aturan untuk menyeleksi penggunaan bahan dasar pembuatan kompos yang mengandung bahan-bahan berbahaya dan beracun (B3).

Komposisi hara dalam pupuk organik sangat tergantung dari sumbernya. Menurut sumbernya, pupuk organik dapat diidentifikasi berasal dari kegiatan pertanian dan non pertanian. Dari pertanian dapat berupa sisa panen dan kotoran ternak, sedangkan dari non pertanian dapat berasal dari sampah organik kota, limbah industri, dan sebagainya (Tan, 1993).

Kotoran hewan yang berasal dari usahatani pertanian antara lain adalah ayam, sapi, kerbau, babi, dan kambing. Komposisi hara pada masing-masing kotoran hewan sangat bervariasi tergantung pada umur hewan, jumlah, dan jenis makanannya. Secara umum, kandungan hara dalam kotoran hewan lebih rendah dari pada pupuk kimia. Oleh karena itu dosis pemberian pupuk kandang jauh lebih besar daripada pupuk anorganik.

Komposisi hara dalam sisa tanaman sangat spesifik dan bervariasi, tergantung dari jenis tanaman. Pada umumnya rasio C/N sisa tanaman bervariasi dari 80:1 pada jerami gandum hingga 20:1 pada tanaman legum. Sekam padi dan jerami mempunyai kandungan silika sangat tinggi namun berkadar nitrogen rendah. Sisa tanaman legum seperti kacang kedelai, kacang tanah, dan serbuk kayu mengandung nitrogen cukup tinggi. Sedangkan kentang dan ubi jalar mengandung kalium yang tinggi. Kandungan Ca tanaman yang tinggi dijumpai pada tanaman kacang tanah dan serbuk gergaji kayu.

Kandungan unsur kimia dan logam berat dari limbah cair industri sangat bervariasi tergantung jenis industri. Limbah dari industri makanan relatif rendah logam beratnya, namun uji mutu tetap perlu dilakukan untuk menjamin kualitas limbah. Limbah dari peternakan mengandung sedikit logam berat sehingga dapat digunakan sebagai pupuk organik. Limbah dari industri oli dan *beverage* mengandung logam berat cukup tinggi sehingga tidak direkomendasikan sebagai pupuk organik.

Peranan Pupuk Organik

Berbeda dengan pupuk kimia buatan yang hanya menyediakan satu sampai beberapa jenis hara saja, pupuk organik mempunyai peran penting dalam memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Meskipun kadar hara yang dikandung pupuk organik relatif rendah, namun peranan terhadap sifat kimia tanah jauh melebihi pupuk kimia buatan. Peranan pupuk organik terhadap sifat kimia tanah adalah sebagai: (a) penyedia hara makro (N, P, K, Ca, Mg, dan S) dan mikro (Zn, Cu, Mo, Co, B, Mn, dan Fe), (b)

meningkatkan Kapasitas Tukar Kation (KTK) tanah, dan (c) dapat membentuk senyawa kompleks dengan ion logam beracun seperti Al, Fe, dan Mn sehingga logam-logam ini tidak meracuni.

Peranan pupuk organik terhadap sifat fisika tanah antara lain adalah: (a) memperbaiki struktur tanah karena bahan organik dapat "mengikat" partikel tanah menjadi agregat yang mantap, (b) memperbaiki distribusi ukuran pori tanah sehingga daya pegang air (*water holding capacity*) tanah menjadi lebih baik dan pergerakan udara (aerasi) di dalam tanah juga menjadi lebih baik, dan (c) mengurangi (*buffer*) fluktuasi suhu tanah. Peranan pupuk organik terhadap sifat biologi tanah adalah sebagai sumber energi dan makanan bagi mikro dan meso fauna tanah. Dengan cukupnya tersedia bahan organik maka aktivitas organisme tanah yang juga mempengaruhi ketersediaan hara, siklus hara, dan pembentukan pori mikro dan makro tanah menjadi lebih baik.

Pupuk kimia buatan hanya mampu menyediakan satu (pupuk tunggal) sampai beberapa jenis (pupuk majemuk) hara tanaman, namun tidak menyediakan senyawa karbon yang berfungsi memperbaiki sifat fisik dan biologi tanah, serta (kecuali untuk pupuk buatan tertentu) tidak menyediakan unsur hara mikro. Dengan demikian penggunaan pupuk buatan yang tidak diimbangi dengan pemberian pupuk organik dapat merusak struktur tanah dan mengurangi aktivitas biologi tanah.

Peranan Pupuk Organik terhadap Produktivitas Tanah dan Tanaman

Pupuk organik berpengaruh nyata terhadap peningkatan produktivitas tanah dan tanaman. Pupuk organik yang dikombinasikan dengan ¾ NPK nyata meningkatkan produksi padi sawah dibanding dengan kontrol lengkap dan tidak berbeda nyata dengan pupuk standar. Perlakuan pupuk organik baik granul atau curah tanpa pupuk NPK memberikan produksi padi sawah lebih rendah dari pupuk standar. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik baik granul atau curah harus dikombinasikan dengan pupuk NPK untuk meningkatkan produksi padi sawah (Tabel 1).

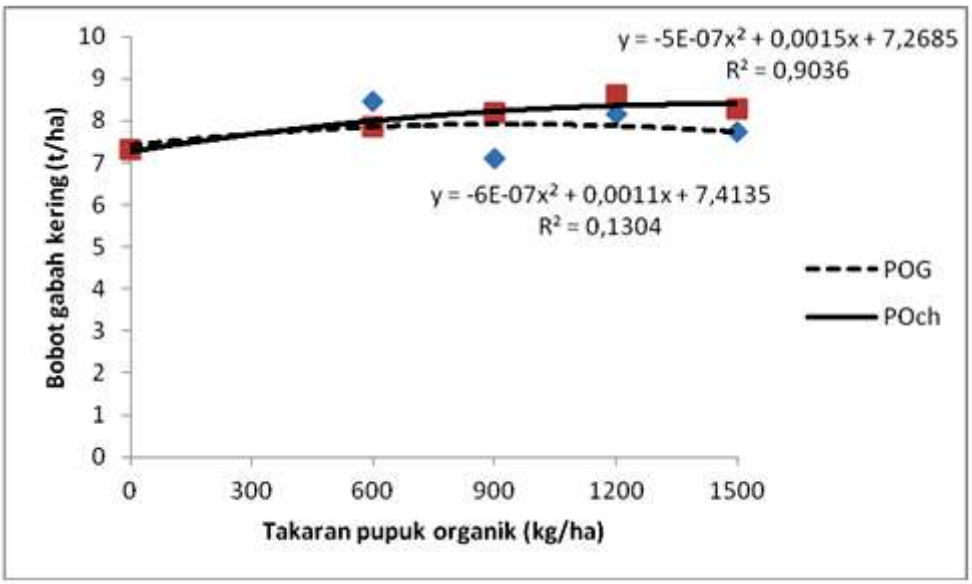
Hubungan antara dosis pupuk organik berbentuk granul dengan bobot gabah kering ditunjukkan oleh persamaan regresi kuadratik sebagai berikut: $y = - 6E\text{-}07x^2 + 0{,}001x + 7{,}413$ ($R^2 = 0{,}13$). Peningkatan dosis pupuk organik berbentuk granul sampai 1200 kg ha^{-1} meningkatkan bobot gabah kering, namun peningkatan dosis 1500 kg ha^{-1} menunjukkan penurunan bobot gabah kering. Dosis optimum pupuk organik berbentuk granul dicapai pada dosis 883 kg ha^{-1}. Sedangkan hubungan antara dosis pupuk organik berbentuk curah dengan bobot gabah kering ditunjukkan oleh persamaan regresi kuadratik sebagai berikut: $y = - 5E\text{-}07x^2 + 0{,}001x + 7{,}268$ ($R^2 = 0{,}903$). Sejalan dengan pola regresi pupuk organik granul, peningkatan dosis pupuk organik berbentuk curah sampai 1200 kg ha^{-1} juga meningkatkan bobot gabah kering, selanjutnya peningkatan dosis 1500 kg ha^{-1}

menunjukkan penurunan bobot gabah kering. Dosis optimum pupuk organik berbentuk curah dicapai pada dosis 1000 kg ha^{-1} (Gambar 1).

Tabel 1. Pengaruh pupuk organik curah dan granul terhadap bobot jerami dan gabah kering tanaman padi sawah pada tanah Inceptisols, Bogor

No.	Perlakuan	Jerami	Bobot kering		
			Gabah	Gabah 1000 butir	Gabah/jerami
		..... t ha^{-1}		..... g	
1.	Kontrol Lengkap	6,25 cd	4,99 h	26,37 ab	0,80
2.	POG (Granul)	4,29 e	5,63 g	25,87 b	1,31
3.	PO curah (POch)	5,53 de	5,99 fg	26,47 ab	1,08
4.	NPK standar	8,42 b	8,15 abc	26,77 ab	0,97
5.	¾ NPK + POG-600	6,64 bcd	8,47 ab	27,00 ab	1,28
6.	¾ NPK + POG-900	7,15 bcd	7,11 e	25,83 b	0,99
7.	¾ NPK + POG-1200	8,36 b	8,17 abc	26,23 ab	0,98
8.	¾ NPK+ POG-1500	6,97 bcd	7,74 cd	25,80 b	1,11
9.	¾ NPK + POch-600	7,85 bc	7,87 bcd	26,90 ab	1,00
10.	¾ NPK + POch-900	10,33 a	8,19 abc	27,73 a	0,79
11.	¾ NPk + POch-1200	6,69 bcd	8,60 a	26,67 ab	1,29
12.	¾ NPK + POch-1500	7,64 bc	8,28 abc	26,97 ab	1,08
13.	¾ NPK	6,47 cd	7,31 de	25,40 b	1,13
14.	*½ NPK*	6,66 bcd	6,40 f	27,00 ab	0,96

*) Angka dalam kolom yang sama diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji DMRT



Gambar 1. Hubungan antara dosis pupuk organik berbentuk granul dan curah dengan bobot gabah kering

Sejalan dengan data bobot gabah kering, perlakuan ¾ NPK + POch-1200 memberikan nilai RAE tertinggi yaitu sebesar 114% dan perlakuan ¾ NPK + POG-600 memberikan nilai RAE 110%. Berdasarkan nilai RAE maka perlakuan tersebut efektif meningkatkan bobot gabah kering. Nilai RAE terendah pada perlakuan POG tanpa pupuk NPK, demikian juga pemupukan ¾ NPK memberikan RAE yang rendah yaitu 73%. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik baik berbentuk granul atau curah tanpa pupuk NPK atau pemupukan ¾ NPK tanpa pupuk organik tidak efektif meningkatkan bobot gabah kering. Perlakuan ¾ NPK + POch-1200 dan perlakuan ¾ NPK + POG-600 merupakan perlakuan yang efektif meningkatkan bobot gabah kering yaitu dari 4,99 t ha^{-1} menjadi sebesar 8,60 t ha^{-1}, atau terjadi peningkatan hasil sebesar 72% dibandingkan kontrol lengkap dan 6% dibandingkan perlakuan pupuk standar atau dengan nilai RAE sebesar 114% (Tabel 2).

Tabel 2. Pengaruh pupuk organik curah dan granul terhadap nilai relatif efektivitas agronomi (RAE) pada tanah Inceptisols, Bogor

No.	Perlakuan	RAE (%)
1.	Kontrol Lengkap	-
2.	POG (Granul)	20
3.	PO curah (POch)	32
4.	NPK standar	100
5.	¾ NPK + POG-600	110
6.	¾ NPK + POG-900	67
7.	¾ NPK + POG-1200	101
8.	¾ NPK+ POG-1500	87
9.	¾ NPK + POch-600	91
10.	¾ NPK + POch-900	101
11.	¾ NPk + POch-1200	114
12.	¾ NPK + POch-1500	104
13.	¾ NPK	73
14.	½ NPK	45

Serapan hara di jerami dan gabah kering untuk hara N dan K lebih tinggi dari hara P. Serapan hara N, P, dan K pada perlakuan pupuk organik baik POG dan PO curah tanpa pupuk NPK dan kontrol lengkap lebih rendah dari perlakuan lainnya. Perlakuan ¾ NPK + POch-600 dan ¾ NPK + POch-900 memberikan serapan hara N, P, dan K di jerami lebih tinggi dari pupuk NPK standar. Sedangkan perlakuan ¾ NPK + POG-600 memberikan hara N, P, dan K di gabah lebih tinggi dari pupuk NPK standar. Serapan hara N, P, dan K baik di jerami dan gabah sangat berkaitan erat dengan bobot jerami atau gabah yang diperoleh. Perlakuan pemberian pupuk organik baik POG dan PO curah tanpa pemberian NPK memberikan serapan N, P, dan K yang rendah, hal ini menunjukkan bahwa tanpa pemberian pupuk anorganik NPK pertumbuhan perakaran tanaman kurang optimal serta hara NPK yang diserap juga terbatas sehingga kurang mendukung pertumbuhan dan hasil tanaman padi sawah. Serapan total hara N tertinggi pada perlakuan ¾ NPK + POch-900, serapan P total tertinggi pada perlakuan ¾ NPK + POch-600 dan serapan K total tertinggi

pada perlakuan ¾ NPK + POch-900. Hal ini menunjukkan bahwa serapan total NPK yang tinggi umumnya pada pupuk organik berbentuk curah, walaupun berkaitan erat juga dengan hasil gabah dan jerami yang diperoleh (Tabel 3).

Tabel 3. Pengaruh pupuk organik curah dan granul terhadap serapan N, P, dan K jerami dan gabah kering tanaman padi sawah pada tanah Inceptisols, Bogor.

No	Perlakuan	Jerami			Gabah			Serapan total		
		N	P	K	N	P	K	N	P	K
		kg ha^{-1}								
1	Kontrol lengkap	29,06	6,25	74,06	28,44	18,21	22,21	57,55	24,46	96,27
2	POG (Granul)	14,59	3,65	45,05	38,57	24,49	31,53	53,56	28,14	76,58
3	PO curah (Poch)	17,97	4,98	67,47	32,65	26,96	34,74	50,62	31,94	102,21
4	NPK standar	39,15	12,21	128,83	59,90	30,56	33,42	99,05	42,77	162,25
5	¾ NPK + POG-600	29,55	6,64	85,99	63,95	25,83	38,12	93,50	32,47	124,11
6	¾ NPK + POG-900	26.46	7,51	102,60	45,15	31,28	43,37	69,61	38,79	145,97
7	¾ NPK + POG-1200	33,44	7,52	-	49,02	41,26	-	82,46	48,78	-
8	¾ NPK + POG-1500	34,15	7,67	82,25	44,51	37,54	38,31	78,66	45,98	120,56
9	¾ NPK + POch-600	42,00	11,38	97,34	52,73	40,53	41,71	94,73	51,91	139,05
10	¾ NPK + POch-900	60,95	17,04	143,59	52,01	16,79	18,84	112,96	33,83	162,43
11	¾ NPK + POch-1200	40,47	8,36	61,21	50,74	34,40	33,97	91,21	42,76	95,18
12	¾ NPK + POch-1500	34,00	8,02	83,66	53,41	23,60	21,94	87,41	31,62	105,60
13	¾ NPK	30,09	6,.47	102,87	48,98	20,83	21,56	79,07	27,30	124,43
14	½ NPK	27,64	9,66	95,57	42,88	30,40	28,80	70,52	40,06	124,37

Pemanfaatan pupuk kandang untuk padi sawah jumlahnya jauh lebih sedikit daripada untuk lahan kering (pangan dan sayuran). Jumlah maksimum pupuk kandang yang umum dipergunakan petani padi sawah <2 t pukan ha^{-1}, sedangkan petani sayuran mencapai 25-75 t ha^{-1}. Hasil-hasil penelitian aplikasi pupuk kandang pada lahan sawah yang dikombinasikan dengan pupuk anorganik dapat meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk organik dalam kisaran 2-20%. Pupuk kandang selain mengandung hara-hara yang dibutuhkan oleh tanaman juga mengandung asam-asam humat, fulvat, hormon tumbuh, dan lain-lain yang bersifat memacu pertumbuhan tanaman sehingga serapan hara oleh tanaman meningkat (Stevenson, 1994).

Pengembalian jerami ke tanah dapat memperlambat pemiskinan K dan Si tanah. Hasil penelitian Sri Adiningsih (1984) dengan membenamkan jerami 5 t ha^{-1} per musim selama 4 musim pada tanah kahat K menunjukkan bahwa disamping dapat mensubstitusi

keperluan pupuk K, jerami dapat meningkatkan produksi melalui perbaikan sifat kimia maupun fisika tanah (Tabel 4). Setelah 4 musim tanam, jerami dapat meningkatkan kadar C-organik, K dapat ditukar, Mg dapat ditukar, kapasitas tukar kation (KTK) tanah, Si tersedia, dan stabilitas agregat tanah. Apabila dihitung dalam hektar, sumbangan hara dari jerami setara dengan 170 kg K, 160 kg Mg, 200 kg Si, dan 1,7 ton C-organik ha^{-1} yang sangat diperlukan bagi aktivitas jasad renik tanah. Peningkatan stabilitas agregat tanah dapat memperbaiki struktur tanah sawah yang memadat akibat penggenangan dan pelumpuran terus menerus. Tanah menjadi lebih mudah diolah dan sangat baik bagi pertumbuhan akar tanaman palawija yang ditanam setelah padi.

Tabel 4. Pengaruh jerami terhadap kesuburan kimia dan fisika tanah sawah Latosol di Jawa Barat setelah 4 musim tanam

Perlakuan	C-org	N	P	K	Mg	KTK	Si	Stabilitas agregat
	%			…. me $100g^{-1}$ ….			ppm	
Tanpa jerami	2,40	0,28	17	0,13	0,50	18	50	60
Ditambah jerami	3,90	0,33	18	0,35	0,75	20	150	80

Sumber: Sri Adiningsih, 1984

Pupuk organik mempunyai kandungan hara yang rendah, maka bahan/pupuk organik memerlukan 15-25 kali lebih berat untuk menyediakan hara yang sama jumlahnya dengan hara yang disediakan dari pupuk kimia buatan. Bila di dalam 4 ton jerami terkandung sekitar 30 kg N, 2 kg P, 93 kg K, 10 kg Ca, 6 kg Mg, 1 kg S, dan sejumlah unsur mikro Fe, Mn, Zn, Si, Cu, B, Cl, Cu (Agus dan Widianto, 2004). Apabila kesemua jerami tersebut dikembalikan untuk tanaman, maka jerami akan dapat mengembalikan hara setara dengan pemberian 50 kg N, 12 kg SP-36, dan hampir 180 kg KCl, walaupun sebagian dari unsur tersebut hilang melalui beberapa proses fisik, kimia, dan biologi sehingga tidak dapat dimanfaatkan tanaman.

Apabila tanaman padi sawah memerlukan penambahan 250 kg Urea, 75 kg SP-36, dan 100 kg KCl maka masih diperlukan tambahan sekitar 200 kg Urea dan 63 kg SP-36. Sedangkan hampir semua kebutuhan K akan dapat dipenuhi dari jerami, terutama bila tanah mempunyai status K tinggi. Apabila semua hara untuk padi tersebut dipenuhi dari pupuk kandang sapi, maka dengan kandungan hara pupuk kandang 0,65% N, 0,15% P, dan 0,3% K diperlukan sebanyak kurang lebih 19 t ha^{-1} pupuk kandang sapi atau 8 t ha^{-1} pupuk kandang ayam. Namun di dalam 19 ton pupuk kandang sapi tersebut, selain 114 kg N terkandung pula sekitar 28 kg P, 57 kg K, 23 kg Ca, 19 kg Mg, dan 17 kg S. Dalam 8 ton pupuk kandang ayam, selain 120 kg N, terkandung pula sekitar 56 kg P, 71 kg K, 24 kg Ca, 70 kg Mg, dan 2,4 kg S (Agus, 2000).

Pada umumnya petani, terutama untuk padi sawah hanya mampu menyediakan sekitar 2-5 ton pupuk kandang (berat basah; dengan kadar air sekitar 60%). Dengan demikian untuk tanaman padi, jagung, dan tanaman biji-bijian lainnya pupuk kandang hanya mampu menjadi suplemen (pelengkap), sehingga penambahan pupuk anorganik/kimia masih diperlukan. Untuk areal yang relatif kecil dan tanaman yang bernilai ekonomi tinggi seperti sayuran, petani malah menggunakan pupuk kandang sampai 30 t ha^{-1}. Namun untuk padi yang nilai jualnya relatif rendah, penggunaan pupuk organik dalam jumlah tinggi (memenuhi seluruh kebutuhan hara tanaman) hanya dapat dilakukan oleh sejumlah kecil petani saja melalui sistem pertanian organik.

Kendala Pengembangan Pupuk Organik

Di Indonesia yang tergolong daerah tropis dengan curah hujan yang tinggi, tingkat perombakan bahan organik berjalan relatif cepat, sehingga pupuk organik diperlukan dalam jumlah besar. Hal ini menimbulkan kesulitan dalam pengangkutan dan penggunaannya, terlebih bila pupuk organik harus didatangkan dari tempat yang cukup jauh dari lahan usahataninya.

Komposisi hara dalam pupuk organik relatif rendah dan sangat bervariasi sehingga manfaatnya bagi tanaman tidak langsung dan berlangsung dalam jangka panjang. Oleh karena itu penggunaan pupuk organik tetap harus dikombinasikan dengan pupuk anorganik dengan takaran yang lebih rendah. Apabila hanya menggunakan pupuk organik saja dikhawatirkan produktivitas tanah dan tanaman akan terus merosot karena tanaman menguras hara dalam tanah tanpa pengembalian unsur hara yang memadai. Penggunaan pupuk organik dengan bahan yang sama terus menerus akan menimbulkan ketidakseimbangan hara dalam tanah sehingga dapat terjadi akumulasi hara K dan defisiensi Mg. Penggunaan pupuk organik dengan C/N rasio tinggi dan belum matang dapat menimbulkan defisiensi N.

Beberapa bahan dasar pembuatan pupuk organik yang terdiri dari bahan-bahan berserat panjang dan keras sehingga menyulitkan proses produksinya. Untuk itu diperlukan alat pengolah/pemotong (*chopper*) agar menjadi lebih kecil atau pendek sehingga mudah dikomposkan.

Pupuk organik dapat membawa patogen dan telur serta serangga yang mengganggu tanaman. Pupuk kandang seringkali mengandung benih gulma atau bibit penyakit bagi manusia. Pupuk kandang juga mempunyai bau yang tidak enak bagi lingkungan, meskipun tidak beracun. Sedangkan pupuk hijau dapat menimbulkan alelopati bagi tanaman pokok.

Pupuk organik terutama yang berasal dari sampah kota atau limbah pabrik bisa mengandung logam berat. Jika pupuk tersebut digunakan pada tanah berdrainase buruk

akan menimbulkan akumulasi logam berat yang dapat berbahaya bagi ternak dan manusia, baik langsung maupun melalui tanaman yang menyerap logam berat tersebut.

Berdasarkan permasalahan yang dihadapi, maka strategi yang dapat dilakukan untuk mendorong implementasi penggunaan pupuk organik adalah:

- Menerapkan teknologi yang relatif murah dan mudah dikerjakan petani, misalnya dengan pengadaan pupuk organik *in situ* secara *alley cropping, strip cropping* ataupun menanam *cover crop* dan mengembalikan sisa panen ke lahan usahataninya.
- Mendorong tumbuhnya industri kecil, yaitu industri kompos di daerah sentra produksi untuk mengatasi masalah yang ada terutama pengangkutan karena jumlah pupuk organik yang diperlukan relatif besar jumlahnya.
- Kebijakan pemerintah untuk memberikan bantuan alat pengolah kompos dan atau mikroba dekomposer untuk mempercepat proses pengomposan kepada kelompok tani di sentra usahatani lahan sawah maupun lahan kering.
- Melaksanakan pengawasan mutu pupuk organik dan menerapkan standar mutu pupuk organik yang ramah lingkungan.

KESIMPULAN

1. Pengawasan dan monitoring terhadap mutu pupuk organik seperti yang tertuang dalam Permentan No. 70/2011 perlu ditingkatkan dalam rangka mengantisipasi semakin banyaknya peredaran pupuk organik dalam berbagai jenis, bentuk, dan mutu yang belum terjamin dan teruji kebenarannya serta dikhawatirkan berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan. Pemanfaatan pupuk organik bersama pupuk anorganik dalam sistem Pengelolaan Hara Spesifik Lokasi seperti tertuang dalam Permentan No. 40/2007 tentang Rekomendasi Pupuk N,P,K Padi Sawah Spesifik Lokasi untuk meningkatkan produktivitas padi sawah perlu disosialisasikan secara intensif. Badan Litbang Pertanian beserta jajarannya didukung oleh swasta dapat menggunakan demplot sebagai sarana aktif memsosialisasikan program ini.
2. Program-program pengembangan pertanian petani mandiri yang mengintegrasikan ternak dan tanaman CLS (C*rop Livestock System*), penggunaan tanaman legum baik berupa tanaman lorong (*alley cropping*) maupun tanaman penutup tanah (*cover crop*) serta bahan organik *in situ* perlu diintensifkan untuk mendukung pengembangan pupuk organik non komersial dan pemulihan kesuburan tanah.
3. Pemberdayaan masyarakat dan kelompok tani dalam pengadaan pupuk organik dapat dilakukan melalui: (a) melatih petani membuat pupuk organik *in situ* yang berasal dari kotoran ternak dan sisa tanaman yang dikomposkan, (b) mendorong petani melakukan

diversifikasi usaha pertanian berbasis ternak, (c) mendorong petani melakukan pengelolaan bahan organik *in situ* terutama pada lahan kering.

4. Untuk mendapatkan pupuk organik yang berkualitas baik, diperlukan fasilitas/insentif dari pemerintah berupa mikroba dekomposer dalam proses pembuatan kompos untuk mempercepat proses pengomposan dan atau peralatan pembuat kompos pada tingkat kelompok tani atau mendorong pemanfaatan mikroba lokal (MOL).

DAFTAR PUSTAKA

Agus, F. 2000. Konstribusi bahan organik untuk meningkatkan produksi pangan pada lahan kering bereaksi masam. Pros. Seminar Nasional Sumber Daya Lahan. Cisarua-Bogor, 9-11 Februari 1999. Buku III. Pusat Penelitan Tanah dan Agroklimat.

Agus, F. dan Widianto. 2004. Petunjuk Praktis Konservasi Tanah Lahan Kering. World Agroforestry Centre. Bogor. 102 pp. (www.worldagroforestrycentre.org/sea).

Peraturan Menteri Pertanian . 2007. Rekomendasi Pemupukan N, P, dan K pada Padi Sawah Spesifik Lokasi. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.

Peraturan Menteri Pertanian. 2011. Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenah Tanah. Kementerian Pertanian.

Sri Adiningsih, J. 1984. Pengaruh Beberapa Faktor terhadap Penyediaan Kalium Tanah Sawah Daerah Sukabumi dan Bogor. Disertasi Fakultas Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor.

Sri Adiningsih, J., D. Setyorini, dan T. Prihatini. 1995. Pengelolaan Hara Terpadu untuk Mencapai Produksi Pangan yang Mantap dan Akrab Lingkungan. Prosiding Pertemuan Teknis Penelitian Tanah dan Agroklimat. Makalah Kebijakan. Bogor 10-12 Januari 1995. Puslittanak.

Stevenson, F.J. 1994. Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions. John Wiley and Sons Inc. New York.

Tan, K.H. 1993. Principles of Soil Chemistry. Marcel Dekker, Inc. New York. 362pp.

Pengaruh Pupuk Organik dari Berbagai Sumber Bahan Baku terhadap Pertumbuhan Jagung (*Zea Mays* L.)

53

Ibrahim Adamy, Husnain, dan Rosmimik

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Tanah, Jl. Tentara Pelajar No. 12, Bogor 16114. Email: adamy_sipahutar@yahoo.com

Abstrak. Penggunaan pupuk organik telah banyak digunakan dalam sistem usahatani, tapi perhatian terhadap kualitas bahan baku sering terabaikan. Kualitas pupuk organik sangat ditentukan oleh bahan baku dan tingkat kelarutannya. Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh pupuk organik dari berbagai sumber bahan baku terhadap pertumbuhan jagung. Penelitian bertujuan menentukan sumber bahan baku pupuk organik terbaik untuk tanaman jagung. Penelitian ini dilaksanakan pada tahun 2011 di rumah kaca instalasi Sindangbarang, Bogor. Menggunakan rancangan acak lengkap dengan 10 pelakuan dan diulang 3 kali. Susunan perlakuannya adalah: (1) Kontrol, (2) NPK tunggal dosis rekomendasi, (3) Pupuk organik granul (POG) standar, (4) 100% NPK+POG standar, (5) 75% NPK+POG-1, (6) 75% NPK+POG-2, (7) 75% NPK+POG-3, (8) 50% NPK+POG-1, (9) 50% NPK+POG-2, dan (10) 50% NPK+POG-3. Bahan baku utama dalam pembuatan pupuk organik adalah pukan ayam dan pukan sapi namun berbeda dalam hal bahan pengikat. Pupuk POG-1 menggunakan gipsum sebagai bahan pengikat, POG-2 menggunakan zeolit, dan POG-3 memakai *clay*. Dilakukan pengamatan terhadap parameter tinggi tanaman, jumlah daun, brankasan basah dan kering, dan hasil jagung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik granul mampu meningkatkan tinggi tanaman jagung, terutama bila dikombinasikan dengan ½ atau ¾ dosis pupuk NPK rekomendasi, hasil tertinggi 192,8 cm diperoleh dari formula POG-1 yang dikombinasi dengan 50% NPK. Ketiga formula POG mampu meningkatkan bobot brankasan dan biji jagung. Pupuk organik yang menggunakan zeolit sebagai bahan pengisi (POG-2) dan dikombinasikan dengan ¾ dosis NPK mampu mengimbangi bobot brankasan kering dan bobot biji kering dari perlakuan NPK rekomendasi maupun kombinasi NPK rekomendasi dengan POG, sehingga mampu menghemat penggunaan pupuk NPK sebesar 25% serta dapat direkomendasikan untuk tanaman jagung.

Kata kunci: Pupuk organik, bahan baku, jagung

Abstract. *The quality of organic fertilizer is very depending on the source of fertilizer materials and its characteristics. We tested various sources of fertilizer material on the growth of corn which was carried out in 2011 at Sindangbarang experimental station, Bogor. This experiment was aimed to find best material source of organic fertilizer for plant. Maize was used as indicator plant. The treatments were (1) control, (2) NPK recommendation, (3) standard of granule organic fertilizer (POG), (4) 100% NPK+standard POG, (5) 75% NPK+POG-1, (6) 75% NPK+POG-2, (7) 75% NPK+POG-3, (8) 50% NPK+POG-1, (9) 50% NPK+POG-2, and (10) 50% NPK+POG-3. The experimental design completely randomized design (CRD) with ten treatments and three replications. The main material used in organic commercial factories are mostly*

chicken and cow manures but various materials used as filler or binding material. POG-1 fertilizer used gypsum as a binder, while POG-2 and POG-3 were used zeolite clay, respectively. Parameters observed were height of plants, number of leaves, wet and dry biomass and yield of the corn. The results showed that the application of granule organic fertilizer was increased the height of corn, especially when it combined with ½ or ¾ NPK fertilizer. The highest corn reached 192.8 cm resulted from combination of 50% NPK with POG-1 formula. The third POG formulas were equally able to increase weight wet and dry biomass, as well as corn yield. Combination of POG-2 and ¾ dosage of NPK resulted the high yield and could save 25% NPK fertilizer.

Keywords: *Organic fertilizer, corn, raw materials*

PENDAHULUAN

Pupuk organik adalah pupuk yang bahan baku penyusunnya bersumber dari makhluk hidup, seperti sisa tumbuhan, hewan, dan manusia. Salah satu jenis pupuk organik yang banyak diperdagangkan adalah pupuk organik padat dalam bentuk granul. Kualitas pupuk organik sangat ditentukan oleh komposisi bahan bakunya. Secara teknis, proses pembuatan pupuk organik lebih mudah dibandingkan dengan pembuatan pupuk anorganik, sehingga proses produksinya banyak dilakukan dalam skala industri rumahan, komposisi tidak jelas, aspek kimia, fisik, dan biologi terabaikan dan pada akhirnya menghasilkan produk yang berkualitas rendah. Rendahnya pengawasan terhadap kualitas pupuk organik di pasaran disinyalir telah menyebabkan tumbuh suburnya produsen pupuk organik.

Sebagian besar produsen pupuk organik granul menggunakan kotoran hewan (*kohe*) sapi dan kohe ayam sebagai bahan baku utama. Alasan penggunaan bahan-bahan ini karena lebih mudah didapat secara *in situ* dan harganya relatif murah. Selain bahan baku utama, pupuk organik granul mengandung bahan pengisi (*filler*) yang dimaksudkan untuk melengkapi, merekatkan dan menambah nilai suatu produk pupuk organik, seperti memperkaya pupuk organik dengan fosfat alam, dolomit, dan bahan lain yang berkualitas.

Zeolit dapat digunakan sebagai *filler*, adsorben, penyaring molekul, penukar ion, dan katalisator karena memiliki karakteristik yang unik, strukturnya kristal berpori mirip sarang lebah dengan adanya ronga-rongga yang dihasilkan oleh sambungan-sambungan kaku tetrahedral yang biasanya berisi molekul air, bila dipanaskan molekul air akan mudah lepas (Leavens, 2011). Zeolit juga mampu menurunkan daya serap pupuk terhadap uap air (Pradoyo *et al*. 2005). Hasil penelitian Suherman *et al*. (2005) menunjukkan bahwa zeolit yang dikombinasikan dengan pupuk NPK mampu meningkatkan produksi tanaman, bahkan dosisnya dapat diturunkan hingga 90% pada periode tanam berikutnya sehingga berdampak positif pada efisiensi penggunaan pupuk. Disamping zeolit dan *clay*, gipsum sangat potensial digunakan sebagai bahan pengaya pupuk organik, karena gipsum ($CaSO_4$-H_2O) mengandung 22% Ca dan 17% S (Treadwell, 2009). *Clay* dan gypsum

dapat digunakan sebagai bahan utama untuk pemeliharaan pertanian di banyak jenis tanah pada rentang pH yang lebar, termasuk meningkatkan stabilitas bahan organik dan agregat tanah serta meningkatkan penetrasi air ke dalam tanah, sehingga patut dipertimbangkan sebagai bahan baku pupuk.

Pupuk organik memegang peranan penting dalam sistem usahatani, karena kemampuannya dalam memperbaiki sifat fisika, kimia, dan biologi tanah. Penggunaan bahan-bahan organik akan menyehatkan tanah, menurunkan tingkat polusi, dan limbah berbahaya sehingga tanah terlindung dari proses degradasi (Widyarti, 2009). Respon tanaman terhadap pupuk organik ini umumnya lambat karena proses penyediaan hara bertahap melalui proses dekomposisi. Namun demikian, pemberian pupuk organik mampu mengefisienkan penggunaan pupuk anorganik dan meningkatkan produksi sebesar 16-36% (Widowati, 2009)

Begitu pentingnya peranan pupuk organik dalam mendukung pertumbuhan dan produksi tanaman, maka kehadiran produk pupuk organik yang berkualitas sangat didambakan, namun untuk mendapatkan pupuk organik yang berkualitas perlu dilakukan seleksi terhadap bahan baku, uji mutu, dan keefektifan pupuk.

BAHAN DAN METODE

Percobaan dilakukan dalam 2 tahap: (1) proses formulasi pupuk organik granul dan (2) pengujian pupuk di rumah kaca. Proses formulasi pembuatan pupuk organik granul dilakukan di Cikembar, Sukabumi dan percobaan pot dilaksanakan di rumah kaca instalasi Sindangbarang, Balai Penelitian Tanah, Bogor. Penelitian dimulai bulan April 2011 sampai bulan Agustus 2011. Kegiatan penelitian diawali dengan survei bahan baku pupuk organik berupa kohe ayam, kohe sapi, baglog (limbah media jamur), zeolit, *gypsum, clay*, dan molase. Dilanjutkan pengecekan kelengkapan peralatan pembuatan pupuk organik di pabrik milik CV. Maros Lestari. Peralatan yang diperlukan ialah timbangan, *hammer mill*, *pan granul*, *rotary drier*, *scanner*, dan ember.

Dalam proses formulasi, bahan baku kohe ayam dan kohe sapi dikomposkan terlebih dahulu, baglog setelah digiling dengan *hammer mill* juga dikomposkan. Pengomposan ini dibantu dengan bioaktivator. Setelah matang, bahan baku dicampur sesuai dengan formulasi yang diinginkan (POG std, POG-1, POG-2, dan POG-3). Bahan-bahan baku tersebut dimasukkan dalam pan granul untuk mendapatkan bentuk pupuk organik yang granul. Selanjutnya masing-masing pupuk diinkubasikan selama 3 minggu dengan perbandingan pupuk dengan pelarut 1:10, dan tiap minggu diukur tingkat kelarutan butirannya. Untuk mengetahui kadar hara yang terkandung dalam masing-masing formula pupuk, maka pupuk dianalisis di laboratorium dengan parameter: pH, kadar air, C-organik, N-total, C/N ratio, P-tersedia, K, Ca, Mg, dan unsur mikro Cu, Mn, Fe dan Zn.

Penelitian dilanjutkan dengan percobaan pot di rumah kaca menggunakan contoh tanah Inceptisols dari Lampung. Contoh tanah sebelum diberi perlakuan dianalisis di laboratorium untuk mendapatkan informasi awal terkait karakteristik kimia fisik tanah. Parameter yang diukur ialah: tekstur, C-organik, N-total, P_2O_5-Bray-I, Ca, Mg, K, kejenuhan basa (KB), KTK terekstrak NH_4OAc 1N pH 7. Berikut adalah hasil analisis tanah di laboratorium:

Tabel 1. Sifat fisik dan kimia tanah Typic Dystrudepts dari Lampung yang digunakan dalam penelitian

Sifat tanah	Satuan	Nilai	Kategori
Tekstur			Lempung liat
Pasir	%	52	berpasir
Debu	%	16	
Liat	%	32	
pH H_2O		4,24	Sangat masam
C-organik	%	1,09	Rendah
N total	%	0,11	Rendah
P_2O_5 Bray-I	$mg.kg^{-1}$	9,05	Rendah
Ca-dd	$me.100g^{-1}$	0,45	Sangat rendah
Mg-dd	$me.100g^{-1}$	0,04	Sangat Rendah
K-dd	$me.100g^{-1}$	0,03	Sangat rendah
KTK	$me.100g^{-1}$	5,98	Sangat rendah
KB	%	13	Sangat rendah

Dari hasil pengukuran di laboratorium diketahui bahwa tanah Inceptisols dari Lampung bertekstur lempung liat berpasir, rata-rata kandungan pasir 52%, debu 16%, dan liat 32%. Tanah ini memiliki banyak faktor pembatas pertumbuhan tanaman seperti pH yang sangat masam, kadar C-organik rendah dan kadar hara-hara tersedia juga rendah. Disamping itu kemampuan tanah mempertukarkan kation dan menyimpan basa-basa tergolong sangat rendah.

Percobaan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 10 perlakuan dan diulang 3 kali. Masing-masing perlakuan adalah: (1) Kontrol, (2) NPK tunggal dosis rekomendasi, (3) Pupuk organik granul (POG) standar, (4) 100% NPK POG standar, (5) 75% NPK+POG-1, (6) 75% NPK+POG-2, (7) 75% NPK+POG-3, (8) 50% NPK+POG-1, (9) 50% NPK+POG-2, dan (10) 50% NPK+POG-3. Pot diisi dengan tanah Ultisols setara dengan10 kg tanah kering oven. Jagung varietas Pioneer 21 digunakan sebagai tanaman indikator untuk melihat respon tanaman terhadap pemupukan yang dilakukan. Parameter agronomis yang diukur adalah tinggi tanaman, jumlah daun, bobot brangkasan basah dan kering, bobot biji jagung pipilan basah dan kering. Pengapuran dilakukan pada 2 minggu sebelum tanam dengan dosis 1.500 $kg.ha^{-1}$. Pupuk organik granul diberikan 1 hari sebelum tanam dengan cara diaduk bersama tanah. Pupuk urea dan KCl diberikan 2 kali, ½ dosis pada saat tanam dan ½ dosis pada 30 hari setelah tanam, sedangkan pupuk SP-36

diberikan satu kali pada saat tanam. Pengukuran tinggi tanaman dan jumlah daun dilakukan pada umur 2, 4, 8 minggu setelah tanam, dan menjelang panen.

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh perlakuan, maka hasil pengukuran akan diolah secara statistik menggunakan program IRRISTAT.

HASIL PENELITIAN

Kadar Hara dan Kelarutan Butiran Pupuk Organik Granul

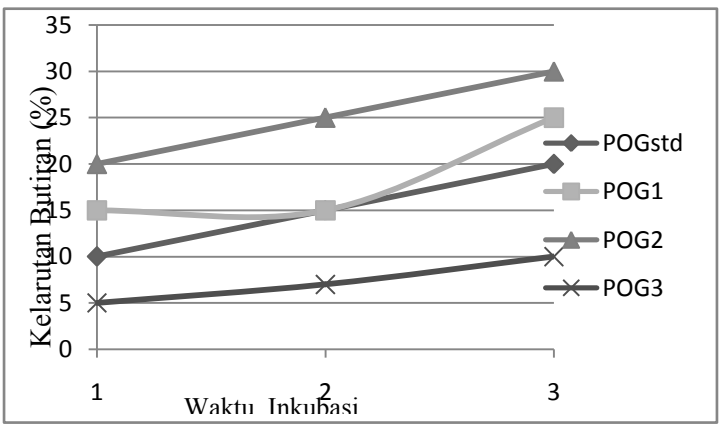
Kualitas pupuk organik yang akan diedarkan harus mengikuti persyaratan yang diatur dalam Permentan No. 70 Tahun 2011. Hasil uji mutu terhadap produk pupuk hasil formulasi disajikan dalam Tabel 2. Dari hasil pengukuran diketahui bahwa kandungan hara makro N, P, dan K produk pupuk POG-1, POG-2, dan POG-3 berada di atas kandungan hara pupuk organik standar. Kadar Ca berkisar 2,46-8,22 g.100 g^{-1} pupuk. Pupuk organik granul formula 3 menghasilkan kadar Ca tertinggi (8,22 g.100 g^{-1}). Kadar rata-rata Mg pada ke tiga produk pupuk organik masih berada di bawah kandungan hara Mg pada pupuk organik standar. Hal ini karena pupuk organik standar menggunakan dolomit sebagai *filler* dan dolomit banyak mengandung Mg. Walaupun kadarnya lebih rendah, tapi telah memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam Permentan. Kadar hara mikro Cu, Mn, Fe, dan Zn ke tiga formula pupuk juga telah sesuai dengan yang ditetapkan dalam Permentan 70/2011. Secara umum hasil pengukuran pada ketiga jenis pupuk hasil formulasi lebih rendah kadar hara mikronya dibandingkan dengan pupuk organik standar. Memang tanaman membutuhkan hara-hara mikro ini dalam jumlah yang relatif kecil dan bila kandungannya berlebihan dalam pupuk akan dapat menyebabkan keracunan bagi tanaman. Kadar C-organik tinggi dengan rentang pengukuran 21,64-23,10%, berada di atas yang dipersyaratkan (15%).

Hasil pengujian tingkat kelarutan pupuk organik granul hasil formulasi di laboratorium sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 1, menunjukkan bahwa pupuk yang *filler*nya mengandung gypsum dan zeolit lebih mudah larut dibandingkan dengan bahan *filler clay* dan berada di atas tingkat kelarutan pupuk organik standar. Tingkat kelarutan butiran pupuk yang *filler*nya mengandung bahan gypsum 1,3 kali lebih cepat larut dibandingkan dengan pupuk organik standar dan 3 kali lebih cepat larut dari pupuk organik yang *filler*nya mengandung *clay*. Sementara pupuk organik granul yang *filler*nya dari bahan zeolit memiliki kemampuan larut paling cepat dan butiran terlarut paling tinggi, baik pada minggu 1, 2, dan 3. Persentase tingkat kelarutan tertinggi dicapai pada 3 minggu masa inkubasi yaitu 30%. Daya larutnya 1,7 kali lebih cepat dibandingkan dengan pupuk organik standar. Tingginya daya larut butiran pupuk ini karena zeolit memiliki struktur yang berongga-rongga, sehingga partikel-partikel pupuk mudah larut. Demikian juga halnya dengan gypsum yang mengandung gugus Ca2+ yang berdaya ikat tinggi. Pupuk organik granul berbahan *filler clay*, walaupun tiap minggu ada peningkatan daya

larutnya, namun bila dibandingkan dengan pupuk organik formula 1 dan 2 ternyata daya larut butirannya paling rendah yaitu 10% pada minggu ke-3 masa inkubasi. Rendahnya daya larut pupuk ini lebih disebabkan karena bahan *filler*-nya dari *clay*, dimana *clay* banyak mengandung mineral liat tipe 2:1 seperti monmorillonit dan illit yang dapat mengembang dan mengerut. Bila bersinggungan dengan air maka lapisan liat akan mengembang sehingga akan meningkatkan daya ikat dengan partikel-partikel yang ada di sekitarnya.

Tabel 2. Hasil analisis kandungan hara pupuk di laboratorium pada formula POG std, POG-1, POG-2, dan POG-3

No	Parameter	Unit	POG std	POG-1	POG-2	POG-3	Permentan No. 70/2011
1	K.Air	%	14,0	15,0	15,0	14,0	8-20
2	pH (1:5)		7,50	7,10	7,70	7,70	4-9
3	C-organik	%	24,05	22,20	23,10	21,64	Min. 15
4	N	%	1,36	2,09	2,19	1,74	($N+P_2O_5+K_2O$) min 4
5	C/N		18	11	11	12,4	15-25
6	P_2O_5	$g.100g^{-1}$	2,30	2,50	2,71	2,92	
7	Ca	$g.100g^{-1}$	2,54	2,48	2,46	8,22	
8	Mg	$g.100g^{-1}$	0,350	0,260	0,270	0,340	
9	K	$g.100g^{-1}$	1,20	1,32	1,42	1,49	
10	Cu	ppm	216	148	165	168	Maks. 5.000
11	Mn	ppm	838	691	710	717	Maks. 5.000
12	Fe	ppm	7.500	7.200	8.100	7.800	Maks. 9.000
13	Zn	ppm	421	334	398	386	Maks. 5.000



Gambar 1. Grafik pola kelarutan butiran pupuk organik granul pada formula POG std, POG-1, POG-2, dan POG-3 selama 3 minggu masa inkubasi

Agronomis Tanaman

Tanaman jagung memberikan respon yang berbeda terhadap pemberian pupuk organik granul yang bahan pengisinya berbeda pula. Hasil pengukuran terhadap parameter agronomis dari umur 2 MST hingga panen disajikan dalam Tabel 2. Selama masa pertumbuhan, tanaman merespon pemberian pupuk organik granul hasil formulasi secara positif. Pada masa awal pertumbuhan terlihat bahwa pertumbuhan tanaman jagung terlihat seragam, namun pengaruh pemupukan sudah terlihat pada 2 MST, pengaruh ini masih didominasi oleh pemberian pupuk NPK, karena rata-rata pengukuran tinggi tanaman pada perlakuan yang diberi pupuk NPK lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol dan pupuk organik granul standar dengan rentang tinggi tanaman 31,6-44,7 cm. Unsur hara dari pupuk anorganik cenderung lebih cepat tersedia bagi tanaman dan dapat mencapai puncaknya pada minggu pertama setelah aplikasi. Pupuk organik lebih lambat dalam melepas unsur hara tersedia bagi tanaman, sehingga pengaruh pemberian pupuk organik lebih jelas terlihat pada pengukuran 8 MST. Pengaruh pemberian pupuk organik berbeda nyata dengan kontrol, namun antar perlakuan tanaman yang diberi pupuk organik granul maupun antara pupuk organik granul dikombinasi dengan pupuk NPK pada taraf pemberian 50-100% dosis rekomendasi tidak menunjukkan adanya perbedaan yang nyata. Pupuk organik yang mengandung *filler* dari zeolit yang diikuti dengan pemberian pupuk NPK taraf 75% dosis rekomendasi menghasilkan tinggi tanaman tertinggi yaitu 148,2 cm, dan terendah pada perlakuan kontrol 47,1 cm. Tidak seperti parameter tinggi tanaman, pupuk organik yang bahan baku penyusunnya berbeda tidak berpengaruh terhadap jumlah daun tanaman jagung.

Bobot berangkasan basah maupun kering dipengaruhi oleh pemberian pupuk organik, bahan baku penyusun pupuk organik yang berbeda, direspon berbeda pula oleh tanaman jagung. Pemberian pupuk organik yang *filler*nya dari zeolit menghasilkan bobot brangkasan basah maupun kering yang lebih berat dibandingkan dengan pupuk organik yang *filler*nya dari gypsum dan *clay* bila dikombinasikan dengan 75% dosis NPK rekomendasi, berturut-turut yaitu 178,3 g dan 85,9 g, sementara bobot brangkasan tanaman paling tinggi diraih bila pupuk organik dikombinasi dengan 100% dosis NPK rekomendasi dengan bobot sebesar 97,4 g.

Kombinasi pupuk organik granul dengan pupuk NPK pada taraf 50-100% dosis rekomendasi mampu menghasilkan buah, tapi tidak untuk perlakuan kontrol dan perlakuan yang hanya menggunakan pupuk organik granul. Ini menunjukkan bahwa unsur hara yang terkandung dalam pupuk organik tidak sepenuhnya mampu menopang pertumbuhan tananaman hingga fase generatif, tapi harus diikuti dengan pemberian pupuk organik yang kadar unsur haranya lebih tinggi. Dari hasil pengukuran, dapat dikatakan bahwa penggunaan pupuk organik untuk ketiga formula dapat mengurangi penggunaan pupuk NPK sebesar 25%, karena bobot biji pipilan kering yang dihasilkan pada taraf pemberian 75% NPK tidak berbeda nyata dengan pemberian 100% NPK.

Tabel 2. Pengaruh pemberian pupuk organik dari berbagai jenis bahan baku terhadap parameter agronomis tanaman

Perlakuan	Tinggi Tanaman			Bobot brankasan kering	Bobot biji pipilan kering
	2 MST	4 MST	8 MST		
	.....cm.....			.....g.....	
Kontrol	31,6c	37,5d	47,1b	5,7d	0,0c
NPK dosis rekom.	44,7a	95,1a	141,7ab	85,6a	15,9b
POG standar	35,8bc	73,3c	103,2ab	36,8c	0,0c
100% NPK+POG std	38,9ab	87,0ab	143,3a	97,4a	20,6ab
75% NPK+POG-1	43,1a	90,7ab	142,7a	65,9b	26,2ab
75% NPK+POG-2	42,0ab	87,7ab	148,2a	85,9a	24,7ab
75% NPK+POG-3	40,2ab	85,3ab	143,4a	67,3b	23,4ab
50% NPK+POG-1	35,6bc	78,6bc	142,3a	66,0b	25,2ab
50% NPK+POG-2	38,8ab	88,2ab	141,5a	62,3b	28,9a
50% NPK+POG-3	44,0a	94,2a	143,6a	64,6b	27,5a
KK (%)	9,2%	7,6%	3,6%	13,5%	22,2%

KESIMPULAN

1. Pupuk organik granul yang diberi *filler* zeolit (POG-2) lebih unggul hasilnya dibandingkan dengan pupuk yang bahan *filler*nya dari gypsum dan *clay*, sehingga dapat direkomendasikan untuk tanaman jagung.
2. Pupuk organik granul yang diberi *filler clay* dan gypsum memberikan daya rekat lebih kuat dibandingkan zeolit sehingga hara pupuk sulit dilepaskan ke dalam larutan tanah sehingga kurang cocok untuk tanaman berumur pendek.
3. Pemberian pupuk organik granul dapat mengurangi pemberian pupuk NPK sebesar 25% dosis rekomendasi.

DAFTAR PUSTAKA

Leavens, P.B. 2011. Zeolites. http://www.chemistryexplained.com/Va-Z/Zeolites.html diakses 24 Oktober 2011.

Pradoyo, S. Lestari, dan Y. Aryanto. 2005. Zeolit Alam Sebagai Material Coating: Uji Karakteristik Pupuk Coating dan Noncoating. Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi. Vol. VIII. No. 3

Suherman, D. Karningsih, N. Fatimah, D. Estiaty, L.M. Nurlela, I. Nurbaeti, dan D. Suwardi. 2005. Pemanfaatan Zeolit untuk Pupuk. Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI. Bandung.

Treadwell, D.D. 2009. Introduction to Organic Crop Production. Horticultural Sciences Department, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.

Widowati, L.R. 2009. Peranan Pupuk Organik terhadap Efisiensi Pemupukan dan Tingkat Kebutuhannya untuk Tanaman Sayuran pada Tanah Inseptisols Ciherang, Bogor. Jurnal Tanah Tropika. Vol 14, No. 3. Lampung. Hal. 221-228

Widyarti, B. 2009. Hidup Organik, Panduan Ringkas Berperilaku Selaras Alam. Aliansi Organis Indonesia. Bogor. Hal. 10

Kontribusi Pupuk Organik (Kompos Jerami + Pupuk Bio) untuk Meningkatkan Efisiensi Pupuk Anorganik (N, P, K), Pertumbuhan dan Hasil Padi Varietas Ciherang dengan Teknologi IPAT-Bo

54

[1]Tien Turmuktini, [2]Betty Natalie, [2]Hersanti, [2]Yuyun Yuwariah, [2]Benny Joy dan [2]Tualar Simarmata

[1] Fakultas Pertanian, Program Studi Agroteknologi, Universitas Winaya Mukti, Bandung
[2] Fakultas Pertanian, Program Studi Agroteknologi, Universitas Padjadjaran, Bandung

Abstrak. Lahan sawah di Indonesia pada akhir-akhir ini semakin menurun kualitasnya, hal ini telah mengubah lingkungan pertanian menjadi katagori kritis dan kesehatan tanah yang rendah. Pengembalian kembali jerami dalam bentuk kompos ke lahan sawah.disertai pemberian pupuk hayati adalah suatu solusi dan menjadi tujuan penelitian untuk menanggulangi degradasi lahan, meningkatkan substitusi pupuk anorganik N, P, K, pertumbuhan dan hasil padi.varietas Ciherang dengan teknik budidaya IPAT-BO. Penelitian ini dilaksanakan di Sanggar Penelitian Latihan dan Pengembangan Pertanian (SPLPP) Fakultas Pertanian UNPAD Ciparay- Bandung, pada bulan Februari sd-Agustus 2011, menggunakan Rancangan Petak Terpisah, sebagai petak utama adalah dosis pupuk organik (kompos jerami + pupuk bio) :Jo:0 ton ha^{-1} + 0 g ha^{-1} ; j_1:2,5 ton^{-1} + 0 g ha^{-1} ; j_2: 2,5 ton ha^{-1} + 400 g ha^{-1} ; j_3:5,0 ton ha^{-1} + 0 g ha^{-1} dan j_4:5,0 ton ha^{-1} + 400 g ha^{-1}. Sebagai anak petak adalah dosis N, P, K (100%, 90%, 80%, 70%, dan 60%.dari anjuran). Data dianalisis dengan menggunakan Anova (*analysis of varians*) dan untuk melihat perbedaan antar perlakuan menggunakan Beda Nyata Terkecil (BNT) pada α 5%. Hasil penelitan mnunjukkan bahwa aplikasi pupuk organik (kompos jerami + pupuk hayati) dan pupuk anorganik (N, P dan K) memberikan pengaruh interaksi yang tidak nyata terhadap pertumbuhan tanaman (tinggi tanaman dan jumlah anakan) serta hasil (GKP per petak). Hasil uji mandiri menunjukkan perbedaan yang nyata. Pemberian kompos jerami dosis 5,0 t ha^{-1} + 400 g ha^{-1} pupuk hayati menunjukkan hasil yang tertinggi, namun tidak berbeda dengan dosis kompos jerami 2,5 t ha^{-1} +400 g ha^{-1} terhadap hasil (GKP per petak). Pemberian N, P dan K dosis 100% dari dosis anjuran setempat menunjukkan hasil yang tertinggi, namun berbeda tidak nyata dengan dosis 90% dan 80% dari dosis anjuran terhadap hasil (GKP per petak).

Kata kunci: Kompos jerami, pupuk bio, pertumbuhan, hasil padi ,teknologi IPAT-BO

PENDAHULUAN

Salah satu pendekatan untuk melakukan penghematan dalam pemakaian pupuk anorganik, yakni meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk N dan P tersedia dalam tanah melalui penambatan N dan pelarutan K, baik secara langsung atau interaksi dengan bakteri penambatan N_2 dan pelarutan P atau K. Pemanfaatan bakteri ini yang diaplikasikan langsung atau dengan penambahan kompos, mampu meningkatkan efisiensi pemupukan N, P dan K. Peningkatan produksi tanaman erat kaitannya dengan kemampuan tanaman

bertoleransi dengan lingkungan dan sifat genetiknya itu sendiri. (Salisbury dan Ross. 1995). Ketersediaan hara dalam tanah akan mampu meningkatkan produksi tanaman, namun pemanfaatan unsur hara tersebut sebatas kecukupan kebutuhan dan kemampuan tanamannya (Gardner *et al*. 1991).

Teknik budidaya tanaman padi IPAT-BO (Intensifikasi Padi Aerob Terkendali berbasis Bahan Organik) adalah salah satu teknologi budidaya padi yang baru di Indonesia yang dapat digunakan untuk mengatasi tanah sawah irigasi yang sudah terdegradasi, tanah sawah marginal, berkurangnya air irigasi, mahalnya harga pupuk kimia dan untuk solusi aksi mitigasi emisi Gas Rumah Kaca penyebab global warming yang sudah terjadi dimasa sekarang. Teknik ini digagas dan diteliti oleh Prof. Dr. Ir. Tualar Simarmata MS, salah seorang Guru Besar Fakultas Pertanian Universitas Padjadajaran sejak tahun 2006 dan sedang terus diteliti dan dikembangkan untuk mendapatkan suatu kesempurnaan metoda sebagai salah satu sumbangan ilmu pengetahuan sebagai alternatif solusi-terbaik untuk mengatasi masalah tersebut di atas khususnya untuk tanaman padi sawah irigasi di Indonesia Teknologi IPAT-BO adalah teknologi intensifikasi aerob terkendali berbasis bahan organik yang menitikberatkan pada tanah sebagai kekutan biologi tanah (soil biology power).menfungsikan kembali rantai makanan (food web) dan tanah sebagai pabrik pupuk alami (Simarmata 2007).

Hasil penelitian yang dilakukan pada tahun 2002, menunjukkan bahwa dari delapan provinsi di Indonesia lahan pertaniannya sudah mempunyai kadar C-organik yang relatif rendah, 17 % berkadar < 1%; 26% berkadar 1 – 1,5% dan 20% berkadar 1,2 – 2%, khususnya di lahan pertanian sentra produksi (P. Jawa) lahannya sudah dalam kondisi kritis yang ditandai dengan kandungan C-organik < 2% (Kasno *et al.* 2003) Penggunaan air untuk pertanian di dunia cukup besar yaitu rata-rata 70%, namun pada negara-negara berkembang bisa mencapai 80% - 90%. (Curruthers *et al.* 1997 dalam Koenhuan. 2003). Kenyataan di lapangan, petani masih boros dalam penggunaan air. Diperkirakan kehilangan air sebesar 60%, yaitu hilang saat berada di petakan, sedangkan 40% hilang disebabkan: penguapan, rembesan dan kebocoran di saluran irigasi, atau terbuang karena limbas atau kesalahan operasional (Palacois *dalam* Palioptro, 1991). Efek global warming berpengaruh juga terhadap iklim, waktu tanam sulit diprediksi, ketersediaan air tanah menjadi faktor pembatas keberlangsungan ketersediaan pangan. Demikian pula perlu upaya mitigasi emisi gas rumah kaca khususnya metan agar didapat teknik budidaya padi yang ramah lingkungan.

Simarmata *et al.* (2011), menyebutkan teknik IPAT-BO diharapkan menjadi solusi mengatasi permasalahan pertanian di Indonesia, karena mempunyai 4 keunggulan yaitu 1. Hemat air: efisien dalam penggunaan air, dimana kondisi air macak-macak (1 cm di atas permukaan tanah sampai -5 cm di bawah permukaan tanah/ aerob terkendali); 2. Hemat pemupukan karena menambah bahan organik (kompos + pupuk hayati),; 3. Hemat bibit, karena sistim tanam menggunakan sistem kembar/TS (*twin seedling*), dalam 1 rumpun terdapat 2 titik tanam yang berjarak 5 cm, satu tititk tanam memakai 1 benih, memakai bibit berumur 14 hari setelah semai; melakukan seleksi benih dan bibit; 3. Hemat pupuk

karena menambahkan bahan organik, berupa kompos jerami+pupuk hayati sebagai subtitutor pupuk anorganik yang kian mahal harganya dan sulit di dapat; serta 4. Pemanfaatan tanah sebagai kekuatan biologis tanah dengan memanfaatkan input bahan organik, pupuk hayati dan agen hayati, sebagai bioreaktor agar berfungsinya pabrik pupuk alami dan menambah resistensi tanaman terhadap penyakit yang ditularkan melalui tanah.(Turmuktini dan Simarmata, 2010, Simarmata dan Benny Joy, 2011)

Jerami padi adalah sisa panen yang mudah didapat di lahan sawah, yang apabila dikembalikan ke lahan diharapkan dapat menjadi sumber bahan organik yang murah, sebagai pengendali keseimbangan alami tanah, pemulihan kualitas tanah secara kimia, biologi dan fisik yang rusak karena degradasi lahan. Terjadinya penurunan kualitas tanah dapat disebabkan oleh penggunaan bahan kimia dalam bidang pertanian yang berlebihan seperti penggunaan pupuk anorganik yang tidak seimbang, berdampak kepada tanah menjadi *leveling off*, penggunaan herbisida, dan insektisida.yang terus menerus.

Dampak rendahnya kualitas tanah secara langsung akan berpengaruh kepada menurunnya produksi padi, namun disisi lain penggunaan jerami segar menimbulkan bahaya, karena kontaminasi bibit penyakit yang dibawa jerami, mengkontribusi emisi gas rumah kaca dan bersifat *slow release* (unsur haranya lambat tersedianya bagi tanaman), hal inilah dapat diatasi dengan melakukan pengkomposan jerami terlebih dahulu., Kompos jerami menggandung 1,5-2% N, 15-24% C-organik, 1,5-2%. K, 2-3% P

Prinsip pengomposan adalah menurunkan C/N bahan-bahan kompos sampai mendekati C/N tanah, yaitu 12-15. Kompos dianggap sangat diperlukan karena kebutuhan akan bahan organik untuk pemupukan belum terpenuhi meskipun sudah tersedia pupuk kandang atau pupuk hijau. Ada beberapa faktor yang mendorong diperlukan kompos antara lain kesulitan memperoleh pupuk kandang matang dalam jumlah besar, adanya kendala dalam penggunaan pupuk hijau karena keterbatasan waktu dan tanah untuk ditanami tanaman penghasil pupuk hijau, sedangan kompos jerami harganya relatif murah karena mudah di dapat dan tersedia dilahan

Pemberian kompos mempunyai sifat yang menguntungkan antara lain: 1) memperbaiki struktur tanah gumpal menjadi remah, 2) memperbesar daya ikat tanah terhadap zat hara, 3) menambah daya ikat air pada tanah, 4) memperbaiki drainase dan tata udara dalam tanah, dan 5) mengandung hara yang lengkap, walaupun jumlahnya sedikit. (Diah Setyorini *et al*. 2006).

Menurut Simanungkalit *et al*. (2006) bakteri *Azotobacter* dan *Azospirillum* merupakan kelompok bakteri penambat N yang bersifat non simbiotik merupakan salah satu alternatif untuk melengkapi ketersediaan N bagi tanaman, sedangkan *Bacillus* sp. dan *Pseudomonas* sp. diidentifikasikan mampu melarutkan bentuk P tak larut menjadi bentuk P yang tersedia bagi tanaman. Dengan demikian ketersediaan mikroorganisme tanah tersebut dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara tanaman terutama unsur N dan P.

Pupuk hayati yang di gunakan pada penelitian ini mengandung mikroba penambat N nonsimbiotik (*Azotobacter* sp. dan *Azospirillum* sp.) dan bakteri pelarut fosfat (*Pseudomonas* sp. dan *Bacillus* sp.) yang mampu menyediakan unsur hara secara non simbiotik dengan tanaman, seperti unsur hara N dan P sehingga kesuburan tanah meningkat. (Fitriatin *et al*. 2007)

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh aplikasi pupuk organik (kompos jerami+pupuk hayati), untuk meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk anorganik (N, P, K) pertumbuhan dan hasil tanaman padi varietas Ciherang yang ditanam dengan metode IPAT-BO

METODE PENELITIAN

Percobaan dilaksanakan di Sanggar Penelitian Latihan dan Pengembangan Pertanian (SPLPP) Fakultas Pertanian UNPAD di Ciparay Kabupaten Bandung. dari bulan Februari 2011 sampai bulan Agustus 2011.Bahan yang digunakan pupuk hayati (Baccilus sp, Azospirillum, Azotobacter, Pseudomonas sp. (koleksi lab mikrobiologi tanah faperta UNPAD), blotong ampas tebu, kompos jerami padi, pupuk Urea (45% N), SP-36 (36% P_2O_5), KCl (60% K_2O), insektisida Decis 25 EC.Rancangan lingkungan yang digunakan adalah Rancangan Petak Terpisah (*Split Plot Design*) yang terdiri dari dua faktor dan tiga ulangan.

Faktor pertama sebagai petak utama (main plot) adalah aplikasi takaran kompos jerami + pupuk hayati (J) yang terdiri dari 5 taraf, yaitu :j_o: 0 ton ha^{-1} kompos jerami + 0 g ha^{-1} pupuk hayati; j_1: 2,5 ton ha^{-1} kompos jerami + 0 g ha^{-1} pupuk hayati j; $_2$: 2,5 ton ha^{-1} kompos jerami + 400 g ha^{-1} pupuk hayati; j_3: 5,0 ton ha^{-1} kompos jerami + 0 g ha^{-1} pupuk hayati; j_4: 5,0 ton ha^{-1} kompos jerami + 400 g ha^{-1} pupuk hayati

Faktor kedua adalah pemberian pupuk anorganik atau N-P-K (P) sebagai anak petak (*sub plot*) yang terdiri dari 5 taraf, yaitu: p_0 = dosis 100% (standar anjuran :Urea 300 kg ha^{-1}, SP36 100 kg ha^{-1}, KCl 100 kg ha-^{1}), p_1 = dosis 90% (Urea 270 kg ha^{-1}, SP36 90 kg ha^{-1} dan KCl 90 kg ha^{-1}), p_2 = dosis 80% (Urea 240 kg ha^{-1}, SP36 80 kg ha^{-1} dan KCl 80 kg ha^{-1}), p_3 = dosis 70% (Urea 210 kg ha^{-1}, SP36 70 kg ha^{-1} dan KCl 70 kg ha^{-1}), p_4 = dosis 60% (Urea 180 kg ha^{-1}, SP36 60 kg ha^{-1} dan KCl 60 kg ha^{-1})

Data diuji secara statistik menggunakan ANOVA dan uji lanjutan dengan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) atau LSD pada taraf nyata 5% (Gomez dan Gomez, 1995)

Pelaksanaan percobaan menggunakan teknik budidaya IPAT-BO. jumlah petak dalam percobaan ini adalah 75 petak. Luas masing-masing petak 3 m x 3,5 m. Jarak tanam (30 cm x 35 cm), populasi per petak 100 rumpun dan cara tanam menggunakan *twin seedling*, dimana dalam 1 rumpun terdapat 2 titik tanam yang berjarak 5 cm, menggunakan 1 benih 1 titik tanam Pemberian kompos dilakukan 1 minggu sebelum

tanam bersamaan dengan pengolahan tanah, bibit yang digunakan berumur 14 HST, pupuk hayati diberikan 1 hari sebelum tanam, pupuk N, P dan K diberikan masing-masing: untuk Urea 3 kali, 1/3 dosis pada saat tanam, 1/3 dosis pada umur 15 HST dan 1/3 dosis pada umur 30 HST), SP-36 1 kali, pada saat tanam dan KCl diberikan 2 kali, pada saat tanam dan umur 30 HST. Setelah penanaman, dilakukan pengelolaan air, menggunakan teknologi hemat air (IPAT-BO), yaitu air dipertahankan dalam kondisi macak macak (keadaan air 1 cm di atas permukaan tanah sampai dengan 5 cm di atas permukaan tanah), kecuali 2 hari saat menjelang pembersihan gulma dan saat vegetatif akhir umur 50 HST sampai dengan 60 HST dilakukan penggenangan 5 cm di atas permukaan tanah .yang berfungsi untuk menekan pertumbuhan anakan, dan selanjutnya dilakukan pemberian air macak-macak kembali sampai 2 minggu menjelang panen. Untuk lebih jelasnya sistim tanam kembar (twin seedling) dengan jarak 35 cm x 30 cm. dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar: Tampilan Sistim tanam kembar (TS: Twin seedling) dan Teknik hemat air IPAT-BO (aerob terkendali) pada fase vegetatif tanaman di lahan percobaan (dokumentasi: Tien Turmuktini)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa aplikasi pupuk organik (kompos+pupuk hayati) dan pupuk anorganik N, P, K berbagai dosis terjadi interaksi tidak nyata terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman padi. Hasil uji mandiri dari masing-masing perlakuan terhadap pertumbuhan dan hasil tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Pertumbuhan dan hasil

Perlakuan	Tinggi tanaman (Cm) 5 MST		Tinggi tanaman (Cm) 7 MST		Jumlah anakan produktif		Hasil (GKP per petak)(kg)	
Pupuk Organik (kompos + pupuk hayati								
j_0 (0 t ha^{-1} + 0 g ha^{-1})	53.55	a	67.04	A	22.87	a	7,09	a
j_1 (2,5 t ha^{-1} + 0 g ha^{-1})	51.71	a	64.97	a	23.27	a	7,43	ab
j_2 (2,5 t ha^{-1} + 400 g ha^{-1})	51.85	a	66.08	a	24.32	a	7,73	bc
j_3 (5,0 t ha^{-1} + 0 g ha^{-1})	52.23	a	65.87	a	23.55	a	7,57	b
j_4 (5,0 t ha^{-1} + 400 g ha^{-1})	52.31	a	66.43	a	23.63	a	8,22	c
Pupuk Anoganik (N, P, K)								
p_1 (dosis 100%)	53.65	c	67.48	d	25.33	b	8,01	c
p_2 (dosis 90%)	52.84	bc	67.20	cd	23.96	ab	7,83	bc
p_3 (dosis 80%)	52.40	bc	65.88	bc	22.53	a	7,75	bc
p_4 (dosis 70%)	52.05	ab	65.60	ab	22.39	a	7,34	b
p_5 (dosis 60%)	50.69	a	64.23	a	23.41	a	7,01	a

Keterangan: Angka rata-rata yang ditandai huruf yang sama pada setiap kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata menurut uji beda nyata Terkecil pada taraf nyata 5%.

Berdasarkan uji mandiri (Tabel 1) menunjukkan bahwa aplikasi pupuk organik (kompos jerami + pupuk hayati) memberikan pengaruh yang nyata terhadap hasil (GKP per petak), namun menunjukkan pengaruh yang tidak nyata terhadap pertumbuhan tanaman seperti tinggi tanaman dan jumlah anakan produktif. Pemberian kompos jerami dosis 5,0 t.ha^{-1} + 400 g.ha^{-1} pupuk hayati menunjukkan hasil yang tertinggi dan tidak berbeda nyata dengan dosis 2,5 t.ha^{-1} +400 g.ha^{-1} terhadap hasil (GKP per petak). Aplikasi pupuk anorganik (N, P, K) berbagai dosis menunjukkan pengaruh yang nyata baik terhadap pertumbuhan tanaman (tinggi tanaman dan jumlah anakan) maupun terhadap hasil (GKP per petak). Pemberian N, P dan K dosis 100 % dari dosis anjuran setempat menunjukkan hasil yang tertinggi, namun tidak berbeda nayat dengan dosis 90% dan 80% dari dosis anjuran terhadap hasil (GKP per petak) dibandingkan dengan dosis N, P dan K 70% dan 60% dari dosis anjuran.

Pemupukan merupakan salah satu aspek yang perlu diperhatikan dalam program intensifikasi tanaman padi selama ini. Pemupukan anorganik N, P dan K merupakan tindakan pemupukan yang paling disukai selama ini, karena dianggap unsur haranya cepat tersedia bagi tanaman dan efeknya segera terlihat pada tanaman, sifat inilah yang menjadikan keberhasilan meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman. Pemberian pupuk kimia secara intensif pada pertanaman padi telah menyebabkan kesuburan tanah terganggu (Gunarto *et al.* 2002) dan memacu mineralisasi bahan organik tanah sehingga terjadi penurunan kadar C-organik dalam tanah, kualitas dan kesehatan tanah sawah menjadi rendah (Arafah dan Sirappa, 2003; Simarmata, 2007), hal ini tampak pada hasil penelitian bahwa pemberian pupuk anorganik N, P dan K dengan berbagai dosis berpengaruh secara nyata terhadap pertumbuhan tanaman seperti terhadap tinggi tanaman

dan jumlah anakan, demikian juga terhadap hasil (GKP per petak), namun peningkatan dosis N, P, K lebih dari dosis 80% dari dosis anjuran tidak dapat meningkatkan hasil secara nyata (GKP per petak), kemungkinan karena tanah sudah *leveling off*

Penurunan efektivitas pemberian pupuk anorganik yang pengaruhnya ke tanah dan tanaman makin tidak signifikan dapat diimbangi dengan melakukan pemberian pupuk organik. Penambahan bahan organik disamping dapat meningkatkan hara dalam tanah juga dapat memperbaiki lingkungan biofisik tanaman, antara lain dapat meningkatkan produktivitas tanah walaupun efisiensi pemupukan anorganik berjalan secara lambat /*slow realese* (Arafah dan Sirappa, 2003). Kompos merupakan pupuk organik yang banyak mengandung unsur hara baik mikro maupun makro yang masing-masing mempunyai fungsinya untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil sesuai kemampuannya (Maschner. 1986), hal ini sesuai dengan hasil penelitian tampak bahwa pemberian pupuk kompos dosis 2,5 $t.ha^{-1}$ dan 5,0 $t.ha^{-1}$ dapat meningkatkan hasil (GKP per petak) dibandingkan dengan tanpa pemberian kompos (kontrol) tetapi berpengaruh tidak nyata terhadap pertumbuhan tanaman seperti tinggi tanaman dan jumlah anakan, hal ini kemungkinan pupuk organik yang bersifat *slow realease* sehingga unsur hara tidak secara cepat tersedia dan tidak tampak pengaruhnya bagi pertumbuhan tanaman.

Pada penelitian ini pemberian pupuk organik selain berupa kompos jerami ditambahkan pula pupuk hayati, dimaksudkan untuk meningkatkan kualitas tanah secara kimia, fisika dan biologi tanah, yang akhirnya akan bermuara terhadap peningkatan hasil tanaman. Menurut James dan Olivares (1997) pemberian pupuk hayati berupa miroba penambat N_2 yang hidup bebas, tidak bersimbiosa (non simbiotik) seperti *Azospirillum* dan *Azotobacter* dan *Pseudomonas* sp. yang terdapat di daerah perakaran dan dalam jaringan tanaman telah mampu meningkatkan secara nyata penambatan N_2. Bakteri *Azotobacter* merupakan bakteri penambat N_2 yang mampu menghasilkan giberelin, sitokinan dan asam indol asetat, substansi zat pengatur tumbuh yang memacu perkembangan akar. Penambatan N_2 dari udara menjadi ammonia dibantu oleh enzim nitrogenase yang bergantung kepada kondisi fisik, kimia dan biologi tanah. Ketersediaan sumber energi dalam bentuk bahan organik dilingkungan rhizosfer merupakan faktor utama yang menentukan banyaknya N_2 yang dihasilkan (Alexander, 1997),

Bakteri pelarut fosfat (*Pseudomonas* sp. dan *Bacillus* sp.) mampu menyediakan unsur hara P secara non simbiotik sehingga kesuburan tanah meningkat (Fitriatin *et al*. 2008). Pelarutan fosfat terjadi secara biologis karena mikroba tersebut menghasilkan enzim fosfatase yang dieksresikan oleh akar tanaman dan oleh mikroorganisme secara dominan (Joner *et al*. 2003). Selain itu dihasilkan juga enzim fitase (Alexander, 1977). Enzim fosfatase diketahui berperan dalam proses mineralisasi bahan organik yaitu menguraikan senyawa fosfat dalam bentuk fosfat organik menjadi fosfat anorganik dalam

bentuk tersedia. Aktivitas mikroorganisme ini dipengaruhi oleh pH tanah dan substrat (Alexander, 1977).

Penambahan kompos jerami sebagai sumber C ke dalam tanah memacu perkembangan populasi bakteri penambat N_2 dan pelarut P. Ini menunjukkan mengapa jumlah N_2 yang ditambat atau P yang di larutkan bakteri bervariasi di setiap tempat, hal ini tergantung kepada ketersediaan energi dan kemampuan bakteri bersaing dengan mikroba lain baik yang diberikan dari luar atau eksogenous (berupa pupuk hayati atau bakteri yang yang terdapat pada kompos) dengan bakteri setempat (*indigenous*) yang hidup dan perkembangbiakannya bergantung kepada sumber energi yang sama, hal inilah kemungkinan yang terjadi pada penelitian ini, sehingga tidak terjadinya interaksi antara pupuk organik dengan pupuk anorganik, karena sifat pupuk organik untuk bisa menghasilkan unsure ,dipengaruhi oleh faktor biotik dan abiotik, sehingga lambat memproduksi unsur hara tersedia bagi tanaman dibandingkan pupuk anorganik yang cepat tersedia bagi kebutuhan tanaman.

Toleransi pupuk hayati untuk melakukan aktifitas dan fungsinya sangat bergantung dari keberhasilan berkompetisi dengan faktor abiotik seperti lingkungan, suhu, pH, substrat dan dengan faktor biotik yaitu kompetisi dengan mikroba sejenis maupun berbagai jenis mikroba lainnya. Keberhasilan mikroba bertoleransi akan menghasilkan unsur hara yang diperlukan seperti N, P, K tersedia secara banyak dan cepat sehingga dapat mensubstitusi kebutuhan pupuk anorganik, oleh karena itu pada penelitian ini tampak bahwa perlakuan aplikasi pupuk organik (kompos jerami + pupuk hayati) memberikan pengaruh yang nyata terhadap hasil (GKP per petak). Pemberian kompos jerami dosis 5,0 $t.ha^{-1}$ + 400 $g.ha^{-1}$ pupuk hayati (j_4) menunjukkan hasil yang tertinggi dibandingkan dengan pemberian kompos jerami saja (j_1 dan j_3) dan kontrol (j_0), kecuali dengan dosis kompos jerami 2,5 $t.ha^{-1}$ + 400 $g.ha^{-1}$ pupuk hayati (j_2) terhadap hasil (GKP per petak), hal ini menunjukkan bahwa pemberian kompos jerami disertai pupuk hayati memberikan pengaruh yang lebih baik, dibandingkan dengan yang kompos jerami saja terhadap meningkatkan hasil (GKP per petak).

KESIMPULAN

Aplikasi pupuk organik (kompos jerami + pupuk hayati) dan pupuk anorganik (N, P dan K) memberikan pengaruh interaksi yang tidak nyata terhadap pertumbuhan tanaman (tinggi tanaman dan jumlah anakan) serta hasil (GKP per petak). Hasil uji mandiri menunjukkan perbedaan yang nyata. Pemberian kompos jerami dosis 5,0 $t.ha^{-1}$ + 400 $g.ha^{-1}$ pupuk hayati menunjukkan hasil yang tertinggi, namun berbeda tidak nayat dengan dosis 2,5 $t.ha^{-1}$ + 400 $g.ha^{-1}$ terhadap hasil (GKP per petak). Pemberian N, P dan K dosis 100% dari dosis anjuran setempat menunjukkan hasil yang tertinggi, namun tidak berbeda dengan dosis 90% dan 80% dari dosis anjuran terhadap hasil (GKP per petak).

DAFTAR PUSTAKA

Alexander, M. 1977. Introduction to Soil Mycrobiology. 2nd Ed. John Wiley and Sons. New York. 476 p. *dalam* Simanungkalit, R., D.A. Suriadikarta. R. Saraswati, D. Setyorini, dan W. Hartatik. 2006. Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Balitbang Pertanian, 313 p.

Arafah dan M.P. Sirappa. 2003. Kajian Penggunaan Jerami dan Pupuk N, P, dan K pada Lahan Sawah Irigasi. Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan. Vol. 4(1): 15-24.

Setyorini, D., R. Saraswati, R.K. Anwar 2006. Kompos *dalam* Simanungkalit, R., D.A. Suriadikarta, R. Saraswati, D. Setyorini, dan W. Hartatik. 2006. Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Balitbang Pertanian, 313 p.

Fitriatin, B.N., B. Joy, dan T. Subroto. 2007. Karakterisasi Aktivitas Fosfatase, Mikroba Tanah dan Daya Katalisnya terhadap Mineralisasi P Organik. Laporan Penelitian. Program Insentif Riset Dasar KMNRT.

Gardner, F.P., R.B. Pearce, dan R.L. Mitchell. 1991. Fisiologi Tanaman Budidaya Terjemahan: H. Susilo. Universitas Indonesia Press, Jakarta.

Gomez, A.K. dan A.A. Gomez. 1995. Prosedur Statistik untuk Penelitian Pertanian. Terjemahan: E. Sjamsuddin dan J. S. Baharsjah. UI Press, Jakarta.

Gunarto, L., P. Lestari, H. Supadmo, dan A.R. Marzuki. 2002. Dekomposisi Jerami Padi, Inokulasi Azospirillum dan Pengaruhnya terhadap Efisiensi Penggunaan Pupuk N pada Padi Sawah. Penelitian Pertanian Tanaman Pangan. Vol. 21(1): 1-10.

Joner, E.J., I.M. Aerle, and M. Vosatka. 2003. Phosphatase activity of extra radical arbuscular mychoriza hyphae. A review. Plant Soil. 226: 199-210 *dalam* Simanungkalit, R., D.A. Suriadikarta, R. Saraswati, D. Setyorini, dan W. Hartatik. 2006. Pupuk Organik dan Ppupuk Hayati. Balitbang Pertanian. 313 p.

James. E and Olivares, 1997. Infaction on Colonization. of Sugarcane and Other Gramineous Plant by Endophytic dizotropic. Plant Science 17: 77-119 *dalam* Simanungkalit R., D.A. Suriadikarta, R. Saraswati, D. Setyorini, dan W. .Hartatik. 2006. Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Balitbang Pertanian. 313 p.

Kasno, A, D. Setyorini, Nurjaman. 2003. Status C-organik Lahan Sawah di Indonesia. Proseding.HITI.Padang.

Koenhuan, J.E. 2003. Analisis Pemanfaatan dan Pengelolaan Air di Sistem irigasi Kalibawang Kabupaten Kulon Progo. Jurnal Ilmiah VISI, PSI-SDALP Universitas Andalas.

Maschner, H. 1986. Mineral Nutrition in Higher Plants. Academic Press, Toronto.

Palioptro, M. 1991. Efficient Use of Irrigation Water. International Sminar of Efficient Water Use. Mexico in October 21-25. http//www.unesco.org.uy.

Salisbury, F.B. dan C.W. Ross. 1995. Fisiologi Tumbuhan. Penerbit ITB, Bandung.

Simarmata, T. 2007. Peningkatan Produktivitas Padi Melalui Teknologi Intensifikasi Padi Secara Aerob Terkendali. Makalah Diskusi Ilmiah Tanggal 21 Mei 2007, Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran, Jatinangor.

Simarmata, T. dan Benny Joy. 2011. Teknologi Peningkatan Produksi Padi dan Pemulihan Kesehatan Lahan Sawah dengan IPAT-BO. Seminar Nasional Implementasi Teknologi Budidaya Tanaman Pangan Menuju Kemandirian Pangan Nasional. 2 April. UMM. Purwokerto. 1-21.

Simarmata, T., Benny Joy, and Tien Turmuktini. 2011.Water Saving and Organic Fertilizers Based Technology to Remediate the Health of Paddy Soils and to Increase Rice Productivity. Conference on International Research on Food Security, Natural Resource Management and Rural Development Indonesia Tropentag, University of Bonn, October 5-7, 2011.

Simarmata, T., Benny Joy, and Tien Turmuktini. 2011. Management of Water Saving and Organic Based Fertilizers Technology for Remediation and Maintaining the Health of Paddy Soils and to Increase the Sustainability of Rice Productvity in Indonesia. Call paper on Sustainable Agriculture and Food Security: Challenge and Opportunities, 27-28 September 2011, University of Padjadjaran Bandung – Indonesia.

Simanungkalit, R., R. Saraswati, dan E. Husen. 2006. Bakteri Penambat Nitrogen *dalam* Simanungkalit, R., D.A. Suriadikarta, R. Saraswati, D. Setyorini, dan W Hartatik. 2006. Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Balitbang Pertanian, 313 p .

Turmuktini, T. dan T. Simarmata. 2010. Peranan IPAT-BO dalam Konservasi Air Irigasi dan Peningkatan Produktivitas Lahan sawah. Proseding Seminar Nasional Biodiversitas dan Bioteknologi Sumberdaya Akuatik. Fakultas Biologi Unsoed. Purwokerto 26 Juni 2010: 1-9.

Kajian Pemanfaatan Kompos Jerami terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai di Lahan Pasang Surut Kalimantan Tengah

55

[1]Nurmili Yuliani, [2]Asmarhansyah, dan [1]R.S. Anggraini

[1]Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Riau
[2]Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Kepulauan Bangka Belitung[2)]

Abstrak. Salah satu lahan potensial untuk pengembangan kedelai di Kotawaringin Timur adalah lahan pasang surut. Lahan tersebut memiliki tingkat kesuburan tanah yang rendah, sehingga diperlukan usaha peningkatan kesuburan tanah melalui penggunaan kompos jerami padi. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan kompos jerami terhadap pertumbuhan dan hasil kacang kedelai di lahan pasang surut. Penelitian dilaksanakan di lahan pasang surut tipologi luapan B Desa Bapeang, Kecamatan Mentawai Baru Ketapang, Kabupaten Kotawaringin Timur, pada musim kemarau (MK) 2010. Penelitian dilakukan menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dan diulang tiga kali. Perlakuan yang diuji adalah: (a) Pupuk anorganik (Urea 75 kg.ha^{-1}, SP-36 150 kg.ha^{-1}, KCl 100 kg.ha^{-1}), (b) kompos jerami 2,5 t.ha^{-1}+(Urea 50 kg.ha^{-1}, SP-36 100 kg.ha^{-1}, KCl 75 k kg.ha^{-1}) dan (c) kompos jerami 5,0 t.ha^{-1} + (Urea 50 kg.ha^{-1}, SP 36100 kg.ha^{-1}, KCl 75 kg.ha^{-1}). Tanaman indikator yang digunakan adalah kedelai varietas Wilis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat dosis kompos jerami berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman kedelai. Pemberian kompos jerami juga berpengaruh nyata terhadap komponen hasil berat berangkasan, jumlah polong dan berat 100 biji, namun tidak berpengaruh nyata terhadap berat polong berbiji. Pada dosis 5 t.ha^{-1}, hasil kedelai bisa mencapai 1,58 t.ha^{-1} dan pada dosis 2,5 t.ha^{-1} hasil kedelai mencapai 1,4 t.ha^{-1}. Hasil analisis finansial menujukkan usahatani kedelai MK 2010 dengan menggunakan dosis 5 t.ha^{-1} sebesar Rp. 5.575.000, dengan nilai R/C rasio 3,39; dosis 2,5 t.ha^{-1} sebesar Rp. 4.675.000 dengan nilai R/C rasio 3,01; serta tanpa kompos jerami sebesar Rp. 3.612.500 dengan nilai R/C rasio 2,77.

Kata kunci: Kompos jerami, kedelai, pasang surut.

Abstract. *One of potencial lands to be used in developing soybean in Kotawaringin Timur is tidal swamp land that has low soil fertility status. It is important to increase the soil fertility status of tidal swamp land through application of rice straw compost. The aim of this study was to determine the effect of rice straw compost on growth and yield of soybean in tidal swamp land. The experiment was conducted in tidal swamp land with tide type B in Bapeang Village, Mentawai Baru Ketapang District, East Kotawaringin, in the dry season (2010). The experiment was conducted in randomized block design and replicated 3 times. The treatments were: (1) inorganic fertilizer (Urea 75 kg.ha^{-1}, SP-36 150 kg.ha^{-1}, KCl 100 kg.ha^{-1}), (2) 2.5 tons of rice straw compost t.ha^{-1} + (urea 50 kg ha^{-1}, SP-36 100 kg ha^{-1}, KCl 75 kg ha^{-1}), (3) 5.0 tons of rice straw compost t.ha-1 + (Urea 50 kg.ha^{-1}, SP-36 100 kg.ha$^{-1,}$ KCl 75 kg.ha^{-1}). Indicator plant used was soybean with wilis*

variety. The results showed that the dose of rice straw compost has a linear corelation with the plant height of soybean. The application of rice straw compost significantly influenced yield components of soybean, namely stover weight, number of pods and 100 seeds weight, but it did not significantly affect the weight of seed pods. The application of 5 t.ha^{-1} of rice straw compost gave the yield of soybean of 1.58 t.ha^{-1} and the application of 2.5 t.ha^{-1} of rice straw compost gave the yield of soybean of 1.4 t.ha^{-1}. Financial analysis showed that the application of 5 t ha^{-1}; 2,5 t.ha^{-1} and without rice straw compost earned Rp. 5.575 million; Rp. 4.675 million; and Rp. 3.6125 million respectively with a value of RC ratio 3.39; 3.01; and 2.77, respectively.

Keywords:*Compost, rice straw, soybean, tidal swamp land.*

PENDAHULUAN

Kabupaten Kota Waringin Timur, Kalimantan Tengah merupakan kabupaten yang memiliki lahan potensial untuk mengembangkan kedelai. Menurut Masganti dan Bhermana (2008) sekitar 895.600 ha dari 5.460.425 ha lahan di Kotawaringin Timur potensial untuk dikembangkan tanaman kedelai. Pengembangan kedelai tersebut akan sangat membantu peningkatan produksi kedelai di wilayah ini mengingat kebutuhan kedelai masih harus dipasok dari luar wilayah. Salah satu lahan yang berpotensial untuk pengembangan kedelai di Kabupaten Kotawaringin Timur adalah lahan pasang surut dengan luasan sekitar 37.196 ha, namun lahan pasang surut tersebut belum dapat dimanfaatkan secara optimal untuk peningkatan produksi kedelai. Salah satu kendala pemanfaatan lahan pasang surut yang ditemui di lapangan adalah masalah kesuburan tanah (Adimihardja dan Suriadikarta, 2000; Sawiyo *et al*. 2000; Masganti, *et al*. 2006).

Permasalahan kesuburan tanah untuk pengembangan kedelai di lahan pasang surut yaitu kemasaman tinggi (pH rendah), keracunan Al, Fe, dan S. Selain kendala kesuburan tanah, pengembangan kedelai juga terkendala oleh gangguan OPT yang tinggi dan perlu mendapatkan perhatian serius demi keberhasilan usaha tani tanaman kedelai (Sudaryono, *et.al*. 2007). Kandungan bahan organik yang rendah menyebabkan daya sangga tanah terhadap unsur-unsur hara rendah, sehingga disinyalir menjadi penyebab tidak optimalnya hasil kedelai (Anonym, 2004). Oleh karena itu, untuk mendapatkan hasil kedelai yang optimal, maka diperlukan external input dalam rangka memperbaiki status kesuburan tanah. Salah satu cara untuk meningkatkan kesuburan tanah dan produksi kedelai adalah menggunakan pupuk, baik organik maupun anorganik.

Kabupaten Kotawaringin Timur merupakan salah satu sentra produksi padi Kalimantan Tengah yang menghasilkan jerami padi yang cukup berlimpah. Jerami padi tersebut dapat dijadikan sebagai sumber pupuk organik dalam rangka memperbaiki kesuburan tanah. Pemberian pupuk organik seperti pupuk kandang sapi, kotoran ayam dan kompos jerami mampu memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah (Suhartina, *et al*. 1996; Kuntyastuti, *et al*. 2000 dan Husnain *et al*. 2005) dan pemberian pupuk organik nyata meningkatkan hasil kedelai (Anonym, 2004). Namun demikian, diperlukan upaya untuk mempercepat proses dekomposisi jerami padi agar berfungsi sebagai pupuk

organik. Pemanfaatan biodekomposer (bioaktivator) merupakan salah satu upaya untuk mempercepat proses dekomposisi tersebut.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pemberian kompos jerami terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai pada lahan pasang surut.

METODOLOGI

Tempat dan waktu

Pengkajian pemanfaatan kompos jerami dilaksanakan di lahan pasang surut di Desa Bapeang, Kecamatan Mentawai Baru Ketapang, Kabupaten Kotawaringin Timur, Kalimantan Tengah pada MK. 2010. Lahan yang digunakan untuk penanaman kedelai merupakan lahan yang pada musim tanam sebelumnya ditanami padi.

Rancangan percobaan

Perlakuan yang diuji dalam pengkajian ditata dalam rancangan acak kelompok (RAK) dengan 3 (tiga) ulangan. Perlakuan berupa dosis kompos jerami, yaitu: (1) Pupuk anorganik Urea 75 kg.ha^{-1}, SP-36 150 kg.ha^{-1}, KCl 100 kg.ha^{-1}; (2) Kompos jerami 2,5 ton.ha^{-1} + (Urea 50 kg.ha^{-1}, SP-36 100 kg.ha^{-1}, KCl 75 kg.ha^{-1}); (3) Kompos jerami 5,0 ton.ha^{-1} + (Urea 50 kg.ha^{-1}, SP-36 100 kg.ha^{-1}, KCl 75 kg.ha^{-1}).

Kedelai yang digunakan dalam pengkajian ini adalah varietas Wilis. Kedelai ditanam dengan jarak tanam 25 cm x 20 cm, dengan 2 biji/lubang dan diberi 5 g inokulum Rhizobium sp per kilogram benih. Ukuran petak 12 x 4 m, sehingga ada 9 (sembilan) petak dalam suatu hamparan.

Pembuatan dan aplikasi kompos jerami

Proses pembuatan kompos jerami dimulai dengan mencampur bahan (jerami padi, pupuk kandang, arang sekam dan dedak) diaduk dengan rata kemudian ditambahkan EM 4 secara merata sampai kandungan air adonan mncapai 30% kemudian ditutup rapat. Dekomposisi kompos ini memerlukan jangka waktu empat minggu. Indikasi keberhasilan pembuatan kompos terlihat secara fisik, seperti penyusutan volume hingga 50-60%, warna menjadi lebih gelap, tidak tercium bau dan suhu yang stabil. Hal ini menunjukkan bahwa mikroorganisme yang terkandung pada bioaktivator yang digunakan bekerja secara sempurna.

Karakteristik kimia kompos jerami menggunakan dekomposer EM-4 disajikan pada (Tabel 1).

Tabel 1. Karakteristik kimia kompos jerami menggunakan dekomposer EM-4

No.	Parameter	Nilai
1.	pH	8,29
2.	C-Organik (%)	36,15
3.	N-total (%)	5,88
4.	C:N Ratio	6,15
5.	P_2O_5 (%)	0,10
6.	K_2O (%)	1,95
7.	Fe (%)	0,16

Aplikasi Kompos jerami diberikan dengan cara disebar di lahan 1(satu) minggu sebelum tanam. Pemupukan Urea, SP-36 dan KCl dengan cara dibuat goretan yang dibuat di samping tanaman sepanjang barisan, setelah pupuk diberikan kemudian ditutup dengan tanah. Pupuk urea diberikan tiga kali, yaitu sebanyak 1/3 dosis diaplikasikan pada saat tanam, sedang 1/3 dosis diberikan pada umur 21 hari setelah tanam dan sisanya diberikan pada umur 42 hari setelah tanam.

Sifat kimia tanah

Hasil analisis sifat kimia tanah awal sebelum penelitian (Tabel 2), memperlihatkan bahwa tanah lokasi penelitian memiliki pH tanah yang tergolong sangat masam. Kadar C-organik dan N-total masing-masing tergolong sangat tinggi dan rendah, sedangkan P-tersedia tergolong rendah, sementara Ca tertukar tergolong sangat rendah dan Mg dan K tertukar tergolong rendah.

Tabel 2. Sifat kimia tanah Desa Bapeang, Kecamatan Mentawai Baru Ketapang, Kabupaten Kotawaringin Timur.

No.	Parameter	Nilai
1.	pH H_2O	4,33
2.	C-organik (%)	9,44
3.	N-total (%)	0,182
4.	P tersedia (ppm P_2O_5)	8,554
5.	$Ca\text{-}_{dd}$ ($cmol_{(+)}\ kg^{-1}$)	0,525
6.	$Mg\text{-}_{dd}$ ($cmol_{(+)}\ kg^{-1}$)	0,779
7.	$K\text{-}_{dd}$ ($cmol_{(+)}\ kg^{-1}$)	0,277

Berdasarkan hasil analisis sifat kimia tersebut, untuk memperoleh pertumbuhan dan produksi kedelai yang optimal, sangat dibutuhkan input berupa pupuk organik dan anorganik. Input ini diperlukan untuk memperbaiki sifat kimia tanah mengingat kandungan hara tanah seperti N dan P yang rendah dan basa-basa tertukar tergolong sangat rendah sampai rendah.

Parameter pengamatan

Parameter yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah cabang, berat brangkasan kering, berat polong, jumlah polong, berat polong berbiji, berat 100 biji dan hasil kedelai. Pengaruh perlakuan terhadap parameter yang diamati diketahui melalui analisis ragam menurut petunjuk Gomez dan Gomez (1993), sedangkan untuk melihat beda nyata antar perlakuan dilakukan uji lanjut dengan menggunakan beda nyata terkecil pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan tanaman kedelai

Pengaruh pemberian kompos jerami menggunakan bioaktivator EM-4 terhadap tinggi tanaman kedelai umur 5 (lima) minggu setelah tanam (MST) di Kabupaten Kotawaringin Timur disajikan pada (Tabel 3). Pada saat tanaman kedelai umur 5 (lima) MST, terlihat bahwa semakin tinggi dosis kompos jerami yang diberikan, tanaman kedelai juga semakin tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa kompos jerami dengan dosis yang lebih tinggi mampu mensuplai unsur hara untuk pertumbuhan tanaman kedelai. Hal ini juga membuktikan bahwa tanaman kedelai sangat responsive terhadap pemberian kompos jerami pada dosis 5 $t.ha^{-1}$. Hal ini didukung oleh hasil penelitian Rachman, *et al*. (2007) yang menyatakan bahwa pemberian bahan organik dapat meningkatkan ketersediaan hara dalam tanah, sisa jerami padi pada pola tanam padi-kedelai, bila dikembalikan ke tanah akan mengembalikan 85% K yang diserap tanaman padi sebelumnya.

Tabel 3. Tinggi tanaman dan jumlah cabang tanaman kedelai umur 5 (lima) MST yang diberi kompos jerami di Desa Bapeang, Kecamatan Mentawai Baru Ketapang, Kabupaten Kotawaringin Timur MK. 2010

Dosis kompos jerami ($t.ha^{-1}$)	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah cabang
0	53,89c	3,0c
2,5	59,21b	3,5b
5,0	62,47a	4,5a

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf $\alpha = 0,05$

Hasil penelitian tersebut membuktikan bahwa untuk mendapatkan pertumbuhan tanaman kedelai yang optimal di lahan pasang surut sangat membutuhkan input berupa pupuk organik dan anorganik. Menurut Mandel *et al*. (2009) bahwa dengan menggunakan pemupukan NPK dan pupuk kandang terdapat peningkatan hasil tanaman kedelai hingga 98,5% dibandingkan tanpa pupuk**.**

Hasil kedelai

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pemberian dosis kompos jerami berpengaruh nyata terhadap berat brangkasan, jumlah polong, berat polong berbiji, berat 100 biji dan hasil kedelai (Tabel 4).

Tabel 4 memperlihatkan bahwa secara umum dosis pemupukan berbeda nyata terhadap berat brangkasan, jumlah polong, berat polong berbiji dan berat 100 biji. Sementara itu, hasil tanaman kedelai tertinggi diperoleh pada dosis 5 t/.ha^{-1}, namun tidak berbeda nyata dengan dosis 2,5 t.ha^{-1}. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi penggunaan pupuk organik dan anorganik yang tepat mampu meningkatkan produksi kedelai. Hal yang sama diungkap oleh Adisarwanto (2007) yang mengungkapkan bahwa penggunaan pupuk organik asal jerami padi di lahan sawah dapat meningkatkan produktivitas kedelai sebesar 23%.

Tabel 4. Hasil tanaman kedelai yang diberi kompos jerami di Desa Bapeang, Kecamatan Mentawai Baru Ketapang, Kabupaten Kotawaringin Timur MK. 2010.

Dosis kompos jerami (t.ha^{-1})	Berat brangkasan (g)	Jumlah polong	Berat polong berbiji (g)	Berat 100 biji (g)	Hasil /(t.ha^{-1})
0	17,05c	32,50c	11,10b	9,05c	1,13b
2.5	19,40b	35,09b	11,60b	9,65b	1,40a
5	20,23a	44,10a	13,42a	10,20a	1,58a

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf $\alpha = 0,05$

Analisis usahatani

Analisis finansial menunjukkan bahwa keuntungan dan efisiensi usahatani kedelai varietas Wilis yang diberi kompos jerami dosis 5 t.ha^{-1} lebih tinggi daripada dosis 2,5 t.ha^{-1} dan tanpa kompos jerami (Tabel 5). Usahatani kedelai wilis menggunakan kompos jerami dosis 5 t.ha^{-1} memberikan pendapatan yang lebih tinggi daripada menggunakan dosis 2,5 t.ha^{-1} dan tanpa kompos jerami. Keuntungan usahatani dengan menggunakan kompos jerami dosis 5 t.ha^{-1}, dosis 2,5 t.ha^{-1} dan tanpa kompos jerami masing-masing sebesar Rp. 5.575.000, dengan nilai R/C rasio 3,39, Rp. 4.675.000 dengan nilai R/C rasio 3,01 dan Rp. 3.612.500 dengan R/C rasio 2,77.

Lebih tingginya pendapatan petani kedelai yang diberi kompos jerami dosis 5 t.ha^{-1} dan 2,5 t.ha^{-1} didukung oleh tingginya produktivitas kedelai yang dihasilkan, yaitu 1,58 t.ha^{-1} dan 1,4 t.ha^{-1}. Dengan demikian, pendapatan usahatani dosis 5 t.ha^{-1} lebih tinggi daripada dosis 2,5 t.ha^{-1}.

Tabel 5. Analisis usahatani kedelai pada perlakuan pemberian kompos jerami di lahan pasang surut Desa Bapeang, Kecamatan Mentawai Baru Ketapang, Kabupaten Kotawaringin Timur MK 2010

Uraian	Fisik	Harga (Rp.)	Kompos jerami 5 t.ha^{-1}	Kompos jerami 2,5 t.ha^{-1}	Tanpa kompos jerami
A. Sarana Produksi					
1. Benih (Kg)	40	6000	280.000	280.000	280.000
2. Legin (Rhizobium) (gr)	200	200	20.000	20.000	20.000
3. Urea (Kg)	50	1.500	75.000	75.000	-
	75	1.500	-	-	112.500
4. SP36 (Kg)	100	1.500	150.000	150.000	-
	150	1500	-	-	225.000
5. KCl (Kg)	75	3.000	225.000	225.000	-
	100	3.000	-	-	300.000
6. EM-4 (1 l)	1 l	25.000	25.000	25.000	-
7. Kapur (Kg)	500	1000	500.000	500.000	500.000
8. Jerami Padi	-	-	-	-	-
9. Insectisida Marshal (100 gr/bks)	4	20.000	80.000	80.000	80.000
B. Tenaga Kerja					
10. Pembuatan Pupuk	15 HOK	30.000	450.000	450.000	-
11. Pengolahan Tanah	5 HOK	50.000	250.000	250.000	250.000
12. Penanaman	3 HOK	30.000	90.000	90.000	90.000
13. Penyiangan dan Pemupukan	3 HOK	30.000	90.000	90.000	90.000
14. Panen dan Pascapanen	5 HOK	30.000	90.000	90.000	90.000
Total Biaya Produksi			2.325.000	2.325.000	2.037.500
Penerimaan (Rp,)	1580 kg	5000	7.900.000	-	-
	1400 kg	5000	-	7.000.000	-
	1130 kg	5000	-	-	5.650.000
Keuntungan			5.575.000	4.675.000	3.612.500
R/C Rasio			**3,39**	**3,01**	**2,77**

KESIMPULAN

1. Aplikasi kompos jerami dengan dosis 2,5 t.ha^{-1} dan 5,0 t.ha^{-1} mampu meningkatkan pertumbuhan vegetatif (tinggi tanaman, jumlah cabang, berat brangkasan, jumlah polong berat 100 biji) dan hasil tanaman kedelai, namun belum mampu meningkatkan hasil berat polong berbiji.
2. Aplikasi kompos jerami dosis 5 t.ha^{-1} hasil kedelai bisa mencapai 1,58 t.ha^{-1} dan pada dosis 2,5 t.ha^{-1} hasil kedelai mencapai 1,40 t.ha^{-1}. Sedangkan tanpa kompos jerami hasil kedelai mencapai 1,13 t.ha^{-1}.
3. Hasil analisis finansial menujukkan usahatani kedelai MK. 2010 dengan menggunakan kompos jerami 5 t.ha^{-1} sebesar Rp. 5.575.000, dengan nilai R/C rasio 3,39; 2,5 t.ha^{-1} sebesar Rp. 4.675.000 dengan nilai R/C rasio 3,01; sedangkan tanpa kompos jerami sebesar Rp. 3.612.500 dengan nilai R/C rasio 2,77.

DAFTAR PUSTAKA

Adimihardja, A., dan A. D. Suriadikarta. 2000. Pemanfaatan lahan rawa eks PLG Kalimantan Tengah untuk pengembangan pertanian berwawasan lingkungan. J. Penelitian & Pengembangan Pertanian 19(3) :77-81.

Adisarwanto, T., dan Riwanodja. 2007. Prospek Penggunaan Pupuk Organik pada Kedelai di Lahan Sawah Setelah Padi. Dalam M. Jusuf, *et al*. Buku Teknologi Inovatif Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Badan Penelitian dn Pengembangan Pertanian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.

Anonym. 2004. Program Bangkit Kedelai Tahun 2004. Direktorat Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Direktorat Jenderal Bina Produksi Tanaman Pangan. Jakarta.

Gomez, K.A. and A.A. Gomez. 1993. Statistical Procedures for Agricultural Research. 2nd Ed. John Wiley & Sons, New York. 680 p.

Husnain, D. Setyorini, dan S. Widati. 2005. Teknologi Budidaya Pertanian Organik Ditinjau dari aspek Kesuburan Tanah. Dalam Kasdi Subagyono, *et al.* Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Sumber Daya Tanah dan Iklim. Hlm 247 – 260.

Kuntyastuti, H., Adisarwanto, A.G. Manshuri, D. Harnowo, dan Riwanodja. 2000. Pemupukan Organik dan Anorganik pada Kedelai di Tanah Vertisol, Entisol dan Alfisol. Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Teknologi Pertanian dalam Upaya Mendukung Ketahanan Pangan Nasional Universitas Udayana-BPTP Bali. Hlm 47-58.

Mandel, K.G., K.M. Hati and A.K. Mirsa. 2009. Biomass yield and energy analysis of soybean production in relation to fertilizer NPK and organic manure. Biomass and Bioenergy 33 (12): 1670-1679.

Masganti, Susilawati, dan N. Yuliani. 2006. Potensi Sumbangan hara dalam budidaya padi lokal di lahan pasang surut ex-PLG Kabupaten Kapuas, Kalimantan Tengah. Dalam Subardja, D.S., *et al*. Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya Lahan. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Hlm: 319-329.

Masganti dan A.Bhermana, 2008. Peta Peruntukan Lahan untuk Pengembangan Kedelai Provinsi Kalimantan Tengah Skala 1 :250.000. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Kalimantan Tengah. Palangka Raya.

Rachman, A., IGM.Subiksa, dan Wahyunto. 2007 Perluasan Areal Tanaman Kedelai ke Lahan Suboptimal. Dalam Sumarno, Suyamto, Widjono A., *et al.* Buku Kedelai Teknik Produksi dan Pengembangan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Hlm 185 – 203.

Sawiyo, D. Subardja, dan D. Djaenudin. 2000. Potensi Lahan Rawa di Daerah Kapuas Murung dan Kapuas Barat untuk pengembangan pertanian. J. Penelitian & Pengembangan Pertanian 19(1) :9-16.

Sudaryono, Taufik, A., dan Wijarnoko. 2007. Peluang Peningkatan Produksi Kedelai di Indonesia. Dalam Sumarno, *et al*. Buku Kedelai Teknik Produksi dan Pengembangan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Hlm 130 – 167.

Suhartina, dan T. Adisarwanto, 1996. Manfaat Jerami Padi Budidaya Kedelai di Lahan Sawah. Habitat Vol.8 No. 97. *Hlm* 41-44.

SEBARAN FRAKSI NITROGEN ORGANIK TANAH PADA PERKEBUNAN KAKAO RAKYAT DI JAWA TIMUR DALAM HUBUNGANNYA DENGAN EFISIENSI PEMUPUKAN NITROGEN

56

Niken Puspita Sari dan John B. Baon

Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, Jl. P.B. Sudirman 90 Jember. Email: niken.puslitkoka@gmail.com

Abstrak. Nitrogen merupakan salah satu unsur hara yang sering menjadi kendala bagi pertumbuhan tanaman kakao karena ketersediaannya yang rendah. Nitrogen sangat mudah larut, pelepasan unsur haranya relatif cepat tervolatilisasi maupun terimobilisasi. Penggunaan pupuk nitrogen seperti urea saat ini tidak lagi mengindahkan aspek kesuburan tanah. Untuk meningkatkan produktivitas tanaman kakao seringkali dipupuk dalam jumlah berlebih padahal kandungan nitrogen di dalam tanah sudah mencapai batas kecukupan. Tindakan pemupukan seperti ini berakibat tanaman tidak memberikan pertumbuhan signifikan walaupun telah dipupuk. Untuk meningkatkan efisiensi pemupukan nitrogen diperlukan indikator yang dapat digunakan sebagai dasar pemupukan yang tepat untuk meminimalisasi dampak buruk. Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa terdapat fraksi nitrogen organik tertentu yang dapat digunakan sebagai indikator perlunya kakao dipupuk. Penggunaan fraksi nitrogen organik lebih dapat dipercaya dibandingkan anorganik karena sifatnya yang lebih stabil. Penelitian bertujuan untuk mengindentifikasi kebun kakao yang responsif terhadap pemupukan urea. Penelitian dilakukan di sentra perkebunan kakao rakyat di Ngawi, Madiun, Ponorogo, Pacitan, Trenggalek, Blitar, dan Jember, yang merupakan daerah pengembangan kakao relatif baru. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan fraksi N asam amino tertinggi terdapat di Jember, sedangkan yang terendah di Madiun. Kandungan N gula amino tertinggi di Jember dan terendah di Madiun. Kandungan fraksi N amonium dan gula amino dalam tanah tertinggi dijumpai di Jember dan yang terendah di Trenggalek. Kadar fraksi N amonium dalam tanah tertinggi terdapat di Jember sementara yang terendah di Trenggalek. Kandungan N terhidrolisis total dalam tanah tertinggi dijumpai di Jember, sedangkan yang terendah di Trenggalek. Fraksi N organik yang dapat digunakan sebagai indikator pemupukan kakao yaitu N terhidrolisis total. Nilai N terhidrolisis total di bawah 1.273 mg kg^{-1} merupakan kebun yang responsif terhadap pemupukan urea. Dengan demikian Madiun, Ponorogo, Trenggalek, dan Pacitan lebih responsif terhadap pemupukan urea dibandingkan Jember, Blitar, dan Ngawi.

Kata kunci: Nitrogen, organik, efisiensi, pemupukan

Abstract. *Nitrogen is one of crop nutrients that is often as an obstacle for the growth of cocoa because of its low availability. Nitrogen is very soluble, quickly released nutrient, volatile or immobilized easily. Use of nitrogen fertilizer such as urea, at present mostly does not consider soil fertility status. To increase cocoa productivity, the cocoa plants must be fertilized. To improve the efficiency of nitrogen fertilizer, it is required an*

indicator that can be used as a base for fertilization, to minimize bad impacts. Previous research showed that a certain fraction of organic nitrogen can be used as an indicator of nitrogen fertilization for cocoa. Use of organic nitrogen fraction is more reliable than inorganic because it is more stable. This research aim is to identify smallholder cocoa plantations which are responsive to urea fertilization. This research was conducted at smallholder cocoa plantations in Ngawi, Madiun, Ponorogo, Pacitan, Trenggalek, Blitar, and Jember regencies, which are new areas of cocoa development. Result of this research showed that amino acid N and amino sugar N fractions in soil were highest in Jember while lowest in Madiun. Ammonium N fraction, hydrolized total N, and amino sugar fractions in soil were highest in Jember and the lowest in Trenggalek. Organic N fraction that can be used as an indicator for nitrogen fertilization for cocoa is hydrolyzed total N. Value of hydrolyzed total N less 1,273 mg kg^{-1} means that cocoa planted in that soil is more responsive to urea fertilizing. Therefore, cocoa farming systems in Madiun, Ponorogo, Trenggalek, and Pacitan more responses compared Jember, Blitar, and Ngawi to urea fertilizer.

Keywords: *Nitrogen, organic, efficiency, fertilization*

PENDAHULUAN

Pupuk merupakan faktor penting dalam perkebunan kakao. Pupuk sangat dibutuhkan tanaman karena kemampuannya dalam menyediakan unsur hara yang tidak tersedia di dalam tanah atau terbatas jumlahnya. Unsur hara yang dibutuhkan tanaman ada 16, namun unsur hara yang sering menjadi kendala bagi pertumbuhan tanaman maupun produksi tanaman adalah N, P, dan K. Pupuk N dan K pada umumnya sangat mudah larut, sehingga pelepasan unsur haranya relatif cepat, sedangkan pupuk P umumnya sulit larut, akibatnya pelepasan unsur haranya lambat. Unsur N dan K cepat terkuras habis karena tercuci, terikat oleh partikel tanah, tervolatilisasi maupun terimobilisasi (Pujiyanto dan Abdoellah, 1999).

Permasalahan yang dihadapi perkebunan adalah besarnya biaya produksi yang dikeluarkan untuk pemupukan. Menurut Pujiyanto dan Abdoellah (1999) pada kondisi normal, andil biaya pemupukan dalam proses produksi kopi adalah sekitar 30% dari biaya produksi pada tingkat kebun. Biaya pemupukan sebenarnya masih dapat ditekan mengingat penggunaan pupuk lebih sering tanpa menggunakan prinsip keseimbangan khususnya pada pupuk nitrogen, akibatnya tanah-tanah subur yang seharusnya tidak perlu dipupuk justru mendapatkan pupuk yang berlebih. Penggunaan pupuk kimia yang intensif serta tidak diimbangi dengan pengembalian bahan organik di dalam tanah menyebabkan mutu fisik dan kimia tanah menurun atau yang disebut dengan kelelahan tanah (*land fatigue*), akibatnya efisiensi pemupukan tidak terjadi.

Efisiensi pemupukan sangat penting agar unsur hara yang terlepas dapat dimanfaatkan semaksimal mungkin oleh tanaman. Ketika hara yang terlepaskan tidak

dapat dimanfaatkan oleh tanaman atau ketika pupuk sudah diberikan dalam jumlah yang cukup namun tanaman tidak memberikan respon terhadap pemupukan, hal ini mengindikasikan efisiensi pemupukan rendah.

Alasan rendahnya efisiensi penggunaan pupuk nitrogen adalah ketidakefisienan dalam aplikasi pupuk nitrogen. Efisiensi pemupukan sudah dilakukan dengan menambahkan bahan pembenah tanah (Baon *et al*. 2003) dan pemberian pupuk lepas kendali (Baon *et al*. 2001). Peningkatan efektivitas pemupukan juga telah dicoba dengan memformulasikan pupuk yang diperkaya dengan organisme yang mampu bekerjasama dalam mengikat nitrogen (Hidayat, 2010).

Sampai saat ini rekomendasi pemupukan nitrogen didasarkan pada produktivitas tanaman, target kenaikan hasil, warna daun, kandungan nitrat tanah, kandungan N total jaringan daun dan tanah, namun metode tersebut kurang mampu memenuhi tujuan pemupukan yang tepat (Baon, 2008). Terdapat beberapa metode yang digunakan untuk menyusun rekomendasi pupuk pada tanaman kakao. Sebagian besar rekomendasi pupuk N disusun berdasarkan hasil analisis N tanah total dan terkadang juga dikombinasikan dengan analisis daun (Baon, 2008).

Kelemahan penentuan pupuk berdasarkan kandungan nitrat bahwa terdapat variasi kandungan nitrat yang besar walaupun dalam hamparan sempit karena adanya proses mineralisasi, imobilisasi, nitrifikasi, denitrifikasi, pelindian, dan penyerapan oleh tanaman (Baon, 2008), akibatnya hasil analisis berdasarkan kandungan nitrat tanah kurang bermanfaat untuk memprediksi ketersediaan hara N (Baon, 2008).

Dalam tanah, hara nitrogen selain berbentuk anorganik juga terdapat dalam bentuk organik yang merupakan fungsi dari N yang terasimilasi oleh mikrobia tanah, N anorganik tanah, terserap tanaman, terlindi, dan terdenitrifikasi (Baon, 2008). Mulvaney dan Khan (2001) menyebutkan bahwa N di dalam tanah sebagian besar berbentuk organik yang berasosiasi dengan koloid humus, lempung mineral, maupun dengan mikrobia. Bentuk nitrogen organik lebih stabil dibandingkan anorganik. Devreve dan Horwath (2001) menyatakan bahwa ketersediaan N organik stabil pada tanaman padi belum dikenal luas, padahal penting untuk memahami efisiensi dan ketersediaan N tanah, selain itu N organik sangat bermanfaat dalam mengetahui keefisienan N sebagai salah satu strategi untuk mencapai produksi padi yang berkelanjutan

Penelitian sebelumnya pada tanaman kakao telah menunjukkan bahwa terdapat fraksi nitrogen organik tertentu yang dapat digunakan sebagai indikator perlunya kakao dipupuk. (Baon, 2008) melaporkan bahwa fraksi nitrogen total terhidrolisis merupakan salah satu nitrogen organik yang dapat digunakan sebagai indikator pemupukan dengan nilai kritis 1.273 mg kg^{-1}, yang artinya apabila kandungan nitrogen total terhidrolisis lebih

tinggi dari nilai kritis tersebut maka tanaman tidak responsif terhadap pemupukan nitrogen.

Perkebunan kakao rakyat banyak dijumpai di Jawa Timur, seperti di Kabupaten Ngawi, Madiun, Ponorogo, Pacitan, Trenggalek, Blitar, dan Jember yang merupakan daerah pengembangan kakao relatif baru. Perkebunan kakao rakyat jarang dipupuk nitrogen dalam jumlah berlebih karena alasan keterbatasan biaya, walaupun demikian tidak semua pekebun kakao beralasan sama. Penelitian ini bertujuan untuk mengindentifikasi kebun kakao rakyat yang responsif terhadap pemupukan urea.

METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan dalam bentuk kajian di laboratorium dan lapangan. Contoh tanah dari berbagai tingkat kesuburan diambil dari beberapa kebun kakao rakyat yang berada di Ngawi, Madiun, Ponorogo, Pacitan, Trenggalek, Blitar, dan Jember masing-masing 25 kg. Di Ngawi contoh tanah diambil di 4 lokasi, Madiun 6 lokasi, Ponorogo 4 lokasi, Pacitan 4 lokasi, Trenggalek 8 lokasi, Blitar 4 lokasi, dan Jember 6 lokasi. Tanah diambil pada kedalaman sampai dengan 30 cm kemudian dikeringanginkan dan selanjutnya disaring melewati saringan diameter 2 mm. Untuk keperluan analisis senyawa N organik dalam tanah maka untuk membuat hidrolisa tanah, contoh tanah yang digunakan adalah yang lolos saringan 0,15 mm. Di laboratorium, setiap contoh tanah diamati nitrogen total kemudian dihidrolisis menjadi nitrogen amonium, nitrogen asam amino, nitrogen gula amino, nitrogen amonium, dan gula amino.

Analisis Fraksi-Fraksi Nitrogen Organik

Preparasi Hidrolisis

Dalam percobaan ini bentuk-bentuk N organik yang akan dianalisis adalah N total terhidrolisis, amonium-N, (amonium+gula amino)-N, dan asam amino. Metode yang digunakan untuk menganalisis senyawa-senyawa tersebut dalam hidrolisat tanah adalah seperti yang diuraikan oleh Mulvaney dan Khan (2001). Ditimbang 15 gram contoh tanah ≤100 mesh dimasukkan dalam labu ukur 250 ml. Tambahkan 60 ml HCl 6 M serta 6 tetes octyl alcohol dan labu ukur ditutup dengan rapat dan dipanaskan pada penangas air dengan demikian leher labu tetap pada kondisi dingin sehingga akan terjadi uap balik sehingga berfungsi seperti fungsi refluks. Setelah waktu pemanasan tercapai labu ukur diangkat dan didinginkan sampai benar-benar dingin kemudian disaring dengan kertas saring dan hasil saringan ditampung untuk mendapatkan ekstrak contoh.

Ekstraksi hidrolisis

Ekstrak contoh diukur volumenya untuk menghitung faktor pengenceran dalam perhitungan kemudian. Ekstrak contoh diatur pH-nya hingga 6,5 dengan larutan NaOH 6 M dan kebutuhan NaOH dicatat volumenya karena pada dasarnya juga akan menambah pengenceran. Perlu kehati-hatian pada saat pengaturan pH karena akan terjadi panas tinggi dan perubahan warna maupun bentuk fisik larutan termasuk gumpalan pekat akan terjadi pada sekitar pH 4,5 walaupun akan encer kembali setelah pH 5 terlewati. Setelah tercapai pH yang diharapkan yaitu 6,5-6,8, ekstrak didinginkan dalam kondisi tertutup untuk persiapan analisis berikutnya.

Nitrogen Total Terhidrolisis

Dipipet 5 ml ekstrak hidrolisat ke dalam tabung nesler, tambahkan 0,5 g katalis (200 g K_2SO_4+20 g $CuSO_4$+2 g Se), serta 2 ml H_2SO_4 18 M kemudian didestruksi hingga jernih (warna larutan gelap), setelah itu didinginkan dan ditambah sedikit air suling. Langkah selanjutnya dilakukan destilasi secara keseluruhan dengan penambahan 10 ml larutan NaOH 10 M dan distilat ditampung dengan 10 ml larutan H_3BO_3 1% dan 6 tetes indikator campuran metyl red dan bromo cresol green. Distilasi dilakukan hingga penampung distilat mencapai volume 75 ml yang biasanya memerlukan waktu sekitar 6 menit. Distilat dititrasi dengan $KH(IO_3)_2$ dengan normalitas 0,01 N hingga terjadi perubahan warna dari hijau ke warna merah.

Nitrogen Amonium

Sebanyak 10 ml ekstrak hidrolisat didistilasi dengan penambahan 0,05 g MgO dengan penampung distilat 10 ml H_3BO_3 1% + 6 tetes indikator. Distilasi dilakukan hingga volume penampung distilat mencapai 75 ml. Distilat dititrasi dengan $KH(IO_3)_2$ 0,01 N hingga terjadi perubahan warna dari hijau ke merah.

Nitrogen Amonium+Gula Amino

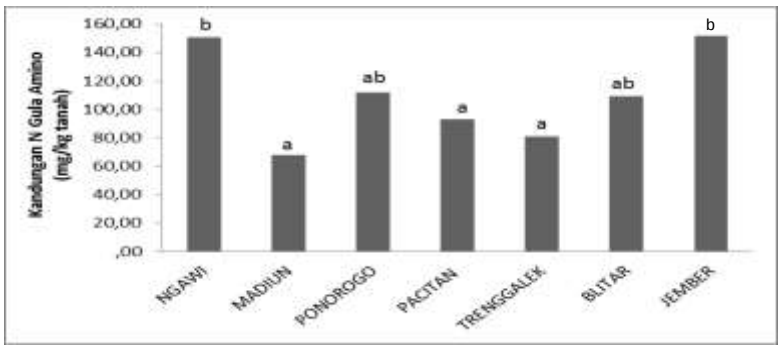
Sebanyak 10 ml ekstrak hidrolisat didistilasi dengan 10 ml buffer fosfat boraks dengan penampung distilat 10 ml H_3BO_3 1% + 6 tetes indikator. Distilasi dilakukan hingga volume distilat mencapai 75 ml atau sekitar 6 menit. Distilat dititrasi dengan $KH(IO_3)_2$ 0,01 N hingga terjadi perubahan warna dari hijau ke merah. Untuk menghitung kandungan N gula amino hanya dengan mengurangi kandungan N amonium dan gula amino dengan N amonium.

Nitrogen Asam Amino

Sebanyak 5 ml ekstrak hidrolisat dimasukkan dalam labu takar 50 ml dan ditambahkan 1 ml NaOH 0,5 N. Panaskan hingga volume larutan tinggal kurang lebih 2 ml, dinginkan dan setelah dingin tambahkan 500 mg asam sitrat, 100 mg ninhidrin, dan panaskan lagi pada penangas air hingga warna jadi jernih. Hidrolisat tersebut selanjutnya didinginkan dan ditambah 10 ml buffer fosfat boraks, didistilasi dengan penambahan 1 ml NaOH 5 N dengan penampung distilat 10 ml H_3BO_3 1%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

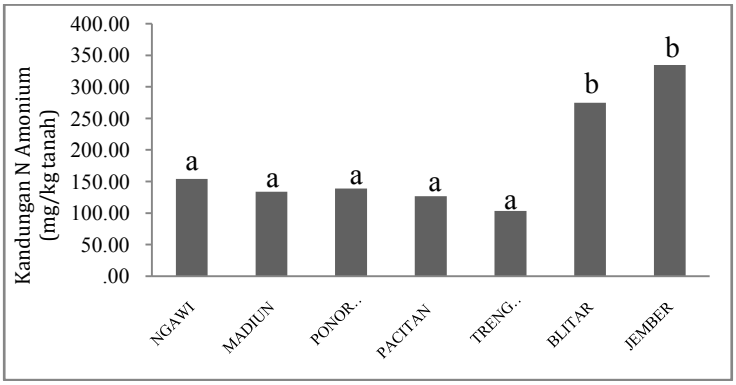
Kandungan fraksi nitrogen organik di beberapa lokasi penelitian menunjukkan variasi nilai yang beragam. Dari hasil penelitian ini terlihat bahwa terdapat perbedaan kandungan fraksi nitrogen organik di 7 lokasi penelitian. Perbedaan kandungan fraksi nitrogen organik ini diduga karena perbedaan pemupukan. Perbedaan pemupukan dapat disebabkan pola adopsi teknologi pemupukan di masing-masing kabupaten. Kabupaten Blitar dan Jember lebih dekat dengan perkebunan besar sehingga diduga pola pikir pemupukan lebih terpengaruh oleh perkebunan besar tersebut akibatnya penggunaan pupuk nitrogen lebih tinggi, sebaliknya Kabupaten Ngawi, Madiun, Ponorogo, Pacitan, dan Trenggalek merupakan perkebunan rakyat sehingga lebih memilih menggunakan kearifan lokal yaitu mengutamakan pupuk organik yang bersumber dari ternak mereka.



Gambar 1. Sebaran N gula amino di 7 lokasi penelitian

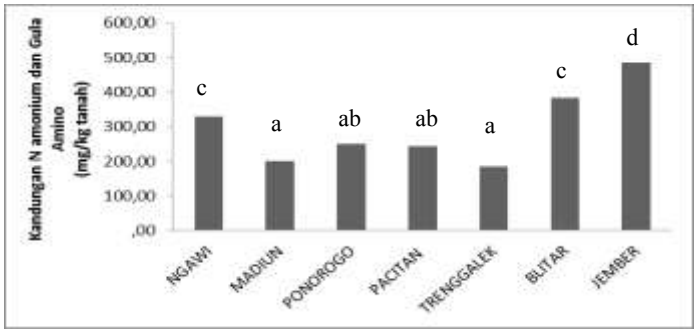
Gambar 1 menunjukkan bahwa kandungan fraksi nitrogen gula amino memiliki nilai yang paling rendah yaitu antara 67,67 mg kg^{-1} sampai dengan 151,67 mg kg^{-1} dibandingkan dengan fraksi nitrogen lainnya. Fraksi nitrogen gula amino tertinggi di perkebunan kakao rakyat Jember 151,67 mg kg^{-1}, sedangkan terendah di perkebunan kakao rakyat Madiun 67,67 mg kg^{-1}. Proporsi gula amino dalam N total tertinggi terdapat pada jenis tanah di daerah yang dingin (Schulten and Schnitzer, 1998). Gula amino di dalam tanah mayoritas berbentuk D-glukosamin dan D-galaktosamin, sedangkan dalam

jumlah yang kecil berbentuk asam muramik, D-manosamin, N-asetilglukosamin, dan D-fukosamin (Schulten and Schnitzer, 1998).



Gambar 2. Sebaran N amonium di 7 lokasi penelitian

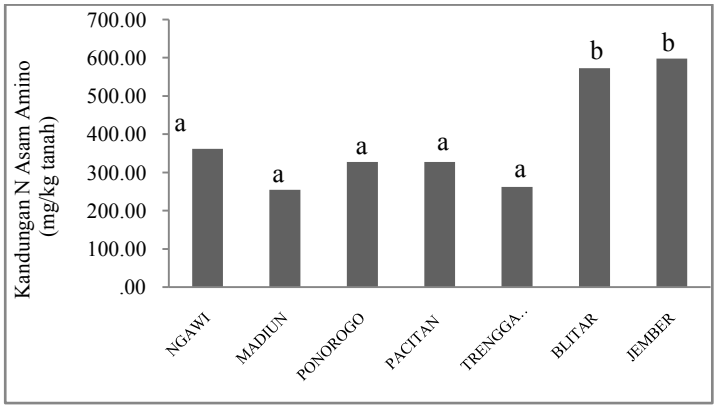
Fraksi nitrogen amonium merupakan fraksi nitrogen terendah setelah gula amino. Gambar 2 menunjukkan kandungan fraksi nitrogen amonium tertinggi di perkebunan kakao rakyat Jember 334,50 mg kg^{-1} dan terendah di Trenggalek 103,38 mg kg^{-1}. Ion amonium dalam tanah dijumpai dalam larutan tanah sebagai bagian dari komplek pertukaran dan dalam kondisi pertukaran terbatas yang sering disebut dengan terfiksasi. N dalam bentuk amonium sangat labil sehingga ketersediaannya bagi tanaman tidak dapat bertahan dalam waktu yang lama (Baon, 2008). Di Trenggalek perkebunan kakao rakyat ditanami di daerah yang berbukit, hal demikian diduga dapat menjadi faktor mudahnya amonium hilang akibat pencucian tanah.



Gambar 3. Sebaran N amonium dan gula amino di 7 lokasi penelitian

Kandungan fraksi nitrogen amonium dan gula amino tertinggi di perkebunan kakao rakyat Jember yaitu 486,17 mg kg^{-1} namun sebaliknya yang terendah di perkebunan kakao rakyat Trenggalek yaitu 184,50 mg kg^{-1} (Gambar 3). N amonium dan gula amino merupakan hasil dari kedua fraksi nitrogen organik tersebut. Fraksi nitrogen

organik dalam penelitian ini menempati urutan ketiga setelah fraksi nitrogen amonium dan gula amino.

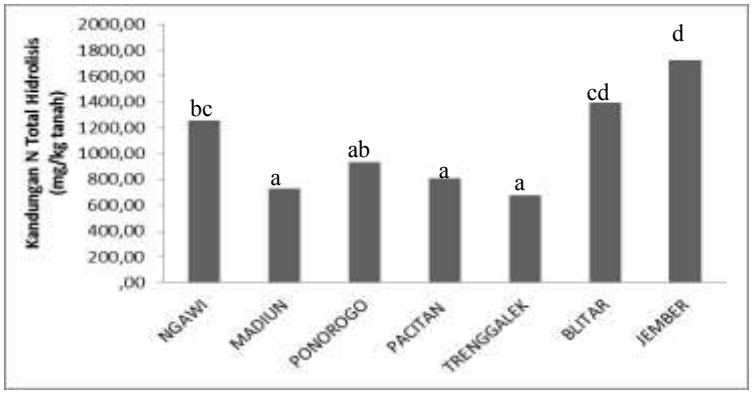


Gambar 4. Sebaran N asam amino di 7 lokasi penelitian

Kandungan fraksi asam amino menduduki kedua tertinggi setelah fraksi nitrogen total terhidrolisis. Gambar 4 menunjukkan perkebunan kakao rakyat Madiun mengandung nitrogen asam amino terendah yaitu 254,16 mg kg^{-1} sedangkan perkebunan kakao rakyat Jember mengandung nitrogen asam amino tertinggi yaitu 597,50 mg kg^{-1}. Asam amino sama halnya dengan gula amino merupakan bentuk terbanyak di tanah dingin (Schulten and Schnitzer, 1998). Sekitar 20-40% dari N total dari tanah lapisan atas terdapat dalam bentuk asam amino (Baon, 2008). Schulten dan Schnitzer (1998) menjelaskan bahwa mikroba tanah berperan dalam pembentukan protein, peptida, asam amino dari sisa tanaman dan hewan. Tanah yang diolah dengan cara berbeda kandungan asam amino tidak berbeda jauh, dengan kata lain variasi kandungan asam amino kecil (Schulten and Schnitzer, 1998). Walaupun demikian, hal berbeda ditunjukkan dalam penelitian ini yang menunjukkan bahwa kandungan asam amino Blitar dan Jember berbeda nyata dibandingkan Ngawi, Madiun, Ponorogo, Pacitan, dan Trenggalek.

Fraksi nitrogen total terhidrolisis tertinggi di perkebunan kakao rakyat Jember yaitu 1.725,67 mg kg^{-1} sedangkan terendah di Trenggalek 674,25 mg kg^{-1} (Gambar 5). Baon (2008) menyebutkan bahwa semakin tinggi kandungan N total terhidrolisis maka semakin rendah respon tanaman kakao terhadap pemupukan. Titik kritis kandungan N total terhidrolisis adalah 1.273 mg kg^{-1}, ini artinya bahwa kebun kakao dengan kandungan N total terhidrolisis lebih dari 1.273 mg kg^{-1} tidak akan memberikan respon terhadap pemupukan. Gambar 5 menunjukkan bahwa Jember dan Blitar kandungan fraksi nitrogen total terhidrolisis lebih dari 1.273 mg kg^{-1}, dengan kata lain dua perkebunan kakao rakyat ini tidak responsif terhadap pemupukan nitrogen, sebaliknya perkebunan kakao rakyat Ngawi kandungan fraksi nitrogen total terhidrolisis hampir mencapai batas kritis. Perkebunan kakao rakyat Madiun, Ponorogo, Pacitan, dan Trenggalek kandungan fraksi nitrogen total terhidrolisis jauh di bawah nilai kritis dan sangat berbeda nyata dengan

perkebunan kakao Blitar dan Jember, dengan demikian keempat perkebunan kakao tersebut lebih responsif terhadap pemupukan nitrogen.



Gambar 5. Sebaran N total terhidrolisis di 7 lokasi penelitian

Dalam penelitian Baon (2008) menunjukkan bahwa dari beberapa fraksi nitrogen yaitu N total terhidrolisis, asam amino, gula amino, amonium, dan amonium gula amino yang menunjukkan korelasi yang sangat nyata yaitu N total terhidrolisis dengan parameter yang diuji terhadap berat kering daun, dengan kata lain untuk mengidentifikasi senyawa fraksi N organik tertentu yang berkaitan erat dengan respon tanaman kakao terhadap pemupukan N maka parameter berat kering daun yang digunakan, walaupun (Mulvaney *et al.* 2001) menyebutkan bahwa gula amino merupakan indikator yang digunakan dalam menentukan respon tidaknya tanaman jagung terhadap pemupukan nitrogen.

Respon tidaknya tanaman kakao terhadap pemupukan nitrogen dapat disebabkan kandungan N total di dalam tanah, semakin tinggi N total di dalam tanah maka semakin tinggi kandungan N di dalam tanah, artinya kandungan nitrogen di dalam tanah dalam batas cukup bahkan berlebih, namun demikian dengan penambahan pupuk tanpa memperhatikan keseimbangan menyebabkan respon tanaman semakin menurun. Penelitian Baon dan Abdoellah (2002) menunjukkan bahwa perlakuan N dengan rekomendasi penuh memberikan hara N tanah yang lebih tinggi dibandingkan dengan separuh rekomendasi maupun tanpa pupuk N. Sebaliknya, kandungan karbon organik tanah terendah diperoleh pada perlakuan N rekomendasi penuh, sedangkan tertinggi diperoleh pada perlakuan tanpa pemberian pupuk N. Dengan demikian membuktikan bahwa pemberian pupuk N meningkatkan proses peruraian bahan organik yang menghasilkan rendahnya kandungan C dan K dalam tanah. Ketersediaan nitrogen juga bergantung dari lingkungan yaitu kelembaban tanah dan suhu (Agehara and Warncke, 2005).

KESIMPULAN

1. Fraksi nitrogen total terhidrolisis merupakan indikator yang dapat digunakan untuk menilai kebun kakao yang responsif terhadap pemupukan nitrogen.
2. Perkebunan kakao rakyat di Ngawi, Madiun, Ponorogo, Pacitan, dan Trenggalek lebih responsif terhadap pemupukan nitrogen.
3. Perkebunan kakao rakyat Blitar dan Jember tidak responsif terhadap pemupukan nitrogen.

DAFTAR PUSTAKA

Agehara, S. and D.D. Warncke. 2005. Soil moisture and temperature effects on nitrogen release from organic nitrogen sources. Soil Science Society of America 69: 1844-1855.

Baon, J.B., S. Abdoellah, R. Erwiyono, Pujiyanto, dan A.Wibawa. 2001. Penelitian penggunaan pupuk majemuk lepas terkendali dan pupuk organik alami pada perkebunan kakao. Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao 17: 69-77.

Baon, J.B. dan S. Abdoellah. 2002. Status lengas dan hara pertanaman kopi robusta saat kemarau akibat penambahan pupuk nitrogen dan bahan organik. Pelita Perkebunan 18: 84-98.

Baon, J.B., F. Inayah, B. Suhartono, dan S. Winarso. 2003. Efisiensi pemupukan nitrogen, sifat kimiawi tanah, dan pertumbuhan kakao akibat dosis dan ukuran zeolit. Pelita Perkebunan 19: 126-139.

Baon, J.B. 2008. Identifikasi senyawa nitrogen organik tanah sebagai indikator respon tanaman kakao terhadap pemupukan nitrogen. Pelita Perkebunan 24:128-143.

Baon, J.B. 2008. Pengembangan rekomendasi pupuk nitrogen berdasarkan kandungan fraksi senyawa nitrogen organik tanah. Prosiding Simposium Kakao. Denpasar, 28-30 Oktober 2008. Hal. 310-321.

Devevre, O.C. and W.R. Horwath. 2001. Stabilization of fertilizer nitrogen-^{15} into humic substances in aerobic vs waterlogged soil following straw incorporation. Soil Science Society of America 65: 499-510.

Hidayat, M. 2010. Efektivitas Pemupukan Nitrogen dan Multiisolat Rhizobium Iletrysoy 4 dalam Berbagai Formula Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kedelai di Tanah Masam Ultisol. Skripsi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang

Mulvaney, R.L., S.A. Khan, R.G. Hoeft, and H.M. Brown. 2001. A soil organic nitrogen fraction that reduces the need for nitrogen fertilizer. Soil Science Society of America 65: 1164-1172.

Mulvaney, R.L. and S.A. Khan. 2001. Diffusion methods to determine different forms of nitrogen in soil hydrolysates. Soil Science Society of America 65: 1284-1292.

Pujiyanto dan S. Abdoellah. 1999. Pemanfaatan pupuk lengkap lepas terkendali untuk meningkatkan efisensi produksi kopi. Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao 15: 93-103.

Schulten, H.R. and M. Schnitzer. 1998. The chemistry of soil organic nitrogen: a review. Biology and Fertility of Soils 26: 1-15.

Pemanfaatan Biomassa Gamal dan Kirinyu untuk Meningkatkan Ketersediaan Fosfor pada Lahan Kering

57

M. Syarifuddin

Jurusan Manajemen Pertanian Lahan Kering, Politeknik Pertanian Negeri Kupang.
email: ira1906@gmail.com

Abstrak. Lahan di Pulau Timor didominasi oleh lahan kering dengan kesuburan tanah yang rendah, terutama rendahnya fosfor tersedia (P-tersedia) yang sering menjadi kendala dalam pengelolaan pertanian. Penelitian ini mencoba memanfaatkan biomassa tanaman dominan di Pulau Timor sebagai sumber fosfor yaitu gamal dan kirinyu. Aplikasi gamal dan kirinyu sebagai pupuk hijau terkendala laju mineralisasi yang lambat sehingga perlu penambahan bahan organik lain yang relatif lebih mudah terdekomposisi seperti pupuk kandang kotoran sapi. Penelitian merupakan percobaan dua faktor, dengan biomassa gamal dan kirinyu sebagai faktor pertama dan dosis pupuk kandang sebanyak 7,5; 15; 22,5; dan 30% sebagai taraf pada faktor kedua. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa interaksi antara biomassa kirinyu dan gamal dengan pupuk kandang tidak berpengaruh terhadap pH tanah, P-tersedia, dan P-Total tanah sementara biomassa kirinyu lebih berpotensi untuk meningkatkan ketersediaan fosfor dalam tanah.

Kata kunci: Gamal, kirinyu, pupuk kandang kotoran sapi, mineralisasi, fosfor

Abstract. *Land in Timor Island is dominated by dryland with minimum soil fertility, especially absorbed phosphorus (absorbed-P) availability which limits agriculture management. This research tested the use of dominant plant biomass of Timor Island as phosphorus resources, which are Gliricidia sepium and Chromolaena odorata. The use of G. sepium and C. odorata biomass as green manure are constrained by their slow mineralization rate, thus it needs addition of other organic matter which easier to be decomposed such as cow dung manure. The research was two factors experiment, with G. sepium and C. odorata biomass as the first factor and cow dung manure dose levels at 7,5; 15; 22,5; and 30% as the second factors. The ANOVA test showed that interaction between C. odorata and G. sepium biomass with cow dung manure is insignificant in soil acidity, absorbed-P and total-P increments while C. odorata biomass is more potential to increase the availability of absorbed-P.*

Keywords: *G. sepium, C. odorata, cow dung manure, mineralization, phosphorus*

PENDAHULUAN

Lahan pertanian di daratan Timor umumnya merupakan lahan kering yang terbentuk dari hasil pelapukan batuan kapur, yang dicirikan oleh tingginya kandungan Ca yang mengendap dalam bentuk $CaCO_3$ (Darman dan Hasan, 2000). Kondisi ini menyebabkan

terfiksasinya salah satu unsur hara makro yaitu fosfor (P) menjadi bentuk Ca-P yang pada akhirnya mengakibatkan pemberian pupuk fosfat menjadi tidak efisien dan akan menimbulkan kerugian ekonomis bagi petani. Sementara unsur P merupakan hara esensial yang sangat penting berperan dalam fase generatif tanaman dan perbaikan kualitas sayuran tertentu (Hardjowigeno, 2003)

Salah satu cara yang dapat ditempuh untuk memperbaiki kesuburan tanah pada umumnya dan untuk meningkatkan ketersediaan P pada khususnya adalah dengan memanfaatkan biomassa atau pangkasan tumbuhan liar yang memiliki kandungan P lebih besar dari 2.500 mg kg^{-1} atau 0,25%, akan tetapi penambahan biomassa tanaman tersebut sering terkendala oleh lambatnya proses mineralisasi (Pratikno *et al*. 2002). Kendala ini dapat diatasi dengan penambahan bahan organik lain yang relatif lebih mudah terdekomposisi misalkan pupuk kandang sebagaimana hasil penelitian Lindiawati dan Handayanto (2003) yang menemukan bahwa penambahan pupuk kandang sebesar 20% pada biomassa *Mimosa somion, Phaseolus lunatus, Centrosema pubescens*, dan *Psopocarpus tetrogonolobus* dapat meningkatkan laju mineralisasi N dan P dibandingkan penambahan pupuk kandang sebesar 10%.

Tanaman gamal dan kirinyu merupakan vegetasi yang sering dijumpai di Timor. Keduanya merupakan tanaman adaptif yang mampu tumbuh pada berbagai kondisi tanah serta telah lama dimanfaatkan sebagai sumber bahan organik. Pratikno *et al*. (2002) menyebutkan bahwa walaupun keduanya merupakan bahan organik sumber P berkualitas tinggi akan tetapi pembenaman kedua jenis biomassa ini selama 8 minggu pada tanah berkapur di DAS Brantas Malang belum dapat meningkatkan ketersediaan P secara signifikan. Penambahan pupuk kandang kotoran sapi dengan nilai C-organik yang lebih rendah yaitu 16,21% (Syarifuddin, 2005) diharapkan mampu mempercepat proses mineralisasi. Penelitian ini dengan demikian bertujuan untuk: (1) mengetahui potensi gamal dan kirinyu sebagai sumber bahan organik penyedia P dan (2) untuk mengetahui pengaruh penambahan pupuk kandang terhadap mineralisasi P dari pangkasan segar kirinyu dan gamal.

METODOLOGI

Penelitian berlangsung di Rumah Kaca Fakultas Pertanian Universitas Nusa Cendana, sementara analisis tanah dan jaringan dilakukan di Laboratorium Tanah, Fakultas Pertanian Brawijaya dan Laboratorium Tanah BPTP Naibonat, Kabupaten Kupang. Penelitian merupakan percobaan faktorial dengan jenis biomassa kirinyu dan gamal sebagai faktor utama (A1 dan A2) sementara dosis pupuk kandang kotoran sapi sebagai faktor kedua (B) dengan dosis pupuk kandang: 0% (B1), 7,5% (B2), 15% (B3), 22,5% (B4), dan 30% (B5) dari total bahan organik. Dengan demikian akan diperoleh 10 kombinasi perlakuan yaitu :

- A1B1: Campuran biomassa kirinyu 100 g per polibag
- A1B2: Campuran biomassa kirinyu 92,5 g dan pupuk kandang 7,5 g per polibag
- A1B3: Campuran biomassa kirinyu 85 g dan pupuk kandang 15 g per polibag
- A1B4: Campuran biomassa kirinyu 77,5 g dan pupuk kandang 22,5 g per polibag
- A1B5: Campuran biomassa kirinyu 70 g dan pupuk kandang 30 g per polibag
- A2B1: Campuran biomassa gamal 100 g per polibag
- A2B2: Campuran biomassa gamal 92,5 g dan pupuk kandang 7,5 g per polibag
- A2B3: Campuran biomassa gamal 85 g dan pupuk kandang 15 g per polibag
- A2B4: Campuran biomassa gamal 77,5 g dan pupuk kandang 22,5 g per polibag
- A2B5: Campuran biomassa gamal 70 g dan pupuk kandang 30 g per polibag

Masing-masing biomassa (daun dan ranting) diambil dan dipotong-potong sepanjang 1-2 cm, kemudian dicampurkan dengan pupuk kandang kotoran sapi yang sudah matang sesuai perlakuan. Bahan campuran tersebut diambil dengan dosis setara 20 t ha^{-1} atau setara 100 g^{-1} polibag dan dibenamkan ke dalam 9,9 kg tanah Vertisols. Tanah Vertisols dipilih karena merupakan salah satu jenis tanah dominan pada lahan kering di pulau Timor (Wawo dan Abdulhadi, 2006).

Dosis bahan organik diberikan sesuai rekomendasi Buckman dan Brady (1982) bahwa kandungan bahan organik yang ideal dari tanah mineral adalah antar 1-5% dan dengan asumsi bahwa dalam tanah tersebut telah terdapat sejumlah bahan organik. Tanah dijaga kelembabannya pada 70% kapasitas lapang, dan diinkubasi dalam kondisi tidak tercuci selama 8 minggu. Lama pembenaman dilakukan sesuai rekomendasi Buckman dan Brady (1982) dimana dibutuhkan waktu minimal 8 minggu untuk mendekomposisikan bahan organik pada kondisi air tanah tersedia yang memadai, juga berdasarkan hasil penelitian Lindiawati dan Handayanto (2003) yang menyebutkan bahwa dekomposisi bahan organik terjadi secara optimal setelah 8 minggu. Untuk mengurangi penguapan air, polibag ditutup dengan karung. Masing-masing perlakuan diulang tiga kali sehingga pada akhirnya terdapat 30 unit percobaan.

Parameter yang dikaji adalah pH (H_2O) tanah dan jaringan bahan organik yang diukur dengan menggunakan pH meter, C-organik tanah dan bahan organik metode Walkey Black, P-tersedia tanah metode Olsen, P-total tanah dan bahan organik metode HCl. Pengaruh penambahan pupuk kandang pada biomassa vegetasi dianalisis dengan menggunakan sidik ragam ANOVA dan uji lanjut DMRT, sedangkan untuk mengetahui dosis optimum pupuk kandang yang perlu ditambahkan untuk masing-masing pangkasan terhadap mineralisasi P akan dilakukan analisis regresi atau polynomial.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis tanah awal

Analisis beberapa sifat kimia tanah dari tanah Vertisols Oesapa disajikan pada Tabel 1. Hasil analisis tersebut menunjukkan bahwa tanah memiliki P-tersedia sangat tinggi, P-total sangat tinggi, N-total, C-organik, dan C/N rasio rendah.

Tabel 1. Analisis tanah Vertisols Oesapa

Ciri tanah	Nilai	Kriteria*
pH H_2O	7,06	Netral
C-organik (%)	1,08	Rendah
N-total (%)	0,18	Rendah
C/N	6,00	Rendah
P_2O_5 HCl (mg kg^{-1})	170,05	Sangat tinggi
P_2O_5 Olsen (mg kg^{-1})	77,28	Sangat tinggi

Keterangan: *kriteria berdasarkan Pusat Penelitian Tanah Bogor (1983) *dalam* Hardjowigeno (2003)

P-tersedia tanah yang tinggi diduga disebabkan oleh residu pupuk P yang tertinggal akibat penggunaan lahan sebelumnya. Hal ini didukung oleh pH tanah yang netral sehingga dapat mengoptimalkan ketersediaan P di dalam tanah sebagaimana pendapat Buckman dan Brady (1982) mengenai kisaran pH optimal untuk ketersediaan P dalam tanah adalah pada pH netral (6-7). P-total tanah yang sangat tinggi menunjukkan bahwa terdapat sejumlah P yang masih terfiksasi dan belum dijerap oleh Ca.

Tabel 2. Kualitas kirinyu dan gamal sebagai sumber penyedia P

Parameter yang diukur	Gamal	Kirinyu
pH H_2O	5,87 (agak masam)*	5,58 (masam)*
C-organik (%)	38,12	36,32
N-total (%)	4,34	3,21
C/N	8,78	11,31
P-total (%)	3,98	2,75
C/P	9,57	13,20

Keterangan: *kriteria berdasarkan Pusat Penelitian Tanah Bogor (1983) dalam Hardjowigeno (2003)

Kandungan C-organik yang rendah menunjukkan bahwa tanah memiliki kandungan bahan organik yang rendah yang mengindikasikan bahwa, meskipun tanah memiliki ketersediaan P yang tinggi akan tetapi mengingat mobilitas unsur P yang rendah dalam tanah, P-tersedia tersebut akan lebih mudah terfiksasi oleh ion Ca^{2+} maupun $CaCO_3$. Bahan organik akan mampu menjadi pesaing bagi ion fosfat untuk dijerap oleh kation Ca^{2+}. Hal ini disebabkan oleh muatan negatif dari bahan organik yang terdiri atas gugus karboksil (asam organik), gugus hidroksil (alkohol atau phenol) dan dari golongan amida (gugusan ammonium) sehingga dapat membentuk ikatan dengan kation-kation Ca^{2+} (Donahue *et al*. 1983).

Hasil analisis jaringan kirinyu dan gamal memperlihatkan bahwa kedua biomassa tanaman tersebut merupakan bahan organik penyedia P berkualitas tinggi. Pratikno *et al*. (2002) menyebutkan bahwa suatu bahan organik dikategorikan sebagai penyedia P berkualitas tinggi apabila memiliki kandungan P-total lebih besar dari 0,25% dan rasio C/P kurang dari 200.

Hasil analisis ini juga menunjukkan bahwa biomassa gamal dan kirinyu berupa ranting dan daun di Kupang, Timor yang digunakan dalam penelitian ini memiliki kualitas yang lebih baik sebagai sumber P jika dibandingkan dengan analisis Pratikno *et al*. (2002) di DAS Brantas Hulu Malang Selatan. Hasil analisis Pratikno *et al*. (2002) menemukan bahwa biomassa gamal memiliki kandungan P-total 0,27% dan C-organik 44,53%, sementara kirinyu memiliki kandungan P-total 0,29% dan C/P rasio sebesar 173,86. Kenyataan ini menunjukkan bahwa laju mineralisasi dengan biomassa gamal dan kirinyu dalam penelitian ini akan berlangsung lebih cepat dibandingkan laju mineralisasi oleh biomassa gamal dan kirinyu yang dianalisis oleh Pratikno *et al*. (2002) yang merupakan dasar dalam penelitian ini.

Pengaruh penambahan bahan organik terhadap pH tanah

Rata-rata pH tanah setelah 8 minggu inkubasi bahan organik disajikan dalam Tabel 3. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pengaruh interaksi biomassa dan pupuk kandang, serta pengaruh tunggal dari pupuk kandang dan biomassa tanaman tidak berpengaruh terhadap penurunan pH tanah. Hal ini terutama disebabkan adanya kapasitas penyangga tanah yang tinggi sebagaimana Buckman dan Brady yang menyebutkan bahwa tanah Vertisols yang terbentuk atas mineral liat montmorilonit memiliki kapasitas penyangga yang tinggi, senyawa yang dapat berperan sebagai penyangga antara lain $CaCO_3$ yang melalui proses hidrolisis akan melepaskan Ca^{2+} dan OH^- (Nyakpa, 1988). Pelepasan kedua ion tersebut merupakan mekanisme alami untuk mempertahankan kesetimbangan larutan tanah yang terganggu akibat adanya asam-asam organik hasil dekomposisi bahan organik berupa campuran biomassa gamal dan kirinyu dengan pupuk kandang.

Kelembaban tanah yang selalu tetap pada tingkat 70% kapasitas lapang juga diduga menjadi salah satu sebab tidak menurunnya pH tanah secara signifikan. Air memiliki gugus ganda OH^- dan H^+. Penambahan air tidak hanya menyebabkan penambahan ion H^+ akan tetapi juga menyebabkan peningkatan ion negatif OH^- yang bersifat alkalis. Ion H^+ akan dengan mudah menggantikan posisi Ca^{2+} yang terjerap oleh misel tanah, sehingga akan terbentuk reaksi antara Ca^{2+} dan OH^- membentuk $Ca(OH)_2$ yang jika dilepaskan ke dalam tanah akan kembali meningkatkan pH tanah. Meskipun demikian terlihat ada kecenderungan penurunan pH tanah yang menunjukkan tertekannya reaktivitas $CaCO_3$ dalam menyangga tanah.

Tabel 3. Rata-rata pH tanah setelah inkubasi bahan organik selama 8 minggu

Perlakuan		pH tanah
A (biomassa)	A1(kirinyu)	6,91
	A2 (gamal)	6,95
B (pupuk kandang)	B1 (0%)	6,86
	B2 (7,5%)	6,92
	B3 (15%)	6,96
	B4 (22,5%)	6,92
	B5 (30%)	7,01

Pengaruh penambahan bahan organik terhadap P-total tanah

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang nyata dengan penambahan campuran biomassa gamal dan kirinyu dengan pupuk kandang ke dalam tanah. Rata-rata P-total tanah setelah 8 minggu inkubasi dapat dilihat dalam Tabel 4.

Tabel 4. Rata-rata P-total tanah setelah 8 minggu inkubasi bahan organik

Perlakuan		P-total ($mg\ kg^{-1}$)
A (biomassa)	A1(kirinyu)	899,60
	A2 (gamal)	920,18
B (pupuk kandang)	B1 (0%)	913,74
	B2 (7,5%)	904,89
	B3 (15%)	809,79
	B4 (22,5%)	972,49
	B5 (30%)	948.87

Pengaruh yang tidak nyata diduga disebabkan oleh dua faktor utama yaitu lamanya masa inkubasi dan jumlah sumbangan P-organik yang diduga sama dihasilkan oleh total masukan bahan organik yang diberikan. Lamanya masa inkubasi bahan organik dalam tanah, tanpa disertai penanaman dapat menyebabkan P yang termineralisasi menjadi terfiksasi kembali oleh kation Ca^{2+} dan $CaCO_3$. Selama proses inkubasi ke dalam tanah tidak ditambahkan pupuk P anorganik sehingga penambahan P-total yang terjadi hanya disebabkan oleh penambahan bahan organik, dimana bahan organik dapat meningkatkan jumlah P mikroba tanah, yang membentuk senyawa P yang bersifat non labil (Buckman dan Brady, 1982), akan tetapi bentuk P-organik ini akan menjadi tersedia bagi tanaman ketika mikroba tanah mati. Penambahan pupuk kandang 15% meskipun memberikan hasil yang paling rendah akan tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan lainnya secara statistik, sehingga untuk inkubasi selama 8 minggu, penambahan pupuk kandang tidak diperlukan.

Pengaruh penambahan bahan organik terhadap ketersediaan P

Hasil analisis menunjukkan bahwa P-tersedia tanah mengalami penurunan jika dibandingkan dengan P-tersedia pada tanah awal sebelum ada penambahan bahan organik. Rata-rata P-tersedia hasil penambahan bahan organik disajikan pada (Tabel 5).

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa faktor tunggal biomassa berpengaruh nyata pada ketersediaan P-tanah setelah 8 minggu inkubasi, sementara faktor pupuk dan interaksi antara pupuk dan biomassa tidak berpengaruh terhadap ketersediaan P setelah 8 minggu inkubasi. Hasil analisis lanjut menunjukkan bahwa biomassa kirinyu lebih berpotensi sebagai penyedia unsur P setelah 8 minggu inkubasi.

Tabel 5. Rata-rata P-tersedia tanah setelah 8 minggu inkubasi bahan organik

Perlakuan		P-tersedia (mg kg^{-1})
A (biomassa)	A1(kirinyu)	$67,19^{b}$
	A2 (gamal)	$56,81^{a}$
B (pupuk kandang)	B1 (0%)	63,23
	B2 (7,5%)	60,61
	B3 (15%)	55,37
	B4 (22,5%)	61,22
	B5 (30%)	69,57

Kemampuan kirinyu yang lebih baik dalam menyediakan P tanah diduga disebabkan oleh pH kirinyu yang masam dan hasil analisis pH yang menunjukkan kecenderungan pH tanah akibat masukan kirinyu rata-rata lebih rendah dari gamal (Tabel 3).

Penurunan pH akibat masukan bahan organik yang bersifat mengasamkan tanah, disebabkan oleh lebih tingginya kandungan asam-asam organik yang dihasilkan selama proses dekomposisi sehingga mampu menghelat Ca^{2+} yang akhirnya dapat menurunkan reaktivitasnya dalam memfiksasi P. Pratikno *et al*. (2002) dan Soepardi (1983) menyebutkan bahwa asam organik seperti asam glukosa dan 2-keto glukosik yang terbentuk pada kondisi kaya bahan organik mampu menjadi helat bagi ion logam sehingga menurunkan reaktivitasnya namun masih dapat digunakan oleh tanaman, selain itu asam organik juga dapat berfungsi sebagai anion pesaing bagi fosfat.

Hasil analisis awal bahan organik yang menunjukkan C/P rasio gamal yang lebih rendah dibandingkan kirinyu juga diduga menjadi penyebab lain dari lebih nyatanya pengaruh kirinyu dalam menyediakan P. C/P rasio gamal yang rendah mengindikasikan bahwa dekomposisi dan mineralisasi pada biomassa gamal akan terjadi lebih cepat dibandingkan kirinyu. Kemampuan biomassa gamal yang tidak sebaik kirinyu dalam menekan reaktivitas Ca dan $CaCO_3$ dalam menambat P dapat mengakibatkan P yang termineralisasi menjadi terfiksasi kembali, ditunjukkan oleh P-total masukan gamal yang cenderung lebih tinggi jika dibandingkan kirinyu (Tabel 4). Keadaan ini didukung oleh kondisi tanah selama masa inkubasi delapan minggu yang tidak ditanami sehingga kontak antara P dengan Ca dan $CaCO_3$ menjadi lebih lama dan akhirnya memungkinkan peluang terjadinya fiksasi P yang lebih tinggi atau konsumsi P oleh mikroba tanah kembali, sebagaimana Mas'ud (1992) yang menyatakan masukan serasah tanaman pada tanah yag

tidak ditanami dapat menyebabkan pembebasan P dari serasah tanaman tersebut diimmobilisasi kembali oleh mikroba tanah.

Tidak nyatanya pengaruh penambahan pupuk kandang dan pengaruh interaksi biomassa dan pupuk kandang dalam meningkatkan P tersedia tanah disebabkan oleh kualitas kedua biomassa tersebut yang sangat baik dalam mineralisasi P jika dibandingkan dengan pupuk kandang. Inkubasi selama 8 minggu diduga terlalu lama bagi mineralisasi oleh campuran biomassa dan pupuk kandang, karena diduga mineralisasi bahan organik yang terjadi lebih cepat dibandingkan jangka waktu yang disarankan oleh Buckman dan Brady (1982) tersebut. Hal ini diduga disebabkan oleh suhu rumah kaca yang tinggi (rata-rata suhu harian lebih tinggi dari 27°C) dan kelembaban tanah yang selalu terjaga dengan intensitas penyiraman yang tinggi setiap hari sehingga dekomposisi bahan organik menjadi sangat cepat. Hardjowigeno (2003) menyebutkan iklim dalam hal ini suhu dan curah hujan akan sangat berpengaruh dalam percepatan dekomposisi bahan organik. Dimana semakin tinggi suhu pada kelembaban tanah yang optimal akan menyebabkan pelapukan bahan organik menjadi lebih cepat akibat meningkatnya aktivitas mikroba dalam perombakan bahan organik.

KESIMPULAN

Biomassa kirinyu lebih berpotensi dalam menyediakan P tanah setelah 8 minggu inkubasi jika dibandingkan dengan biomassa gamal yang disebabkan oleh kemampuan biomassa kirinyu dalam menekan reaktvitas Ca dan $CaCO_3$ dalam mengikat P, serta C/P rasio gamal yang lebih rendah. Pengaruh pupuk kandang kotoran sapi tidak nyata terhadap laju mineralisasi yang diduga karena proses dekomposisi dan mineralisasi bahan organik berkualitas tinggi seperti gamal dan kirinyu terjadi lebih cepat dari 8 minggu sehingga perlu diadakan penelitian lebih lanjut dengan melakukan pengukuran secara berkala minimal setiap 2 minggu sekaligus untuk mengukur laju mineralisasi yang terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

Buckman, H.O. dan N.C. Brady. 1982. Ilmu Tanah. Bhratara Karya Aksara. Jakarta.

Darman, H. dan S.F. Hasan. 2000. The Geology of Indonesia. Ikatan Ahli Geology Indonesia (IAGI). Jakarta.

Donahue, R.L., R.H. Follet, and R.W. Tullock. 1983. Our soils and their management. 5th edition. The Intersate Printers, Inc., Daville, Illinois

Hardjowigeno, S. 2003. Ilmu Tanah. Akademika Pressindo, Jakarta

Lindiawati, D. dan E. Handayanto. 2003. Pengaruh Penambahan Pupuk Kandang terhadap Mineralisasi N dan P dari Biomassa Tumbuhan Dominan di Lahan Berkapur Malang Selatan. Agrivita. Vol. 24, No. 2.

Mas'ud, P. 1992. Telaah Kesuburan Tanah. Angkasa, Bandung.

Nyakpa, M.Y. 1988. Kesuburan Tanah. Universitas Lampung.

Pratikno, H., Y. Syekhfani, Nuraini, dan E. Handayanto. 2002. Pemanfaatan Biomassa Flora untuk Meningkatkan Ketersediaan dan Serapan P pada Tanah Berkapur di DAS Brantas Hulu Malang Selatan. Artikel. Biosain 2(1):78-91

Soepardi, G. 1983. Sifat dan Ciri Tanah. Fakultas Pertanian IPB. Bogor.

Syarifuddin, M. 2005. Pengaruh Penambahan Pupuk Kandang Pada Pangkasan Segar Kirinyu dan Gamal terhadap Laju Mineralisasi P dan Hasil Bayam Cabut pada Tanah Vertisols Oesapa. Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Nusa Cendana.

Wawo, A.H. dan R. Abdulhadi. 2006. Agroforestri Berbasis Cendana. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta.

Fraksi Bahan Organik Larut Air dan Peluang Pemanfaatannya sebagai Pembenah Tanah

58

Ai Dariah, Neneng Laila Nurida, dan Jubaedah

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Tanah, Jl. Tentara Pelajar No. 12, Bogor 16114

Abstrak. WEOM (*water-extractable organik matter*) atau fraksi kompos yang larut air mempunyai peranan penting dalam proses kimia dan biologi yang terjadi dalam tanah yang diamandemen bahan organik. Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari karaktersitik WEOM dari berbagai sumber bahan organik dan peluang pemanfaatannya sebagai pembenah tanah. Ektraksi WEOM dilakukan berdasarkan metode yang dikemukakan oleh Traversa ,sebagai pembanding dilakukan ekstraksi senyawa humat dengan menggunakan KOH. Pengujian pendahuluan pengaruh WEOM terhadap pertumbuhan tanaman dilakukan dengan mempelajari pengaruh WEOM terhadap perkecambahan biji tanaman jagung dan tomat. Pengujian pengaruh WEOM dalam memperbaiki sifat fisik tanah dilakukan dengan menggunakan rancangan split plot. Jenis tanah (bertekstur liat dan pasir) diperlakukan sebagai petak utama, sedangkan jenis ektrak WEOM (Pukan I, Pukan II, dan jerami) sebagai sub plot. Hasil penelitian menunjukkan Kandungan asam humat dalam WEOM tidak berbeda nyata dibanding hasil ektraksi dengan menggunakan. Namun demikian, kandungan asam fulvat, C total, unsur P dan K pada ektrak KOH nyata lebih tinggi dibanding WEOM. Setelah diberi perlakuan WEOM kemampuan tanah bertekstur pasir dalam memegang air masih nyata lebih rendah dibanding tanah bertekstur liat. Penggunaan WEOM meningkatkan daya perkecambahan biji jagung. Peningkatan konsentrasi WEOM dari 1:10 menjadi 1:2 menyebabkan penurunan daya perkecambahan biji jagung dan tomat.

Kata kunci: Bahan organik, air, pembenah tanah

PENDAHULUAN

Degradasi lahan hampir selalu disertai dengan kemerosotan kadar bahan organik tanah, oleh karena itu sangat beralasan jika penambahan bahan organik merupakan salah satu komponen utama proses pemulihan kualitas tanah. Namun demikian untuk mendapatkan pengaruh yang nyata, penggunaan bahan organik sebagai pembenah tanah membutuhkan jumlah yang relatif banyak, yaitu bisa berkisar antara 2,5 sampai dengan 20 t ha^{-1} (Kurnia, 1996; Sudirman dan Vadari, 2000, Dariah *et al*. 2010, 2011), sehingga seringkali menyulitkan dalam hal pengadaannya, terutama jika sumber bahan organik tidak bersifat insitu. Oleh karena itu diperlukan beberapa manipulasi untuk meningkatkan efektivitas bahan organik, sehingga dosis penggunaannya bisa ditekan.

Beberapa manipulasi yang sudah umum dilakukan adalah dengan melakukan proses pengomposan. Namun pada tanah-tanah yang telah terdegradasi berat, dosis kompos yang dibutuhkan masih >5 t ha^{-1}. Penkayaan kompos dengan bahan-bahan

mineral seperti zeolit, skim lateks dan senyawa humat bisa menurunkan dosis penggunaan kompos menjadi 2,5 t ha^{-1} (Dariah *et al.* 2010).

Hasil perombakan bahan organik yang mempunyai peranan penting dalam perbaikan sifat-sifat tanah adalah fraksi terhumifikasi dikenal pula sebagai humus atau senyawa humat (Tan, 1993; Eyheraguibel *et al.* 2007). Senyawa humat juga dapat menghasilkan berbagai efek morfologi, fisiologi, dan biokimia terhadap tanaman (Chen dan Aviad, 1990; Vaughhan dan Macolm, 1985). Beberapa hasil penelitian lainnya juga telah menunjukkan pengaruh positif dari senyawa humat terhadap pertumbuhan tanaman (Piccolo *et al.* 1993, Eyheraguibel *et al*. 2007). Pengaruh positif dari senyawa tersebut dapat dijelaskan oleh adanya interaksi langsung dari senyawa humat dengan proses-proses metabolisme dan fisiologi tanaman (Nardi *et al.* 2002). Peranan penting lainnya dari senyawa organik ini adalah dalam perbaikan kualitas sifat kimia tanah (diantaranya perbaikan KTK) dan sifat fisik tanah (*agregasi*) (Stevenson, 1982; Tan, 1993). Namun demikian, ekstraksi senyawa humat selama ini seringkali masih dilakukan dengan menggunakan bahan kimia, sehingga masih bersifat tidak ramah lingkungan.

WEOM (*water-extractable organik matter*) atau fraksi kompos yang larut air mempunyai peranan penting dalam proses kimia dan biologi yang terjadi dalam tanah yang diamandemen bahan organik (kompos) (Traversa *et al.* 2010). Pengertian konvensional dari WEOM adalah bagian dari bahan organik yang dapat melewati membran (saringan) berukuran berukuran 0,45 μm (Zsolnay, 2003) dan merupakan campuran heterogen dari berbagai molekul dengan ukuran yang bervariasi (Said-Pullicino *et al.* 2007 a,b). Aktivitas biologi dalam WEOM yang bersumber dari kompos, utamanya akan ditentukan oleh tipe bahan kompos dan lamanya proses pengomposan (Traversa *et al.* 2010). Oleh karena itu perlu dilakukan pengujian penggunaan WEOM yang bersumber dari beberapa jenis bahan organik, sehingga dapat dilihat peluang pemanfaatam WEOM sebagai pembenah tanah. Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari karaktersitik WEOM dari berbagai sumber bahan organik dan peluang pemanfaatannya sebagai pembenah tanah.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di laboatorium Fisika Tanah, Balai Penelitian Tanah. Bahan organik yang digunakan adalah kompos pupuk kandang kambing (Pukan I), pukan ayam (Pukan II) dan jerami. Pengomposan bahan organik dilakukan di Rumah Kaca, tingkat kematangan kompos diindikasikan dengan nilai C/N sekitar 20.

Ektraksi WEOM dilakukan berdasarkan metode yang dikemukakan oleh Traversa *et al.* (2010), yaitu: 100 gr kompos kering udara disuspensikan dalam 1000 ml air destilasi, diaduk secara mekanik selama 15 menit, kemudian suspensi dari humus

disentripusi (dikocok) dengan kecepatan 6000 rpm selama 15 menit, kemudian disaring dengan menggunakan kertas saring whatman, dengan urutan ukuran partikel yang tersaring/terretensi berturut-turut 11; 2,5; 1,2; dan 0,45 um. Sebelum dianlisis sample WEOM disimpan dalam suhu 4°C dalam ruangan gelap. Sebagai pembanding dilakukan pula ektraksi dengan menggunakan KOH yaitu dengan menggunakan metode yang dikemukan Tan (1993). Karakteristik WEOM yang dianalisis adalah: daya hantar listrik (DHL), pH, C organik, kandungan N, P, dan K, asam humat dan asam fulvat.

Pengujian pendahuluan pengaruh WEOM terhadap pertumbuhan tanaman dilakukan dengan mempelajari pengaruh WEOM terhadap perkecambahan biji tanaman jagung dan tomat. Media perkecambahan masing-masing disiram dengan 3 ml larutan WEOM yang bersumber dari Pukan I, Pukan II dan Jerami, masing-masing dilakukan 2 perlakuan pengenceran yaitu 1:2 dan 1:10, sebagai pembanding digunakan air destilasi. Masing-masing perlakuan menggunaan 4 ulangan, masing-masing ulangan ditumbuhkan 10 biji tanaman. Parameter yang diamati adalah adalah persen pertumbuhan kecambah.

Pengujian pengaruh WEOM dalam memperbaiki sifat-sifat tanah dilakukan dengan menggunakan rancangan split plot. Jenis tanah (bertekstur liat dan pasir) diperlakukan sebagai petak utama, sedangkan jenis ektrak WEOM (Pukan I, Pukan II, dan jerami) sebagai sub plot. Percobaan dilakukan dengan mencampurkan WEOM dalam 1 kg tanah dengan dua kondisi tekstur yang berbeda. Tanah yang telah diberi perlakuan diinkubasi selama 2 minggu, selanjutnya dilakukan analisis tanah yakni sifat fisik dan kimia tanah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik WEOM dari Beberapa Sumber Bahan Organik

Karakteristik HLS (*humic like substrance*) yang didapatkan dari hasil ekstraksi bahan organik dengan menggunakan air (H_2O) dan KOH disajikan pada Tabel 1. Kandungan asam humat pada hasil ekstraksi dengan menggunakan H_2O (WEOM) tidak berbeda nyata dibandingkan dengan hasil ekstraksi dengan menggunakan KOH. Asam humat merupakan komponen penting yang mendukung fungsi bahan organik sebagai pembenah tanah. Kemasaman (pH) senyawa dari hasil ektraksi H_2O (WEOM) nyata lebih rendah (7,54) dibandingkan dengan hasil ekstraksi dengan menggunakan KOH, yang menghasilkan ekstrak dengan pH yang yang lebuh besar dari 9.

Beberapa parameter lain yaitu daya hantar listrik, kandungan P, K, dan total C-organik pada WEOM juga nyata lebih rendah dibanding hasil ekstrak dengan menggunakan KOH. K yang nyata lebih tinggi pada hasil ekstraksi KOH bersumber dari KOH yang digunakan sebagai senyawa pengekstrak. Lebih kuatnya pengekstrak dalam bentuk KOH juga menyebabkan lebih tingginya kandungan unsur seperti P dibandingkan

yang terjkandung dalam WEOM. Kandungan C organik yang relatif lebih tinggi pada hasil ektraksi dengan KOH diantaranya berasal dari kandungan asam fulvat yang lebih tinggi (Tabel 1), dan hal ini disebabkan karena asal fulvat larut pada kondisi basa.

Tabel 1. Perbedaan karakteristik ektrak bahan organik (*humic like substance*) dengan menggunakan air (WEOM) dan KOH

Parameter	Satuan	Ekstraksi dengan KOH (KOH-EOM)	Ekstraksi dengan H_2O (WEOM)	Prob>|T|*
AsamHumat	mg/L	41,68	41,22	0,978
AsamFulvat		368,89	59,78	0,004
C-Organik		410,67	101,11	0,008
N		58,79	33,94	0,290
P		13,62	5,87	0,020
K		1564,83	335,01	0,004
DHL	dS/m	6,70	1,25	0,010
pH	-	9,80	7,54	0,007

**Nilai P < 0.05 berbeda nyata pada α 5 % level*

Peluang Pemanfaatan WEOM dari Berbagai Sumber Bahan Organik untuk Pembenah Tanah

Data yang tersaji pada Tabel 2 menunjukan bahwa setelah diberi perlakuan WEOM tanah bertekstur liat masih mempunyai karakteristik fisik tanah yang lebih baik dibandingkan tanah bertekstur pasir. Penggunaan WEOM pada contoh tanah bertekstur pasir belum mampu memperbaiiki sifat fisik tanah, khususnya sifat fisik tanah yang mendukung kemampuan tanah memegang air. Untuk memperbaiki sifat fisik contoh tanah bertekstur pasir sampai pada taraf menyamai tanah liat dari Ciampea kemungkinan dibutuhkan dosis pembenah yang lebih banyak dan atau jangka waktu penggunaan yang relatif lama (atau diberikan secara kontinue). Sifat fisik tanah yang berhubungan dengan tingkat kemampuan tanah memegang air, merupakan salah satu faktor pembatas tanah-tanah bertekstur pasir. Permeabiltas yang terlalu tinggi pada tanah berpasir menunjukan air akan dengan mudah mengalir menjadi air perkolasi. Namun demikian sampai tarap tertentu, permeabilitas penting untuk mengendalikan kelebihan air.

Pada pF 4,2 (setara dengan titik layu permanen), rata-rata kadar air pada tanah liat masih >25%, sedangkan pada tanah pasir hanya sekitar 5%. Hal ini menunjukkan tingkat kemampuan tanah bertekstur liat lebih tinggi dibanding tanah bertekstur pasir. Kadar air pada pF 1 dan 2 pada contoh tanah bertekstur pasir juga relatif lebih rendah dibanding pada tanah bertekstur liat.

Tabel 2. Pengaruh WEOM dari berbagai sumber bahan organik terhadap perbaikan sifat fisik tanah

Perlakuan	BD	RPT	pF 1	pF 2	pF 2,54	pF 4,2	Permeabilitas
	(g/cm3)	----------(%)----------					(cm/jam)
T1: Liat	0,95 b	53,92 a	48,22 a	35,82 a	30,56 a	25,37 a	35,42 b
T2: Pasir	1,62 a	42,38 b	37,71 b	22,42 b	16,82 b	5,24 b	48,74 a
WEOM K. Jerami	1,31 a	47,62 a	42,99 a	29,87 a	24,65 a	15,76 a	37,57 b
WEOM K Pukan I	1,29 a	48,15 a	43,56 a	29,12 a	23,46 ab	15,77 a	45,57 a
WEOM K Pukan II	1,24 b	48,69 a	42,35 a	28,37 a	22,96 b	14,38 b	43,08 ab

* angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji LSD pada α 5%.

Pemberian WEOM yang bersumber dari berbagai jenis bahan organik berpengaruh nyata terhadap kadar air pada pF 4,2 (kapasitas lapang). WEOM yang bersumber dari kompos jerami dan dan Pukan I (pukan ruminansia) menghasilkan kadar air tanah pada pF2 yang relatif lebih tinggi. WEOM dari jerami juga nyata dapat menurunkan permeabilitas tanah, sifat ini sangat diperlukan untuk memperbaiki sifat fisik tanah pasir, hal penting untuk tanah bertekstur pasir, dimana pergerakan air secara vertikal dapat ditekan sehingga air terlalu mudah hilang, sehingga kesempatan untuk diserap tanaman menjadi lebih rendah. Meskipun demikian, tingkat permeabilitas yang tinggi diperlukan untuk menekan besarnya aliran permukaan pada saat tanah dalam kondisi jenuh.

Pada tanah bertekstur liat, perlakuan pemberian WEOM berpengaruh nyata terhadap permeabilitas tanah, WEOM yang bersumber dari Pukan II (kotoran ayam) meningkatkan permeabilitas tanah yang nyata lebih tinggi dibanding WEOM jerami dan Pukan II (Pukan ruminansia). Peningkatan permeabitas pada tanah bertekstur liat diperlukan, karena permeabilitas yang terlalu rendah seringkali dihadapi tanah-tanah bertekstur liat, kecuali jika agregasi tanah relatif baik. Pada tanah bertekstur pasir Perlakuan WEOM dari berbagai jenis bahan organik tidak memberikan pengaruh yang berbeda, baik terhadap pori air tersedia maupun permeabilitas tanah. Namun jika dibandingkan dengan tanah bertekstur liat, setelah diberi perlakuan WEOM Pukan I dan Pukan II, persen air tersedia pada tanah bertekstur pasir nyata menjadi lebih tinggi dibanding tanah bertekstur liat (Tabel 3).

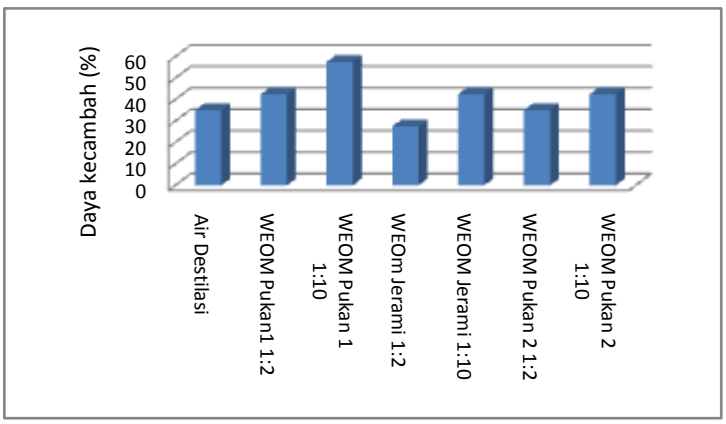
Tabel 3. Pengaruh interaksi kondisi tanah dengan perlakuan WEOM dari berbagai sumber bahan organik

Media	PAT (% vol)			Permeabilitas (cm/jam)		
	WEOM dari kompos			WEOM dari kompos:		
	Jerami	Pukan I	Pukan II	Jerami	Pukan II	Pukan II
T1: Liat	5,07 Ba	5,20 Ba	5,30 Ba	28,42 Bb	37,60 Ba	40,22 Aa
T2: Pasir	12,70 Aa	10,20 Ab	11,90 Aab	46,72 Aa	53,55 Aa	45,95 Aa

* angka yang diikuti huruf kecil yang sama pada kolom yang sama, dan hurup besat yang sama pada lajur yang sama tidak berbeda nyata menurut uji LSD pada α 5%.

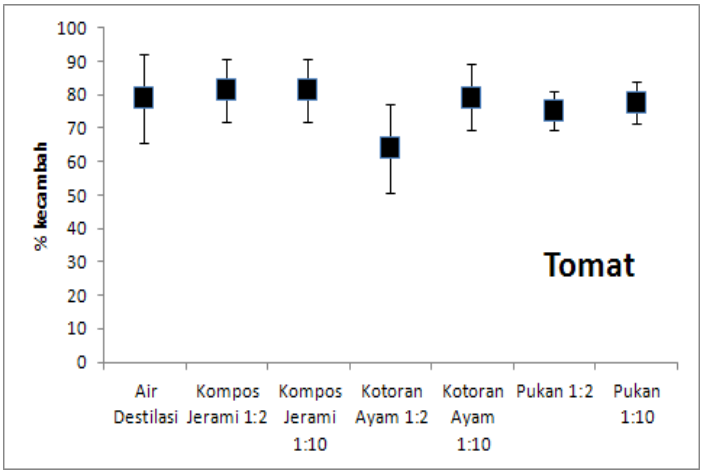
Pengaruh WEOM terhadap Perkecambahan Biji Jagung dan Tomat

Hasil uji awal penggunaan WEOM terhadap pertumbuhan tanaman ditunjukan oleh pengaruhnya terhadap tingkat perkecambahan biji jagung (Gambar 1). Hasil percobaan menunjukan bahwa penggunaan WEOM dengan tingkat pengenceran 1:10 dapat meningkatkan daya perkecambahan biji tanaman jagung. Sebagai pembanding tingkat perkecambahan biji jagung pada perlakuan air destilasi <35%, penggunaan WEOM yang besumber dari kompos Pukan 1 (pukan ruminansia kambing) dengan tingkat pengenceran 1:10 rata-rata menghasilkan tingkat perkecambahan yang paling tinggi (>50%). Dengan tingkat pengenceran yang sama tingkat pengekecambahan pada perlakuan WEOM dari Pukan 1 rata-rata lebih tinggi dibanding WEOM kompos pukan 2 (pukan ayam). Penggunaan WEOM dengan kadar yang lebih pekat (pengenceran 1:2) rata-rata menurunkan daya perkecambahan biji jagung. Hal ini menggindikasikan pemberian WEOM saat perkecambahan biji jagung sebaiknya diberikan pada kadar yang lebih rendah, atau diberikan secara bertahap. Kemungkinan lainnya adalah dibutuhkan masa inkubasi yang cukup, sebelum media tanam digunakan. Perlu diuji juga diuji pengaruh dari WEOM setelah lewat masa perkecambahan.



Gambar 1. Pengaruh penggunaan WEOM dari bebera sumber bahan organik dengan 2 tingkat pengenceran terhadap daya perkecambahan biji jagung

Selain terhadap daya perkecambahan biji jagung, pengujian WEOM dari berbagai sumber bahan organik dilakukan pula pada biji tanaman tomat (Gambar 2). Rata-rata tingkat perkecambahan tomat tergolong baik (sekirar 80%), penggunaan WEOM tidak dapat lagi meningkatkan persen perkecambahan melebihi tingkat perkecambahan pada perlakuan air destilasi. Seperti halnya pada perkecambahan jagung, Peningkatan kadar WEOM dari 1:10 menjadi 1:2 menyebabkan rata-rata tingkat perkecambahan biji tomat menurun terutama untuk WEOM berasal dari kompos kotoran ayam.



Gambar 2. Pengaruh WEOM dari beberapa sumber bahan organik dengan 2 tingkat pengenceran terhadap perkecambahan biji tomat

KESIMPULAN

1. Kandungan asam humat dalam WEOM (*water extractable organik matter*) tidak berbeda nyata dibanding KOH-EOM (*KOH- extractable organik matter*). Artinya air mempunyai kemampuan yang sama dengan KOH dalam mengekstrak asam humat. Namun demikian, kandungan asam fulvat, C total, unsurP dan K pada ektrak KOH (KOH-EOM) nyata lebih tinggi dibanding WEOM.
2. Setelah diberi perlakuan WEOM kemampuan tanah bertekstur pasir dalam memegang air (didasarkan pada kadar air pada beberapa level pF) masih nyata lebih rendah dibanding tanah bertekstur liat.
3. Penggunaan WEOM meningkatkan daya perkecambahan biji jagung. Peningkatan konsentrasi WEOM dari 1:10 menjadi 1:2 menyebabkan penurunan daya perkecambahan biji jagung dan tomat.

DAFTAR PUSTAKA

Chen, Y. and Aviad, T. 1990. Effect of humic substance on plant growth. In: MacCarthy, P., Clapp, C.E., Macolm, R.L., Bloom, P.R. (Eds.), Humic Substance in Soil and Crop Sciences:Selected Readings. SSSA, Madison, pp.161-186.

Dariah, A., Nurida N.L., dan Sutono. 2010. Formulasi bahan pembenah untuk rehabilitasi lahan terdegradasi. Jurnal Tanah dan Iklim. No 11.

Dariah, A., dan N.L. Nurida. 2011. Formula pembenah tanah diperkaya senyawa humat untuk meningkatkan produktivitas tanah Ultisil Taman Bogo, Lampung. Jurnal Tanah dan Iklim No. 13.

Eyheraguibel, B., Morard, P., Silvertre, J. 2002. Chemical origin of humic-like substance, 11th International Humic Substance Society Confrence, Boston, MA (USA).

Engyeraguibel, B., J. Silvestre, dan P. Morard. 2007. Effects of humic substance derived from organic waste enhancement on the growth and minberel nutrition of maize. Elsevier. Bio resource Technology 99 (2008) 4206-4212.

Kurnia, U. 1996. Kajian Metode ehabilitasi Lahan untuk Meningkatkan dan Melestariakan Produktivitas Tanah. Disertasi Doktor, Program Pasca Sarjana IPB. Bogor.

Nardi, S., Pizzeghello, D.Muscolo, A., Vianello, A. 2002. Physiological effect of humic substances on higher plants. Soil Biol. Biochem. 34, 1527-1536.

Piccolo, A., Celano, G., and Pietra mellara, G. 1993. Effect of fractions of coal-derived humic substance on seed germination and growth of seedlings (Latuga sativa and Lycopersicum esculentum). Biol. Fertil. Soils. 16, 11-16.

Said-Pullicino, D., Erriquens, F.G., Gigliotti, G. 2007a. Changes in the chemical characteristics of water-exstractable organic matter during composting and their influence on compost stability and maturity. Bioresour. Technol. 98:1822-1831.

Said-Pullicino, D., Kaiser, K., Guggenberger, G., Gigliotti, G. 2007b. Changes in the chemical composition 0f water-extractable organic matter composssting distribution between stable and labile organic matter pool. Chemosphere 66:2166-2176.

Stevenson F.J. 1982. Humus Chemistry. Genesis, Composition, Reactions. A Wiley-Interscience Publication. John Wiley&Sons. New York.

Sudirman dan T. Vadari. 2000. Pengaruh kekritisan lahan terhadap produksi padi dan kacang tanah di Garust Selatan.hlm. 411-418 dalam Prosiding Kongres Nasional HITI ke VIII. Bandung 2-4 Nopember 1999.

Tan, K.H. 1993. Environmental Soil Science. Marcel Dekker. Inc. New York.

Traversa, A., E. Loffredo, C.E. Gattulo, N. Senesi. 2010. Water-extractable organic matter of different composts:A cpmparaive study of properties and allelochemical effect on horticultural plats. Elsevier. Geoderma 156:287-296.

Vaughan, D. and Malcolm, R.E. 1985. Influence of humic substance on growth and physiological proceseses. In: Vaughan, D. Macolm, R.E (Eds.) Soil organic matter and biologica activity. Dordrech, Boston. Pp. 1-36.l

Zsolnay, A. 2003. Dissolved organic matter: Artefacts, definitions, and functions. Geoderma 113: 187-209.

Zsolnay, A. Baigar, E. Jimenez, M. Steinweg, B. Saccomandi, F. 1999. Differentiating with fluorescence spectroscopy the sources of dissolved organic matter in soils subjected to drying. Chemosphere 38:45-50.

Alternatif Pemulihan Lahan Kering Masam Terdegradasi dengan Formula Pembenah Tanah Biochar di Typic Kanhapludults Lampung

59

Neneng Laila Nurida dan Achmad Rachman

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Tanah,
Jl. Ir. Tentara Pelajar No. 12 Bogor 16114

Abstrak. Pengembangan pertanian tanaman pangan di lahan kering masam mengharuskan adanya upaya ekstra untuk memulihkan kondisi lahan tersebut terlebih dahulu agar tanah dapat berproduksi secara optimal. Upaya mempercepat pemulihan lahan kering masam terdegradasi sudah banyak dilakukan dengan menggunakan berbagai bahan amelioran yang umumnya masih bersifat sementara karena sifatnya yang mudah terdegradasi oleh mikroorganisme. Saat ini telah mulai berkembang di dunia, penggunaan biochar/arang limbah pertanian yang sulit didekomposisi (tempurung kelapa, kulit buah kakao, sekam padi, batang kayu bakau, kulit kelapa sawit, dan lain-lain) sebagai bahan pembenah tanah alternatif. Biochar selain mampu bertahan lama di dalam tanah atau mempunyai efek yang relatif lama, juga bahan bakunya mudah diperoleh. Penelitian ini bertujuan menguji formulasi pembenah tanah berbahan baku biochar limbah pertanian dalam memperbaiki kualitas sifat fisik dan kimia tanah terdegradasi. Penelitian dilakukan pada tanah Typic Kanhapludults Kebun Percobaan Taman Bogo, Lampung Timur dengan menggunakan rancangan petak terpisah (*split plot*) 3 ulangan. Petak utama adalah 3 jenis formula pembenah tanah biochar (SP-50, SP-75, dan KS-50) dan sebagai anak petak adalah tanpa pembenah tanah dan 3 tingkat dosis formula bahan pembenah tanah (2,5, 5, dan 7,5 t $ha^{-1}.MT^{-1}$). Pembenah tanah biochar dengan cara disebar. Parameter yang diamati adalah BD (bulk density), porositas, pF, permeabilitas, pH (H_2O), $C_{organik}$, P tersedia, K total, KTK, dan respirasi mikroorganisme. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setelah satu musim tanam, ketiga formula pembenah tanah biochar limbah pertanian mampu memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah. Perbedaan dosis pemberian pembenah tanah biochar berpengaruh nyata terhadap fisik dan sifat kimia tanah. Pemberian dosis 5-7,5 t ha^{-1} meningkatkan persentase pori air tersedia (PAT) menjadi 9,18-10,11% vol dari semula 6,69% vol (tanpa pembenah tanah). Kandungan P-tersedia meningkat menjadi 29,12-30,71 ppm dari 24,52 ppm (tanpa pembenah tanah), K total meningkat menjadi 5,13-6,43 ppm dari 3,08 ppm (tanpa pembenah tanah), KTK tanah meningkat menjadi 5,91-6,00 $cmol_{(+)}$ kg^{-1} dari 4,71 $cmol_{(+)}$ kg^{-1}, dan respirasi mikroorganisme meningkat menjadi 9,88-10,78 mg CO_2 kg^{-1} tanah $hari^{-1}$ dari semula 8,71 mg CO_2 kg^{-1} tanah $hari^{-1}$ (tanpa pembenah tanah). Peningkatan ketersediaan hara pada lahan kering masam terdegradasi dengan pemberian formula pembenah tanah biochar akibat terjadinya perbaikan sifat fisik tanah, peningkatan pH, dan KTK. Berdasarkan perbaikan sifat fisik, kimia, dan biologi tanah tersebut, maka formulasi biochar berbahan baku limbah pertanian dapat digunakan sebagai alternatif pembenah tanah untuk pemulihan lahan kering masam yang terdegradasi.

Kata kunci: Biochar, limbah pertanian, sifat tanah, degradasi, pemulihan tanah

PENDAHULUAN

Sebagai negara agraris, luas lahan pertanian merupakan modal yang potensial untuk menghasilkan pangan yang cukup. Sekitar 102 juta hektar dinyatakan sesuai untuk pertanian dan 64,7 juta ha di antaranya telah dibuka dan digunakan sebagai lahan pertanian, baik dalam bentuk lahan kering (tegalan dan tanaman tahunan) maupun lahan basah khususnya sawah (Hidayat dan Mulyani, 2005). Namun tingginya laju konversi lahan sawah yaitu sekitar 132.000 ha tahun^{-1} (Agus dan Irawan, 2006) mengharuskan untuk lebih meningkatkan produktivitas lahan-lahan suboptimal yang potensial untuk penyediaan pangan. Salah satu lahan suboptimal yang potensial untuk dikembangkan ditinjau dari luasan dan resiko lingkungan adalah lahan kering masam. Potensi lahan kering masam di Indonesia yang sesuai untuk kawasan budidaya pertanian seluas 62,6 juta ha dan yang berpotensi untuk perluasan areal tanaman pangan seluas 47,1 juta ha, sedangkan untuk tanaman perkebunan seluas 15,3 juta ha (Puslitbangtanak, 2001; BBSDLP, 2012).

Kendala utama lahan kering masam adalah pH tanah yang tergolong masam (<5,5), kadar Al tinggi, fiksasi P tinggi, kandungan basa-basa dapat tukar dan KTK rendah, kandungan besi dan mangan mendekati batas meracuni, dan miskin elemen biotik. Pada umumnya terletak di daerah dengan curah hujan tinggi (>2.000 mm tahun^{-1}) dengan bulan basah >6 bulan, berada pada wilayah berombak-bergunung (Subagyo *et al*. 2002), sehingga erosi seringkali menjadi penyebab utama degradasi lahan kering masam (Adimihardja *et al*. 2005; Undang Kurnia *et al*. 2005).

Pemulihan lahan kering masam menjadi prioritas untuk dilakukan apabila lahan tersebut akan dikelola secara intensif untuk pengembangan tanaman pangan agar tanaman mampu berproduksi secara optimal. Salah satu upaya mempercepat pemulihan kualitas tanah adalah dengan penggunaan berbagai bahan amelioran yang mudah tersedia dan mampu bertahan lama di dalam tanah atau mempunyai efek yang relatif lama, atau relatif resisten terhadap serangan mikroorganisme sehingga proses dekomposisi berjalan lambat. Saat ini telah mulai berkembang di dunia, penggunaan biochar/arang limbah pertanian yang sulit didekomposisi (tempurung kelapa, kulit buah kakao, sekam padi, batang kayu bakau, kulit kelapa sawit, dan lain-lain) sebagai bahan pembenah tanah alternatif.

Biochar merupakan bahan padatan yang terbentuk melalui proses pembakaran bahan organik tanpa oksigen (pyrolysis) pada temperatur 250-500°C. Biochar telah terbukti bertahan dalam tanah hingga >1000 tahun dan mampu mensekuestrasi karbon dalam tanah (Lehmann, 2007). Penambahan biochar dapat meningkatkan kesuburan tanah dan mampu memulihkan kualitas tanah yang telah terdegradasi (Atkinson *et al.* 2010; Glaser *et al.* 2002). Bahan baku biochar tergolong murah dan mudah diperoleh yaitu berupa limbah pertanian terutama yang sulit terdekomposisi atau dengan rasio C/N tinggi. Beberapa tahun silam penduduk asli Amazon telah memberikan *charcoal* ke dalam tanah

dan hingga saat ini (100-1000 tahun kemudian) terbukti bahwa kualitas sifat fisik dan kimia tanah tersebut jauh lebih baik dibandingkan dengan tanah sekitarnya (Steiner *et al.* 2007).

Pemanfaatan biochar berbahan baku limbah pertanian yang sulit terdekomposisi merupakan salah satu alternatif yang dapat ditempuh untuk memulihkan lahan kering masam terdegradasi. Pemberian biochar sebagai pembenah tanah baik secara langsung maupun diformulasikan terlebih dahulu dengan bahan lainnya diharapkan dapat mempercepat peningkatan kualitas sifat tanah. Penelitian ini bertujuan menguji formulasi pembenah tanah berbahan baku biochar limbah pertanian dalam memperbaiki kualitas sifat fisik, kimia, dan biologi tanah pada lahan kering masam terdegradasi.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada lahan kering masam Kebun Percobaan Taman Bogo, Lampung Timur yang terletak pada koordinat $05^0$00.406'S dan $105^0$29.405'E pada bulan Januari-April 2009. Jenis tanah KP Taman Bogo adalah Typic Kanhapludults dengan karakteristik seperti tertera pada Tabel 1. Biochar yang digunakan adalah biochar sekam padi (SP) dan biochar tempurung kelapa sawit (KS) yang diproduksi melalui pembakaran tanpa oksigen (pirolisys) selama 3,5 jam dengan temperatur 250-350^0 C. Kedua jenis biochar tersebut (SP dan KS) diformulasikan dengan bahan lain (kompos pupuk kandang) sehingga diperoleh tiga foemula yaitu SP-50, SP-75, dan KS-50. Kualitas formula pembenah tanah yang dignakan tertera pada Tabel 2.

Penelitian dilaksanakan dengan menggunakan rancangan petak terpisah (*split plot*) dengan 3 ulangan. Petak utama adalah 3 jenis formula pembenah tanah biochar (SP-50, SP-75, dan KS-50) dan sebagai anak petak adalah tanpa pembenah tanah dan 3 tingkat dosis formula pembenah tanah biochar, yaitu 2,5 t ha^{-1}; 5 t ha^{-1}, dan 7,5 t ha^{-1}. Formula pembenah tanah biochar diberikan dengan cara disebar di permukaan tanah. Ukuran petak adalah 4x6 m dan tanaman indikator yang digunakan adalah jagung varietas Bisma. Pupuk anorganik yang diberikan adalah 300 kg Urea.ha^{-1} dan 200 kg Ponska.ha^{-1}.

Parameter yang diukur adalah BD atau *bulk density* (gravimetri), porositas (gravimetri), pF (*pressure plate*) permeabilitas (Klute), pH H_2O (elektroda gelas), C-organik (Walkley and Black), N total (Kjeldahl), K total (HCl 25%), P tersedia (Bray 2), dan kapasitas tukar kation atau KTK (NH_4-Acetat 1N, pH 7) serta respirasi mikroorganisme. Data sifat tanah dan tanaman dianalisis secara statistik dengan menggunakan *analysis of variance* (ANOVA) dengan selang kepercayaan 95% dan diuji untuk melihat pengaruh beda nyata dilakukan uji jarak berganda Duncan (DMRT= *Duncan multiple range test*) pada taraf 5%.

Tabel 1. Karakteristik sifat fisik dan kimia Typic Kanhapludults KP. Tamanbogo, Lampung

Sifat fisik	0-10 cm	10-20 cm	Sifat Kimia	Nilai	Keterangan
BD ($g.cc^{-1}$)	1,32	1,47	pH H_2O	4,17	Sangat masam
Ruang pori total (% vol.)	47,8	42,2	$C_{organik}$ (%)	0,90	Sangat rendah
Pori drainase cepat (% vol.)	16,0	12,2	N total (%)	0,07	Sangat rendah
Air tersedia (% vol.)	6,6	7,1	P_20_5 Bray (ppm)	27,0	Sangat rendah
Permeabilitas ($cm.jam^{-1}$)	5,47	2,60	K_20 (ppm)	3,2	Sangat rendah
			KTK ($cmol_{(+)}kg^{-1}$	4,98	Sangat rendah
			Al_3^+ ($cmol_{(+)}kg^{-1}$	1,20	

Tabel 2. Kualitas formula pembenah tanah biochar limbah pertanian

Parameter	Satuan	SP-50	SP-75	KS-50
pH H_2O		7,1	7,7	7,4
$C_{organik}$	%	32,07	32,82	41,83
N total	%	1,70	1,47	1,83
C/N		22	25	26
KA	%	10,24	8,69	10,07
P_2O_5	%	1,14	0,91	1,09
K_2O_5	%	1,14	0,90	1,10
KTK	$cmol_{(+)}kg^{-1}$	32,32	23,43	21,83

Tanah KP Tamanbogo Lampung merupakan lahan kering yang telah terdegradasi yang dicirikan dengan tanah tergolong masam (pH H_20 4,17), kadar $C_{organik}$ tergolong sangat rendah (0,09%). Kandungan unsur hara N total (0,07%), P tersedia (27,0 ppm) dan K total (3,2 ppm), KTK tanah (4,98 $cmol_{(+)}\ kg^{-1}$) tergolong sangat rendah, dan kandungan Al^{3+} sekitar 1,2 $cmol_{(+)}\ kg^{-1}$. Sementara itu, sifat fisik tanah dicirikan dengan BD tanah cukup tinggi yaitu 1,32-1,47 (cukup padat), dengan ruang pori total (RPT) berkisar 42,2-47,8%, pori air tersedia (PAT) tergolong rendah (6,6-7,1% vol.) yang mengindikasikan bahwa ketersediaan air menjadi kendala untuk pertumbuhan tanaman. Melihat fakta tersebut, maka tanah di KP Tamanbogo perlu segera dipulihkan terlebih dahulu agar mampu mendukung produksi tanaman pangan.

Formula pembenah tanah biochar yang digunakan mempunyai kadar air berkisar 8-10% dengan pH netral (7,1-7,7) dan kandungan hara N, P, dan K tergolong rendah hanya sekitar 0,90-1,83% sehingga kemampuan formula tersebut mensuplai hara sangat rendah. Keunggulan formula pembenah tanah biochar terletak pada tingginya kandungan $C_{organik}$ yaitu >32% dan formula KS mengandung $C_{organik}$ tertinggi sekitar 41,83%. Keunggulan lainnya adalah cukup tingginya KTK formula tersebut yaitu sekitar 21,83-32,32 $cmol_{(+)}\ kg^{-1}$ dan tertinggi dimiliki oleh formula SP-50. Selain karakteriktik kimia, karakteristik

fisik biochar yang berongga diharapkan akan mampu berperan dalam memulihkan kualitas tanah terdegradasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat fisik tanah

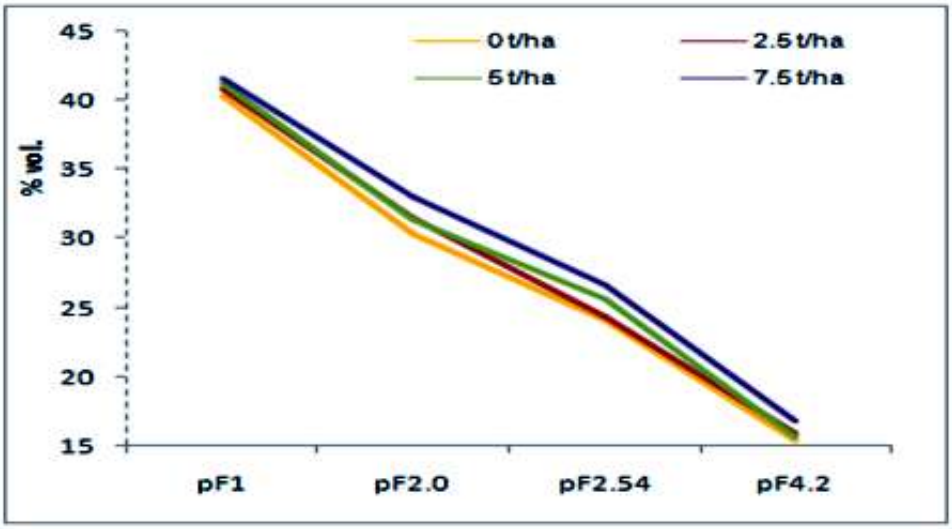
Pada Tabel 3 diperlihatkan bahwa perbedaan formula pembenah tanah biochar (SP-50, SP-75, dan KS-50) tidak berpengaruh terhadap sifat fisik tanah. Apabila dibandingkan dengan tanah tanpa diberi pembenah tanah (dosis 0 t ha^{-1}) maka setelah satu musim tanam pemberian formula pembenah tanah telah mampu meningkatkan sifat fisik tanah terlihat dari penurunan nilai BD menjadi 1,32-1,34 $g.cm^{-3}$ dan peningkatan PAT menjadi 7,72-9,41% vol., dibandingkan tanpa pembenah tanah (BD 1,39 $gr.cm^{-3}$ dan PAT 6,69% vol). Hal ini berarti ketiga formula (SP-50, SP-75, dan KS-50) tersebut dapat dijadikan alternatif untuk merehabilitasi lahan kering masam yang telah terdegradasi.

Dosis pembenah tanah biochar hanya berpengaruh terhadap PAT, sedangkan sifat fisik tanah lainnya tidak dipengaruhi oleh perbedaan dosis pembenah tanah. Pemberian pembenah biochar 5 dan 7,5 t ha^{-1} mampu meningkatkan PAT, sedangkan bila hanya diberi 2,5 t ha^{-1} belum mampu meningkatkan PAT. Pori drainase cepat (PDC) dan pori air tersedia (PAT) tergolong sedang yaitu masing-masing berkisar pada 11,65-14,85% vol dan 7,46-10,01% vol. Untuk meningkatkan ketersediaan air, yang dicerminkan oleh volume PAT, pada tanah mineral masam yang telah terdegradasi Typic Kanhapludults KP Taman Bogo diperlukan dosis yang lebih tinggi (7,5 t ha^{-1}).

Tabel 3. *Bulk Density* (BD), porositas, dan permeabilitas setelah aplikasi formula pembenah tanah biochar pada Typic Kanhapludults di KP Taman Bogo

Perlakuan	BD ($gr.cm^{-3}$)	RPT	PDC	PAT	Permeabilitas ($cm.jam^{-1}$)
		------- % vol. ------			
SP-50	1,32 a	45,01 a	14,38 a	7,72 a	6,37 a
SP-75	1,30 a	45,12 a	13,90 a	9,41 a	4,29 a
KS-50	1,34 a	43,51 a	11,65 a	9,37 a	5,39 a
0 t ha^{-1}	1,39 a	45,26 a	11,85 a	6,69 ab	4,78 a
2,5 t ha^{-1}	1,32 a	44,88 a	13,40 a	7,46 b	4,62 a
5,0 t ha^{-1}	1,33 a	44,09 a	12,75 a	10,01 a	5,41 a
7,5 t ha^{-1}	1,32 a	43,97 a	12,24 a	9,18 ab	4,58 a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menurut kolom menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji Duncan pada taraf 5 %.

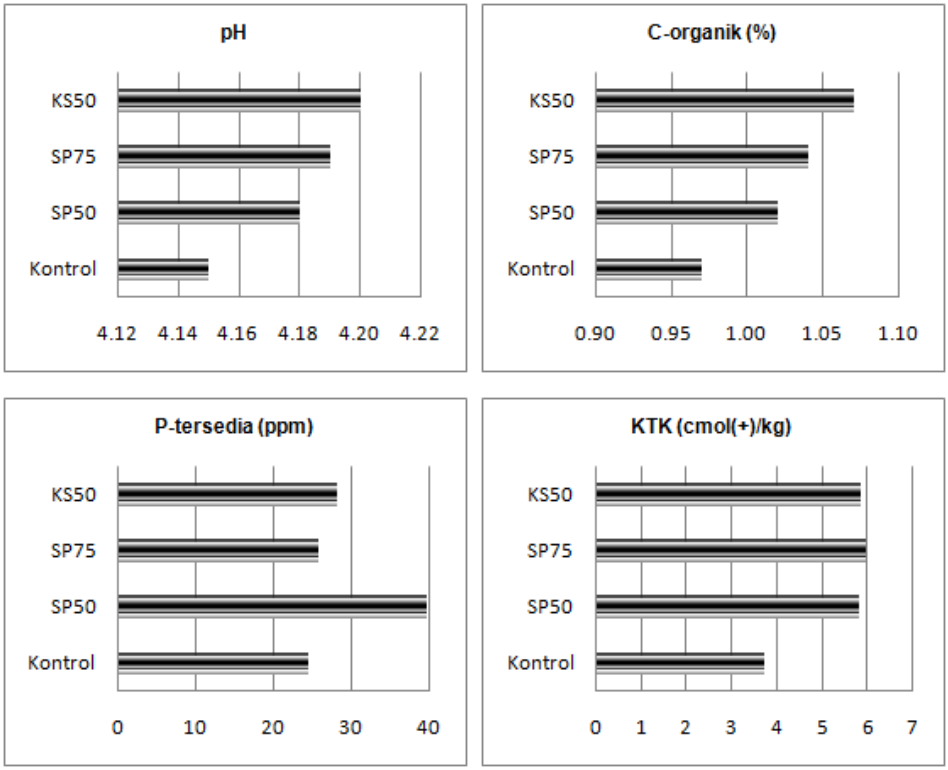


Gambar 1. Kurva pF setelah aplikasi formula pembenah tanah biochar pada Typic Kanhapludults di KP Taman Bogo

Gambar 1 memperlihatkan bahwa pemberian formula pembenah tanah biochar selama satu musim tanam dengan dosis 2,5-7,5 t ha^{-1} belum mampu merubah secara signifikan kurva pF Typic Kanhapludults KP Taman Bogo. Namun demikian, dapat dilihat bahwa tanah yang diberi formula biochar 7,5 t ha^{-1}, kadar air pada pF 2,0 dan pF 2,54 lebih tinggi dibandingkan tanah yang diberi formula biochar 2,5 dan 5 t ha^{-1}. Pada umumnya permeabilitas tanah tergolong sedang dengan laju 4,37-5,41 $cm.jam^{-1}$, kecuali pada perlakuan formula SP-50 dan tanpa pembenah tanah tergolong agak cepat. Pemberian pembenah tanah biochar cenderung mengurangi laju permeabilitas tanah, diduga hal ini berkaitan dengan kemampuan biochar meretensi air secara fisik sehingga air tidak cepat menghilang dari zona perakaran (Glaser *et al*. 2002; Nurida *et al*. 2009).

Sifat kimia dan biologi tanah

Pada Tabel 4 dapat dilihat bahwa setelah satu musim tanam, perbedaan formula pembenah tanah biochar (SP dan KS) tidak berpengaruh terhadap pH, $C_{organik}$, N total, P tersedia, K total, dan KTK serta respirasi mikroorganisme. Ketiga formula pembenah tanah biochar yang dirancang memberikan pengaruh yang sama terhadap sifat kimia tanah dan aktivitas mikroorganisme. Namun demikian, dibandingkan tanpa pembenah tanah, maka ketiga formula pembenah tanah biochar SP-50, SP-75, dan KS-50 dalam satu musim tanah telah mampu meningkatkan kualitas sifat kimia tanah seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. pH, $C_{organik}$, K total, dan KTK tanah dengan dan tanpa formula pembenah tanah biochar pada Typic Kanhapludults KP Taman Bogo

Pada Gambar 2 diperlihatkan bahwa pH, $C_{organik}$, K total, dan KTK meningkat setelah diberi formula pembenah tanah biochar dibandingkan tanah tanpa pembenah tanah biochar. Selain itu, dapat dilihat bahwa untuk meningkatkan pH dan $C_{organik}$ tanah, penggunaan formula KS-50 cukup potensial dimana formula KS-50 mempunyai pH sekitar 7,4 dan $C_{organik}$ yang paling tinggi (41,83%) dibandingkan kedua formula lainnya (Tabel 2). Formula SP-50 dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan P-tersedia karena kandungan P_20_5 formula tersebut tergolong paling tinggi (1,14%).

Dosis formula pembenah tanah mampu meningkatkan pH, P tersedia, K total, dan KTK, namun tidak berpengaruh terhadap $C_{organik}$ dan N total. Pada Tabel 4 dapat dilihat bahwa pH tanah meningkat secara nyata bila diberi formula pembenah tanah biochar 7,5 t ha^{-1}, kurang dari dosis tersebut belum mampu meningkatkan pH tanah. Kadar $C_{organik}$ dan N total belum mampu ditingkatkan secara nyata dalam waktu satu musim tanam, meskipun kadar $C_{organik}$ formula cukup tinggi. Pemberian formula pembenah tanah biochar 7,5 t ha^{-1} dengan kandungan $C_{organik}$ 32,07-41,83% (Tabel 2), sebenarnya hanya mensuplai 0,12-0,16% ke dalam tanah sehingga peningkatan $C_{organik}$ tanah tidak signifikan.

Tabel 4. pH, $C_{organik}$, N total, dan P tersedia setelah aplikasi pembenah biochar pada Typic Kanhapludults KP Taman Bogo

Perlakuan	pH (H_2O)	$C_{organik}$ (%)	N total (%)	P tersedia (ppm)
SP-50	4,18 a	1,02 a	0,10 a	39,57 a
SP-75	4,19 a	1,04 a	0,11 a	25,74 a
KS-50	4,20 a	1,07 a	0,10 a	28,15 a
0 t ha^{-1}	4,15 b	0,97 a	0,11 a	24,52 b
2,5 t ha^{-1}	4,20 b	1,07 a	0,10 a	24,26 b
5,0 t ha^{-1}	4,19 b	1,05 a	0,10 a	30,71 a
7,5 t ha^{-1}	4,22 a	1,01 a	0,11 a	29,12 a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menurut kolom menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji Duncan pada taraf 5 %.

Tabel 5. K total, KTK tanah, dan respirasi mikroorganisme (MO) setelah aplikasi pembenah biochar pada Typic Kanhapludults KP Taman Bogo.

Perlakuan	K total (ppm)	KTK ($cmol_{(+)}$ kg^{-1})	Respirasi MO ($mgCO_2$ kg^{-1} tnh $hari^{-1}$)
SP-50	5,09 a	5,79 a	9,94 a
SP-75	4,25 a	5,95 a	10,78 a
KS-50	4,68 a	5,84 a	10,70 a
0 t ha^{-1}	3,08 c	4,71 b	8,71 b
2,5 t ha^{-1}	4,17 bc	5,77 a	10,78 a
5,0 t ha^{-1}	5,03 b	6,00 a	9,98 ab
7,5 t ha^{-1}	6,43 a	5,91 a	10,43 a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menurut kolom menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji Duncan pada taraf 5 %.

Pemberian formula pembenah tanah biochar dengan dosis 5 dan 7,5 t ha^{-1} mampu meningkatkan kandungan P tersedia dan K total tanah yaitu masing-masing menjadi 29,12-30,71 ppm dan 5,03-6,43 ppm. Pemberian dengan dosis 2,5 t ha^{-1} belum mampu meningkatkan kandungan P tersedia dan K total. Rendahnya kandungan P_20_5 dan K_20 dalam formula pembenah tanah biochar yaitu hanya 0,90-1,14% (Tabel 2) menyebabkan pemberian dengan dosis rendah tidak mampu meningkatkan kandungan P dan K dalam tanah. Setelah satu musim tanam, KTK tanah masih tergolong rendah, namun terlihat bahwa pemberian pembenah tanah biochar telah mampu meningkatkan KTK tanah secara signifikan menjadi 5,77-6,00 $cmol_{(+)}$ kg^{-1} dibandingkan tanpa pembenah tanah biochar hanya 4,71 $cmol_{(+)}$ kg^{-1}. Pengaruh positif dari pemberian formula pembenah tanah biochar terhadap ketersediaan hara P dan K disebabkan adanya perubahan sifat fisik tanah dan peningkatan pH dan KTK tanah (Chan *et al.* 2007). Selain itu hasil penelitian Asai *et al.* (2009) mendapatkan bahwa adanya respon yang signifikan pemberian biochar yang dikombinasikan dengan pupuk anorganik terhadap ketersediaan P pada tanah status P rendah sebagai akibat dari adanya peningkatan pH tanah sehingga konsentrasi PO_4^{3-} meningkat. Lahan kering masam KP Taman Bogo mempunyai status ketersediaan P yang

sangat rendah sehingga peningkatan P-tersedia terjadi melalui mekanisme yang sama seperti yang ditemukan oleh Chan *et al*. (2007) dan Asai *et al*. (2009)

Aktivitas mikroorganisme terlihat mulai meningkat dengan diberi formula pembenah tanah biochar khususnya jika diberi 2,5 t ha^{-1} atau 7,5 t ha^{-1}. Pemberian 5 t ha^{-1} meningkatkan aktivitas mikroorganisme namun tidak berbeda nyata dengan tanpa pemberian formula pembenah tanah biochar. Kemungkinan peningkatan aktivitas mikroorganisme tersebut terkait dengan perbaikan lingkungan mikro habitat mikroorganisme seperti pH dan porositas.

Mengingat lahan kering masam KP Taman Bogo tergolong terdegradasi berat (Tabel 1) maka pemberian formula pembenah tanah dengan dosis 2,5-7,5 t ha^{-1} tergolong terlalu rendah yaitu hanya sekitar 0,13-0,38% bobot tanah. Selain itu, pemberian dengan cara disebar akan menyebabkan semakin rendahnya kontak biochar dengan tanah pada areal perakaran. Itulah sebabnya efektivitas pemberian formula pembenah tanah biochar masih perlu ditingkatkan dengan cara pemberian secara kontinu hingga mencapai 3-5% bobot tanah dan selanjutnya tidak perlu diberikan lagi dan pemberiannya dilakukan dengan cara larikan atau dalam lubang tanam.

KESIMPULAN

1. Setelah satu musim tanam, formula pembenah tanah biochar (SP-50, SP-75, dan KS-50) mampu memperbaiki sifat fisik (BD dan PAT) dan kimia tanah (pH, $C_{organik}$, P tersedia, K total, dan KTK)
2. Pemberian formula pembenah tanah biochar dengan dosis 5-7,5 t ha^{-1} mampu memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah:
   - persentase pori air tersedia (PAT) menjadi 9,18-10.11% vol dari semula 6,69% vol (tanpa pembenah tanah).
   - Kandungan P-tersedia meningkat menjadi 29,12-30,71 ppm dari 24,52 ppm (tanpa pembenah tanah),
   - K total meningkat menjadi 5,13-6,43 ppm dari 3,08 ppm (tanpa pembenah tanah), KTK tanah meningkat menjadi 5,91-6,00 $cmol_{(+)}$ kg^{-1} dari 4,71 $cmol_{(+)}$ kg^{-1},
   - respirasi mikroorganisme meningkat menjadi 9,88-10,78 $mgCO_2$ kg^{-1} tanah $hari^{-1}$ dari semula 8,71 $mgCO_2$ kg^{-1} tanah $hari^{-1}$ (tanpa pembenah tanah).
3. Peningkatan ketersediaan hara pada lahan kering masam terdegradasi dengan pemberian formula pembenah tanah biochar akibat terjadinya perbaikan sifat fisik tanah, peningkatan pH, dan KTK
4. Formula pembenah tanah biochar limbah pertanian (SP-50, SP-75, dan KS-50) cukup potensial untuk digunakan sebagai alternatif pembenah tanah dalam memulihkan lahan kering masam yang terdegradasi.

DAFTAR PUSTAKA

Adimihardja, A. dan S. Sutono. 2005. Teknologi pengendalian erosi lahan berlereng. Hlm. 103-145 *dalam* Teknologi Pengelolaan Lahan Kering: Menuju Pertanian Produktif dan Ramah Lingkungan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor

Agus, F. dan Irawan, 2006. Agricultural land conversion as a threat to food security and environmental quality. Prosiding Seminar Multifungsi dan Revitalisasi Pertanian. Kerjasama Badan Ltbang Pertanian, MAFF, dan ASEAN Secretariat. Hal. 101-121

Asai, H., B.K. Samson, H.M. Stephan, K. Songyikhangsuthor, K. Homma, Y. Kiyono, Y. Inoue, T. Shiraiwa, and T. Horie. 2009. Biochar amendment techniques for upland rice production in Northern Laos 1. Soil physical properties, leaf SPAD and grain yield. *Field Crops Research*, 111**,** 81-84.

Atkinson, C.J., J.D. Fitzgerald, N.A. Hipps. 2010. Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: a review. *Plant and Soil*, 337**,** 1-18.

Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP). 2012. Lahan Sub Optimal:Potensi, Peluang, dan Permasalahan Pemanfaatannya untuk Mendukung Program Ketahanan Pangan. Disampaikan dalam Seminar Lahan Suboptimal, Palembang, Maret 2012. Kementrian Ristek dan Teknologi.

Chan, K.Y., L. van Zwieten, I. Meszaros, A. Downie, and S. Joseph. 2007. Agronomic values of greenwaste biochar as a soil amendment. *Australian Journal of Soil Research*, 45**,** 629-634.

Glaser, B., J. Lehmann, and W. Zech. 2002. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal: A review. Biol. Fertil. Soils 35: 219-230.

Hidayat, A. dan A. Mulyani. 2005. Lahan kering untuk pertanian. Teknologi Pengelolaan Lahan Kering: Menuju Pertanian Produktif dan Ramah Lingkungan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor. Hal 7-37

Kurnia U., Sudirman, dan H. Kusnadi. 2005. Teknologi rehabilitasi dan reklamasi lahan. Hlm. 147-182 *dalam* Teknologi Pengelolaan Lahan Kering: Menuju Pertanian Produktif dan Ramah Lingkungan. Puslitbangtanak. Bogor

Lehmann, J. 2007. A handful of carbon. *Nature*, 447**,** 143-144

Nurida, N.L., A. Dariah, dan A, Rachman. 2009. Kualitas limbah pertanian sebagai bahan baku pembenah berupa biochar untuk rehabilitasi lahan. Prosiding Seminar Nasional dan Dialog Sumberdaya Lahan Pertanian. Tahun 2008. Hal. 209-215.

Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. 2001. Atlas Arahan Tata Ruang Pertanian Indonesia Skala 1:1.000.000. Puslitbangtanak. Bogor. Indonesia. 37 hal.

Steiner, Christoph, Teixeira, Wenceslau, Lehmann, Johannes, Nehls, Thomas, de Macdo, Jeferson, Blum, Winfried, and Zech, Wolfgang. 2007. *Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil*. Plant and Soil 291[1], 275-290. Springer Netherlands.

Subagyo, H., N. Suharta, dan A.B. Siswanto. 2002. Tanah-tanah pertanian di Indonesia. Hlm. 21-65 *dalam* Sumberdaya Lahan di Indonesia dan Pengelolaannya. Puslittanak. Badan Litbang Pertanian. Bogor.

Pengaruh Pemberian Pembenah Tanah terhadap Pelepasan Unsur Hara dan Emisi N_2O dari Tanah Gambut yang Ditanami Kelapa Sawit

60

[1]A. Farida Orizae, [1]R. Hidayat, [2]Dedi Nursyamsi dan [1]A. Hadi

[1]Program Studi Ilmu Tanah, Universitas Lambung Mangkurat, Jl. A. Yani km 37 Banjarbaru, Kalimantan Selatan

[2]Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa, Jl. Kebun Karet, Banjarbaru

Abstrak. Arang sekam padi (AR), terak baja (Fe), air asam tambang (AAT), dolomit, dolomit + Fe atau dolomit + AAT diberikan pada tanah gambut untuk mengetahui pengaruh bahan pembenah tanah terhadap pelepasan unsur hara. Pembenah padat diberikan dengan cara larikan pada tanah sejajar kanopi kelapa sawit dengan dosis 1 t ha^{-1}, sedangkan air asam tambang (AAT) diberikan dengan cara disiramkan pada tanah sejajar kanopi dengan dosis 15 ml 100^{-1} gr tanah. Contoh tanah diambil 12 minggu setelah perlakuan untuk menganalisa konsentrasi N-total, N-NH4, N-NO3 dan fosfor serta pH. Pada penelitian terpisah, arang jerami padi (2 t ha^{-1}), air asam tambang (15 ml 100 gr^{-1}) atau terak baja (2 t ha^{-1}) diberikan pada tanah gambut untuk mempelajari pengaruh pemberian bahan pembenah tanah terhadap emisi nitro oksida (N_2O). Sampel udara diambil pada 21, 42 dan 63 hari setelah aplikasi bahan pembenah dengan menggunakan sungkup tertutup dan konsentrasi N_2O dianalisa menggunakan kromatografi gas. Disiapkan juga tanaman kelapa sawit tanpa pemberian bahan pembenah sebagai kontrol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian AAT, Fe, dolomit dan AR tidak berpengaruh terhadap N-total, NH_4^+ dan NO_3^- tanah. Pemberian Fe^+ dolomit mampu meningkatkan konsentrasi fosfor dan pH pada tanah gambut. Emisi N_2O meningkat pada 21 dan 42 hari setelah aplikasi air asam tambang dan arang jerami padi, meskipun secara total pemberian keduanya tidak berpengaruh terhadap emisi N_2O. Dapat disimpulkan bahwa pemberian bahan pembenah tanah tidak meningkatkan emisi N_2O dari tanah gambut; pemberian bahan pembenah berupa terak baja + dolomit dapat meningkatkan pH tanah dan konsentrasi fosfor.

Abstract. *Rice-husk charcoal (AR), slag (Fe), acid mine drainage (AAT), dolomite (DL), DL + Fe or DL + AAT was applied onto peat soil to elucidate the effect of soil ameliorants on nutrient releases. The solid soil ameliorants were applied at the rate of 1 t* ha^{-1} *by band application into soil at projected end of palm canopy, while the AAT was applied at the rate of 15 ml* 100^{-1} *g soil by pouring it into soil at projected end of palm*

canopy. Soil samples were taken 12 weeks after the treatment application and analyzed for concentrations of total N, NH_4-N, NO_3-N and phosphor, and pH. In separate experiment, AR, Fe (2 t ha^{-1}) or AAT (15 ml 100 g^{-1} soil) was applied onto peat soil to study the effect of soil ameliorant on nitrous oxide (N_2O) emission. Air samples were taken at 21, 42 and 63 days after treatment applications by closed chamber method and analyzed for N_2O using a gas chromatograph. Oil palm without ameliorant was also prepared and considered as control. The results showed that application of acid mine drainage, slag, dolomite and charcoal did not affect the concentrations of total-N, NH_4-N and NO_3-N. Application of Fe+DL increased the total P and pH. The N_2O emissions increased at 21 and 42 days after AAT and AR application, though their addition did not affect the total N2O emission. It could be concluded that soil ameliorants did not increase N_2O emissions from peat soil; addition of Fe+DL increased soil pH and concentration of P.

PENDAHULUAN

Anugerah sumberdaya lahan yang melimpah dengan tingkat kesuburan dan kesesuaian untuk usaha budidaya kelapa sawit yang cukup tinggi, merupakan hasil dari upaya terencana pengembangan kelapa sawit yang dilaksanakan sejak tiga dasawarsa yang lalu dan masih berlangsung sampai saat ini, telah mengantarkan Indonesia dewasa ini menjadi negara produsen kelapa sawit terbesar di dunia melampaui Malaysia. Penyebarannya telah menjangkau sebagian besar wilayah Sumatera, Kalimantan, Sulawesi dan Papua. Luas areal kelapa sawit tahun 2009 telah mencapai 7,5 juta ha (seluas 3.014 ribu ha atau 40% merupakan usaha perkebunan rakyat), dengan produksi minyak kelapa sawit (CPO) sebesar 21,5 juta ton (Tarigan dan Saragih, 2010). Ekspor minyak sawit Indonesia tahun 2008 mencapai 14,3 juta ton, dengan nilai US$ 12,4 milyar (Tarigan dan Saragih, 2010).

Tanaman kelapa sawit sangat responsif terhadap pemupukan sehingga kurangnya unsur hara seperti nitrogen (N), posfat (P), kalium (K), magnesium (Mg) dan boron (B) akan menimbulkan gejala defisiensi yang spesifik disamping turunnya pertumbuhan dan hasil tanaman kelapa sawit. Tanaman kelapa sawit sangat memerlukan kecukupan unsur hara untuk pertumbuhan organ vegetatif maupun perkembangan organ reproduktifnya. Unsur N bagi tanaman sangat penting karena berfungsi sebagai *penyusun nukleotida, asam amino dan protein asam nukleat dan khlorofil daun.* Disamping itu unsur P juga sangat penting bagi tanaman karena memiliki fungsi utama sebagai *penyimpan dan transfer energi (ATP) dan sebagai nukleotida* (Yukay, 2010).

Pemberian bahan pembenah tanah berupa bahan organik dari tanaman ataupun hewan diharapkan dapat meningkatkan ketersediaan dan/atau serapan hara yang diperlukan oleh tanaman. Disisi lain, bahan emelioran mungkin meningkatkan laju dekomposisi tanah gambut dan akan melepaskan gas yang membahayakan lingkungan. Kebun kelapa sawit pada lahan gambut berkisar dari rosot (Murtilaksono *et al.* 2010) sampai sumber emisi karbon (Agus *et al.* 2008; Hadi *et al.* 2012). Kebun kelapa sawit diyakini sebagai sumber emisi nitro oksida (N_2O) (Hadi *et al.* 2012).

Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh pemberian pembenah tanah terhadap pelepasan unsur hara dan pH tanah serta emisi N_2O pada lahan gambut yang ditanami kelapa sawit.

BAHAN DAN METODE

Pengaruh pemberian pembenah tanah terdadap pelapasan unsur hara dan pH tanah

Penelitian ini dilaksanakan di kebun kelapa sawit berumur empat tahun milik PT. Palmina Utama, menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan empat ulangan. Perlakuan yang diuji berupa jenis pemberian bahan pembenah tanah yaitu:

1. Tanpa pembenah tanah (kontrol)
2. Terak baja (Fe) sebanyak 1 t ha^{-1}
3. Air asam tambang (AAT) sebanyak 15 ml 100 g^{-1}
4. Arang sekam padi (AR) sebanyak 1 t ha^{-1}
5. Terak baja (1 t ha^{-1}) + kapur dolomit (1 t ha^{-1}) (FE+ DL)
6. Air asam tambang (15 ml 100 g^{-1})+ kapur dolomit (1 t ha^{-1}) (AAT+DL)
7. Kapur dolomit (DL) sebanyak 1 t ha^{-1}.

Kantong dari kain londry yang berukuran 10x10 cm disiapkan dengan menggunakan alat *Plastic Sealing Machine*. Tanah gambut yang telah dikering anginkan dicampur dengan pembenah tanah dengan takaran sesuai perlakuan. Selain itu, disiapkan pula bungkusan bahan tanah gambut tanpa pembenah tanah sebagai kontrol.

Bungkusan yang berupa tanah dan campuran bahan pembenah tanah maupun kontrol dibenamkan ke tanah pada jarak sekitar 1 meter dari pohon kelapa sawit sedalam 20-25 cm. Pada saat bersamaan bahan pembenah tanah ditebarkan mengelilingi batang dengan jarak 1,5 meter dari batang. Setelah 12 minggu, bungkusan diambil dan digunakan untuk analisa pH tanah, N-total, P-total dan P-tersedia yang diukur dengan metode Page *et al.* (1982), sedangkan NH_4^+ dan NO_3^- diukur dengan metode kolorimetrik yang dikemukakan oleh Hadi *et al.* (2008).

Pengaruh pembenah tanah terhadap emisi N_2O

Penelitian ini dilaksanakan pada lokasi dan cara yang sama dengan penelitian ”pengaruh pemberian pembenah tanah terhadap pelepasan unsur hara dan pH tanah”, kecuali pembenah tanah diberikan semuanya ke tanah pada ujung kanopi kelapa sawit berumur dua tahun. Perlakuan yang dicobakan meliputi: (1) air asam tambang (15 ml 100 g^{-1}), terak baja agripower (2 ton ha^{-1}) dan arang jerami padi (2 ton ha^{-1}).

Sampel udara diambil pada 21, 42 dan 63 hari setelah aplikasi perlakuan dengan cara menelungkupkan sungkup di atas tanaman kelapa sawit sampai ke tanah sedalam $\pm$ 5 cm. Konsentrasi N_2O dan CO_2 kemudian diukur dengan kromatografi gas dengan kondisi

kerja seperti yang digambarkan oleh Hadi *et al.* (2008). Flux gas dihitung dengan rumus (Hadi *et al.* 2008):

$$F = k \cdot h \cdot dc/dt\ (273/T)$$

dimana: k = tetapan konversi volume ke berat gas (N_2O = 1.250; CO_2 = 0.536), h = tinggi sungkup (meter), dc/dt = perubahan konsentrasi (ppmv) per unit waktu (jam) tan T = suhu udara didalam sungkup (°K). Potensi pemanasan global dihitung dengan memperhatikan daya pemanasan mol 1 untuk CO_2, dan 296 untuk N_2O (Bouwman, 1990).

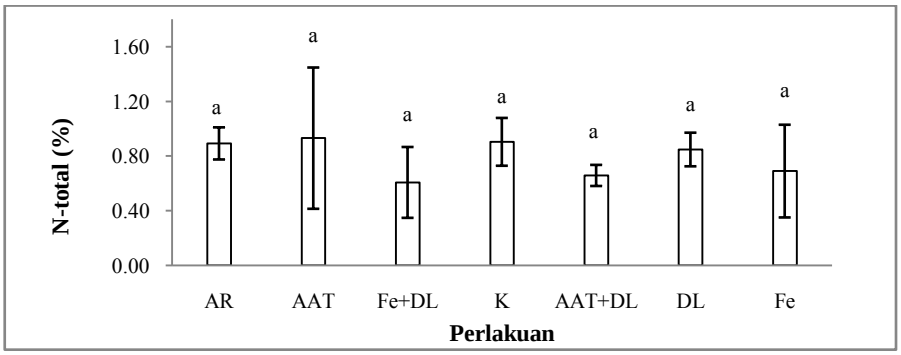
ANALISA DATA

Setelah dilakukan pengamatan dan didapatkan data hasil maka dilakukan pengujian laju dekomposisi, pelepasan unsur hara dan pH serta parameter tanaman dengan menggunakan software Minitab versi 14. Apabila perlakuan menunjukkan pengaruh nyata maka dilakukan analisa lanjutan yaitu dengan menggunakan BNT pada taraf kepercayaan 95% untuk mengetahui perbedaan hasil kalangan perlakuan.

HASIL

Pelepasan unsur hara

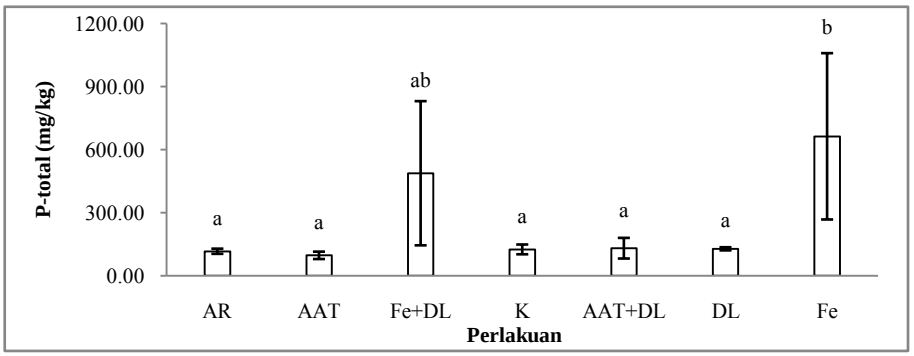
Rata-rata kandungan N-total dalam nylon mesh setelah 12 minggu dibenamkan di kebun kelapa sawit diperlihatkan pada Gambar 1. Hasil analisis ragam, pemberian bahan pembenah tanah tidak berpengaruh terhadap kandungan N-total tanah gambut. Hasil analisis ragam juga menunjukkan bahwa pemberian pembenah tanah tidak berpengaruh nyata terhadap konsentrasi ammonium (NH_4^+).



Gambar 1. Pengaruh pemberian bahan pembenah tanah terhadap kandungan N-total tanah

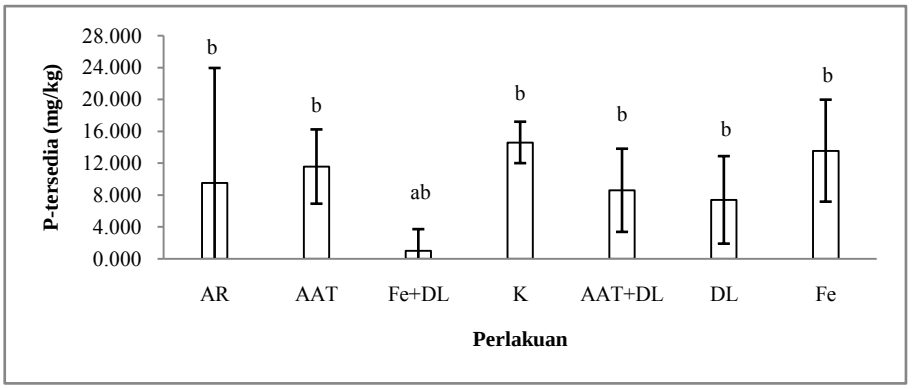
Dari hasil analisis ragam pemberian bahan pembenah tanah berpengaruh terhadap kandungan fosfor total. Berdasarkan hasil uji BNT, pemberian terak baja (Fe)

menunjukkan fosfor total tertinggi, diikuti oleh perlakuan Fe+DL dan tidak berbeda nyata dengan perlakuan AR, AAT, K, AAT+DL dan DL (Gambar 2).



Gambar 2. Pengaruh pemberian bahan pembenah tanah terhadap fosfor total dalam tanah

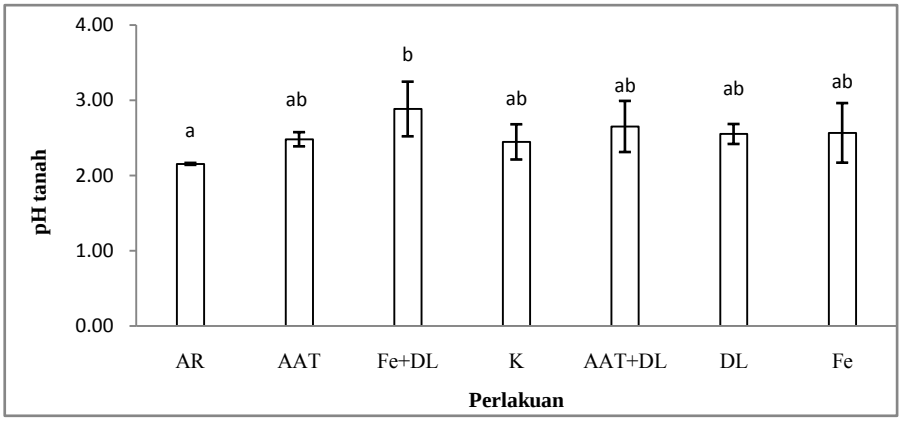
Dari hasil analisis ragam pemberian bahan pembenah tanah berpengaruh nyata terhadap kandungan fosfor tersedia (P-Bray). Berdasarkan uji BNT, perlakuan Fe+DL mampu memberikan kandungan fosfor tersedia dalam tanah paling rendah dan tidak berbeda nyata dengan perlakuan AR, AAT, K, AAT+DL, DL dan Fe (Gambar 3).



Gambar 3. Pengaruh pemberian bahan pembenah tanah terhadap fosfor tersedia tanah gambut

pH Tanah

pH tanah tertinggi dihasilkan dari pemberian bahan terak baja bersama dolomit (Fe+DL), diikuti oleh perlakuan lainnya. pH terendah ditunjukkan oleh perlakuan kontrol (Gambar 4).



Gambar 4. Pengaruh pemberian bahan pembenah tanah terhadap pH tanah gambut

Emisi N_2O

Pengaruh pembenah tanah terhadap emisi N_2O diperlihatkan pada Tabel 1. Emisi N_2O meningkat pada hari ke-21 dan ke-42 sebagai akibat pemberian air asam tambang dan arang jerami padi, meskipun secara total pemberian keduanya tidak berpengaruh terhadap emisi N_2O.

Tabel 1. Pengaruh pembenah tanah terhadap emisi N_2O dari tanah gambut yang ditanami kelapa sawit.

Waktu pengamatan	Kontrol	Air asam tambang	Arang sekam padi	Terak baja
Hari ke-21(g N m^{-2} jam^{-1})	4,0(3,3)a	-0,7(3,2)a	0,2(2,9)a	3,6(3,5)a
Hari ke-42 (g N m^{-2} jam^{-1})	-1,0(0,6)b	0,4(0,8)a	0,3(0,7)ab	2,1(2,2)a
Hari ke-63 (g N m^{-2} jam^{-1})	0,3 (0,4)b	2,2 (1,2)a	1,0 (1,6)a	0,6 (1,1)ab
Total 63 hari (g N m^{-2} 63 $hari^{-1}$)	326,6 (664,1)a	6,8 (8,4)a	230,6 (460,9)a	286,8 (277,8)a
GWP (kg CO_2 equ ha^{-1} $tahun^{-1}$)	151,9 (309,1)a	3,2 (3,9)a	107,2 (2,14,4)a	133,4 (268,8)a

Pemberian pembenah tanah tidak berpengaruh nyata terhadap emisi CO_2 dari tanah gambut (data tidak diperlihatkan). Potensi pemanasan global dari perlakuan kontrol, AAT, AR dan Fe tidak berbeda nyata, yaitu masing-masing adalah -1, 42, 0, 35, 0,41 dan 1,11 ton CO_2 equ ha^{-1} $tahun^{-1}$.

PEMBAHASAN

Pemberian bahan pembenah tanah tidak berpengaruh nyata terhadap konsentrasi nitrogen total dalam tanah (Gambar 1), menunjukkan bahwa kurang efisiennya dosis pembenah tanah yang diaplikasikan sebanyak 1 t ha^{-1} untuk bahan pembenah padat atau 15 ml 100 gr^{-1} tanah untuk perlakuan AAT. Menurut Las (2011) 1 t ha^{-1} merupakan tingkat aplikasi

bahan pembenah tanah yang minimal. Faktor lama inkubasi di lapangan juga ikut berperan karena waktu pengamatan yang relatif singkat sehingga bahan pembenah tanah tersebut belum mampu meningkatkan N-total tanah.

Pemberian bahan pembenah tanah mampu meningkatkan konsentrasi fosfor dalam tanah (Gambar 2). Hal ini menunjukkan penggunaan bahan pembenah tanah mampu menyumbangkan unsur P-total dalam tanah, terutama setelah pemberian pembenah tanah yang mengandung unsur besi bersamaan dengan dolomit (perlakuan Fe dan Fe+DL). Terak baja merupakan pupuk silikat (Si) berbentuk granul yang mengandung besi oksida dan merupakan hasil samping olahan industri baja yang kaya akan unsur besi dan beberapa unsur seperti fosfor. Kation besi ini dapat menimbulkan tapak erapan baru pada gambut sehingga ikatan fosfat menjadi lebih kuat dan tidak mudah lepas (Hartatik, 2003).

Perlakuan terak baja tanpa dolomit tidak memperlihatkan perubahan pH yang signifikan; pH meningkat jika dolomit diberikan secara bersama-sama dengan terak baja (Gambar 4). Seperti diperlihatkan pada Tabel 2, terak baja mempunyai pH 10,7. pH yang tinggi ini mungkin akan berkontribusi terhadap peningkatan pH tanah gambut ketika diaplikasikan secara bersamaan dengan dolomit, dibandingkan dengan pemberian dolomit tanpa pencampuran dengan pupuk besi. Peningkatan pH ini juga mungkin berkontribusi pada peningkatan konsentrasi P-total pada perlakuan Fe+DL (Gambar 2). Dengan demikian, pemberian pembenah tanah dapat dilakukan untuk peningkatan ketersediaan unsur hara terutama fosfor yang sangat diperlukan tanaman seperi kelapa sawit.

Tabel 2. Komposisi terak baja

Parameter	Kandungan
pH	10,7
N-Total	0,63 %
N-Organik	0,24 %
NH_4^+	0,35 %
NO_3^-	0,04 %
Fe total	4,49 %
Si	10,88 %
P_2O_5	20 %
Mn terlarut	2 %
Kadar air	0,70 %

Sumber: Badan Litbang Pertanian (2010)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian amelioran tidak berdampak negatif terhadap lingkungan dalam bentuk emisi GRK (Tabel 1). Pemberian air asam tambang mampu menurun emisi CO_2 pada penelitian laboratorium. Dengan demikian, pemberian pembenah tanah dapat dilakukan untuk peningkatan ketersediaan unsur hara terutama fosfor yang sangat diperlukan tanaman seperi kelapa sawit.

KESIMPULAN

Pemberian bahan pembenah tanah dalam waktu 12 minggu belum mampu meningkatkan N-total; pemberian bahan pembenah tanah berupa terak baja dan dolomit (Fe+DL) mampu meningkatkan konsentrasi fosfor dan pH pada tanah gambut. Emisi N_2O meningkat pada hari ke-21 dan ke-42 sebagai akibat pemberian air asam tambang dan arang jerami padi, meskipun secara total pemberian keduanya tidak berpengaruh terhadap emisi N_2O maupun potensi pemanasan global tanah gambut yang ditanami kelapa sawit.

DAFTAR PUSTAKA

Agus, F, E. Runtunuwu, T. June, E. Susanti, H. Komara, H. Syahbuddin, I. Las and M. Van-Noordijk. 2008. Carbon dioxide emission in land use transitions to palntation. Jurnal Litbang Pertanian, 28 (4).

Badan Litbang Pertanian. 2010

Bouwman AF. 1990. Introduction. In: Bourman AF (Ed) Soils and the Greenhouse Effect. John Wiley & Sons, New York. pp. 25-35.

Hartatik, W. 2003. Pemanfaatan Fospat Alam pada Lahan Gambut. http://balittanah.litbang.deptan.go.id/dokumentasi/buku. Diakses pada tanggal 25 September 2012.

Hadi A, L Fatah, Syaifuddin, Abdullah, DN Affandi, RA Bakar and K. Inubushi. 2012. Greenhouse gas emissions from peat soil cultivated to paddy field, oil palm, and vegetable. Journal Tropical Soil. 17 (2).

Hadi A, O Jumadi, K Inubushi, K. Yagi. 2008. Mitigation option for N_2O emissions from corn field in Kalimantan, Indonesia. Soil Sci. Plant Nutr., 54: 644-649.

Las, I. 2011. Progres Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim pada Sub-sektor Perkebunan. Makalah pada Workshop Penelitian Gas Rumah Kaca 2. Bogor, 8 Novemver 2011.

Murtilaksono, K., W. Darmosarkoro, P. Setyanto, E.G. Sutarta, Winarna, S. Ruhotomo dan H.L. Susilawati. 2010. Land Use Change and CO_2 Emission on Peat Soil. Makalah pada Workshop on GHG Researches. Bogor, 19 Oktober 2010.

Page A.L., R.H. Miller, and D.R. Keeny. 1982. Method of Soil Analysis. Amer. Agronomy, Inc., Wisconsin.

Tarigan dan Saragih. 2010. Lahan Gambut Indonesia & Pengembangan Kebun Sawit. http://tintabiru.wordpress.com/pengembangan-kebun-sawit/. Diakses pada tanggal 14 Februari 2011.

Yukay. 2010. Kelapa Sawit dan Kebutuhan Unsur Hara. http://infopupuk.wordpress.com. Diakses pada tanggal 14 Februari 2011.

Ameliorasi dan Pemupukan untuk Peningkatan Produktivitas Kedelai di Lahan Suboptimal

61

Wiwik Hartatik dan Septiyana

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Tanah, Jl. Tentara Pelajar No. 12 Bogor 16114
email: wiwik_hartatik@yahoo.com

Abstrak. Kebutuhan kedelai di Indonesia terus meningkat dibandingkan tingkat produksi nasional, bahkan 3 tahun terakhir cenderung menurun baik luas panen maupun produksinya, sehingga harus dipenuhi dari impor. Dalam rangka meningkatkan produksi kedelai pada lahan suboptimal diperlukan pengelolaan lahan yang memperhatikan penerapan pengelolaan hara secara terpadu baik dari sumber pupuk anorganik, organik, dan hayati yang berdasarkan konsep pemupukan berimbang serta teknik konservasi tanah dan pengelolaan air yang tepat. Tujuan penelitian adalah mempelajari bahan ameliorasi yang efektif dalam perbaikan lahan serta pengelolaan hara terpadu dalam meningkatkan produksi kedelai. Rancangan percobaan yang digunakan adalah petak terpisah dengan petak utama adalah bahan amelioran dolomit dan *soil neutralizer* dan anak petak adalah perlakuan pemupukan, kombinasi pupuk anorganik, organik, dan hayati. Tanaman indikator kedelai varietas Wilis, dengan jarak tanam 40 cm x 15 cm dengan ukuran petak 6 m x 5 m. Pengamatan sifat kimia tanah: C-organik, N total, P tersedia (Bray I), P dan K terekstrak HCl 25%, kation dapat dipertukarkan, kejenuhan basa, kapasitas tukar kation. Analisis jaringan tanaman: kadar N, P, dan K. Pengamatan agronomis: pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan, dilakukan analisis ragam untuk setiap parameter yang diamati. Pengujian beda antar perlakuan dengan uji beda nyata Duncan pada taraf uji 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan dolomit nyata meningkatkan pertumbuhan tanaman kedelai dan serapan N dibandingkan dengan *soil neutralizer*. Perlakuan amelioran dolomit dan pemupukan NPK+Biobus+Tithoganic+ MTM nyata meningkatkan hasil kedelai menjadi sebesar 1,41 t ha^{-1}, terjadi peningkatan hasil kedelai 17% dibanding tanpa Tithoganic. Pemberian Tithoganic nyata meningkatkan serapan K tanaman dan jumlah bintil akar tanaman kedelai. Pemberian pupuk organik sangat diperlukan dalam meningkatkan produktivitas tanah dan tanaman kedelai di lahan suboptimal.

PENDAHULUAN

Kedelai merupakan salah satu komoditas strategis untuk memenuhi kebutuhan pangan dan industri. Kebutuhan kedelai di Indonesia terus meningkat dibandingkan tingkat produksi nasional, bahkan 3 tahun terakhir cenderung menurun baik luas panen maupun produksinya, sehingga harus dipenuhi dari impor. Luas panen kedelai pada tahun 2011 sebesar 592.034 ha dengan produksi sebesar 819.446 ton tidak mencukupi kebutuhan kedelai nasional sekitar 2,3 juta ton (BPS, 2011).

Peluang untuk peningkatan produksi kedelai cukup besar karena sumberdaya lahan Indonesia sekitar 94,1 juta ha diantaranya merupakan lahan yang sesuai untuk pertanian,

untuk tanaman semusim di lahan kering seluas 25,1 juta ha. Berdasarkan kesesuaian lahan untuk tanaman kedelai di 17 provinsi menunjukkan bahwa terdapat lahan yang sesuai untuk kedelai seluas 16,7 juta ha, dominan berada di lahan sawah sekitar 5 juta ha dan lahan terlantar seluas 5,5 juta ha, sisanya berada di lahan tegalan, perkebunan, dan kebun campuran (Mulyani *et al*. 2009).

Lahan suboptimal didefinisikan sebagai lahan yang telah mengalami degradasi atau lahan yang mempunyai tingkat kesuburan yang rendah dan tidak dapat mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal. Lahan suboptimal terdiri dari tanah mineral dan tanah rawa. Untuk tanah mineral diantaranya dapat berupa tanah mineral masam baik lahan kering maupun lahan sawah bukan baru.

Praktek pemupukan di tingkat petani sangat bervariasi, mulai dari input rendah sampai sedang. Untuk tanaman kedelai biasanya petani masih menggunakan pupuk N dengan dosis berlebih sebaliknya untuk pupuk P dan K diberikan dengan dosis terbatas. Seringkali suatu jenis unsur diberikan secara berlebihan sedangkan unsur lain diberikan kurang, sehingga efisiensi penggunaan pupuk menjadi rendah. Lahan suboptimal umumnya mempunyai kadar C-organik yang rendah sehingga pemberian pupuk organik khususnya pupuk kandang sangat diperlukan, namun sebagian petani dalam budidaya kedelai tidak memberikan pupuk kandang.

Pemupukan yang berimbang (berdasarkan status hara) adalah pemberian pupuk yang memperhatikan status hara tanah dan kebutuhan tanaman untuk mendukung tingkat produksi tertentu dalam bentuk pupuk anorganik, organik, dan pupuk hayati. Disamping pemupukan, rotasi tanaman dalam budidaya kedelai perlu diperhatikan khususnya dalam pengendalian hama dan penyakit tanaman tertentu (*soil born disease*). Selama ini banyak petani melakukan penggunaan pestisida secara berlebihan, sehingga menyebabkan penurunan atau musnahnya beberapa biota tanah dan pencemaran lingkungan.

Dalam rangka meningkatkan produktivitas kedelai pada lahan suboptimal diperlukan pengelolaan lahan yang memperhatikan penerapan pengelolaan hara secara terpadu baik dari sumber pupuk anorganik, organik, dan hayati yang berdasarkan konsep pemupukan berimbang dan perbaikan tanah dalam jangka panjang. Tujuan penelitian adalah mengetahui pengaruh dari bahan amelioran dolomit dan *soil neutralizer* serta pemupukan anorganik, organik, dan hayati terhadap pertumbuhan dan produksi kedelai.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada tanah Ultisols di Desa Rejobinangun, Kecamatan Raman Utara, Kabupaten Lampung Timur. Rancangan percobaan adalah petak terpisah dengan 3 ulangan.

Petak utama: Ameliorasi (A)

1. A1 = *Soil Neutralizer* 3 l ha^{-1}
2. A2= Dolomit (untuk mencapai kejenuhan Al dapat ditukar 20%)

Anak petak: Pemupukan (B)

1. B1 = NPK + Nodulin
2. B2 = NPK + Biobus
3. B3 = NPK + Biobus + Tithoganic
4. B4 = NPK + Biobus + Zeolit
5. B5 = NPK + Biobus + Tithoganic + MTM
6. B6 = NPK + Biobus + Tithoganic + Zeolit
7. B7 = NPK + Biobus + Tithoganic + Zeolit + MTM
8. B8 = ½ NPK + Biobus + Tithoganic + Zeolit + MTM

Parameter kimia tanah yang diamati adalah C-organik, N total, P tersedia (Bray I), P dan K terekstrak HCl 25%, kation dapat dipertukarkan, kejenuhan basa, dan kapasitas tukar kation. Pengamatan agronomis yaitu pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai serta bobot bintil akar. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan, dilakukan analisis ragam (ANOVA) untuk setiap parameter yang diamati. Pengujian beda antar perlakuan dengan uji beda nyata Duncan pada taraf uji 5%.

Cara aplikasi amelioran dolomit dan zeolit disebar di permukaan tanah kemudian diaduk merata dengan tanah sampai kedalaman lapisan olah 0-20 cm dan diinkubasi 1 minggu sebelum tanam. Khusus untuk *soi neutralizer* cara aplikasinya yaitu setiap 2 cc *soil neutralizer* dicampur dengan 1 liter air, kemudian disemprotkan ke tanah dan diaduk sampai kedalaman lapisan olah (15-20 cm). Sedangkan pupuk organik diberikan dengan cara dilarik di samping barisan tanaman. Pupuk dasar ditetapkan berdasarkan status hara dan kebutuhan tanaman kedelai yaitu Phonska 200 kg ha^{-1} dan 50 kg KCl ha^{-1}. Pupuk dasar diberikan dengan cara dilarik di samping tanaman (5-7 cm). Dosis Biobus diberikan sebesar 250 g ha^{-1}, Nodulin dan MTM sebesar 200 g ha^{-1}. Cara aplikasi Nodulin dan Biobus adalah dengan cara dicampur dengan benih kedelai yang telah dibasahi secara merata. Pemberian MTM (*bionutrient*) dengan cara dicampurkan dengan pupuk organik dengan dosis 200 g untuk 1 ton pupuk organik dengan kelembaban 50% dan diinkubasi selama 1 minggu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Kimia Tanah Awal

Hasil analisis tanah awal menunjukkan bahwa tanah di Desa Rejobinangun memiliki tekstur lempung berpasir dan lempung liat berpasir dengan pH sangat masam, kandungan C-organik tergolong sangat rendah. Kandungan hara nitrogen tergolong sangat rendah, kadar P sangat tinggi, dan K rendah hingga tinggi. Selanjutnya nilai KTK pada

lokasi penelitian tergolong sangat rendah hingga rendah dengan kejenuhan basa tergolong sangat rendah hingga rendah (Tabel 1).

Tabel 1. Hasil analisis sifat kimia tanah awal penelitian.

Sifat Kimia Tanah	Ulangan I	Ulangan II	Ulangan III
Tekstur			
Pasir	58	57	62
Debu	15	16	15
Liat	27	27	23
Ph			
H_2O	4,28	4,26	4,39
KCl	3,98	4,01	3,98
Bahan organik			
C-organik (%)	0,89	1,06	0,98
N total (%)	0,08	0,09	0,09
C/N	11	11	10
P-HCl 25% (mg kg^{-1})	655	693	610
K-HCl 25% (mg kg^{-1})	19,45	35,20	44,28
P-Bray-1 (mg kg^{-1})	87,28	130,83	117,40
Nilai Tukar Kation			
K_{-dd} ($cmol_{(+)}$ kg^{-1})	0,03	0,07	0,10
Ca_{-dd} ($cmol_{(+)}$ kg^{-1})	0,88	1,00	0,84
Mg_{-dd} ($cmol_{(+)}$ kg^{-1})	0,15	0,17	0,21
Na_{-dd} ($cmol_{(+)}$ kg^{-1})	0,04	0,04	0,07
KTK (Kapasitas Tukar Kation) ($cmol_{(+)}$ kg^{-1})	5,36	3,75	3,97
KB (Kejenuhan Basa) (%)	20	34	31
Al-KCl 1 M ($cmol_{(+)}$ kg^{-1})	0,79	0,71	0,50
H-KCl 1 M ($cmol_{(+)}$ kg^{-1})	0,20	0,08	0,07
Fe (mg kg^{-1})	107	124	120
Mn (mg kg^{-1})	2,66	2,67	1,90
Cu (mg kg^{-1})	0,61	0,61	0,61
Zn (mg kg^{-1})	0,09	0,00	0,09

Pengaruh perlakuan terhadap pertumbuhan tanaman kedelai

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap parameter agronomis yaitu tinggi tanaman umur 30 HST terlihat bahwa perlakuan petak utama A2 (dolomit) menunjukkan pertumbuhan tinggi tanaman nyata lebih baik dibandingkan dengan perlakuan petak utama A1 (*soil neutralizer* 3 l ha^{-1}) (Tabel 2). Hal ini diduga karena pemberian dolomit lebih efektif dalam menetralkan Al-dd tanah sehingga pertumbuhan akar menjadi lebih baik dan mampu menyerap hara lebih baik.

Selanjutnya kombinasi perlakuan pada petak utama *soil neutralizer* menunjukkan bahwa perlakuan B3 (NPK+Biobus+Tithoganic) memberikan pengaruh yang nyata terhadap peningkatan tinggi tanaman kedelai umur 30 HST (Tabel 2) dengan peningkatan tinggi tanaman sebesar 14,6% dibandingkan terhadap perlakuan NPK+Biobus. Selanjutnya kombinasi antara perlakuan petak utama A2 (dolomit) dengan anak petak belum menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap tinggi tanaman kedelai umur 30 HST. Peningkatan tinggi tanaman terbaik terjadi pada perlakuan NPK+Biobus+Tithoganic+ MTM dengan rata-rata tinggi mencapai 57,63 cm dan terjadi peningkatan tinggi tanaman sebesar 2,67% dibandingkan terhadap perlakuan NPK+Biobus.

Tabel 2. Pengaruh kombinasi perlakuan terhadap tinggi tanaman kedelai umur 30 HST.

Pemupukan	Tinggi tanaman (cm)		Rata-rata
	Soil Neutralizer	Dolomit	
B1 (NPK + Nodulin)	51,07 bc	54,60 a	52,83 ABC
B2 (NPK + Biobus)	49,10 c	56,13 a	52,62 BC
B3 (NPK + Biobus + Tithoganic)	56,30 a	55,37 a	55,83 A
B4 (NPK + Biobus + Zeolit)	50,47 bc	53,60 a	52,03 C
B5 (NPK + Biobus + Tithoganic + MTM)	50,97 bc	57,63 a	54,30 ABC
B6 (NPK + Biobus + Tithoganic + Zeolit)	54,03 ab	57,13 a	55,58 AB
B7 (NPK + Biobus + Tithoganic + Zeolit + MTM)	53,40 abc	54,77 a	54,08 ABC
B8 (½ NPK + Biobus + Tithoganic + Zeolit + MTM)	50,93 bc	54,70 a	52,82 ABC

*) Angka pada kolom perlakuan pada baris yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama, tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5 %.

Pengamatan pertumbuhan tanaman pada masa primordia (40 HST) tersaji pada Tabel 3. Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa pemberian dolomit nyata lebih baik dari *soil neutralizer* terhadap tinggi tanaman umur 40 HST. Perlakuan NPK+Biobus+ Tithoganic+MTM nyata meningkatkan tinggi tanaman kedelai umur 40 HST. Nodulin maupun Biobus menunjukkan pengaruh yang tidak nyata terhadap tinggi tanaman pada ameliorasi *soil neutralizer* maupun dolomit.

Tabel 3. Pengaruh pemupukan dan ameliorasi terhadap tinggi tanaman kedelai pada saat primordia (40 HST).

Pemupukan	Tinggi (cm)		Rata-rata
	Soil Neutralizer	Dolomit	
NPK+Nodulin	63.38 cd	72.25 b	67.81 AB
NPK+Biobus	61.44 cd	70.13 b	65.78 AB
NPK+Biobus+Tithoganic	79.88 a	69.07 b	74.47 A
NPK+Biobus+Zeolit	54.13 d	71.57 b	62.85 B
NPK+Biobus+Tithoganic+MTM	63.94 c	79.38 a	71.66 A
NPK+Biobus+Tithoganic+Zeolit	73.07 ab	74.63 ab	73.85 A
NPK+Biobus+Tithoganic+Zeolit+MTM	68.03 bc	74.69 ab	71.36 A
1/2 NPK+Biobus+Tithoganic+Zeolit+MTM	63.76 c	78.62 a	71.19 A
Rata-rata	65.95 B	73.79 A	

*) Angka-angka yang diikuti huruf kecil yang sama atau angka-angka pada lajur dan baris yang diikuti huruf besar yang sama yang sama tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5 %

Hasil pengamatan terhadap tinggi tanaman kedelai umur 60 HST, diketahui bahwa petak utama dolomit nyata lebih baik dalam peningkatan tinggi tanaman. Terlihat pada petak utama dolomit tinggi tanaman mencapai 86,33 cm dan pada petak utama *soil neutralizer* hanya mencapai 80,38 cm. Selanjutnya kombinasi terbaik pada petak utama dolomit terjadi pada perlakuan NPK+Biobus+Tithoganic+MTM, tetapi hasil analisis statistik tidak berbeda nyata dengan perlakuan 1/2 NPK + Biobus + Tithoganic + Zeolit + MTM (Tabel 4). Hal ini menunjukkan bahwa dengan pengurangan dosis pupuk NPK hingga ½ dosis anjuran, pertumbuhan tanaman yang diperoleh masih cukup baik.

Tabel 4. Pengaruh pemupukan dan ameliorasi terhadap tinggi tanaman kedelai 60 HST.

Pemupukan	Tinggi (cm)		Rata-rata
	Soil Neutralizer	Dolomit	
NPK+Nodulin	78.07 bc	83,77 ab	80,92 BC
NPK+Smesh	75,87 c	84,77 ab	80,32 C
NPK+Smesh+Tithoganic	86,53 a	85,67 ab	86,10 A
NPK+Smesh+Zeolit	76,17 c	81,60 b	78,88 C
NPK+Smesh+Tithoganic+MTM	79,37 bc	89,60 a	84,48 AB
NPK+Smesh+Tithoganic+Zeolit	82,40 ab	86,47 ab	84,43 AB
NPK+Smesh+Tithoganic+Zeolit+MTM	82,63 ab	89,30 a	85,97 A
1/2 NPK+Smesh+Tithoganic+Zeolit+MTM	82,00 ab	89,43 a	85,72 A
Rata-rata	80,38 B	86,33 A	

*) Angka-angka yang diikuti huruf kecil yang sama atau angka-angka pada lajur dan baris yang diikuti huruf besar yang sama yang sama tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5 %

Pengaruh Perlakuan terhadap Berat Brangkasan dan Polong serta Hasil Tanaman Kedelai

Hasil pengamatan terhadap parameter berat brangkasan dan polong (Tabel 5) menunjukkan bahwa petak utama dolomit memberikan berat brangkasan dan polong lebih tinggi dibandingkan perlakuan *soil neutralizer*. Hal ini mengindikasikan bahwa dengan pemberian dolomit, kemasaman tanah akan menurun sehingga unsur hara tersedia dalam kondisi optimum bagi tanaman. Disamping itu dolomit juga dapat menyumbangkan hara Ca dan Mg. Berat brangkasan dan polong tertinggi pada perlakuan NPK+Biobus+ Tithoganic+MTM sebesar 3,44 t ha^{-1}.

Tabel 5. Pengaruh pemupukan dan ameliorasi terhadap berat brangkasan dan polong kedelai saat panen

Pemupukan	Berat brangkasan dan polong (t ha^{-1})		Rata-rata
	Soil Neutralizer	Dolomit	
NPK+Nodulin	2,13 bc	2,94 bc	2,54 B
NPK+Biobus	2,04 c	2,81 bc	2,41 B
NPK+Biobus+Tithoganic	2,94 a	3,16 abc	3,05 A
NPK+Biobus+Zeolit	2,11 bc	2,77 c	2,44 B
NPK+Biobus+Tithoganic+MTM	2,61 a	3,44 a	3,03 A
NPK+Biobus+Tithoganic+Zeolit	2,72 a	3,30 ab	3,01 A
NPK+Biobus+Tithoganic+Zeolit+MTM	2,73 a	3,14 abc	2,94 A
1/2 NPK+Biobus+Tithoganic+Zeolit+MTM	2,50 ab	2,97 abc	2,74 AB
Rata-rata	2,47 B	3,07 A	

*) Angka-angka yang diikuti huruf kecil yang sama atau angka-angka pada lajur dan baris yang diikuti huruf besar yang sama yang sama tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5 %.

Perlakuan NPK+Biobus+Tithoganic+MTM memberikan hasil kedelai tertinggi sebesar 1,41 t ha^{-1} yang berbeda nyata dengan perlakuan NPK+Nodulin/Biobus. Terjadi peningkatan hasil kedelai sebesar 17%. Perlakuan yang diberikan pupuk organik Tithoganic memberikan hasil kedelai yang lebih tinggi dibandingkan tanpa pupuk organik. Hal ini menunjukkan bahwa untuk meningkatkan hasil kedelai di Desa Rejobinangun, Lampung Utara perlu diberikan pupuk organik. Pupuk organik diperlukan untuk memperbaiki sifat kimia, fisik, dan biologi tanah serta meningkatkan efisiensi pemupukan. Pengurangan dosis menjadi ½ NPK memberikan hasil kedelai yang tidak berbeda nyata dibandingkan dengan dosis 1 kali NPK. Hal ini menunjukkan terjadi peningkatan efisiensi pupuk. Zeolit tidak menunjukkan pengaruh yang nyata, hal ini diduga dosis yang digunakan rendah sehingga perlu ditingkatkan dosisnya. Demikian juga pupuk hayati MTM tidak menunjukkan pengaruh yang nyata, walaupun terjadi peningkatan hasil kedelai (Tabel 6).

Tabel 6. Pengaruh pemupukan dan ameliorasi terhadap hasil tanaman kedelai

Pemupukan	Hasil t ha^{-1}		Rata-rata
	Soil Neutralizer	Dolomit	
NPK+Nodulin	1,15 ab	1,17 ab	1,16 bc
NPK+Biobus	1,10 b	1,24 ab	1,17 bc
NPK+Biobus+Tithoganic	1,30 ab	1,41 a	1,36 ab
NPK+Biobus+Zeolit	1,16 ab	1,09 b	1,13 c
NPK+Biobus+Tithoganic+MTM	1,43 a	1,39 ab	1,41 a
NPK+Biobus+Tithoganic+Zeolit	1,20 ab	1,32 ab	1,26 abc
NPK+Biobus+Tithoganic+Zeolit+MTM	1,34 ab	1,37 ab	1,36 ab
1/2 NPK+Biobus+Tithoganic+Zeolit+MTM	1,32 ab	1,31 ab	1,31abc
Rata-rata	1,25	1,29	

*) Angka-angka yang diikuti huruf kecil yang sama atau angka-angka pada lajur dan baris yang diikuti huruf besar yang sama yang sama tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5 %

Pengaruh Perlakuan terhadap Serapan Hara NPK Tanaman Kedelai

Pengaruh pemupukan dan amelioran terhadap serapan N, P, dan K tanaman kedelai disajikan pada Tabel 7. Serapan hara N, P, dan K pada perlakuan dolomit sedikit lebih tinggi dari *soil neutralizer*. Serapan N pada perlakuan *soil neutralizer* berkisar 27,04-41,03 kg ha^{-1}, sedangkan pada perlakuan dolomit serapan N antar perlakuan pemupukan tidak berbeda nyata. Demikian pada perlakuan *soil neutralizer* serapan P antar perlakuan pemupukan tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Serapan P berkisar 3,41-4,55 kg ha^{-1} pada perlakuan dolomit.

Serapan K pada perlakuan *soil neutralizer* dan dolomit berturut-turut berkisar 17,83-34,24 kg ha^{-1} dan 18,21-33,13 kg ha^{-1}. Perlakuan NPK+Biobus+Tithoganic memberikan serapan yang tertinggi yang berbeda nyata dengan perlakuan lainnya.

Berdasarkan data di atas serapan N dan P antar perlakuan pemupukan tidak berbeda nyata. Serapan N, P, dan K pada perlakuan dolomit sedikit lebih tinggi dari *soil neutralizer*. Serapan K tertinggi dicapai oleh perlakuan NPK+Biobus+Tithoganic.

Tabel 7. Pengaruh pemupukan dan ameliorasi terhadap serapan hara NPK tanaman kedelai (fase primordial)

Pemupukan	Serapan Hara NPK tanaman								
	N			P			K		
	Soil Neutralizer	Dolomit	Rata-rata	*Soil Neutralizer*	Dolomit	Rata-rata	*Soil Neutralizer*	Dolomit	Rata-rata
NPK+Nodulin	38,42 ab	46,81 a	42,62 a	3,84 a	4,42 ab	4,13 a	22,33 b	24,77 abc	23,55 b
NPK+Biobus	27,04 b	41,78 a	34,41 a	2,87 a	3,97 ab	3,42 a	17,83 b	23,47 abc	20,65 b
NPK+Biobus+Tithoganic	36.66 ab	39,01 a	37,83 a	3,81 a	4,32 ab	4,07 a	34,24 a	33,13 a	33,69 a
NPK+Biobus+Zeolit	30,58 ab	40,31 a	35,45 a	3,67 a	3,55 ab	3,61 a	23,35 b	24,08 abc	23,72 b
NPK+Biobus+Tithoganic+MTM	35,64 ab	34,54 a	35,09 a	3,51 a	3,41 b	3,46 a	27,12 ab	20,52 c	23,82 b
NPK+Biobus+Tithoganic+Zeolit	41,03 a	36,21 a	38,62 a	3,65 a	3,77 ab	3,71 a	25,59 ab	21,44 bc	23,52 b
NPK+Biobus+Tithoganic+Zeolit+MTM	34,80 ab	43,36 a	39,08 a	3,32 a	4,55 a	3,93 a	21,87 b	31,28 ab	26,58 b
1/2 NPK+Biobus+Tithoganic+Zeolit+MTM	34,01 ab	45,10 a	39,56 a	3,07 a	3,97 ab	3,52 a	20,05 b	18,21 c	19,13 b
Rata-rata	34,77 b	40,89 a		3,47 b	4,10 a		24,05	24,61	

Pengaruh Perlakuan terhadap Jumlah dan Bobot Bintil Akar

Jumlah dan bobot bintil akar dipengaruhi oleh interaksi antara amelioran dan pemupukan. Jumlah bintil akar terendah pada perlakuan NPK+Nodulin dengan jumlah bintil sebanyak 5.50 butir/rumpun. Perlakuan pemupukan NPK+Biobus+Tithoganic dengan ameliorasi dolomit menunjukkan jumlah bintil tertinggi yaitu sebesar 39,13 butir/rumpun, hasil ini tidak berbeda nyata dengan perlakuan NPK+Biobus+Tithoganic+ Zeolit+MTM dengan ameliorasi yang sama (Tabel 8). Secara umum dolomit lebih baik dalam meningkatkan jumlah bintil akar, hal ini kemungkinan disebabkan karena adanya peningkatan pH tanah pada lahan yang diberi dolomit. Hohenberg dan Munns (1984) yang menggunakan percobaan larutan hara mendapatkan bahwa hara Ca dapat mengurangi pengaruh yang merugikan dari pH rendah dan Al terhadap nodulasi dan pertumbuhan legum. Pemberian dolomit bukan saja untuk menaikkan pH tanah tetapi juga untuk pertumbuhan tanaman yang berhubungan dengan ketersediaan Ca, P, dan Mo.

Tabel 8. Pengaruh pemupukan dan ameliorasi terhadap jumlah bintil akar tanaman kedelai pada saat pimordia.

Pemupukan	Jumlah bintil (butir tanaman^{-1})		Rata-rata
	Soil Neutralizer	Dolomit	
NPK+Nodulin	5.50 b	27.50 ab	16.50 b
NPK+Biobus	12.25 ab	27.75 ab	20.00 b
NPK+Biobus+Tithoganic	15.00 ab	39.13 a	27.06 a
NPK+Biobus+Zeolit	23.25 a	15.13 bc	19.19 b
NPK+Biobus+Tithoganic+MTM	19.75 a	20.13 b	19.94 b
NPK+Biobus+Tithoganic+Zeolit	12.63 ab	16.00 bc	14.31 b
NPK+Biobus+Tithoganic+Zeolit+MTM	17.00 ab	36.50 a	26.75 a
1/2 NPK+Biobus+Tithoganic+Zeolit+MTM	14.50 ab	29.13 ab	21.81 b
Rata-rata	14.98 a	26.41 a	

*) Angka-angka yang diikuti huruf kecil yang sama atau angka-angka pada lajur dan baris yang diikuti huruf besar yang sama yang sama tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5 %.

Pada perlakuan dengan ameliorasi *soil neutralizer* menunjukkan bahwa jumlah bintil akar lebih rendah dibandingkan dengan ameliorasi dolomit, namun ditinjau dari segi bobot bintilnya menunjukkan bahwa dengan jumlah bintil yang lebih rendah pada ameliorasi *soil neutralizer* pada perlakuan NPK+Biobus+Tithoganic+Zeolit+MTM dan 1/2 NPK+Biobus+Tithoganic+Zeolit+MTM menunjukkan bobot bintil yang lebih tinggi dibandingkan dengan ameliorasi dolomit, hal tersebut disebabkan karena volume bintil akarnya lebih besar (Tabel 9). Bobot bintil akar tertinggi pada kombinasi perlakuan NPK+Biobus+Tithoganic+MTM dengan ameliorasi dolomit yaitu sebanyak 4 g/rumpun,

bobot bintil terendah pada kombinasi perlakuan NPK+Biobus+Tithoganic+Zeolit dengan ameliorasi dolomit (Tabel 9).

Tabel 9. Pengaruh pemupukan dan ameliorasi terhadap bobot bintil akar tanaman kedelai pada saat pimordia.

Pemupukan	Bobot bintil (g rumpun^{-1})		Rata-rata
	Soil Neutralizer	Dolomit	
NPK+Nodulin	0.65 a	1.50 bc	1.08 b
NPK+Biobus	0.99 ab	1.84 b	1.42 b
NPK+Biobus+Tithoganic	0.59 b	1.84 b	1.21 b
NPK+Biobus+Zeolit	1.25 ab	0.91 bc	1.08 b
NPK+Biobus+Tithoganic+MTM	1.39 ab	4.00 a	2.69 a
NPK+Biobus+Tithoganic+Zeolit	0.69 b	0.35 c	0.52 b
NPK+Biobus+Tithoganic+Zeolit+MTM	2.09 a	1.08 bc	1.58 b
1/2 NPK+Biobus+Tithoganic+Zeolit+ MTM	1.56 ab	1.48 bc	1.52 b
Rata-rata	1.15 a	1.63 a	

*) Angka-angka yang diikuti huruf kecil yang sama atau angka-angka pada lajur dan baris yang diikuti huruf besar yang sama yang sama tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5 %

KESIMPULAN

1. Perlakuan dolomit nyata meningkatkan pertumbuhan tanaman kedelai dan serapan N dibandingkan dengan *soil neutralizer*. Perlakuan amelioran dolomit dan pemupukan NPK+Biobus+Tithoganic+MTM nyata meningkatkan hasil kedelai menjadi sebesar 1,41 t ha^{-1}, terjadi peningkatan hasil kedelai 17% dibanding tanpa Tithoganic.
2. Pemberian Tithoganic nyata meningkatkan serapan K tanaman dan jumlah bintil akar tanaman kedelai. Pemberian pupuk organik sangat diperlukan dalam meningkatkan produktivitas tanah dan tanaman kedelai di lahan suboptimal.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik. 2011. Statistik Indonesia 2011.

Hohenberg, J.H. and D.N. Munns. 1984. Effect of soil factors on nodulation and growth of *Vigna unguiculata* in solution culture. Agron. J. 76. 477.

Mulyani, A., Sukarman, dan A. Hidayat. 2009. Prospek perluasan areal tanam kedelai di Indonesia. Hlm. 27-38 *dalam* Jurnal Sumberdaya Lahan Vol. 3 No. 1. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor.

Pemanfaatan Pembenah Tanah untuk Pemulihan Tanah Terdegradasi yang Didominasi Fraksi Pasir dan Liat

62

Ai Dariah, Neneng Laila Nurida dan Jubaedah

Peneliti Badan Litbang di Balai Penelitian Tanah, Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Jl. Tentara Pelajar No. 12.A, Bogor. Email : aidariah@yahoo.com

Abstrak. Aplikasi pembenah tanah sangat diperlukan pada tanah yang didominasi oleh fraksi pasir. Pembenah tanah berbahan dasar bahan organik, baik berupa kompos maupun biochar telah terbukti efektif untuk mempercepat pemulihan lahan kering terdegradasi yang didominasi fraksi liat. Penambahan unsur hayati diharapkan dapat meningkatkan efektivitas pembenah tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari efektivitas pembenah tanah berbahan dasar kompos dan biochar untuk pemulihan kualitas tanah terdegradasi yang didominasi tekstur pasir, serta peranan unsur hayati dalam meningkatkan efektivitas pembenah tanah. Penelitian dilakukan di rumah kaca Balai Penelitian Tanah, menggunakan rancangan faktorial yang diacak secara lengkap dengan 3 ulangan. Percobaan menggunakan tanah yang didominasi fraksi pasir, sebagai pembanding digunakan tanah terdegradasi yang didominasi tanah bertekstur liat. Tanaman indikator yang digunakan adalah jagung. Dosis pembenah tanah yang digunakan 2,5 t ha^{-1}. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan tanaman pada tanah bertekstur liat masih nyata lebih baik dibanding tanah bertekstur pasir. Pemberian pembenah tanah dengan dosis 2,5 t ha^{-1} belum mampu meningkatkan produktivitas maupun kualitas tanah terdegradasi yang didominasi tekstur pasir. Pengayaan pembenah tanah dengan unsur hayati tidak nyata meningkatkan efektivitas pembenah tanah. Pemulihan tanah terdegradasi yang didominasi tekstur pasir kemungkinan memerlukan dosis pembenah tanah yang lebih tinggi, dengan jangka waktu rehabilitasi yang relatif lebih lama.

Kata kunci: Pembenah tanah, kompos, biochar, pasir, tanah terdegradasi.

PENDAHULUAN

Proses degradasi lahan hampir selalu disertai penurunan status bahan organik tanah. Pada lahan yang telah mengalami proses degradasi rata-rata kandungan bahan organik <2%, sehingga berdampak terhadap penurunan kualitas fisik tanah, karena sangat rendahnya unsur yang dapat berperan dalam perbaikan struktur tanah. Oleh karena itu penambahan bahan organik dengan kualitas yang baik dan dalam jumlah yang mencukupi merupakan kunci pemeliharaan dan perbaikan kualitas tanah.

Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian bahan organik nyata meningkatkan kualitas tanah dan produktivitas tanaman jika diberikan dalam jumlah yang sangat tinggi, misalnya pada pertanaman sayuran di tanah Andisols pemberian pupuk organik dalam bentuk pupuk kandang mencapai 20-30 t ha^{-1} (Widowati *et al.* 2004). Pada

tanah Regosol yang didominasi fraksi pasir, Syukur *et al.* (2000) mendapatkan dosis optimum pukan sapi sebesar 20 t ha^{-1} untuk pertumbuhan tanaman dan serapan hara N, P, dan K. Pada tanah Ultisols di Jambi pemberian beberapa jenis pukan dosis 5 t ha^{-1} nyata meningkatkan hasil jagung dan kedelai (Adimihardja *et al.* 2000). Pada tanah Oxisols Citayam, pemberian bahan organik dosis 10-20 t ha^{-1} baru mampu memperbaiki kualitas fisik tanah (Dariah dan Rachman, 1989). Tingginya dosis bahan organik yang diperlukan seringkali menjadi penghambat aplikasi pada tingkat petani. Pengaruh pemberian bahan organik juga seringkali baru nampak setelah pemberian jangka panjang atau lebih nyata dalam bentuk efek residu.

Bahan organik sulit lapuk seperti sekam padi, brangkasan kacang hijau, tongkol jagung, batok kelapa, tandan kosong kelapa sawit, dan lain sebagainya belum banyak dimanfaatkan sebagai sumber bahan organik tanah. Bahan organik sulit lapuk yang telah diproses dengan teknik *phyrolisis* dapat dimanfaatkan sebagai pembenah tanah atau biochar, diantaranya dalam meningkatkan kemampuan tanah menahan air. Selain itu pemanfaatan bahan organik dalam bentuk biochar merupakan tindakan yang dapat mendukung konservasi karbon tanah (Glaser *et al.* 2002; Igarashi, 2002; Kuwagaki and Tamura, 1990; Ogawa, 1994, 2006; Okimori *et al.* 2003; Tanaka, 1963).

Inovasi teknologi untuk memformulasi dan memperkaya bahan organik juga sangat diperlukan, sehingga efektivitas bahan organik sebagai pembenah tanah atau pupuk organik menjadi lebih tinggi dan dosis yang diperlukan dapat ditekan. Pengayaan pupuk atau pembenah organik dapat dilakukan dengan menambahkan bahan-bahan tertentu seperti rock fosfat, dolomit, zeolit, abu sekam, pupuk hayati, senyawa humat, dan lain sebagainya (Dariah *et al.* 2007, 2010).

Beberapa hasil penelitian telah menunjukkan efektivitas pembenah tanah berbahan dasar bahan organik dan biochar yang telah diperkaya zeolit dan senyawa humat dalam meningkatkan produktivitas dan perbaikan kualitas lahan kering masam yang didominasi fraksi liat dan bereaksi masam, dan telah terdegradasi berat. Dosis yang digunakan relatif rendah yaitu 2,5 t ha^{-1} (Dariah *et al.* 2007, 2010). Degradasi lahan juga banyak terjadi pada lahan kering dengan sifatnya lebih bervariasi, misalnya pada tanah yang didominasi fraksi pasir dan bereaksi netral atau alkalin. Jika akan diaplikasikan pada tanah dengan karakteristik yang berbeda, kemungkinan perlu terlebih dahulu dilakukan pengujian, mengingat rata-rata pH pembenah tanah yang diuji rata-rata sekitar 8. Pemberian bahan yang berpotensi meningkatkan pH tanah pada tanah dengan reaksi netral/alkalin dikhawatirkan berdampak buruk.

Tanah yang didominasi pasir bisa terbentuk karena sifat inheren dari tanahnya atau akibat eksploitasi lahan misalnya pada areal bekas tambang timah (Puslittanak, 1995). Tanah yang didominasi fraksi pasir juga banyak terdapat di wilayah yang terkena material letusan gunung, misalnya di areal sekitar Gunung Merapi (Vandebelbe dalam Sukmana,

1985; LPT, 1976, dan Puslittan, 1981). Tanah yang didominasi fraksi pasir mempunyai kemampuan memegang air yang sangat rendah, apalagi jika kandungan bahan organik sangat rendah. Kandungan bahan organik pada tanah bekas tambang timah atau tanah yang tertutup material letusan gunung hampir bisa sampai level nihil. Oleh karena itu diperlukan pembenah tanah untuk mempercepat proses reklamasinya.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh pembenah tanah berbahan dasar bahan organik dan biochar dalam memperbaiki produktivitas lahan kering yang didominasi fraksi pasir dengan kemasaman tanah netral atau alkalin.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di Rumah Kaca Balai Penelitian Tanah. Contoh tanah sebagai pewakil tanah masam dengan kandungan bahan organik rendah diambil di Desa Ciampea, Kabupaten Bogor, sedangkan contoh tanah sebagai pewakil tanah bertekstur pasir dan bereaksi netral-basa diambil di Pangandaran, Kabupaten Ciamis. Hasil analisis contoh sebelum perlakuan disajikan pada (Tabel 1).

Tabel 1. Sifat-sifat tanah yang digunakan untuk percobaan

Sifat tanah	Ciampea, Bogor		Pangandaran, Ciamis	
	Nilai	Keterangan	Nilai	Keterangan
Tekstur	-	Liat		Pasir
pH H_2O	5,41	Masam	7,2	Netral
pH KCl	4,54	Masam	6,9	Netral
C-organik (%)	1,41	Rendah	0,72	Sangat rendah
N total (%)	0,09	Sangat rendah	0,06	Sangat rendah
C/N	16	Tinggi	12	Sedang
KTK	18,84	Sedang	5,07	Rendah
KB (%)	93	Sangat Tinggi	>100	Sangat Tinggi
Al_3^+	0,00	-	0,00	-
H^+	0,09	-	0,04	-

Penelitian dilakukan dengan menggunakan rancangan faktorial yang diacak secara lengkap dengan 3 ulangan, perlakuan terdiri dari: Faktor I: jenis tanah (T1=tanah didominasi fraksi liat, pH masam dan T2=tanah didominasi fraksi liat, pH netral). Faktor II: jenis pembenah tanah (Beta I, Beta II, Biochar SP50-I, Biochar SP50-II). Beta I merupakan pembenah tanah dengan bahan baku kompos pupuk kandang ditambah zeolit, sedangkan Beta II merupakan Beta I yang diperkaya pupuk hayati. Biochar SP50-I merupakan pembenah tanah berbahan baku kompos pupuk kandang dan biochar, sedangkan Biochar SP50-II merupakan Biochar SP50-I yang diperkaya pupuk hayati. Pupuk hayati yang dipilih adalah mikroba penyedia P dan mikroba yang bisa berfungsi sebagai akselerator pembentukan agregat tanah. Karakteristik pembenah tanah yang digunakan untuk perlakuan disajikan pada (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil analisis pembenah tanah yang digunakan untuk percobaan

Parameter	Satuan	Biochar SP 50 I	Beta I
C-organik	%	38,35	41,00
Humat	%	7,65	14,41
Fulvat	%	1,31	1,64
C/N	-	20	13
Fe	Ppm	799	1689
Mn	Ppm	188	244
Al	Ppm	1079	3591
Pb	Ppm	1,7	3,4
Cd	Ppm	0,08	0,14
As	Ppm	0	0
Hg	Ppm	0	0

Dosis pembenah tanah yang digunakan adalah 2,5 t ha^{-1}, sedangkan dosis pupuk dasar NPK ditentukan oleh hasil analisis tanah, sehingga dosis pupuk yang digunakan untuk tanah bertekstur liat adalah 300 kg urea ha^{-1}, 200 kg SP-36 ha^{-1}, dan 100 kg KCl ha^{-1}, sedangkan pupuk dasar yang digunakan untuk perlakuan tanah bertekstur pasir adalah 400 kg urea ha^{-1}, 300 kg SP-36 ha^{-1}, dan 100 kg KCl ha^{-1}. Percobaan dilakukan pada unit tanpa dan dengan tanaman. Tanaman indikator yang digunakan adalah jagung. Parameter yang diamati adalah pertumbuhan dan produksi tanaman, serta perubahan sifat fisik tanah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Indikator utama bahwa tanah yang digunakan untuk percobaan telah mengalami proses degradasi adalah kandungan bahan organik tanah yang tergolong rendah hingga sangat rendah, dengan kandungan bahan organik yang <2% (Tabel 1) berbagai proses yang berlangsung di dalam tanah akan terganggu, misalnya proses pembentukan agregat tanah akan terhambat karena bahan organik yang dapat berperan sebagai sementing agent kadarnya tidak memadai, sehingga struktur tanah menjadi buruk, salah satunya bisa berdampak terhadap penurunan kemampuan tanah memegang air. Dampak yang lebih ekstrim akan terjadi pada tanah-tanah yang didominasi fraksi pasir. Oleh karena itu, pemberian bahan pembenah tanah yang dapat berperan dalam proses agregasi tanah dan dapat meningkatkan kemampuan tanah memegang air sangat penting untuk dilakukan.

Pengaruh pembenah tanah terhadap produktivitas tanaman jagung pada tanah yang didominasi fraksi liat dan fraksi pasir

Pengaruh penggunaan pembenah tanah terhadap pertumbuhan tanaman jagung pada dua jenis tanah yang berbeda karakteristiknya disajikan pada Tabel 3. Pertumbuhan tanaman jagung pada contoh tanah yang diambil dari Ciampea (pewakil tanah bertekstur liat, bereaksi masam) nyata lebih baik dibanding pada contoh tanah yang diambil dari Pangandaran (contoh tanah bertekstur pasir, bereaksi netral). Pemberian pembenah tanah dengan dosis 2,5 t ha^{-1} pada tanah bertekstur pasir belum mampu memperbaiki kondisi tanah. Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa untuk tanah dengan kondisi yang

relatif lebih buruk, salah satunya dicerminkan oleh kadar bahan organik yang sangat rendah (Tabel 1), kemungkinan dibutuhkan jangka waktu pemulihan tanah yang relatif panjang dan/atau dosis pembenah yang relatif tinggi untuk dapat mendukung pertumbuhan tanaman. Hasil penelitian Nurida *et al.* (2012) menunjukkan dosis optimal formula pembenah tanah biochar untuk perbaikan sifat tanah bertekstur liat yang telah mengalami degradasi adalah 5-7,5 t ha^{-1} musim $tanam^{-1}$. Pengayaan pembenah tanah dengan menggunakan pupuk hayati tidak mampu meningkatkan efektivitas pembenah tanah, meskipun berdasarkan data tinggi tanaman pada umur 8 minggu setelah tanam (MST) ada kecenderungan bahwa pembenah tanah yang diperkaya dengan pupuk hayati mempunyai tinggi tanaman yang relatif tinggi.

Tabel 3. Pengaruh pemberian pembenah tanah terhadap pertumbuhan tanaman jagung

Perlakuan	Tinggi tanaman pada umur			
	2 MST	4 MST	6 MST	8 MST
	---------- (cm) ----------			
T1 (Liat)	48,21A*	123,56A	185,25A	248,25A
T2 (Pasir)	34,58B	50,68B	99,50B	146,43B
Beta I	41,46a	87,75a	145,62a	192,37a
Beta II	42,21a	90,12a	144,75a	203,37a
Biochar SP50-I	41,21a	84,87a	138,12a	194,37a
Biochar SP50-II	40,17a	85,75a	141,00a	199,25a

MST= minggu setelah tanaman

* angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Duncan pada α 5%.

Indikator pertumbuhan tanaman lainnya ditunjukkan juga oleh parameter lingkar batang tanaman jagung (Tabel 4). Seperti halnya terhadap tinggi tanaman, diameter batang tanaman jagung yang tumbuh pada contoh tanah bertekstur liat nyata lebih baik dibanding tanah bertekstur pasir. Pemberian pembenah tanah belum mampu memacu peningkatan lingkar batang tanaman jagung.

Tabel 4. Pengaruh pemberian pembenah tanah terhadap lingkar batang tanaman jagung

Perlakuan	Lingkar batang pada umur		
	DB 4 MST	DB 6 MST	DB 8 MST
	---------- (cm) ----------		
T1 (Liat)	15,84 A	19,28 A	18,25 A
T2 (Pasir)	5,40 B	9,90 B	11,46 B
Beta I	10,87 a	15,12 a	14,56 a
Beta II	10,31 a	14,12 a	14,68 a
Biochar SP50-I	10,93 a	14,75 a	15,25 a
Biochar SP50-II	10,37 a	14,37 a	14,93 a

MST= minggu setelah tanaman

* angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Duncan pada α 5%.

Produksi tanaman jagung (berat basah dan kering biomas, berat basah dan kering tongkol, dan berat kering pipilan) pada tanah liat juga nyata lebih tinggi dibanding pada

tanah pasir. Seperti halnya terhadap pertumbuhan tanaman, pemberian pembenah tanah pada tanah pasir belum mampu meningkatkan produksi tanaman sampai menyamai produksi pada tanah liat. Perbedaan formula pembenah tanah tidak menyebabkan perubahan terhadap hasil tanaman (Tabel 5).

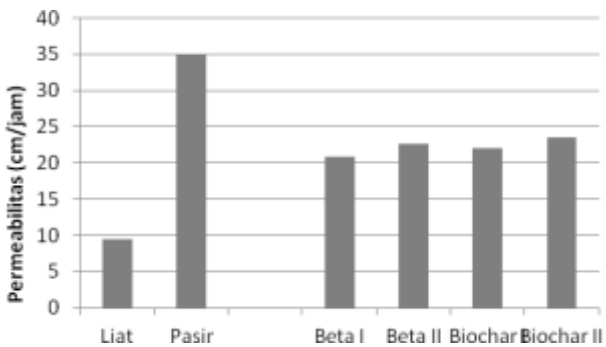
Tabel 5. Pengaruh pemberian pembenah tanah terhadap produksi tanaman jagung

Perlakuan	Tinggi tanaman pada umur				
	Berat basah biomassa	Berat kering biomassa	Berat tongkol basah	Berat tongkol kering	Berat pipilan kering
	---------- (gr) ----------				
T1 (Liat)	317,94A*	113,37A	190,22A	106,34A	87,35A
T2 (Pasir)	161,49B	45,33B	55,71B	25,48B	20,82B
Beta I	236,96a	78,93a	123,46a	66,66a	54,17a
Beta II	248,42a	88,47a	121,48a	64,44a	54,01a
Biochar I	230,85a	77,32a	122,31a	65,50a	53,92a
Biochar II	242,64a	79,61a	124,60a	67,05a	54,24a

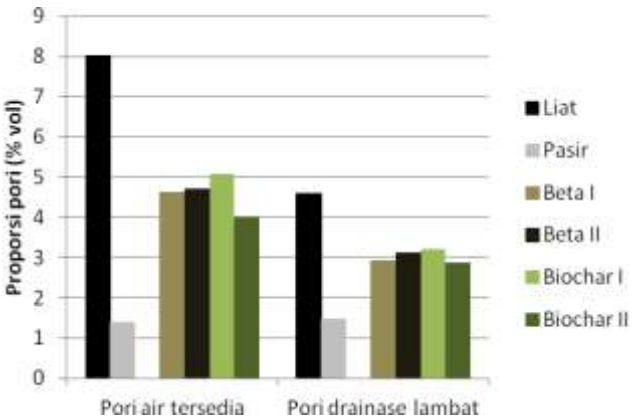
* angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Duncan pada α 5%.

Pengaruh pembenah tanah terhadap sifat fisik tanah

Hasil analisis tanah menunjukkan pemberian pembenah tanah dengan dosis 2,5 t ha^{-1} belum mampu mengubah sifat inheren tanah pasir. Permeabilitas tanah pada tanah pasir masih nyata lebih tinggi dibanding tanah liat (Gambar 1), hal ini menyebabkan air yang diberikan ke dalam tanah menjadi cepat hilang. Bukan hanya air, peluang hara untuk hilang terbawa aliran air secara vertikal (*leaching*) juga menjadi besar, sehingga hara yang mampu diserap tanaman menjadi rendah. Tingginya laju permeabilitas pada tanah pasir disebabkan oleh jauh lebih rendahnya persen pori air tesedia dan pori drainase lambat pada tanah pasir (Gambar 2), air dalam tanah tertahan pada kedua pori tersebut atau tidak terpengaruh tarikan gravitasi, pemberian pembenah tanah belum mampu merubah proporsi pori pada tanah pasir.



Gambar 1. Dampak pemberian pembenah tanah pada tanah dengan tekstur yang berbeda



Gambar 2. Pengaruh pembenah tanah terhadap persen pori air tersedia dan pori drainaselambat pada dua jenis tanah dengan kondisi tekstur yang berbeda

KESIMPULAN

1. Tingkat pertumbuhan dan produksi tanaman jagung pada contoh tanah bertekstur pasir bereaksi netral nyata lebih rendah dibanding pada contoh tanah bertekstur liat dan bereaksi masam. Pemberian pembenah tanah dengan dosis 2,5 t ha^{-1} belum mampu memacu pertumbuhan tanaman pada tanah bertekstur pasir disebabkan pembenah tanah dengan dosis 2,5 t ha^{-1} belum mampu memperbaiki sifat tanah yang menghambat pertumbuhan tanaman.
2. Sifat fisik contoh tanah bertekstur pasir masih nyata lebih buruk dibanding contoh tanah bertekstur liat. Pada contoh tanah bertekstur pasir penambahan pembenah tanah belum nyata meningkatkan kemampuan tanah memegang air.
3. Pengayaan pembenah tanah dengan pupuk hayati belum dapat meningkatkan efektivitas pembenah tanah secara nyata (baik terhadap peningkatan produktivitas tanaman maupun perbaikan sifat fisik tanah), meskipun terdapat kecenderungan terjadi peningkatan pertumbuhan tanaman jagung pada umur 8 minggu setelah tanam.

DAFTAR PUSTAKA

Adimihardja, A., I. Juarsah, dan U. Kurnia. Pengaruh penggunaan berbagai jenis dan takaran pupuk kandang terhadap produktivitas tanah Ultisols terdegradasi di Desa Batin, Jambi. Hlm 303-319 dalam Prosiding Seminar Sumberdaya Lahan, Iklim, dan Pupuk. Buku II. Lido, 6-8 Desember 1999. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Badan Litbang Pertanian.

Dariah, A. dan A. Rachman. 1989. Pangaruh mulsa hijauan alley cropping dan pupuk kandang terhadap pertumbuhan dan hasil jagung serta beberapa sifat fisik tanah.

Hlm. 99-106 dalam Prosiding Pertemuan Teknis Penelitian Tanah. Bidang Konservasi Tanah dan Air. Bogor 22-24 Agustus 1989. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Badan Litbang Pertanian.

Dariah, A., Nurida N.L., dan Sutono. 2007. Formulasi bahan pembenah untuk rehabilitasi lahan terdegradasi. Dalam Prosiding Seminar Sumberdaya Lahan dan Lingkungan. Bogor, 7-8 Nopember 2007.

Dariah, A., Sutono, dan N.L. Nurida. 2010. Penggunaan pembenah tanah organik dan mineral untuk perbaikan kualitas tanah Typic Kanhapludults, Taman Bogo, Lampung. Jurnal Tanah dan Iklim No. 3.

Glaser, B., J. Lehmann, and W. Zech. 2002. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal: A review. Biol. Fertil. Soils 35:219-230.

Igarashi, T. 2002. Handbook for soil amendment of tropical soil, Association for International Cooperation of Agriculture and Forestry.p 127-134.

Kuwagaki, H. and K. Tamura. 1990. Aptitude of wood charcoal to a soil improvement and other non fuel use. In Technical report on the research development of the new uses of charcoal and pyroligneous acid, technical research association for multiuse of carbonized material, p. 27-44.

Nurida, N.L., A. Rachman, dan Sutono. 2012. Potensi Pembenah Tanah Biochar dalam pemulihan sifat tanah terdegradasi dan Peningkatan Hasil jagung pada Typic Kanhapludults Lampung. Prosiding Seminar Nasional tentang Pengelolaan Limbah Biomasa sebagai Sumber Energi Terbarukan, Pertanian Berkelanjutan, dan Mitigasi Pemanasan Global (Prospek Konversi Biomassa ke Biochar di Indonesia). Unitri. Malang.

Ogawa, M. 1994. Symbiosis of people and nature in tropics. Farming Japan 28(5):10-34.

Ogawa, M. 2006. Carbon sequestration by carbonization of biomass and forestation: three case studies. p 133-146.

Okimori, Y., M. Ogawa, and F. Takahashi. 2003. Potential of CO_2 reduction by carbonizing biomass waste from industrial tree plantation in South Sumatra, Indonesia. Mitigation and Adaption Strategies for Global Change 8.p 261-280.

Puslittanak. 1995. Studi upaya rehabilitasi lingkungan penambangan timah (Laporan akhir penelitian). Kerjasama antara Pimpro Pengembangan Penataan Lingkungan Hidup dengan Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat.

Syukur, A., T. Wurdiayani, dan Udiono. 2000. Pengaruh dosis pupuk kandang terhadap pertumbuhan turus nilam di tanah Regosol pada berbagai tingkat kelengasan tanah. Hlm 465-476 dalam Prosiding Kongres Nasional VIII HITI. Bandung 2-4 November 1999.

Tanaka, S. 1963. Fundamental study on wood carbonization. Bull. Exp. Forest of Hokkaido University.

Widowati, L.R., S. Widati, dan D. Setyorini. 2004. Karakteristik pupuk organik dan pupuk hayati yang efektif untuk budidaya sayuran organik. Proyek Penelitian Program Pengembangan Agribisnis (unpubl.) Balai Penelitian Tanah. Bogor.

Peningkatan Produktivitas Kedelai pada Tanah Sulfat Masam Melalui Ameliorasi dan Pengunaan Varietas Toleran

63

Khairil Anwar, Koesrini, dan Ani Susilawati

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa,
Jl. Kebun Karet, Loktabat, PO Box 31 Banjarbaru

Abtrak. Kemasaman tanah merupakan salah satu faktor pembatas pada pertanaman kedelai di lahan sulfat masam. Upaya mengatasi kemasaman tersebut dapat dilakukan melalui (1) ameliorasi dan (2) penggunaan varietas yang toleran. Penelitian bertujuan untuk mengetahui kemampuan ameliorasi dan penggunaan varietas toleran kemasaman dalam meningkatkan produktivitas kedelai di lahan sulfat masam. Penelitian dilakukan pada lahan sulfat masam di Kecamatan Wanaraya, Kabupaten Barito Kuala, Kalimantan Selatan, pada musim tanam tahun 2009. Faktor pertama adalah varietas kedelai yaitu Argomulyo (rentan), Anjasmoro (agak toleran), dan Lawit (toleran), sedangkan faktor kedua adalah pemberian bahan amelioran berupa kapur dolomit yaitu setara menurunkan kejenuhan Al menjadi 13,7 (20% dari awal), 27,4 (40%), 41,2 (60%), 54,9 (80%), dan 68,6 persen (tanpa kapur). Penelitian disusun dalam rancangan petak terpisah, dimana varietas kedelai sebagai petak utama dan takaran kapur sebagai anak petak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian kapur dan penggunaan varietas toleran mampu meningkatkan produktivitas kedelai di lahan sulfat masam. Dibanding tanpa pemberian kapur, pemberian kapur dolomit hingga setara kejenuhan Al 13,7% mampu meningkatkan produktivitas kedelai berturut-turut sebesar 358% pada varietas Argomulyo, 432% pada varietas Anjasmoro, dan 1.946% pada varietas Lawit, sedangkan penggunaan varietas toleran Anjasmoro mampu meningkatkan produktivitas sebesar 169% dan Lawit sebesar 65% dibanding varietas Argomulyo yang rentan kemasaman. Produktivitas kedelai rata-rata tanpa pemberian kapur adalah 261,3 kg ha^{-1}.

Kata kunci: Ameliorasi, varietas kedelai, tanah sulfat masam

Abstract. *Soil acidity is one of the main limiting factor in soybean growth, cultivated on for acid sulphate soil. An efforts to overcome the acidity can be done through (1) amelioration and (2) use of tolerant varieties. The study aims is to determine the ability of amelioration combined with varieties tolerant to acidity in enhancing the productivity of soybean on acid sulphate soil. The study was conducted on acid sulphate soil in the district of Wanaraya, Barito Kuala Regency, South Kalimantan, in the growing season of 2009. The first factor is soybean varieties: Argomulyo (susceptible), Anjasmoro (somewhat tolerant), and Lawit (tolerant), while the second factor is the provision of material in the form of dolomite equivalent to Al saturation of 13.7, 27.4, 41.2, 54.9, and 68.6 percent (without lime). The research was compiled in a split plot design, where soybean varieties as main plots and the dosage of lime as a subplot. The results showed that lime and soybean tolerant varieties could improve soybean productivity in acid*

sulphate soil. Compared to no lime treatment, the selected dosage dolomite to increased the productivity of 358% consecutive soybean for Argomulyo and 432% of Anjasmoro, and 1,946% of Lawit, while the use of tolerant varieties Anjasmoro able to increase productivity by 169% and 65% of Lawit. The average soybean yield without giving dolomite treatment was 261.3 kgha^{-1}.

Keywords: *Ameliorant, varities soybean, acid sulphate soil*

PENDAHULUAN

Tanaman palawija seperti kedelai merupakan tanaman pangan dengan tingkat produksi di bawah kebutuhan nasional sehingga setiap tahunnya selalu dilakukan impor. Lahan rawa pasang surut terdapat sangat luas di Indonesia dapat dimanfaatkan untuk budidaya tanaman palawija tersebut di atas, terutama pada lahan tipe luapan C dan D serta di atas guludan surjan pada lahan rawa dengan tipe luapan B. Tanaman palawija tersebut banyak ditanam di lahan rawa, terutama di lahan sulfat masam (aktual dan potensial) dan bergambut. Salah satu hambatan dalam bertanam palawija di lahan sulfat masam adalah tingginya tingkat kemasaman dan kelarutan Al dalam tanah (Attanandana *et al*. 1982).

Salah satu upaya untuk mengatasi masalah tersebut di atas adalah dengan penggunaan varietas toleran yang dikombinasikan dengan pemberian kapur dolomit. Penggunaan varietas toleran membutuhkan pemberian kapur, tanpa pemberian kapur pertumbuhan tanaman sangat menderita sekalipun telah menggunakan varietas toleran. Pemberian kapur dolomit telah banyak dilaporkan mampu meningkatkan pH tanah dan produksi tanaman di lahan rawa lebih dari 50% (Alwi dan Nazemi 1993; Sarwani dan Noor 1993; Anwar dan Noor, 1994; Aribawa *et al*. 1997).

Penelitian pemberian kapur telah banyak dilakukan selama ini, umumnya dengan menggunakan pendekatan tipologi lahan rawa pasang surut atau pendekatan lahan kering (Al-dd, kejenuhan Al dengan KTK efektif atau pH tanah optimum). Dalam prakteknya pH yang diperlukan tanaman tidak harus pada pH tertentu misalnya pH 4,5 seperti yang dilakukan Al-Jabri *et al*. (1998), karena daya toleransi tiap varietas terhadap kemasaman berbeda-beda. Hasil di lapangan, baik di tingkat petani, maupun hasil penelitian, pemberian 0,5-3 t ha^{-1} yang dikombinasikan dengan penggunaan varietas toleran sudah memberi hasil kedelai lebih dari 50% dibanding kontrol. Tanaman dapat tumbuh baik walau pH hanya sekitar 4,0 selama nilai kejenuhan Al relatif rendah. Hasil ini menunjukkan parameter kejenuhan Al sangat berperan (Alwi 1990; Damanik 1990; Noor, Saragih dan Masganti, 1993; Saragih dan Noor, 1993; Anwar dan Alwi, 1994; Alwi dan Anwar, 1998; Balittra, 2004).

Penelitian bertujuan untuk mengetahui kemampuan ameliorasi (pemberian kapur dolomit) dan penggunaan varietas toleran dalam meningkatkan produktivitas kedelai di lahan sulfat masam.

METDOLOGI

Penelitian dilakukan pada bulan Mei-Juli 2009 pada tanah sulfat masam tipe luapan C di Kecamatan Wanaraya, Kabupaten Barito Kuala, Kalimantan Selatan.

Perlakuan terdiri dari dua, yaitu tingkat toleransi varietas dan pemberian kapur dolomit. Varietas tiap tanaman terdiri dari tiga, yaitu varietas toleran (Lawit), varietas agak toleran (Anjasmoro), dan varietas yang tidak toleran kemasaman (Argomulyo). Pemberian kapur berdasarkan tingkat kejenuhan Al yaitu 5 tingkat kejenuhan Al (100, 80, 60, 40, dan 20% dari kejenuhan Al tanah awal yang diacu dari hasil penelitian laboratorium atau setara nilai kejenuhan Al sebesar 68,6% (kontrol), 54,9%, 41,2%, 27,4%, dan 13,7%. Perlakuan disusun berdasarkan racangan petak terpisah dengan 3 ulangan. Varietas sebagai petak utama dan takaran kapur sebagai anak petak. Untuk mendapatkan tingkat kejenuhan sesuai perlakuan di atas dilakukan percobaan laboratorium berupa pemberian kapur dengan berbagai takaran, diinkubasi selama dua minggu dan dilakukan pengukuran kejenuhan Al-nya, kemudian dilakukan regresi untuk mendapatkan nilai tersebut.

Petakan berukuran 4 m x 5 m diberi kapur dua minggu sebelum tanam sesuai perlakuan. Bibit tanaman kedelai/jagung ditanam 2 biji per lubang dengan jarak tanam 10x40 cm untuk kedelai dan 75x20 cm untuk jagung. Budidaya lainnya seperti persiapan lahan, pemberian pupuk dasar, pengendalian gulma dan hama penyakit serta panen dan prosessing sesuai hasil penelitian pada kedua lahan tersebut.

Pengamatan berupa analisis tanah awal (pH, Al, KTK, H, Ca, Mg, Na, K, dan C-organik), analisis setelah panen (pH, Al, KTK, Ca, dan Mg), pertumbuhan tanaman (tinggi tanaman umur 4 dan 6 MST serta saat panen), komponen hasil (persen polong isi, jumlah polong per rumpun, jumlah biji per rumpun), hasil kedelai (berat biji kering per ubinan 2 m x 1 m).

Untuk mengetahui kemampuan ameliorasi dan penggunaan varietas toleran dalam meningkatkan produktivitas kedelai dilakukan analisis ragam dan uji rata rata terhadap parameter yang diamati.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tanah lokasi penelitian termasuk Typic Sulfaquepts (tanah sulfat masam aktual/SMA), sangat masam dengan pH 3,8, kelarutan Al yang tinggi dengan Al-dd 12 me.100g tanah^{-1}, dan dengan tingkat kejenuhan Al yang tinggi sebesar 68,6% (Tabel 1). Dengan karakteristik tanah seperti ini, tanpa pemberian kapur, akan sangat menghambat pertumbuhan tanaman sehingga produktivitas kedelai umumnya di bawah satu ton per hektar meskipun telah menggunakan varietas toleran.

Tabel 1. Sifat kimia tanah lokasi penelitian

Sifat Kimia Tanah	Satuan	Nilai
pH H_2O	-	3,8
DHL	mmhos cm^{-1}	374
C-organik	%	6,8
KTK	me 100g^{-1}	17
P-tersedia	ppm p2o5	40,5
K-dd	me 100g^{-1}	0,50
Na-dd	me 100g^{-1}	0,20
Ca-dd	me 100g^{-1}	tu
Mg-dd	me 100g^{-1}	0,30
Al-dd	me 100g^{-1}	12,0
H-dd	me 100g^{-1}	2,35
Kejenuhan Al	%	68,6

Pertumbuhan Tanaman

Daya Tumbuh

Dari hasil observasi minggu ke 1-2, perlakuan kapur sangat terlihat pengaruhnya, pertumbuhan agak terhambat, terutama pada tanah tampa kapur. Sedang yang diberi kapur relatif lebih baik. Daya tumbuh alami tanaman (tanpa sulam) rata-rata mencapai >70%, yang tidak tumbuh dilakukan penyulaman. Dari Tabel 2 terlihat bahwa secara umum pemberian kapur meningkatkan daya tumbuh tanaman pada ketiga varietas kedelai tersebut (Tabel 2).

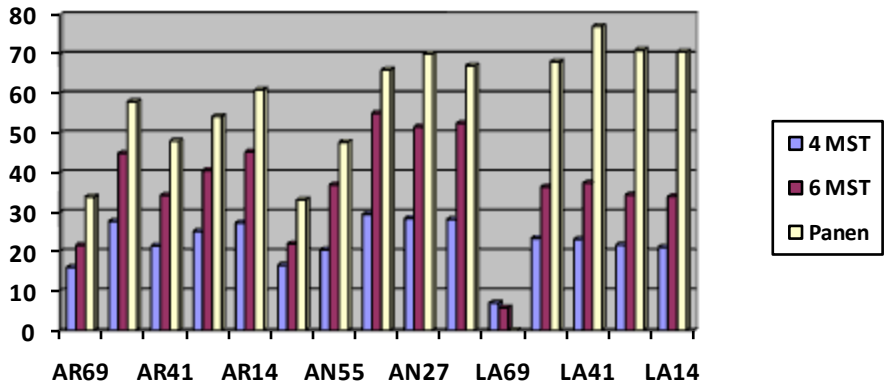
Tabel 2. Pengaruh perlakuan terhadap prosentase daya tumbuh tanaman

Kejenuhan Al	Persentase daya tumbuh (%)			Rata-rata
%	Argomulyo	Anjasmoro	Lawit	
13,7	73,47 b	78,27 c	74,67 b	75,45 c
27,4	64,13 b	75,07 c	81,33 c	73,51 bc
41,2	49,47 a	78,07 c	84,86 c	70,80 b
54,9	79,40 b	57,67 a	75,07 b	70,71 b
68,6 (kontrol)	59,20 a	67,27 b	62,67 a	63,00 a
Rata-rata	65,13	71,27	75,72	71,11
	(a)	(b)	(c)	

Catatan: Angka sekolom yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT 5%. Huruf dalam () dibaca sebaris, huruf tanpa kurung dibaca mengikuti kolom.

Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman merupakan salah satu indikator pertumbuhan tanaman. Dari data hasil pengukuran tinggi tanaman umur 4 dan 6 minggu setelah tanam (MST) dan saat panen, terlihat bahwa pemberian kapur hingga mencapai kejenuhan Al 54,9% mampu meningkatkan tinggi tanaman kedelai pada varietas Argomulyo dan Lawit. Pada varietas Anjasmoro, pemberian kapur masih mampu meningkatkan tinggi tanaman sampai takaran setara kejenuhan Al 41,2%. Pada varietas Lawit, tanaman tanpa pemberian kapur mati menjelang panen (Gambar 1). Hasil ini menunjukkan bahwa tingkat toleransi kedelai tidak selalu sejalan dengan kriteria tingkat toleransi, sangat tergantung varietas yang diuji sebagai pembanding disaat dilakukan uji toleransi. Dari data tersebut, varietas Anjasmoro lebih unggul daripada varietas Lawit yang diuji langsung di lahan sulfat masam.



Gambar 1. Tinggi tanaman kedelai (cm) pada berbagai takaran kapur dan varietas (AR=Argomulyo; AN=Anjasmoro; LA=Lawit; 69 dst nilai prosentase kejenuhan Al) pada umur 4 dan 6 minggu setelah tanaman (MST) dan saat panen.

Komponen hasil

Jumlah Polong Isi

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian kapur dan penggunaan varietas toleran mempengaruhi jumlah polong isi per tanaman. Hasil uji rata-rata menunjukkan bahwa kedelai varietas Argomulyo dan Lawit sangat respon terhadap pemberian kapur dolomit hingga pemberian tertinggi setara 13,7% kejenuhan Al, sedangkan varietas Anjasmoro hanya respon sampai pemberian setara 27,4% (Tabel 3). Walaupun varietas Argomulyo dan Lawit sama-sama responsif terhadap pemberian

kapur, namun tingkat responsif berbeda, dimana Lawit lebih responsif terhadap pemberian kapur, pemberian kapur tertinggi (setara 13,7 kejenuhan Al) dibanding tanpa kapur mampu meningkatkan 224% polong isi per tanaman pada varietas Argomulyo dan 3.641% pada varietas Lawit. Hasil ini menunjukkan bahwa varietas sangat membutuhkan kapur untuk bisa tumbuh normal.

Tabel 3. Pengaruh perlakuan terhadap jumlah polong isi per tanaman

Kejenuhan Al	Jumlah polong isi per tanaman			Rata-rata
%	Argomulyo	Anjasmoro	Lawit	
13,7	15,23 c	24,70 cd	25,00 d	21,64 d
27,4	11,93 bc	29,87 d	18,87 c	20,22 d
41,2	12,87 b	21,90 c	16,97 bc	17,24 c
54,9	6,73 ab	16,37 b	13,33 b	12,14 b
68,6 (kontrol)	4,70 a	8,10 a	0,67 a	4,49 a
Rata-rata	10,29	20,19	14,97	
	(a)	(c)	(b)	

Catatan: Angka sekolom yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT 5%. Huruf dalam () dibaca sebaris, huruf tanpa kurung dibaca mengikuti kolom

Presentase Polong isi

Prosentasi polong isi menggambarkan berapa persen polong yang berisi biji dibanding total polong terbentuk. Dari Tabel 4 terlihat bahwa pemberian kapur dolomit pada kedelai varietas Argomulyo tidak mempengaruhi prosentasi polong isi, semua relatif sama, rata-rata hanya 50,67% saja yang berisi biji, sedangkan varietas Anjasmoro dan Lawit responsif hingga pemberian setara 41,2% kejenuhan Al.

Jumlah Biji per Tanaman

Hasil uji rata-rata menunjukkan bahwa semua varietas responsif terhadap pemberian kapur dalam mempengaruhi jumlah biji per tanaman. Varietas Argomulyo dan Lawit respon hingga pemberian kapur dolomit setara 13,7% kejenuhan Al dan Anjasmoro sampai pemberian kapur setara 27,4% kejenuhan Al. Pemberian kapur pada varietas Argomulyo mampu meningkatkan jumlah biji per tanaman sebesar 365%, Lawit sebesar 770%, dan Anjasmoro sebesar 431%. Hasil ini menunjukkan bahwa varietas Lawit paling responsif terhadap pemberian kapur dalam meningkatkan jumlah biji per tanaman. Penggunaan varietas Anjasmoro dan Lawit mampu meningkatkan jumlah biji per tanaman sebesar 169% untuk Anjasmoro dan 71% untuk Lawit, dibanding varietas Argomulyo (Tabel 5).

Tabel 4. Pengaruh perlakuan terhadap prosentase polong isi

Kejenuhan Al	Polong Isi (%)			Rata-rata
%	Argomulyo	Anjasmoro	Lawit	
13,7	49,97 (a)	95,64 (c)	95,13 (c)	80,24 (c)
27,4	50,69 (a)	92,82 (c)	92,39 (c)	78,63 (c)
41,2	49,23 (a)	95,61 (c)	92,56 (c)	79,13 (C)
54,9	49,77 (a)	81,80 (b)	83,23 (b)	71,60 (b)
68,6 (kontrol)	50,67 (a)	60,16 (a)	27,94 (a)	46,26 (a)
Rata-rata	50,06 (a)	85,21 (c)	78,25 (b)	

Catatan: Angka sekolom yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT 5%. Huruf dalam () dibaca sebaris, huruf tanpa kurung dibaca mengikuti kolom

Tabel 5. Pengaruh perlakuan terhadap jumlah biji per tanaman

Kejenuhan Al	Jumlah biji per tanaman			Rata-rata
%	Argomulyo	Anjasmoro	Lawit	
13,7	4,61 c	11,10 d	8,70 d	8,14 d
27,4	3,87 bc	10,74 cd	6,60 cd	7,07 cd
41,2	3,64 b	9,69 c	5,48 c	6,27 c
54,9	1,87 ab	6,74 b	3,93 b	4,18 b
68,6 (kontrol)	1,01 a	2,09 a	1,00 a	1,37 a
Rata-rata	3,00	8,07	5,14	
	(a)	(c)	(b)	

Catatan: angka sekolom yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT 5%. Huruf dalam () dibaca sebaris, huruf tanpa kurung dibaca mengikuti kolom

Hasil Biji Kering

Dari uji rata-rata terlihat bahwa pemberian kapur dolomit meningkatkan hasil biji kering per hektar. Pemberian kapur sampai setara penurunan kejenuhan Al setara 13,7% mampu meningkatkan hasil dibanding tanpa kapur sebesar 358% pada varietas Argomulyo, 432% pada varietas Anjasmoro, dan 1.946% pada varietas Lawit. Pada pemberian kapur di atas, penggunaan varietas yang adaptif dan potensi tinggi seperti Anjasmoro mampu meningkatkan produktivitas biji kering kedelai dibanding varietas rentan (Argomulyo) sebesar 169% dan Lawit meningkatkan sebesar 65% (Tabel 6).

Dari data komponen hasil terlihat bahwa rendahnya hasil varietas Argomulyo disebabkan oleh rendahnya prosentase polong isi, rata-rata hanya sekitar 50%, sedangkan tingginya hasil Anjasmoro selain berbiji besar juga disebabkan oleh besarnya jumlah polong per tanaman dan jumlah biji per tanaman yang dihasilkan. Varietas Lawit walaupun selama ini dimasukkan dalam kategori varietas yang adaptif pada tanah masam, namun hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa potensi hasilnya sangat tergantung

kepada pemberian kapur, tanpa pemberian kapur hidupnya sangat menderita, bahkan hampir mati, hal ini terjadi karena para pemulia melakukan uji adaptasi varietas berdasarkan rekomendasi takaran kapur standar hasil penelitian.

Tabel 6. Potensi hasil kedelai pada berbagai perlakuan kapur dolomit pada tanah sulfat masam, Kec Wanaraya, Kab. Batola pada MT 2009

Kejenuhan Al	Berat Biji Kering (kg ha^{-1})			Rata-rata
%	Argomulyo	Anjasmoro	Lawit	
13,7	1.153 c	2.776 d	2.174 e	2.034,4 d
27,4	968,3 bc	2.686 cd	1.649 d	1.767,8 bc
41,2	910 b	2.423 c	1.369 c	1.567,2 c
54,9	467,5 ab	1.684 b	983,3 b	1.045,0 b
68,6 (kontrol)	251,7 a	521,7 a	10,4 a	261,3 a
Rata-rata	750,2 (a)	2.018 (c)	1.237,1 (b)	

Catatan: Angka sekolom yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT 5%. Huruf dalam () dibaca sebaris, huruf tanpa kurung dibaca mengikuti kolom

KESIMPULAN

1. Ameliorasi berupa pemberian kapur dolomit mampu meningkatkan produktivitas kedelai dibanding tanpa kapur sebesar 358% pada varietas Argomulyo, 432% pada varietas Anjasmoro, dan 1.946% pada varietas Lawit. Tanpa kapur rata-rata hanya mampu menghasilkan 261,3 kg ha^{-1}.
2. Penggunaan varietas yang adaptif mampu meningkatkan produktivitas biji kering kedelai dibanding varietas rentan (Argomulyo) sebesar 169% untuk varietas Anjasmoro dan sebesar 65% untuk varietas Lawit.
3. Varietas Lawit sangat responsif terhadap pemberian kapur dolomit dibanding varietas Argomulyo dan Anjasmoro. Tanpa pemberian kapur pertumbuhannya sangat terhambat.

DAFTAR PUSTAKA

Alwi, M. 1990. Pemberian fosfat alam dan kalsit pada kedelai di lahan pasang surut.Laporan Hasil Penelitian Proyek Penelitian Tanaman Pangan Banjarbaru 1988/1989. Balittan Banjarbaru.

Alwi, M. dan D. Nazemi. 1993. Perubahan beberapa sifat kimia tanah dan hasil kedelai (Glycine max L. Merr) pada tanah sulfat masam yang dikapur dan dipupuk fosfat alam. *Dalam* Noor *et al.* (ed.). Hasil Penelitian Kedelai di Lahan Pasang Surut. Balittan Banjarbaru.

Alwi, M. dan K. Anwar. 1998. Efek residu kalsit dan fosfat terhadap hasil kacang tanah dan kedelai di lahan pasang surut sulfat masam. Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Menunjang Akselerasi Pengembangan Lahan Pasang Surut. Balai Penelitian Tanaman Pangan Lahan Rawa.

Anwar, K. dan M. Noor. 1994. Hubungan sifat kimia tanah dengan hasil kedelai pada lahan pasang surut sulfat masam. Majalah Ilmiah Kalimantan Agrikultura, Vol. 2 Thn 2. Fakultas Pertanian, Universitas Lambung Mangkurat.

Anwar, K. dan M. Alwi. 1994. Pengaruh pemberian kapur dan fosfat terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai di lahan pasang surut sulfat masam. *Dalam* Noor *et al.* (ed.) Risalah Hasil Penelitian Kacang-kacangan 1990-1993. Balai Penelitian Pertanian Tanaman Pangan Banjarbaru. Banjarbaru.

Al-Jabri, M., A. Bambang S., I B. Aribawa, H. Subagyo, dan I P.G. Widjaja-Adhi. 1998. Pemilihan metode kebutuhan kapur untuk tanah sulfat masam potensial pada lahan rawa sejuta hektar. Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Menunjang Akselerasi

Pengembangan Lahan Pasang Surut. Balai Penelitian Tanaman Pangan Lahan Rawa.

Aribawa, I B., I G.M. Subiksa, dan I P.G Widjaja-Adhi. 1997. Rehabilitasi tanah sulfat masam aktual terlantar. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor.

Attanandana, T., V. Sorasith, and K. Kazutake. 1982. Chemical characteristic and fertility status of acid sulphate soil of Thailand. In Dost and van Breemen (ed.): Proceeding of the Bangkok Symposium on Acid Sulphate Soil. International Institute for Land Reclamation and Improvement–ILRI, Wageningen.

Damanik, M. 1990. Pengaruh pemberian kapur dan inokulan terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai di tanah sulfat masam potensial lahan pasang surut. Laporan Hasil Penelitian Proyek Penelitian Tanaman Pangan Banjarbaru 1988/1989. Balittan Banjarbaru.

Noor, M., S. Saragih, dan Masganti. 1993. Tanggap kedelai terhadap sistem tata air, residu kapur, dan pemberian kalium di lahan pasang surut sulfat masam. *Dalam* Noor *et al.* (ed.). Hasil Penelitian Kedelai di Lahan Pasang Surut. Balittan Banjarbaru.

Saragih, S. dan M. Noor. 1993. Tanggap kedelai terhadap residu kapur, pemupukan, dan pengolahan tanah pada pola tanam padi-kedelai di lahan pasang surut. *Dalam* Noor *et al.* (ed.). Hasil Penelitian Kedelai di Lahan Pasang Surut. Balittan Banjarbaru.

Sarwani, M. dan M. Noor. 1993. Sistem pengelolaan air dan pemberian kapur pada dua varietas kedelai di lahan pasang surut. *Dalam* Noor *et al.* (ed.). Hasil Penelitian Kedelai di Lahan Pasang Surut. Balittan Banjarbaru.

Ameliorasi dan Pemupukan di Lahan Rawa

64

Dedi Nursyamsi dan Muhammad Alwi

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa,
Jl. Kebun Karet PO Box 31, Loktabat Utara, Banjarbaru 70712

Abstrak. Lahan rawa (lahan rawa pasang surut dan rawa lebak) merupakan agroekologi potensial yang telah banyak dimanfaatkan untuk pengembangan pertanian. Lahan ini terdiri atas 4 (empat) tipologi lahan yaitu lahan potensial, sulfat masam, gambut, dan salin dengan luas masing-masing 2,07 juta ha (6,2% dari total rawa 33,4 juta ha), 10,90 juta ha (32,6%), 6,61 juta ha (20,1%), dan 13,4 juta ha (41%). Sejak tahun 1970-an sekitar 5,4 juta ha lahan rawa telah berhasil direklamasi menjadi lahan pertanian baik oleh pemerintah maupun penduduk lokal. Hasil penelitian dan pengalaman memperlihatkan bahwa melalui pengelolaan dan penerapan teknologi yang tepat, lahan rawa yang termasuk lahan suboptimal dengan tingkat kesuburan alami rendah dapat dijadikan sebagai lahan pertanian produktif. Tingkat produktivitas tanah di lahan rawa umumnya rendah, hal ini disebabkan oleh tingginya kemasaman tanah (pH rendah) serta kelarutan Fe (besi), Al (aluminium), dan Mn (mangan) dan rendahnya ketersediaan unsur hara terutama P dan K serta kejenuhan basa yang dapat mengganggu pertumbuhan tanaman. Ameliorasi lahan rawa merupakan upaya untuk memperbaiki sifat kimia dan fisik tanah yang harus dilakukan terlebih dahulu sebelum pemupukan tanah dilakukan. Beberapa jenis bahan amelioran yang umum digunakan di lahan rawa seperti kapur (kalsit dan dolomit), kompos jerami, pupuk kandang, abu gergaji, dan kompos gulma *in situ*. Penelitian tentang pemupukan di lahan rawa mulai banyak dilakukan sejak tahun 1980-an, namun sebagian besar penelitian masih bersifat parsial, tidak berdasarkan status hara tanah dan belum dilaksanakan secara terpadu. Rekomendasi pemupukan N, P, dan K yang bersifat spesifik lokasi dengan dosis yang sesuai dengan status hara tanah diharapkan mampu meningkatkan produktivitas lahan. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa pemberian bahan amelioran dan pupuk N, P, dan K yang sesuai dengan status hara tanah dan kebutuhan tanaman dapat meningkatkan hasil tanaman cukup signifikan.

Kata kunci: Ameliorasi, lahan rawa, pemupukan

Abstract. *Swampland (tidal swampland and fresh water swampland) is potential agroecology that has been widely used for agricultural development. Swampland consists of four land typologies i.e., potential land, acid sulfate land, peat land, and saline land. It is estimated that areas are 2.07 million ha (6.2% of the total 33.4 million ha swampland), 10.90 million ha (32.6%), 6.61 million ha (20.1%), and 13.4 million ha (41%) respectively. Since the 1970's, approximately 5.4 million ha of swampland has been successfully reclaimed into agricultural land by the government and local residents. The results of research and some experiences showed that by thoroughly implementation of appropriate farming system technology, the swampland productivity can be improved. As a marginal land, its potential productivity is limited by high degree of heterogeneity of biophysical constraints. The biophysical constraints include high in soil acidity and organic matter as well as soluble aluminum and iron, low in nutrients content, the*

presence of toxic elements and salt water intrusion. Those constraints inhibited crop growth. Amelioration application is one effort to improve the chemical and physical properties of soil that must be applied before fertilizer application. Some materials that commonly used as ameliorant are limestone (calcite and dolomite), straw compost, manure, saw dust and in situ weeds. Fertilizer studies on the swampland have been conducted since the 1980's, however most of research was still in partial, not based on nutrient status and have not implemented in an integrated way. Recommended fertilizer N, P, and K that are specific to its land location is expected to improve land productivity. Result of research showed that application of ameliorant and fertilizer N, P, and K based on soil nutrient status and crop requirement could increase crop yield significantly.

Keywords: *Amelioration, swampland, fertilization*

PENDAHULUAN

Peranan lahan rawa bagi pengembangan pertanian khususnya pertanian tanaman pangan dalam mendukung peningkatan ketahanan pangan nasional akan makin penting dan strategis bila dikaitkan dengan perkembangan penduduk dan industri serta berkurangnya lahan subur akibat alih fungsi lahan untuk penggunaan non pertanian (Alihamsyah, 2002). Luas areal lahan rawa di Indonesia oleh Nugroho *et al*. (1992) diperkirakan mencapai 33,4 juta hektar terdiri atas 20,11 juta hektar lahan pasang surut dan 13,29 juta hektar lahan lebak. Dari luasan tersebut, sekitar 4,186 juta hektar lahan pasang surut sudah direklamasi dan sekitar 0,73 juta hektar lahan lebak diusahakan sebagai areal pertanian.

Berbagai pengalaman dan hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan mengelola secara benar melalui penerapan teknologi tepat guna, lahan rawa yang dianggap marjinal dapat diubah menjadi lahan pertanian produktif. Namun demikian, karena lahannya rapuh terutama dengan adanya berbagai masalah fisiko-kimia tanahnya maka pengembangannya untuk pertanian pada suatu kawasan luas perlu dilakukan secara cermat dan hati-hati dengan memilih teknologi yang sesuai dengan karakteristik lahannya. Kekeliruan dalam mereklamasi dan mengelola lahan ini akan membutuhkan biaya besar guna merehabilitasinya serta sulit untuk memulihkan seperti kondisi semula.

Untuk mendukung pengembangan pertanian di lahan rawa, pemerintah melalui lembaga penelitian dan perguruan tinggi telah melakukan kegiatan penelitian di beberapa lokasi lahan rawa Kalimantan dan Sumatera selama puluhan tahun. Badan Litbang Pertanian melalui Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa dan berbagai proyek penelitian juga telah melakukan kegiatan penelitian secara intensif sejak pertengahan tahun 1980-an. Berbagai informasi jenis bahan amelioran dan dosis pupuk N, P, dan K di lahan rawa sudah dihasilkan dan berbagai paket teknologi usahatani lahan rawa juga sudah direkayasa (Ismail *et al*. 1993; Suprihatno *et al.* 2000; Alihamsyah *et al.* 2000; Ananto *et al*. 2000; Alihamsyah *et al*. 2001, Alihamsyah *et al.* 2003; Hilman *et al*. 2003).

Tulisan ini bertujuan untuk memaparkan rangkuman beberapa hasil penelitian tentang ameliorasi lahan dan pemupukan pada berbagai tanaman yang telah dilakukan di lahan rawa Kalimantan dan Sumatera.

KARAKTERISTIK DAN MASALAH PENGEMBANGAN LAHAN

Tipologi lahan dan luapan air

Lahan pasang surut adalah lahan yang rejim airnya dipengaruhi oleh pasang surut air laut atau sungai. Berdasarkan sifat kimia air pasangnya, lahan pasang surut oleh Widjaja-Adhi *et al*. (1992) dibagi menjadi dua zona, yaitu zona pasang surut salin dan zona pasang surut air tawar. Sedangkan untuk keperluan praktis pengembangannya, Widjaja-Adhi (1986) mengelompokkan lahan pasang surut menjadi empat tipologi utama menurut macam dan tingkat masalah fisiko-kimia tanahnya yaitu lahan potensial, lahan sulfat masam (bisa berupa sulfat masam potensial dan sulfat masam aktual), lahan gambut (bisa berupa bergambut, gambut dangkal, gambut sedang, gambut dalam dan gambut sangat dalam), dan lahan salin.

Selain menurut tipologinya, lahan pasang surut juga dikelompokkan berdasarkan jangkauan air pasang yang dikenal dengan tipe luapan air, yaitu tipe luapan air A, B, C, dan D. Lahan bertipe luapan A terluapi air pasang baik pada pasang besar maupun pasang kecil, sedangkan lahan bertipe luapan B hanya terluapi air pada pasang besar saja. Lahan bertipe luapan C tidak terluapi air pasang tapi kedalaman air tanahnya kurang dari 50 cm, sedangkan lahan bertipe luapan D tidak terluapi air pasang tapi kedalaman air tanahnya lebih dari 50 cm. Selanjutnya lahan rawa lebak dibedakan berdasarkan tinggi dan lama genangan airnya, yaitu lebak dangkal (lebak pematang), lebak tengahan, dan lebak dalam. Lahan lebak dangkal adalah lahan lebak yang genangan airnya kurang dari 50 cm selama kurang dari 3 bulan. Lahan lebak tengahan adalah lahan lebak yang genangan airnya 50-100 cm selama 3-6 bulan. Sedangkan lebak dalam adalah lahan lebak yang genangan airnya lebih dari 100 cm selama lebih dari 6 bulan.

Karakteristik kimia tanah

Hasil analisis tanah dari berbagai tipologi dan tipe luapan air di lahan pasang surut Kalimantan Selatan dan Tengah oleh Noor dan Saragih (1993) menunjukkan adanya keragaman sifat tanahnya dan rendahnya tingkat kesuburan alami tanahnya dengan tekstur yang umumnya didominasi oleh liat (Tabel 1).

Tabel 1. Sifat fisiko-kimia tanah di lapisan 0-30 cm pada berbagai tipologi dan tipe luapan air di lahan pasang surut Kalimantan Selatan dan Tengah

Sifat fisiko-kimia tanah	Lahan potensial	Lahan sulfat masam			Lahan gambut
	tipe A	Tipe B	Tipe C	Tipe B/C	tipe C
pH	5,31	3,94	3,70-3,69	3,46-4,74	4,3
C-organik (%)	4,55	9,75	7,10-7,50	46,97	-
N-total (%)	0,20	0,59	0,27-0,48	0,12-0,21	0,38
P_2O_5 tersedia (ppm)	25,3	-	0,25-23,55	1,57	7,87
EC (uS cm^{-1})	561,5	172,0	301,0	40,0	-
Kation tertukar:					
K (cmol kg^{-1})	0,70	0,40	0,32	2,04	0,72
Na (cmol kg^{-1})	4,65	0,15	0,39	2,76	0,29
Al (cmol kg^{-1})	0,60	7,50	13,25	5,21	3,95
Kejenuhan basa (%)	81	26	-	4,40-28,78	-
Tekstur:					
Liat (%)	56	36	56	54	Hemik
Debu (%)	43	61	43	45	Hemik
Pasir (%)	1	3	1	1	Hemik

Sumber: Noor dan Saragih (1993)

Masalah pengembangan lahan

Masalah fisiko-kimia lahan dalam pengembangan tanaman pangan di lahan pasang surut menurut Sarwani *et al*. (1994) dan Adimihardja *et al*. (1998) meliputi genangan air dan kondisi fisik lahan, kemasaman tanah dan asam organik pada lahan gambut tinggi, mengandung zat beracun dan intrusi air garam, kesuburan alami tanah rendah, dan keragaman kondisi lahan tinggi.

Genangan air menjadi kendala pengembangan terutama pada lahan pasang surut bertipe luapan A yang karena keadaan topografinya menyulitkan pembuangan airnya. Tingginya kemasaman tanah yang dicirikan oleh rendahnya pH tanah mempengaruhi keseimbangan reaksi kimia dalam tanah dan ketersediaan unsur hara dalam tanah terutama fosfat. Zat beracun yang umum dijumpai di lahan pasang surut adalah aluminium (Al), besi (Fe), hidrogen sulfida (H_2S), dan air garam atau natrium. Keracunan Al biasanya terjadi pada kondisi tanah kering dan disertai dengan kahat P, karena P diikat menjadi aluminium fosfat yang tidak larut. Besi ferro biasanya terdapat berlebih pada lahan sulfat masam yang tergenang air. Hidrogen sulfida (H_2S) dapat terjadi pada tanah sulfat masam yang banyak mengandung bahan organik sebagai hasil reduksi sulfat dalam tanah yang tergenang. Rendahnya tingkat kesuburan alami tanah di lahan pasang surut berkaitan erat dengan karakteristik lahannya. Lahan gambut memiliki kekurangan unsur mikro terutama Zn, Cu, dan Bo, sedangkan lahan sulfat masam umumnya memiliki ketersediaan P yang rendah karena besarnya fiksasi oleh Al dan Fe menjadi senyawa kompleks.

Kemudian Subagyono *et al.* (2002) mengemukakan karakteristik kimia tanah pada masing-masing tipologi lahan yang diperoleh dari hasil analisis tanah di lahan rawa Sumatera Selatan dan Kalimantan Selatan sebagai berikut.

Sulfat masam potensil

Kandungan N tinggi (0,59-0,70%) di lapisan atas dan menurun menjadi rendah sampai sedang (0,17-0,28%) di lapisan bawah.Sementara kandungan fosfat tersedia (P_2O_5 Bray I) tergolong sedang sampai tinggi (17,7-32,3 ppm) di lapisan atas dan sedang (15,2-17,0 ppm) di lapisan bawah. Kandungan K_2O tergolong sedang (32-35 mg $100g^{-1}$ tanah) di lapisan atas dan sedang sampai tinggi (29-60 mg $100g^{-1}$ tanah) di lapisan bawah. Basa dapat ditukar yang dominan di seluruh lapisan tanah adalah Mg masing-masing untuk Mg termasuk sangat tinggi (10,89-14,19 cmol(+) kg^{-1} tanah), pada SMP dari Sumatera dan termasuk tinggi (7,05-8,02 cmol(+) kg^{-1} tanah) pada SMP dari Kalimantan. Sebaliknya kandungan Ca-dapat ditukar rendah sampai sedang, baik di lapisan atas (5,11-7,84 cmol(+) kg^{-1} tanah), maupun lapisan bawah (4,61-7,95 cmol(+) kg^{-1} tanah) di seluruh lapisan.

Sulfat masam aktual

Kandungan N rata-rata tergolong sedang (0,22-0,49%) di seluruh lapisan dan cenderung menurun di lapisan-lapisan bawah. Kandungan P_2O_5 lapisan bawah sebagian besar sangat rendah sampai sedang, sehingga rata-ratanya rendah (17 mg $100g^{-1}$ tanah). Sedangkan K-dapat ditukar tergolong tinggi (0,89 cmol(+) kg^{-1} tanah) di lapisan atas dan rendah (0,37 cmol(+) kg^{-1} tanah) di lapisan bawah. Seperti pada tipe-tipe lahan sebelumnya, basa dapat ditukar yang dominan di seluruh lapisan adalah Mg dan Na. Mg terdapat dalam jumlah tinggi sampai sangat tinggi sekali dan rata-ratanya sangat tinggi (8,30-9,25 cmol(+) kg^{-1} tanah) di semua lapisan. Sebaliknya kandungan Ca-dapat ditukar umumnya bervariasi dari sangat rendah sampai sedang dan rata-ratanya tergolong rendah (3,49-4,12 cmol(+) kg^{-1} tanah) di lapisan atas dan lapisan bawah.

Lahan salin

Kandungan N di seluruh lapisan bervariasi rendah sampai sedang, sehingga rata-ratanya sedang (0,33%). Sementara K-dapat tukar bervariasi dari sedang sampai sangat tinggi sekali dan rata-ratanya tergolong sangat tinggi (1,79-2,07 cmol(+) kg^{-1} tanah) di seluruh lapisan. Basa-basa dapat ditukar yang dominan adalah Mg dan Na. Mg-dapat tukar bervariasi dari tinggi sampai sangat tinggi sekali dan rata-ratanya sangat tinggi sekali (15,35-18,47 cmol(+) kg^{-1} tanah) di seluruh lapisan. Kandungan Ca-dapat tukar bervariasi dari rendah sampai tinggi dan rata-ratanya termasuk sedang (6,95-8,90 cmol(+)

kg^{-1} tanah), baik di lapisan atas maupun lapisan bawah. Potensi kesuburan alami tanah sebenarnya secara umum termasuk sedang, namun kandungan garam yang terlalu tinggi merupakan kendala utama yang dapat menurunkan kesuburan tanah, sehingga potensi kesuburan tanahnya dikategorikan sangat rendah sampai rendah untuk usaha pertanian.

Gambut dangkal

Kandungan N bervariasi dari sedang sampai sangat tinggi, cenderung tetap atau sedikit menurun ke lapisan bawah, dengan rata-rata sangat tinggi (1,34-1,50%) di lapisan atas dan tinggi sampai sangat tinggi (0,74-1,21%) di lapisan bawah. Kandungan P-tersedia (P-Bray I) termasuk sedang (17,9-19-4 ppm) di seluruh lapisan, seperti contoh dari Sumatera, tetapi tinggi sampai sangat tinggi (30,7-71,8 ppm) untuk contoh dari Kalimantan. Sementara kandungan K_2O potensial, rendah sampai sedang (19-33 mg $100g^{-1}$ tanah) di lapisan atas dan rendah (14-16 mg $100g^{-1}$ tanah) di lapisan bawah. Kandungan hara, K_2O dan P-tersedia di lapisan atas relatif selalu lebih tinggi daripada kandungan hara yang sama di lapisan bawah. Basa yang dominan adalah Mg dan Na di lapisan atas dan bawah dengan rata-rata sangat tinggi, berturut-turut 11,64-14,21 Mg dan 2,46-2,68 cmol(+) Na kg^{-1} tanah pada contoh dari Sumatera dan rata-rata tinggi 3,73-4,26 cmol(+) Mg kg^{-1} tanah dan tinggi sampai sangat tinggi (0,94-1,13 cmol(+) Na kg^{-1} tanah) pada contoh dari Kalimantan. Kandungan Ca-dapat tukar rata-rata sedang sampai tinggi (7,20-12,03 cmol(+) kg^{-1} tanah) pada contoh dari Sumatera dan rendah (2,46-3,70 cmol(+) kg^{-1} tanah) pada contoh tanah dari Kalimantan. Kandungan basa Ca, Mg, K, dan Na di lapisan atas umumnya selalu lebih tinggi dibandingkan dengan unsur yang sama di lapisan bawah.

AMELIORASI DAN PEMUPUKAN

Pemberian bahan ameliorasi atau bahan pembenah tanah dan pupuk merupakan faktor penting untuk memperbaiki kondisi tanah dan meningkatkan produktivitas lahan rawa. Bahan pembenah tanah tersebut dapat berupa kapur (kalsit dan dolomit) maupun bahan organik (abu sekam, serbuk kayu gergajian, pupuk kandang, kompos jerami, dan kompos limbah pertanian lainnya). Hasil penelitian Anwar dan Noor (1994), Anwar dan Alwi (1994), Sarwani dan Noor (1993) menunjukkan bahwa pemberian kapur sebanyak 1-2 t ha^{-1} mampu meningkatkan hasil padi dari 2,5 menjadi 3,5 t ha^{-1} GKG, kedelai dari 0,8 menjadi 1,75 t ha^{-1}, jagung dari 3,5 menjadi 5,2 t ha^{-1} dan kacang tanah dari 1,67 menjadi 2,6 t ha^{-1}. Takaran bahan ameliorasi secara tepat selain tergantung kepada kondisi lahan terutama pH tanah dan kandungan Al, Fe, SO_4^{2-}, dan H^+, juga kepada tanaman yang akan ditanam. Untuk keperluan praktis, secara umum pemberian kapur dalam bentuk kalsit dan dolomit sebanyak 0,5-3 t ha^{-1} untuk meningkatkan ketersediaan Ca dan Mg di lahan pasang surut sudah cukup memadai.

Pemanfaatan biomassa gulma dan limbah pertanian untuk sumber hara dan pembenah tanah merupakan salah satu cara murah dan mudah serta ramah lingkungan guna mengatasi masalah makin mahal dan langkanya pupuk serta sekaligus meningkatkan produktivitas lahan rawa sehingga perlu digalakkan. Sejumlah gulma mempunyai potensi sebagai bahan organik karena selain kandungan haranya cukup tinggi, pertumbuhannya juga sangat cepat. Biomassanya sebanyak 1,85-2,76 ton bahan kering ha^{-1}. Kompos gulma berasal dari spesies *Eleocharis acutangula* (purun), *Panicum repens* L. (bura-bura/ punyangan), *Rhynchospora corymbosa* L. (kerisan) mengandung 31,74% C-organik; 1,96% N; 0,68% P; dan 0,64% K.

Pemberian bahan organik dalam jangka panjang tidak saja mampu mempertahankan lahan dari proses degradasi tetapi juga memperbaiki kualitasnya sehingga produktivitasnya tidak menurun dari tahun ke tahun. Teknik pemberiannya dapat dengan cara dibusukkan kemudian diberikan sebagai pupuk organik atau diberikan sebagai mulsa. Hasil penelitian oleh Jumberi *et al*. (1998) menunjukkan bahwa pemberian jerami padi sebanyak 4 t ha^{-1} yang dikompos dengan *Trichoderma reseei* di lahan sulfat masam dapat mengurangi kandungan besi dan sulfat serta meningkatkan ketersediaan unsur K dan hasil padi. Pemberian kompos eceng gondok atau kangkung liar rawa maupun abu sekam di lahan lebak dapat meningkatkan lengas tanah dan permeabilitas tanah serta kandungan C-organik, N-total, P-tersedia, dan K–dd maupun hasil jagung. Pemberian abu sekam padi sebanyak 1,8 t ha^{-1} di lahan lebak memberikan hasil kedelai tertinggi. Sedangkan di lahan sulfat masam, pemberian kangkung liar rawa atau eceng gondok dan abu sekam sebanyak 1,8 t ha^{-1} dapat meningkatkan hasil jagung setara dengan bila bahan organik tersebut dikombinasikan dengan pupuk buatan berupa 30 kg P_2O_5 $ha^{-}1$ dan 25 kg K_2O ha^{-1}.

Salah satu upaya untuk meningkatkan efisiensi pemupukan pada lahan rawa adalah pemberian pupuk disesuaikan ketersediaan hara di dalam tanah dan varietas yang ditanam. Dari serangkaian kegiatan penelitian pengelolaan hara oleh Lande dan Supriyo (1990), Simatupang *et al*. (1994), Anwar *et al*. (1994), Simatupang dan Nurita (1997), Anwar dan Alwi (1998), Proyek ISDP (1996), Balittra (1999), Balittra (2001), Ar-Riza *et al*. (2001) untuk padi dan oleh Anwar dan Arifin (1993), Alwi dan Arifin (1995), Noor dan Raihan (1997) dan Proyek Swamps II yang disarikan oleh Ismail *et al*. (1993) untuk palawija, dapat disintesiskan takaran pupuk untuk tanaman padi dan palawija seperti pada (Tabel 2). Untuk varietas lokal, hasil penelitian Balittra (1997) menunjukkan bahwa tanaman padi varietas lokal yang dikenal sebagai varietas yang tidak tanggap terhadap pemupukan ternyata dengan pemberian pupuk 60 kg N + 60 kg P_2O_5 + 50 kg K_2O ha^{-1} dapat meningkatkan hasil sebesar 42-77% dari 2 t ha^{-1} GKG. Sedangkan dari serangkaian penelitian pemupukan berdasarkan status hara tanah untuk tanaman padi varietas yang kurang tanggap terhadap pupuk N seperti varietas Margasari oleh Balittra (2002) menyimpulkan hasil seperti pada Tabel 3. Kemudian dari hasil penelitian pemupukan pada tanaman hortikultura dan kelapa di lahan pasang surut oleh Proyek Swamps II

(Ismail *et al*. 1993) menyimpulkan takaran pupuk untuk tanaman tersebut seperti pada Tabel 4. Ketiga tabel tersebut mengindikasikan bahwa ada keragaman takaran amelioran dan pupuk antar tipologi lahan maupun tanaman. Untuk efisiensi, penentuan jenis dan takaran pupuk maupun bahan ameliorasi yang tepat hendaknya dilakukan uji tanah.

Tabel 2. Takaran amelioran dan pupuk pada tanaman padi dan palawija di lahan rawa

Tanaman	Tipologi lahan	Takaran amelioran dan pupuk (kg ha^{-1})			
		Kapur/abu gergajian	N	P_2O_5	K_2O
Padi	Potensial	0	45-90	22,5-45	50
	Sulfat masam	1.000-3.000	67,5-135	45-70	50-75
	Gambut **)	1.000-2.000	45	60	50
Kedelai	Potensial	500-1.000	22,5 *)	22,5	30
	Sulfat masam	1.000-2.000	22,5 *)	45	50
	Gambut	1.000-2.000	22,5 *)	45	50
Jagung	Potensial	0	67,5	45-90	50
	Sulfat masam	500	90	45-90	50
	Gambut **)	500	67,5	45	50
Kacang tanah	Potensial	500-1.000	22,5	30	50
	Sulfat masam	1.000-2.000	22,5	60	50
	Gambut	1.000-2.000	22,5	45	50
Kacang hijau	Potensial	0	22,5	45	50

*) Perlu diberi rhizobium sebanyak 15 g kg^{-1} benih
**) Ditambah 5 kg ha^{-1} $CuSO_4$ dan $ZnSO_4$
Sumber: Alihamsyah (2003)

Tabel 3. Takaran pupuk yang dianjurkan untuk tanaman padi varietas Margasari berdasarkan status hara tanah di lahan rawa

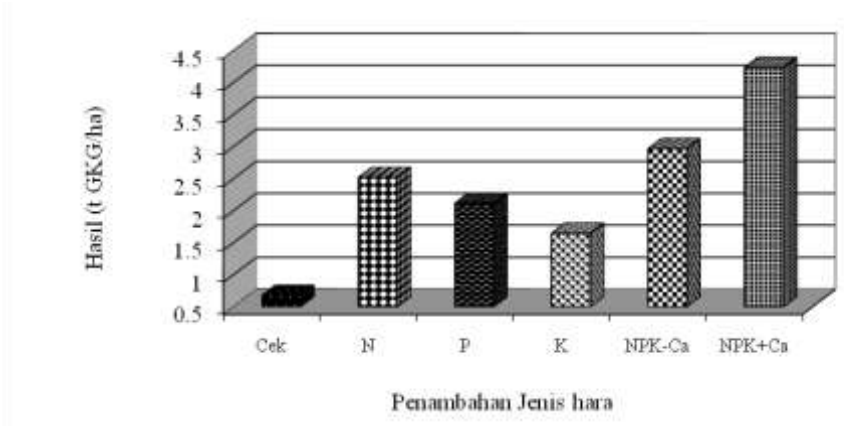
Status hara tanah	Takaran pupuk (kg ha^{-1})	
	P_2O_5	K_2O
P-rendah dan K-sedang	67,5	30
P-sedang dan K-sedang	18,75-37,5	30-60
P-tinggi dan K-sedang	10,25	30
P-sedang dan K-tinggi	37,5	11,5
P-tinggi dan K-tinggi	0	11,25

Keseimbangan hara N, P, K, dan Ca sangat penting dalam pengelolaan hara dan pemupukan khususnya di lahan pasang surut. Hasil penelitian Sarwani (1997), Simatupang *et al.* (1994), dan Ar-Riza *et al.* (2001) menunjukkan bahwa untuk memperoleh hasil optimal, unsur hara harus diberikan secara lengkap (N, P, K) dan Ca (Gambar 1). Dengan pemberian hara secara lengkap dapat meningkatkan hasil dari 0,64 menjadi 4,24 t ha^{-1}.

Tabel 4. Takaran pupuk pada tanaman hortikultura dan kelapa di lahan rawa

Tanaman	Tipologi	Takaran amelioran dan pupuk (kg ha^{-1})				
		Kapur	Pupuk kandang	N	P_2O_5	K_2O
Cabai	Potensial	0	5.000	67,5	90	50
	Sulfat masam	1.000-2.000	5.000	67,5 5	112,5	50
	Gambut *)	1.000-2.000	5.000	45	90	60-90
Tomat	Potensial	500	5.000	135	90	60
	Sulfat masam	1.000-2.000	5.000	135	90	60
	Gambut	1.000-2.000		90	90	60
Bawang merah	Potensial	0	10.000	90	90	75
	Sulfat masam	1.500	10.000	90	90	75
	Gambut	1.500	5.000	90	90	75
Sawi	Potensial	0	5.000	90	90	75
	Sulfat masam	1.000	5.000	90	90	75
Semangka**)	Potensial/salin		10.000	0,027	0,020	0,006
Kelapa ***)	Sulfat masam	0,800		0,675	0,375	0,750

*) Ditambah 0,5 g $CuSO_4$ l^{-1} air dan 1 g $ZnSO_4$ l^{-1} air
**) Satuan per pohon dan ditambah 50 g $CuSO_4$ dan $ZnSO_4$ pohon^{-1}
***) Satuan per pohon dan ditambah 60 g kieserit pohon^{-1}



Sumber: Sintesa dari Sarwani (1997); Simatupang *et al*. (1994), dan Ar-Riza *et al*. (2001).

Gambar 1. Pengaruh pemberian hara N, P, K, dan Ca terhadap hasil gabah pada lahan sulfat masam

Sejak tahun 2007 dikembangkan pemberian pupuk N berdasarkan Bagan Warna Daun (BWD) padi dan pupuk P serta K berdasarkan status hara tanah. Di lahan pasang surut sulfat masam, pemberian pupuk N sebaiknya dalam bentuk urea tablet/granul yang lambat melepas N dengan dosis 100 kg ha^{-1}. Bila diberikan dalam bentuk urea prill takarannya meningkat menjadi 200 kg ha^{-1}. Lahan pasang surut sulfat masam yang tidak mempunyai pintu keluar masuk air atau airnya dikendalikan, pemupukan N dengan menggunakan urea tablet/granul ini sangat dianjurkan supaya efisien. Untuk meningkatkan efisiensinya maka pemberian urea prill dibagi menjadi dua bagian yaitu

pada umur satu minggu setelah tanam dan 45 hari (fase awal keluar malai). Pemberian sebaiknya pada saat air surut, air dalam petakan dikeringkan hingga lahan dalam kondisi macak-macak baru disebar pupuk secara merata kemudian diinjak-injak agar pupuk masuk ke dalam tanah.

Pupuk P dan K diberikan berdasarkan status hara tanah yang ditetapkan menggunakan PUTR yang dapat dikerjakan secara langsung di lapangan dengan cepat, mudah, dan akurat. Prinsip kerja PUTR ini adalah mengukur hara P dan K tanah yang terdapat dalam bentuk tersedia bagi tanaman, secara semi kuantitatif dengan metode kolorimetri (pewarnaan). Pengukuran status P dan K tanah dikelompokkan menjadi tiga kategori yaitu rendah (R), sedang (S), dan tinggi (T). Dari masing-masing kelas status P dan K tanah telah dibuatkan acuan pemupukan P (dalam bentuk SP-36) dan K (dalam bentuk KCl). Tabel 5 memuat acuan umum pemupukan P dan K berdasarkan status hara tanah.

Tabel 5. Acuan umum pemupukan fosfor dan kalium pada tanaman padi lahan rawa

Kelas status hara P dan K tanah	Kadar hara terekstrak HCl 25%		Dosis acuan pemupukan	
	(mg P_2O_5 $100g^{-1}$)	(mg K_2O $100g^{-1}$)	P (kg SP-36 ha^{-1})	K (kg KCl ha^{-1})
Rendah	< 20	20	100	100
Sedang	20 – 40	10-20	75	50
Tinggi	> 40	>20	50	0

Apabila terdapat gejala kekuningan pada daun tanaman padi padahal pupuk urea telah diberikan maka berikanlah larutan hara S, Zn, dan Cu. Belum optimalnya hasil tanaman padi pada beberapa lahan sawah di beberapa daerah dapat disebabkan oleh kahat beberapa hara seperti belerang (S), seng (Zn), dan tembaga (Cu).

Lahan rawa lebak umumnya mempunyai kandungan hara N-total sedang (0,33%), P-tersedia rendah (11,3 me $100g^{-1}$), K-tersedia rendah (0,20 me $100g^{-1}$), C-organik 10,8% dengan pH 4,0-4,2. Secara umum tanah di lahan rawa lebak mempunyai tingkat kesuburan rendah sampai sedang. Sehingga pemberian pupuk yang berimbang, yaitu diberikan sesuai kebutuhan tanaman dan tingkat ketersediaan hara tanah perlu dilakukan.

Pemupukan N pada padi rintak sama seperti pemupukan padi pada umumnya, bisa menggunakan pupuk dalam bentuk urea prill atau tablet. Pemupukan di split dalam dua tahap, 1/3 dosis diberikan pada saat tanam dan 2/3 dosis berikutnya diberikan pada saat umur 30 hari setelah tanam dilakukan dengan cara disebar. Secara umum pada populasi tanam 250.000 rumpun ha^{-1}, pemberian pupuk 90 kg N, 27,5-37,5 kg P_2O_5, 50 kg K_2O ha^{-1} yang setara 200 kg urea, 76-104 kg SP-36, dan 50 kg KCl ha^{-1} dapat memberikan hasil 4-5 t ha^{-1}. Hasil penelitian tentang jenis tanah, dosis pupuk, dan waktu serta cara pemberiannya disajikan pada lahan rawa lebak untuk tanaman padi disajikan pada (Tabel 6).

Tabel 6. Informasi ringkas tentang jenis tanah, dosis pupuk, dan waktu serta cara pemberianya pada padi di lahan rawa lebak

Jenis tanah	Dosis pupuk	Waktu dan cara pemberian
Bergambut	• Urea 175-200 kg ha^{-1} • SP-36 (75-100) kg ha^{-1} • KCl 100 kg ha^{-1} • $CuSO_4$3-5 kg ha^{-1} • Kapur (dolomite) dosis-rendah 500 kg ha^{-1}	• Sepertiga bagian pupuk urea dan seluruh pupuk SP-36 dan KCl diberikan saat tanam. • Dua pertiga bagian pupuk urea diberikan pada saat tanaman berumur satu bulan. • Kapur tidak harus diberikan.
Mineral	• Urea 200 kg ha^{-1} • SP-36 100 kg ha^{-1} • KCl 100 kg ha^{-1}	• Sepertiga bagian pupuk urea dan seluruh pupuk SP-36 dan KCl. • Dua pertiga bagian pupuk urea diberikan pada saat tanaman berumur satu bulan.

PENUTUP

Lahan rawa di Indonesia memiliki potensi besar dan merupakan salah satu pilihan strategis sebagai areal produksi tanaman pangan guna mendukung percepatan swasembada pangan dan peningkatan ketahanan pangan. Namun karena lahannya rapuh dengan berbagai masalah dan kendala yang kompleks, maka pengembangannya harus benar-benar dilakukan secara terencana, cermat, dan hati-hati melalui penerapan teknologi tepat guna yang sudah tersedia. Komitmen, koordinasi, dan sinkronisasi serta keterpaduan kerja antar pihak terkait khususnya Dinas Pertanian, Bakorluh, Kimpraswil, Badan Litbang Pertanian, kelompok tani maupun perbankan dan pihak swasta perlu diwujudkan secara nyata sejak perencanaan sampai kepada pelaksanaannya di lapangan agar tujuan dan sasaran pengembangannya dapat tercapai dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

Adimihardja, A., K. Sudarman, dan D.A. Suriadikarta. 1998. Pengembangan Lahan Pasang Surut: keberhasilan dan kegagalan ditinjau dari fisiko kimia lahan pasang surut. *Dalam* M. Sabran *et al*. Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Menunjang Akselerasi Pengembangan Lahan Pasang Surut. Balittra. Banjarbaru.

Alihamsyah, T., E.E. Ananto, H. Supriadi, I.G. Ismail, dan D.E. Sianturi. 2000. Dwi Windu Penelitian Lahan Rawa: Mendukung Pertanian Masa Depan. Proyek Penelitian Pengembangan Pertanian Rawa Terpadu-ISDP. Badan Litbang Pertanian. Bogor.

Alihamsyah, T., D. Nazemi, Mukhlis, I. Khairullah, H.D. Noor, M. Sarwani, H. Sutikno, Y. Rina, F.N. Saleh, dan S. Abdussamad. 2001. Empat Puluh Tahun Balittra: Perkembangan dan Program Penelitian ke Depan. Balai Penelitian Tanaman Pangan Lahan Rawa. Badan Litbang Pertanian. Banjarbaru.

Alihamsyah, T. 2002. Optimalisasi Pendayagunaan Lahan Rawa Pasang Surut. Makalah disajikan pada Seminar Nasional Optimalisasi Pendayagunaan Sumberdaya Lahan di Cisarua tanggal 6-7 Agustus 2002. Puslitbang Tanah dan Agroklimat.

Alihamsyah, T. 2003. Hasil Penelitian Pertanian pada Lahan Pasang Surut. Makalah disajikan pada Seminar Nasional Hasil-hasil Penelitian dan Pengkajian Teknologi Spesifik Lokasi, Jambi tanggal 18-19 Desember 2003.

Ananto, E.E., A. Supriyo, Soentoro, Hermanto, Y. Soelaeman, I W. Suastika, dan B. Nuryanto. 2000. Pengembangan Usaha Pertanian Lahan Pasang Surut Sumatera Selatan: Mendukung Ketahanan Pangan dan Pengembangan Agribisnis. P2SLPS2. Badan Litbang Pertanian.

Alwi, M. dan M.Z. Arifin. 1995. Respon kacang tanah terhadap pemberian kalsit dan fosfat di lahan pasang surut tanah sulfat masam, sulfat masam bergambut dan gambut. Makalah pada Simposium Nasional dan Kongres VI Peragi. Jakarta, 25-27 Juni 1996.

Anwar, K. dan M.Z. Arifin. 1993. Takaran pupuk NPK pada kedelai di lahan sulfat masam bergambut. *Dalam* M. Noor *et al*. (ed) Hasil penelitian Kedelai di Lahan Pasang Surut. Balai Penelitian Tanaman Pangan Banjarbaru.

Anwar K. dan M. Noor. 1994. Pengaruh pemberian kapur dan fosfat terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai di lahan pasang surut sulfat masam. *Dalam* Risalah Hasil Penelitian Kacang-kacangan 1990-1993. Balittan. Banjarbaru.

Anwar, K. dan M. Alwi. 1994. Pengaruh pemberian kapur dan fosfat terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai di lahan pasang surut sulfat masam tipe C. *Dalam* Risalah Penelitian Kacang-kacangan 1990-1993. Balittan. Banjarbaru.

Anwar, K., M. Sarwani, dan S. Saragih. 1994. Pengaruh pemberian hara makro dan mikro serta bahan amelioran terhadap pertumbuhan dan hasil padi di lahan pasang surut sulfat masam tipe B. *Dalam* I. Riza, S. Saragih, Mukhlis dan M. Noor. Prosiding Seminar Serelia Budidaya Padi dan Jagung. Balittan. Banjarbaru.

Anwar, K. dan M. Alwi. 1998. Pemupukan N, P, dan K pada tanaman pangan di lahan rawa pasang surut. Makalah penunjang dalam Seminar Nasional Hasil Akselerasi Pengembangan Lahan Pasang Surut. Balittra, Puslitbangtan. Banjarbaru.

Ar-Riza, I. dan S. Saragih. 2001. Pengelolaan tanah dan hara untuk budidaya padi di lahan rawa pasang surut. Makalah pada Monograf Pengelolaan Air dan Tanah di Lahan Pasang Surut. Balittra. Banjarbaru.

Ar-Riza, I., Sardjijo, dan Chaerudin. 2001. Pengaruh pemberian pupuk P dan K terhadap keragaan pertumbuhan dan hasil padi di lahan sulfat masam. Makalah pada Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Lahan dan Pupuk. Cisarua, 12-13 November 2001.

Balittra. 1997. Laporan Tahunan 1996-1997.

Balittra. 1999. Laporan Tahunan 1998-1999.

Balittra. 2001. Laporan Tahunan 2000.

Balittra. 2002. Laporan Tahunan 2001.

Hilman, Y., A. Muharam, dan A. Dimyati. 2003. Teknologi agro-produksi dalam pengelolaan lahan gambut. Makalah disajikan pada Lokakarya Nasional Pertanian Lahan Gambut, Pontianak 15-16 Desember 2003.

Ismail, I.G., T. Alihamsyah, I P.G. Widjaja-Adhi, Suwarno, T. Herawati, R. Thahir, dan D.E. Sianturi. 1993. Sewindu Penelitian Pertanian di Lahan Rawa: Kontribusi dan Prospek Pengembangan. Proyek Swamps II. Puslitbang Tanaman Pangan, Bogor.

Jumberi, A., A. Supriyo, dan S. Raihan. 1998. Penggunaan bahan amelioran untuk meningkatkan produktivitas tanaman pangan di lahan pasang surut. *Dalam* M. Sabran dkk. Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Menunjang Akselerasi Pengembangan Lahan Pasang Surut. Balittra. Banjarbaru.

Lande, M. and A. Supriyo. 1990. Improvement of growth environment in the effort to increase yield of peatland at Sakalagun, South Kalimantan. Paper presented at Fifth Meeting on the Cooperative Res. on Problem Soil, Nov 26-30. Bangkok.

Noor, M. dan S. Saragih. 1993. Peningkatan produktivitas lahan pasang surut dengan perbaikan sistem pengelolaan air dan tanah. Makalah penunjang pada Simposium Tanaman Pangan III, 23-24 Agustus 1993 di Bogor/Jakarta.

Noor, A. dan S. Raihan. 1997. Pengaruh pemupukan fosfat dan kalium terhadap pertumbuhan dan hasil jagung di lahan pasang surut. *Dalam* Maamun, M.Y. *et al*. (ed) Prosiding Seminar Pembangunan Pertanian Berkelanjutan Menyongsong Era Globalisasi. Peragi Komda Kalimantan Selatan.

Nugroho, K. Alkasuma, Paidi, W. Wahdini, Abdurachman, H. Suhardjo, dan I P.G. Widjaja-Adhi. 1992. Peta areal poten sial untuk pengembangan pertanian lahan rawa pasang surut, rawa dan pantai. Proyek Penelitian Sumber Daya Lahan. Pusat

Proyek ISDP. 1996. Laporan Tahunan 1995/96.

Sarwani, M. dan M. Noor. 1993. Sistem pengeloaan air dan pemberian kapur pada dua varietas kedelai di lahan pasang surut. Dalam hasil penelitian kedelai di lahan pasang surut. Balittan Banjarbaru.

Sarwani, M., M. Noor, B. Prayudi, dan I P.G. Widjaja-Adhi. 1994. Penyusutan lahan gambut dan dampaknya terhadap produktivitas lahan pertanian di sekitarnya: Kasus Delta Pulau Petak, Kalimantan Selatan. Makalah penunjang pada Seminar Nasional 25 tahun Pemanfaatan Gambut dan Pengembangan Kawasan Pasang Surut, 14-15 Desember. Jakarta.

Sarwani, M. 1997. NPK jangka panjang pada padi IR64 di lahan pasang surut sulfat masam. *Dalam* Maamun, M.Y. *et al*. (ed) Prosiding Seminar Pembangunan

Pertanian Berkelanjutan Menyongsong Era Globalisasi. Peragi Komda Kalimantan Selatan.

Simatupang, R.S., I. Ar-Riza, dan Y. Raihana. 1994. Pengaruh takaran, bentuk, dan waktu pemupukan nitrogen terhadap pertumbuhan dan hasil padi di lahan potensial. Pros. Serealia I. Budidaya Padi Lahan Pasang Surut dan Lebak. Balai Penelitian Tanaman Pangan Lahan Rawa. Banjarbaru. hlm. 81-90.

Simatupang, R.S. dan Nurita. 1997. Pengaruh pemberian N, P, dan K terhadap pertumbuhan dan hasil padi di lahan potensial. Hasil Penelitian. Balai Penelitian Tanaman Pangan Lahan Rawa. Banjarbaru.

Subagyono, K., I W. Suastika, dan E.E. Ananto. 2002. Penataan lahan dan tata air mikro pengembangan SUP lahan pasang surut Sumatera Selatan. Badan Litbang Pertanian

Suprihatno, B., T. Alihamsyah, dan E.E. Ananto. 1999. Teknologi pemanfaatan lahan pasang surut dan lebak untuk pertanian tanaman pangan. *Dalam* Prosiding Simposium Penelitian Tanaman Pangan IV di Bogor tanggal 22-24 November 1999.

Widjaja-Adhi. I P.G. 1986. Pengelolaan lahan pasang surut dan lebak. Jurnal Litbang Pertanian V (1), Januari 1986. Badan Litbang Pertanian.

Widjaja-Adhi, I P.G., K. Nugroho, D. Ardi S., dan A.S. Karama. 1992. Sumber daya Lahan Pasang Surut, Rawa dan Pantai: Potensi, Keterbatasan dan Pemanfaatan. *Dalam* Prosiding Pertemuan Nasional Pengembangan Lahan Pertanian Pasang Surut dan Rawa. Cisarua, 3-4 Maret 1992.

Identifikasi Mikroba Rhizosfer Tumbuhan Pioner di Lahan Bekas Penambangan Batubara sebagai Bahan Bioremediasi

65

Susilawati dan A. Maryati

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Kalimantan Tengah.
email: kalteng_bptp@yahoo.com

Abstrak. Besarnya potensi ekonomi dari pertambangan batubara membuat beberapa pengusaha/investor melakukan eksploitasi atau penambangan batubara di lahan-lahan potensial, seperti di lahan rakyat yang sudah terdapat tanaman karet. Akibatnya kondisi fisik, kimia, dan biologis tanah menjadi buruk, seperti terjadi pemadatan, kekurangan unsur hara penting, pH rendah, pencemaran logam berat, dan penurunan populasi mikroba tanah. Padahal diketahui mikroba tanah berperan dalam keberhasilan reklamasi lahan bekas penambangan dan bermanfaat menurunkan polutan serta memperbaiki kualitas lingkungan lahan eks penambangan batubara. Untuk itu dilakukan "Identifikasi mikroba di sekitar tumbuhan pionir (rhizosfer) di lahan eks penambangan batubara". Tujuan penelitian ini untuk mengetahui jenis mikroba di rhizosfer tumbuhan pionir yang tumbuh pasca penambangan batubara, mendapatkan informasi mikroba yang efektif dalam mengembalikan tingkat kesuburan tanah dan berfungsi sebagai bioremediasi. Penelitian dilakukan di wilayah izin usaha penambangan batubara milik PT. Karya Gemilang Limpah Rezeki, Kabupaten Barito Timur, Provinsi Kalimantan Tengah. Metode yang digunakan adalah *desk study* dan survei lapangan yang dilanjutkan analisis di laboratorium. Hasil penelitian menunjukkan terdapat tujuh jenis tumbuhan pionir dengan jumlah yang sangat sedikit, seperti famili *Melastomacea*, *Ciperacea*, *Leguminosae*, *Asteracea*, dan lain-lain dengan jenis mikroba yang berbeda-beda pada setiap rhizosfer tumbuhan pionir tersebut.

Kata kunci: Mikroba, rhizosfer, reklamasi, survei

Abstract. *The economic potential of coal mining makes some investors to exploit the potential lands. As a result of physical, chemical, and biological soil is poor, such as compaction occurs, lack of essential nutrients, low pH, heavy metal pollution, and decline in soil microbial populations. Though unknown soil microbes have a role in the success of ex coal mining land reclamation and beneficial decrease pollutants and improve the environmental quality of the ex coal mining land. The identification of microbes that are all around pioneer plants (rhizosfir) in ex coal mining land was done. The objective of the study was to determine the types of soil microbes contained in rhizosfir of pioneer plants that grow after coal mining, to get information of microbes that are effective in restoring soil fertility and serve as bioremediation of ex coal mines. The study was conducted at the coal mining area of PT. Karya Gemilang Limpah Rezeki in East Barito of Central Kalimantan Province. The method of study was desk study and surveys, and continuing the analysis in the laboratory. The results showed there were seven pioneer plant species*

with very small quantities, such as Melastomacea, Ciperacea, Leguminosae, Asteracea, etc. with different microbial species vary in each rhizosfir the pioneer plants.

Keywords: *Microbial, rhizosfir, reclamation, survey*

PENDAHULUAN

Kalimantan Tengah yang memiliki luas wilayah sekitar 153.564 km^2 memiliki kandungan batubara yang besar. Dari kandungan batubara tersedia di Indonesia yang mencapai 38,9 milliar ton, sekitar 32% diantaranya tersebar di Kalimantan. Berdasarkan data per Mei dan November 2011, jumlah sumberdaya batubara yang terdapat di Kalimantan Tengah mencapai 5.475.312.835 ton, dengan kualitas cukup baik hingga sangat baik, atau memiliki kandungan kalori 5.000 hingga 8.300 cal g^{-1}. Potensi produksi tersebut saat ini dikelola oleh 433 perusahaaan tambang batubara yang mendapat izin dengan jumlah lahan mencapai 306,314 ha (Dinas Pertambangan dan Energi Prov. Kalteng, 2011).

Kecenderungan naiknya peranan batubara dalam penyediaan energi nasional yang diperkirakan mencapai 39,6% pada tahun 2020 akan menjadi problem lingkungan yang cukup serius ke depannya. Hal ini tampak pada berbagai aktivitas pertambangan batubara, yang sangat identik dengan kegiatan perusakan alam dan lingkungan. Banyak lahan pasca tambang batubara yang dibiarkan setelah dilakukan eksploitasi. Bekas galian yang dalam, hilangnya vegetasi di sekitarnya merupakan kerusakan yang riil terjadi di lapangan. Apabila lahan tersebut tidak direhabilitasi akan mengakibatkan lahan mati dan merusak ekosistem yang ada. Selain itu terjadi penurunan unsur hara, pH tanah, dan tipisnya lapisan atas tanah, serta meningkatnya kandungan unsur yang toksik bagi tanaman. Lahan-lahan demikian tentunya perlu perbaikan agar dapat dimanfaatkan kembali untuk usaha pertanian (Widyati, 2007).

Beberapa hasil penelitian menyebutkan mikroba tanah berupa *Cendawan Mikoriza Arbuskula* (CMA) adalah salah satu mikroba yang mendapat perhatian ahli lingkungan dan diperkirakan dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif teknologi untuk membantu pertumbuhan, meningkatkan produktivitas dan kualitas tanaman terutama yang ditanam pada lahan bekas tambang. Demikian juga dengan *Aspergillu*s sp. yang terbukti berpengaruh terhadap perubahan kimia tanah lahan pasca tambang batubara seperti meningkatkan kandungan C-organik dan N-total (Sari *et al.* 2009). Jenis lain yaitu bakteri pereduksi sulfat (BPS) seperti *Bacillus* sp. yang efektif digunakan dalam proses bioremediasi tanah bekas tambang batubara (Widyati, 2008). Berbagai jenis mikroba tersebut kiranya perlu dikaji lebih jauh keberadaan dan ketersediaannya di lahan bekas tambang batubara PT. Karya Gemilang Limpah Rezeki di Kabupaten Barito Timur, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan bioremediasi yang spesifik lokasi.

Tujuan dari kajian ini adalah untuk mengetahui jenis-jenis mikroba tanah yang terdapat di rhizosfer tanaman pionir yang tumbuh pasca penambangan batubara, serta menggali informasi efektivitas mikroba-mikroba tersebut dalam mengembalikan tingkat kesuburan tanah dan berfungsi sebagai bioremediasi di lahan pasca tambang batubara.

METODOLOGI

Waktu dan tempat penelitian

Penelitian dilaksanakan di wilayah izin usaha penambangan batubara milik PT. Karya Gemilang Limpah Rezeki yang terletak pada koordinat S $01^{0}58^{'}40{,}6^{"}$ dan E $115^{0}2'18{,}5^{"}$ di Kabupaten Barito Timur, Kalimantan Tengah dan di Laboratorium BPTP Kalimantan Tengah dan Universitas Palangka Raya. Kegiatan dilakukan pada bulan Januari hingga Mei 2012.

Alat dan bahan

Alat dan bahan yang digunakan baik saat survei maupun analisis di laboratorium meliputi: GPS, bor tanah, kertas lakmus, botol aqua, tali plastik kecil, kantong tanah 1 kg, label, alat tulis, dan kamera. Alat-alat laboratorium yang diperlukan meliputi *autoclave*, petridish, tabung reaksi, laminar, media agar, dll. Bahan tanaman berupa bagian perakaran tanaman beserta tanah sekitarnya yang diambil pada kedalaman sekitar 20 cm.

Metode penelitian

Metode yang digunakan adalah *desk study* dan survei lapangan. Pemilihan lokasi dilakukan secara sengaja (*purposive sampling*). Berdasarkan kondisi lahan eks tambang yang ada, maka area survei dibedakan menjadi tiga kelompok berdasarkan tingkat kedalaman bekas galian tambang yaitu: 15-20 meter, 21-40 meter, dan >40 meter dari lapisan atas tanah. Selanjutnya pada setiap area diidentifikasi jenis tanaman pionir yang ditemukan. Untuk setiap jenis tanaman yang sama hanya dipilih tiga tanaman yang akan dilakukan pengambilan sample tanah sekitarnya (*rhizosfer*), yang diambil hingga kedalaman 20 cm. Semua *sample* yang diambil dimasukkan ke dalam kantong plastik dan diberi label kemudian dibawa ke laboratorium untuk dianalisis. Semua info dan data yang diperoleh, dihimpun dalam bentuk tabulasi dengan menggunakan excel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi tanah dan keberadaan tumbuhan pionir

Kondisi lahan yang ditemukan di areal pengkajian menunjukkan adanya penurunan mutu tanah seperti terjadi pemadatan, sedimentasi, dan sangat minimnya tumbuhan yang ditemukan, sehingga diduga tanah kekurangan unsur hara. Adapun kondisi lahan yang tidak lain adalah perpaduan sifat-sifat fisik, kimia, dan biologi tanah merupakan salah satu faktor yang menentukan keberhasilan pertumbuhan tanaman baru (revegetasi) di lahan pasca penambangan batubara. Revegetasi lahan pasca penambangan umumnya tidak mudah, karena pada lahan demikian tidak terdapat tanah atas (*top soil*). Kalaupun ada, tanah tersebut seringkali tererosi, telah menjadi padat, dan kadang-kadang masih tercampur dengan bahan tambang kemudian permukaan tanah masih belum stabil atau sukar distabilkan. Disamping itu keadaan lahan sangat tidak subur atau terlalu asam/basa atau kadang-kadang mengandung senyawa toksik (Kustiawan, 1990).

Hasil pengamatan terhadap jenis-jenis tumbuhan baru (*pioneer*) yang tumbuh di lahan bekas tambang batubara milik PT. Karya Gemilang Limpah Rezeki berbeda-beda pada setiap kedalaman (Tabel 1). Jenis tumbuhan yang ditemukan sangat sedikit dan cenderung semakin dalam bekas galian semakin sedikit jenis tumbuhan yang ditemukan. Pada lahan-lahan tersebut hanya dijumlai 2-7 jenis tumbuhan yaitu karamunting (*Melastoma malabathricum*), alang-alang (*Imperata cylindrica* L.), buntut lutung (*Uraria lagopodioides* L.), babadotan, rumput teki (*Cyperus rotundus* L.), putri malu (*Mimosa pudica*), sambung rambat (*Mikania micrantha* H.B.K.), dan patikan kebo (*Euphorbia hirta*). Kondisi tumbuhan sebagian berwarna kuning dan pertumbuhannya tampak kerdil, pH tanah pada lahan ini sudah cukup tinggi yaitu 6,5-7,5.

Tabel 1. Jenis tumbuhan pionir yang ditemukan pada berbagai kedalaman lahan bekas galian

No.	Kedalaman (m)	Jenis tanaman pionir
1	15 - 20	*Melastoma malabathricum*, *Imperata cylindrica* L, *Uraria lagopodioides* L., *Cyperus rotundus* L., *Mimosa pudica*, *Mikania micrantha* H.B.K, *Euphorbia hirta*
2	21 - 40	*Melastoma malabathricum*, *Cyperus rotundus* L., *Mikania micrantha* H.B.K.
3	> 40	*Melastoma malabathricum*, *Mikania micrantha* H.B.K.

Sedikitnya jenis tumbuhan yang ditemukan menunjukkan bahwa tumbuhan sulit untuk tumbuh. Beberapa faktor yang menyebabkan tumbuhan tidak mampu tumbuh di lahan bekas penambangan batubara antara lain: (1) masih kuatnya agregat tanah/batuan timbunan yang diangkut dari tempat-tempat galian tambang (*pit*), sehingga aerasi tanah sangat buruk, (2) pH tanah terlalu tinggi, kondisi tanah yang alkalis ini kurang

mendukung pertumbuhan vegetasi, (3) kesuburan tanah secara fisik, kimia, dan biologis sangat rendah. Fenomena ini juga menunjukkan bahwa penimbunan batuan penutup yang kemudian diratakan dengan agregat tanah yang masih keras merupakan tahap awal reklamasi yang seharusnya ditindaklanjuti oleh tahap berikutnya yaitu penaburan timbunan tersebut dengan *sub soil* dan *top soil* sebagai media tumbuh vegetasi. Adanya *sub soil* dan *top soil* yang mengandung bahan organik akan turut mendukung persyaratan minimal media pertumbuhan tumbuhan (Kustiawan dan Sutisna, 1994).

Menurut Soerianegara dan Indrawan (1976), pada tahapan suksesi terbentuknya suatu vegetasi terdiri dari tahap-tahap yang teratur dimulai dengan tahap datangnya suatu jenis tumbuhan baru ke suatu tempat tumbuh yang disebut tahap invasi, kemudian tumbuhan tadi mengadakan penyesuaian atau adaptasi, dan setelah beradaptasi hidup bersamaan dengan tumbuhan pendatang lain yang disebut dengan tahap agregasi, kemudian berlanjut dengan tahap persaingan dan bila telah mengalami keseimbangan disebut sebagai tahap stabilisasi. Dari seluruh tumbuhan pionir yang ditemukan dapat diduga jenis *Melastoma malabathricum* dan *Mikania micrantha* H.B.K. adalah jenis tumbuhan pionir yang mampu beradaptasi dengan baik di lahan bekas galian. Hal ini disebabkan kedua jenis tumbuhan ini ditemukan pada semua kedalaman.

Jenis mikroba tanah sebagai bahan bioremediasi

Hasil identifikasi terhadap mikroba tanah yang diambil dari rhizosfer tumbuhan pionir yang ditemukan pada beberapa kedalaman lahan bekas penambangan batubara milik PT. Karya Gemilang Limpah rezeki menunjukkan jenis yang tidak terlalu beragam dan didominasi oleh jenis bakteri dan jamur (Tabel 2). Terbatasnya jenis mikroorganisme yang ditemukan diduga akibat faktor lingkungan seperti pH tanah, kandungan bahan organik, dan kelembaban tanah yang belum mendukung untuk pertumbuhan mikroorganisme tanah secara cepat.

Beberapa jenis mikroba tanah yang ditemukan di atas diketahui telah banyak digunakan untuk perbaikan lahan bekas tambang sebagai bahan bioremediasi yaitu proses pemulihan polutan dengan memanfaatkan jasa makhluk hidup seperti mikroba (bakteri, fungi, khamir), tumbuhan hijau atau enzim yang dihasilkan dalam proses metabolisme (Widyati, 2008). Hasil kajian juga menunjukkan bahwa *Glomus* sp. merupakan jenis mikroba yang banyak ditemukan berasosiasi pada perakaran tumbuhan pionir. Hampir semua tumbuhan pionir yang ditemukan pada bagian perakarannya mengandung mikroba tersebut, kecuali pada genus *Euphorbia hirta*. Menurut Khan (2000) *Glomus* sp. merupakan salah satu genus cendawan Mikoriza Arbuscular (MA) yang berasosiasi dengan tumbuhan yang tumbuh pada tanah-tanah yang terkontaminasi logam berat dan telah berevolusi menjadi toleran terhadap logam berat, sehingga banyak ditemukan

berasosiasi pada tumbuhan pionir di lahan bekas tambang. Adapun mekanismenya adalah dengan cara mensekresikan senyawa penghelat logam berat seperti asam organik ke dalam rhizosfer atau dengan mengeluarkan enzim metal-reduktase yang dapat mengimobilisasi logam yang banyak terdapat di lahan pasca tambang (Davies *et al*. 2001).

Tabel 2. Jenis mikroba yang ditemukan di tanah sekitar tumbuhan pada berbagai kedalaman bekas penambangan

Rhizosfer tumbuhan	Jenis mikroba pada berbagai kedalaman bekas penambangan		
	15-20 m	21-40 m	>40 m
Melastoma malabathricum	*Bacillus* sp. *Glomus* sp. *Pseudomonas* sp. *Aspergillus* sp.	*Bacillus* sp. *Glomus* sp. *Pseudomonas* sp.	*Bacillus* sp. *Glomus* sp. *Pseudomonas* sp.
Imperata cylindrica L.	*Pseudomonas* sp. *Glomus* sp.		
Cyperus rotundus L.	*Pseudomonas* sp. *Glomus* sp.	*Glomus* sp.	
Mimosa pudica	*Rhizobium* sp. *Bacillus* sp.		
Mikania micrantha H.B.K.	*Pseudomonas* sp. *Glomus* sp. *Bacillus* sp.	*Pseudomonas* sp. *Glomus* sp. *Bacillus* sp.	*Pseudomonas* sp. *Glomus* sp. *Bacillus* sp.
Euphorbia hirta *Uraria lagopodioides* L.	*Bacillus* sp. *Pseudomonas* sp. *Glomus* sp.		

Selain *Glomus* sp, bakteri *Rhizobium* sp. dan *Bacillus* sp. juga teridentifikasi pada hasil kajian ini. Menurut Widyati (2008) kedua bakteri tersebut memiliki kemampuan mengakumulasikan Mn, Zn, dan Cu di lahan bekas tambang batubara. Demikian juga dengan bakteri *Pseudomonas* sp. yang ditemukan pada rhizosfer beberapa tumbuhan pionir juga bermanfaat sebagai agen remediasi. *Pseudomonas* sp. secara genetis membawa berbagai plasmid yang resisten terhadap arsenit/arsenat, logam berat (Ni, Co, Zn, Cd) dan plasmid degradatif. Kombinasi antara *Pseudomonas* sp. dan *cendawan endomikoriza* lebih menjanjikan untuk digunakan sebagai agen remediasi pada tanah tercemar arsen dan logam berat lainnya (Boronin and Kochetkov, 2002). Selain itu dijelaskan juga bahwa *Pseudomonas maltophilia* dikenal sebagai mikroorganisme tanah yang dapat mereduksi timbal (Saiz and Barton, 1992 *dalam* Lovley, 1995), sedangkan *Pseudomonas putida* tahan terhadap merkuri (Hg) dan dapat membersihkan merkuri ketika ditumbuhkan pada kultur yang kontinyu pada media yang kaya bahan organik (Baldi *et al.* 1993 *dalam* Lovley, 1995). Enzim yang berperan dalam reaksi ini adalah merkuri reduktase sehingga dapat ditingkatkan melalui rekayasa genetika bagi mikroba yang menghasilkan Hg (II)-reduktase (Brunke *et al*. 1993 *dalam* Lovley, 1995)

Kearney (2003) menyebutkan mikroba tanah memegang peranan yang sangat penting dalam kegiatan remediasi lahan terdegradasi yang dapat terjadi secara langsung, dimana mikroba dapat memanfaatkan polutan sebagai sumber energi dan sumber

makanannya, mikroba demikian disebut bioremediator. Golongan mikroba lain berperan dalam degradasi polutan melalui simbiosis atau asosiasi dengan tumbuhan. Mikroba ini membantu tanaman dalam menyediakan unsur hara dan air atau menghasilkan senyawa yang mampu menghelat polutan dan senyawa yang dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap toksisitas polutan (Kearney, 2003).

KESIMPULAN

Terdapat tujuh jenis tumbuhan pionir dan dua jenis diantaranya yaitu *Melastoma malabathricum dan Mikania micrantha* H.B.K merupakan jenis tumbuhan pionir yang mampu beradaptasi dengan baik dan ditemukan pada semua kedalaman galian lahan bekas tambang batubara milik PT. Karya Gemilang Limpah rezeki. Dari semua tumbuhan pionir tersebut ditemukan sejumlah mikroba baik yang berasosiasinya pada bagian akar maupun yang terdapat di tanah sekitar perakarannya (*rhizosfer*). Jenis-jenis mikroba tersebut adalah *Bacillus* sp., *Glomus* sp., *Pseudomonas* sp., *Aspergillus* sp., dan *Aspergillus* sp. Semua jenis mikroba yang ditemukan ini berdasarkan literatur terbukti bermanfaat sebagai bioremediator yang efektif dalam proses percepatan perbaikan lahan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kementerian Negara Riset dan Teknologi yang telah memberikan dana penelitian melalui program Peningkatan Kemampuan Peneliti dan Perekayasa (PKPP) tahun 2012. Pimpinan PT. Karya Gemilang Limpah Rezeki yang telah memberikan izin melakukan penelitian, dan semua pihak yang terlibat.

DAFTAR PUSTAKA

Boronin and V.V. Kochetkov. 2002. Beneficial rhizobacteria Pseudomonas for phyto-remediation of arsenical and heavy metal contaminated soil. Www.tech-db.ru/istc/db/pra.ssf/pran/2514Chen.

Davis, M.A., J.F. Murphy, and R.S. Boyd. 2001. Nickel Increases Susceptibi-lity of a Nickel Hyper-accumulator to Turnip Mozaic Virus. J. Env. Qual. 30: 85-90.

Dinas Pertambangan dan Energi Provinsi Kalimantan Tengah. 2011. Laporan Dinas Pertambangan Provinsi Kalimantan Tengah. Palangka Raya.

Khan, A.G., C. Kuek, T.M. Chaudry, C.S. Khoo, and W.J. Hayes. 2000. Role of Plants, Mycorrhyzae and Phytochelators in Heavy Metal Contaminated Land Remediation. Chemosphere 21: 197-207.

Kearney, T. 2003. Process Based Remediation of Land Contamination.http//www.undp.org.in /Programme/GEF/june/page24-25.htm.

Kustiawan, W. 1990. Some Consequences of Plantation Establishment Proceeding of Regional Seminar or Conservation for Development of Tropical Forest in Kalimantan, Indonesia-German Forestry Project in Mulawarman University, Samarinda.

Kustiawan, W. dan M. Sutisna. 1994. Rehabilitasi Lahan Bekas Penambangan Batubara di Kalimantan Timur: Evaluasi Pertumbuhan Tanaman di Lahan Bekas Galian Batubara, Laporan Penelitian PSL. Puslit Unmul, Samarinda.

Lovley, D.R. 1995. Bioremediation of Organic and Metal Contaminants with Dissimilatory Metal Reduction. Journal of Industrial Microbiology, 14: 85-93.

Sari, P.K., D. Harmanto, Wahdaniah, Herlina, dan B. Susanto. 2009. Perbaikan Lahan Bekas Tambang Batubara dengan Teknologi Probiotik (Genus Aspergillus) di Kecamatan Cempaka, Kodya Banjarbaru. PKMT-2-12-2. P: 1-12.

Soerianegara, I. dan Indrawan. 1976. Ekologi Hutan, Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Widyati, E. 2007. Formulasi Inokulum Mikroba: Ma, Bpf dan Rhizobium Asal Lahan Bekas Tambang Batubara untuk Bibit Acacia Crassicarpa Cunn. Jurnal Biodiversitas. Vol 8(3). Hlm 238-241.

Widyati, E. 2007. Pemanfaatan Bakteri Pereduksi Sulfat untuk Bioremediasi Tanah Bekas Tambang Batubara. Jurnal Biodiversitas. Vol 8(4). Hlm 283-286.

Widyati, E. 2008. Peranan Mikroba Tanah pada Kegiatan Rehabilitasi Lahan Bekas Tambang Info Hutan Vol. V (2). Hlm 151-160.

Potensi *Pseudomonas Fluorescens* Strain KTSS untuk Bioremediasi Merkuri pada Lahan Padi Sawah

66

L. Prima Santi dan D. Hadjar Goenadi

Peneliti di Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia, PT Riset Perkebunan Nusantara
Jl. Taman Kencana No.1 Bogor 16151 Phone/Fax*:* 0251-8327449/0251-8328516, email: laksmita@ibriec.org

Abstrak. Logam berat merupakan jenis polutan yang terdistribusi secara luas di dalam tanah dan mendapat perhatian secara khusus karena sifatnya yang tidak dapat terdegradasi serta dapat bertahan lama di dalam lingkungan. Limbah padat dan cair yang dihasilkan dari berbagai proses industri dan pertambangan mengandung logam berat toksik. Jenis bakteri yang resisten terhadap logam berat mungkin berada di dalam tanah dan di lokasi tambang. Apabila bakteri tersebut dapat beradaptasi pada lingkungan dengan tingkat kontaminasi logam berat yang tinggi, maka diasumsikan bahwa penggunaan bakteri tersebut sangat efektif dalam meningkatkan reduksi logam berat. Untuk memperoleh isolat bakteri yang memiliki kemampuan mereduksi merkuri (Hg), maka satu rangkaian kegiatan isolasi telah dilakukan di lokasi tambang terpilih di Sumatera Selatan. Bakteri potensial pereduksi merkuri yang telah diisolasi dari lokasi ini diidentifikasi sebagai *Pseudomonas fluorescens* strain KTSS. Inokulasi sebanyak 25% (v/b) suspensi *P. fluorescens* strain KTSS ke dalam bahan tanah yang telah ditambah dengan 5.000 ppb merkuri, dapat mereduksi sekitar 53,3% Kandungan merkuri di dalam tanah. Untuk mengembangkan teknik yang efisien dalam pemanfaatan *P. fluorescens* strain KTSS, dilaksanakan satu seri kegiatan pengujian terhadap tanaman padi di lapangan. Pertumbuhan vegetatif dan gabah kering giling padi terbaik ditunjukkan oleh perlakuan dosis standar NPK 15-15-15 yang dikombinasikan dengan 32,5-75 kg pembenah ha^{-1}.

Katakunci: Pseudomonas fluorescens, pembenah hayati tanah, merkuri, padi

Abstract*. Heavy metals are widespread pollutants in soil and become environmental concern as they are non-degradable and highly persistent. Solid and liquid wastes containing toxic heavy metals may be generated in various industrial or mining processes. A resistant heavy metals bacterium may be present in the soil and mining site. As they already preconditioned by abundant heavy metals contaminant, the use of these bacterium is assumed to be effective in improving metals reduction. To obtain bacterial isolates highly capable of mercury (Hg) reduction, isolation activities have been conducted at selected sites of mining locations in South Sumatera. The highly potential bacteria possessing mercury reducing capability has been isolated from this site i.e. Psudomonas fluorescens KTSS strain. Inoculating of 25% (v/w) suspension of P. fluorescens KTSS strain in soil material added 5,000 ppb of mercury, could reduce about 53.3% of mercury soil contents. To develop an efficient technique in improvement of P. fluorescens KTSS strain, a series of field experiment on paddy was conducted. Best vegetative growth and mill of dry grain of paddy was shown by the application of 100% standard dosage of 15-*

15-15 NPK fertilizers in combination with the addition of 32.5-75 g of P. fluorescens KTSS bio-ameliorant ha^{-1}.

Keywords: *Pseudomonas fluorescens, soil bio-ameliorant, mercury, paddy*

PENDAHULUAN

Merkuri merupakan salah satu jenis polutan yang bersifat toksik. Umumnya merkuri dihasilkan dari sumber emisi industri dan didistribusikan secara global dari sumber pengendapannya melalui atmosfer ke permukaan bumi. Bergantung pada kondisi redoks, merkuri terbentuk dalam tiga tingkatan valensi yang berbeda yaitu sebagai Hg^o, Hg_2^{2+}, dan Hg^{2+} (Barkay, 2000). Di dalam larutan tanah, fraksi Hg^{2+} hanya terbentuk dalam beberapa menit saja. Fraksi utama akan terikat dalam mineral tanah atau dijerap pada permukaan tanah, serta senyawa anorganik dan organik lainnya. Kadar merkuri di dalam tanah sangat bervariasi dan tergantung tingkat kedalaman khususnya pada tanah-tanah alami. Hal ini berarti bahwa kedalaman pengambilan contoh tanah merupakan suatu pedoman yang penting untuk memperoleh akurasi data. Pada tanah yang diolah, kadar merkuri dalam lapisan olah dengan kedalaman 0-20 cm cukup homogen karena adanya pengelolaan tanah (Alloway, 1995).

Sejumlah bakteri resisten terhadap merkuri telah diisolasi dari berbagai jenis lingkungan. Umumnya bakteri tersebut termasuk dalam kelompok baik bakteri gram negatif maupun gram positif (Nascimento and Chartone-Souza, 2003). Bakteri ini memiliki mekanisme untuk mendetoksifikasi merkuri (operon resisten merkuri (*mer*)) melalui mekanisme reduksi intraselular Hg^{2+} menjadi bentuk non toksik Hg^o oleh enzim merkuri reduktase. Bakteri gram negatif menunjukkan toleransi terhadap logam yang lebih besar daripada gram positif karena memiliki struktur dinding sel yang lebih kompleks yang mampu mengikat dan mengimobilisasi ion logam termasuk Hg^{2+}. Ahmad *et al.* (2005) mengemukakan bahwa kemampuan bakteri menghasilkan polisakarida ekstraselular dapat melindungi sel dari pengaruh toksik logam berat.

Berdasarkan kegiatan penelitian yang dilakukan di Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia, PT Riset Perkebunan Nusantara, telah diperoleh 17 isolat bakteri yang berpotensi mereduksi logam berat. Hasil seleksi awal menunjukkan bahwa *P. fluorescens* strain KTSS dapat tumbuh baik di dalam medium agar Luria Bertani dengan kandungan 4000 ppm merkuri. Namun demikian diperlukan pengujian dalam kondisi lapangan untuk memperoleh gambaran yang lebih nyata mengenai potensi tersebut. Penelitian ini bertujuan menetapkan potensi *P. fluorescens* strain KTSS yang diisolasi dari tambang batubara Bukit Asam, Sumatera Selatan dalam mereduksi merkuri di dalam tanah serta potensi pengembangannya sebagai pembenah untuk lahan sawah bermasalah terhadap merkuri.

BAHAN DAN METODE

Mikroorganisme

Bakteri yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *P. fluorescens* strain KTSS yang diisolasi dari tambang batubara wilayah penambangan PT Tambang Batubara Bukit Asam, Sumatera Selatan. Identifikasi isolat ini diperoleh berdasarkan sifat fisiologinya menggunakan *Microbact Identification Kits*. Biakan dipelihara di dalam agar miring berisi medium Luria Bertani (per liter medium): 1,0 g Tripton, 0,5 g ekstrak khamir, 0,5 g NaCl, 1,5 g bacto agar, pH 7,2. Isolat bakteri yang akan diuji ditumbuhkan dalam 50 ml medium cair Luria Bertani (LB) selama 48 jam pada suhu 28°C di atas mesin pengocok dengan kecepatan 200 rpm. Penyiapan pembenah hayati tanah bermasalah dengan bahan aktif *Pseudomonas fluorescens* strain KTSS menggunakan metode yang dikemukakan oleh Santi *et al*. (2008). Pembenah ini memiliki spesifikasi bentuk granul berdiameter 1-3 mm berwarna abu-abu gelap, pH 7,3, kadar air 16,3, dan jumlah populasi *Pseudomonas fluorescens* strain KTSS sebanyak 10^{7} - 10^{8} cfu g^{-1} contoh.

Penetapan potensi *P. fluorescens* strain KTSS

Lima puluh gram bahan tanah dimasukkan ke dalam 100 ml erlenmeyer. Sterilisasi bahan tanah dilakukan menggunakan autoklaf 121°C selama satu jam dalam tiga hari berturut-turut. Selanjutnya ke dalam 10 buah erlenmeyer yang berisi bahan tanah steril tersebut masing-masing ditambahkan 5.000 ppb merkuri dan diinkubasi dalam kondisi statis selama 24 jam. Setelah itu sebanyak 0, 25, dan 50% (v/b) suspensi bakteri dengan populasi 10^{8}–10^{12} cfu diinokulasikan ke dalam bahan tanah steril yang telah mengandung merkuri. Inkubasi dilanjutkan dalam kondisi statis selama tujuh hari pada suhu 28°C. Pada akhir inkubasi, konsentrasi merkuri terlarut air yang terdapat di dalam bahan tanah dianalisis dengan menggunakan *Atomic Absorbtion Spectrophotometer* (AAS). Dalam pengujian ini digunakan strain unggul bakteri pereduksi merkuri lainnya yang berasal dari Kalimantan Selatan (SAKS) sebagai pembanding. Analisis merkuri terlarut air dan total merkuri di dalam bahan tanah dan tanaman dilakukan dengan metode AOAC (2000).

Penetapan potensi reduksi merkuri dengan bioindikator padi varietas Ciherang di lapangan. Kegiatan penelitian dilakukan di Desa Bantar Karet, Kecamatan Nanggung, Leuwiliang , Jawa Barat. Hasil analisis tanah yang dilakukan pada saat penelitian sebagai berikut: 0,26% N; 0,003% P_2O_5; 0,006% K_2O; 2,64% C-organik; 16,46 meq $100g^{-1}$ KTK, 21,1 ppm Hg, dan pH 4,4. Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dan tiga ulangan dengan perlakuan:

(A) 100% dosis pupuk NPK Phonska (15-15-15)

(B) 100% dosis pupuk NPK + 37,5 kg pembenah hayati *P. fluorescens* strain KTSS ha^{-1}

(C) 100% dosis pupuk NPK + 75,0 kg pembenah hayati *P. fluorescens* strain KTSS ha^{-1}

(D) 50% dosis pupuk NPK + 75,0 kg pembenah hayati *P. fluorescens* strain KTSS ha^{-1}

(E) Tanpa pupuk (blanko).

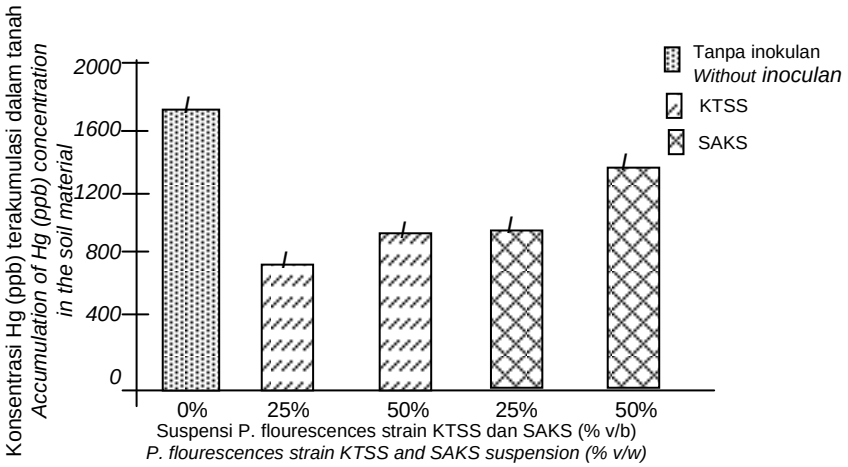
Dosis pupuk anjuran lapangan adalah 300 kg NPK Phonska (15-15-15) + 200 kg urea ha^{-1}. Pembenah diberikan satu hari sebelum tanam dengan cara pembenaman ke dalam tanah. Sementara itu, 300 kg NPK Phonska (15-15-15) diberikan sekaligus pada tujuh hari setelah tanam (HST) dan 200 kg pupuk urea diberikan secara sebar (*broadcast*) sebanyak tiga kali pemupukan pada umur tanaman 7, 21, dan 42 HST. Ukuran petak 5 x 6 m dengan pembatas petak berupa pematang dengan lebar 20-30 cm dan tinggi 30 cm. Padi varietas Ciherang ditanam-pindah pada umur 15 hari setelah pembibitan dan selanjutnya ditanam dengan sistem legowo 2:1 berjarak tanam 12,5 x 25 x 50 cm dengan dua bibit per lubang tanam. Pengambilan sampel tanah dilakukan pada 15 titik lalu dikompositkan untuk dianalisis sifat kimia tanah dan kandungan merkuri. Pengamatan terhadap perkembangan jumlah anakan (rumpun) dan tinggi tanaman (cm) pada 7, 14, 21, 42, dan 63 HST dilakukan dengan mengukur sampel tanaman sebanyak 10 rumpun per petak perlakuan. Sementara itu, peubah yang diamati untuk mengetahui produktivitas tanaman meliputi: (i) jumlah anakan produktif, (ii) malai isi, (iii) gabah kering panen (GKP), dan (iv) gabah kering giling (GKG). Data yang diperoleh diolah dengan analisis sidik ragam dan untuk membandingkan hasil dari tiap perlakuan dilakukan uji lanjut dengan uji jarak berganda Duncan taraf 5% (Steel and Torrie, 1980).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penetapan potensi *Pseudomonas fluorescens* strain KTSS

Berdasarkan hasil penelitian ini, pemberian inokulan *P. fluorescens* strain KTSS sebanyak 25% (v/b) ke dalam 50 g bahan tanah steril dengan masa inkubasi selama tujuh hari pada suhu 28°C dapat menurunkan konsentrasi merkuri lebih banyak jika dibandingkan dengan tanpa inokulan ataupun perlakuan dengan *P. fluorescens* strain SAKS (isolat pembanding). Jumlah suspensi *P. fluorescens* strain KTSS maupun SAKS yang ditambahkan ke dalam bahan tanah dengan konsentrasi 25% (v/b) lebih optimal menurunkan konsentrasi merkuri jika dibandingkan dengan 50% (v/b) (Gambar 1).

Apabila dibandingkan dengan tanpa inokulan, maka potensi reduksi merkuri oleh *P. fluorescens* strain KTSS dan SAKS masing-masing sebesar 53,3 dan 40,1% untuk 25% (v/b) serta 41,9 dan 16,3% untuk 50% (v/b) suspensi inokulan. Hasil ini perlu dikaji lebih lanjut untuk penerapan atau penelitian di lapangan.



Gambar 1. Pengaruh dosis inokulan *P. fluorescens* strain KTSS dan SAKS terhadap konsentrasi merkuri terakumulasi di dalam bahan tanah setelah tujuh hari inkubasi pada suhu ruang. Tanda bar (I) adalah standar error (SE)

Pada kondisi lapangan, merkuri berada dalam valensi yang berbeda. Hal ini sangat tergantung pada kondisi redoks yang memungkinkannya sebagai Hg^0 dan Hg^{2+}. Bentuk Hg^0 dan Hg^{2+} sering dijumpai di dalam tanah. Lebih lanjut dikemukakan bahwa redoks potensial, pH, dan konsentrasi Cl^- merupakan peubah kunci dalam menetapkan spesifikasi bentuk merkuri di dalam larutan tanah (Alloway, 1995). Hanya beberapa menit saja fraksi Hg^{2+} berada di dalam tanah, sebagian besar fraksi akan terikat di dalam mineral tanah atau diabsorbsi pada permukaan padat, bahan anorganik dan organik. Oleh karena itu di dalam kegiatan penelitian ini, konsentrasi merkuri yang dapat diukur kembali di dalam bahan tanah dengan perlakuan tanpa inokulan berkurang cukup signifikan jika dibandingkan dengan pemberian awal sebesar 5.000 ppb. Namun konsentrasi merkuri terlarut air yang tersisa di dalam bahan tanah tanpa inokulan bakteri ini masih lebih tinggi (1.670 ppb) jika dibandingkan dengan perlakuan inokulasi 25% (v/b) suspensi *P. fluorescens* strain KTSS dan SAKS yaitu masing-masing 780 dan 1.000 ppb.

Penetapan potensi reduksi merkuri dengan bioindikator padi varietas Ciherang di lapangan

Lokasi penelitian berada di dalam wilayah Kecamatan Nanggung, Provinsi Jawa Barat, dekat tambang emas. Berdasarkan analisis awal bahan tanah dari lahan yang digunakan untuk uji penetapan potensi reduksi merkuri oleh isolat *P. fluorescens* strain KTSS tersebut diketahui bahwa kadar merkuri mencapai 21,1 ppm. Kontaminasi merkuri

dalam tanah yang terdapat di lokasi ini dapat terjadi karena proses alamiah seperti pelapukan batuan, pengolahan emas dengan cara amalgamasi, dan kegiatan industri lainnya yang menggunakan bahan baku merkuri. Selama kegiatan penelitian berlangsung, pengamatan pertumbuhan padi dilakukan dalam lima periode hari setelah tanam (HST). Pada pengamatan akhir (63 HST) diketahui bahwa pemberian 100% dosis pupuk NPK 15-15-15 yang dikombinasikan dengan 37,5-75 kg pembenah ha^{-1} umumnya menghasilkan pertumbuhan vegetatif dan produksi yang lebih baik apabila dibandingkan dengan pemberian 100% dosis pupuk NPK 15-15-15. Indikasi ini terutama terlihat pada jumlah anakan (rumpun) dan malai isi. Sementara itu peubah tinggi tanaman, gabah kering panen (GKP), anakan produktif, dan gabah kering giling (GKG) walaupun hasil yang diperoleh lebih tinggi, tetapi berdasarkan uji statistik tidak berbeda nyata dengan perlakuan 100% dosis pupuk NPK 15-15-15. Produktivitas padi varietas Ciherang yang ditunjukkan melalui hasil penimbangan GKG untuk perlakuan 100% dosis pupuk NPK 15-15-15 dan 37,5-75 kg pembenah ha^{-1} berturut-turut adalah 13,74 dan 13,84 kg 30 m^{-2}. Jika dikonversi dalam satu hektar maka nilai GKG tersebut menjadi 4,58 dan 4,61 ton ha^{-1} (Tabel 1).

Tabel 1. Pertumbuhan dan produktivitas padi varietas Ciherang dengan perlakuan pembenah berbahan aktif *P. fluorescens* strain KTSS

Perlakuan	Peubah					
	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah anakan	Anakan produktif	Malai isi	Gabah kering panen (kg 30 m^{-2})	Gabah kering giling (kg 30 m^{-2})
100% dosis pupuk NPK 15-15-15	84,6 a[*)]	16,7 abc	18,5 ab	83,9 b	16,2 a	13,72 a
100% dosis pupuk NPK 15-15-15 + 37,5 kg pembenah ha^{-1}	86,5 a	18,1 ab	23,0 a	117,9 a	16,6 a	13,74 a
100% dosis pupuk NPK 15-15-15 + 75 kg pembenah ha^{-1}	87,2 a	19,2 a	21,9 a	114, a	16,2 a	13,84 a
50% dosis pupuk NPK 15-15-15 + 75 kg pembenah ha^{-1}	80,9 a	13,8 c	16,9 ab	113,7 a	12,6 b	10,79 b
Tanpa pupuk (blanko)	73,4 b	14,5 bc	14,7 b	86,3 b	12,2 b	10,25 b

[*)] Angka dalam kolom yang sama yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji jarak ganda Duncan ($P<0,05$).

Beberapa strain *P. fluorescens* lebih dikenal sebagai *plant growth-promoting rhizobacteria* (PGPR) yang memiliki kemampuan menghasilkan aktivitas deaminase 1-amino siklopropana-1-karboksilat (ACC), asam indol asetat (IAA), dan siderofor (Shilev *et al*. 2007). Dengan kemampuan adaptasi yang tinggi dari bakteri ini akan memungkinkan terbentuk simbiosis dengan tanaman sebagai mikrosimbion. Mikrosimbion penting dalam meminimalisir pengaruh polutan di dalam tanah terutama polutan logam berat yang bersifat *mobile.* Pengaruh pemberian pembenah dengan bahan aktif *P. fluorescens* strain KTSS yang diperoleh dari kegiatan di lapangan masih memerlukan uji lanjut untuk

memperoleh konsistensi data. Pengujian disarankan minimal dalam dua periode musim tanam di tempat yang sama. Selain itu pula konsistensi hasil diperlukan melalui uji multi lokasi dengan kondisi masalah logam berat di dalam tanah. Data analisis laboratorium menunjukkan bahwa ada sedikit peningkatan nilai pH tanah dengan perlakuan pupuk dan pembenah jika dibandingkan dengan tanpa pupuk. Sementara itu kadar merkuri di dalam tanah dengan pemberian pembenah cenderung lebih rendah jika dibandingkan dengan pemberian pupuk NPK 15-15-15 atau tanpa pupuk (Tabel 2). Di lain pihak, kandungan merkuri di dalam beras dari lokasi uji tidak berbeda antar perlakuan. Kadar merkuri di dalam beras uji tergolong tinggi berdasarkan batas maksimum cemaran logam merkuri yang dinyatakan dalam SNI 7387 tahun 2009 tentang batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan yaitu sebesar 0,03 mg kg^{-1}.

Tabel 2. Analisis kimia bahan tanah Bantar Karet-Nanggung yang diperlakukan dengan pembenah, 92 hari setelah tanam

Perlakuan	Analisis				
	pH	P_2O_5 (%)	C-org (%)	Rata-rata kadar merkuri dalam tanah (ppm)	Rata-rata kadar merkuri dalam beras (ppm)
100% dosis pupuk NPK 15-15-15	5,2	0,06	2,86	10,0	0,6
100% dosis pupuk NPK 15-15-15 +37,5 kg pembenah ha^{-1}	5,3	0,06	3,00	7,4	0,5
100% dosis pupuk NPK 15-15-15 +75 kg pembenah ha^{-1}	5,4	0,06	3,04	6,9	0,5
50% dosis pupuk NPK15-15-15 + 75 kg pembenah ha^{-1}	5,1	0,05	2,64	6,5	0,5
Tanpa pupuk (blanko)	4,9	0,06	2,53	7,9	0,5

Sebagaimana yang dikemukakan oleh Alloway (1995) bahwa jumlah merkuri di dalam tanah pertanian dapat bertambah karena adanya aplikasi pupuk, kapur, dan kotoran ternak. Namun demikian, asumsi bahwa pemberian pupuk NPK dapat meningkatkan konsentrasi merkuri di dalam bahan tanah perlu dikaji lebih dalam, mengingat banyak faktor di dalam tanah yang dapat mempengaruhi mobilisasi logam ini, antara lain pencucian, jumlah bahan organik (Yin *et al*. 1996), pengikatan oleh ion-ion bermuatan negatif dalam larutan tanah, pH tanah, kondisi redoks, dan penjerapan oleh liat (Alloway, 1995).

Tanah di lokasi percobaan memiliki pH 4,4. Pada kondisi tersebut, merkuri diduga dalam bentuk $HgCl_2$. Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan Alloway (1995) bahwa pada pH di bawah 5,5 bentuk merkuri yang dominan di dalam larutan tanah adalah $HgCl_2$, dan pada pH tersebut bahan organik mungkin juga dapat berperan dalam penjerapan merkuri. Kadar bahan organik 2,53-3,04% yang termasuk katagori sedang di lokasi penelitian ini akan berdampak meningkatkan pertumbuhan dan aktivitas *P. fluorescens* strain KTSS. Interaksi antara bahan organik dan bakteri memungkinkan bagi penjerapan dan reduksi konsentrasi merkuri terlarut di dalam tanah. Hasil ini mendukung pernyataan Ettler *et al*. (2007) bahwa kontaminasi merkuri lebih banyak dijumpai pada tanah-tanah masam, dimana konsentrasi total merkuri yang terjerap dalam tanah masam akan lebih tinggi apabila dibandingkan dengan bentuk terlarut.

KESIMPULAN

Pseudomonas fluorescens strain KTSS memiliki potensi mereduksi logam merkuri. Jumlah suspensi *P. fluorescens* strain KTSS yang ditambahkan ke dalam bahan tanah dengan konsentrasi 25% (v/b) lebih optimal menurunkan konsentrasi merkuri jika dibandingkan dengan 50% (v/b). Pemberian 100% dosis pupuk NPK 15-15-15 yang dikombinasikan dengan 37,5-75 kg pembenah hayati *P. fluorescens* strain KTSS ha^{-1} menghasilkan pertumbuhan vegetatif dan produksi padi yang lebih baik serta kadar merkuri di dalam tanah yang lebih rendah apabila dibandingkan dengan pemberian 100% dosis pupuk NPK 15-15-15 atau tanpa pupuk (blanko). Namun demikian, diperlukan justifikasi lebih lanjut mengenai indikasi potensi *P. fluorescens* strain KTSS dalam mereduksi merkuri melalui uji coba dua musim tanam atau uji multi lokasi di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, I., S. Hayat, A. Ahmad, A. Inam, and Samiullah. 2005. Effect of heavy metal on survival of certain groups of indigenous soil microbial population. J. Appl. Sci. Environ. Mgt., 9(1): 115-121.

Alloway, B.J. 1995. Heavy Metal in Soils. London, Blackie Academic and Professional.

AOAC (The Association of Official Analytical Chemists). 2000. W. Horwitz ed. (17th ed.) AOAC International Suite 500 North Frederick Avenue, Maryland-USA

Barkay, T. 2000. Mercury cycle. Encyclopedia of Microbiology, 3: 171-181.

Ettler, V., J. Rohovec, T. Navratil, and M. Mihaljevic. 2007. Mercury distribution in soil profiles polluted by lead smelting. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 78: 12-16.

Nascimento, A.M.A and E. Chartone-Souza. 2003. Operon mer: Bacterial resistance to mercury and potential for bioremediation of contaminated environments. Genet. Mol. Res., 2(1): 92-101.

Santi, L.P, A. Dariah, dan D.H. Goenadi. 2008. Peningkatan kemantapan agregat tanah mineral oleh bakteri penghasil eksopolisakarida. Menara Perkebunan 76 (2): 92-102.

Shilev, S., A.F. Lopez, M.S. Prieto, and E.D.S. Puebla. 2007. Induced protein profile change in arsenate tolerant and sensitive *Pseudomonas fluorescens* strains. J. Environ. Eng. Land. Manag., 25(4): 221-226.

SNI (Standar Nasional Indonesia). 2009. Batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan. SNI 7387:2009. Badan Standarisasi Nasional.

Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. 1980. Principles and Procedures of Statistics. A Biometrical Approach. 2 nd ed. New York, McGraw-Hill.

Yin, Y.J., H.E. Allen, Y.M. Li, C.P. Huang, and P.F. Sanders. 1996. Adsorption of mercury (II) by soil: effects of pH, chloride, and organic matter. J. Environ. Qual. 25: 837-844.

Pengaruh Mikroba Konsorsia Tanah dalam Mendegradasi Insektisida Golongan Organoklorin di Dalam Tanah

67

Eman Sulaeman dan Asep Nugraha Ardiwinata

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Pati

Abstrak. Penggunaan pestisida secara luas dan kurang bijaksana dapat menyebabkan dampak negatif terhadap lingkungan, hama bukan sasaran, maupun terhadap manusia. Insektisida sampai saat ini dianggap petani sebagai salah satu cara yang mampu menyelamatkan hasil pertanian. Insektisida yang disemprotkan sebagian besar akan terbawa oleh angin dan jatuh kepermukaan tanah, insektisida dari tanah dapat berpindah ke tanaman pangan dan terakumulasi di tanaman maupun produknya, sehingga dapat membahayakan manusia. Upaya untuk mengurangi kontaminasi pestisida di lahan pertanian yang tercemar sangat diperlukan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah menggunakan bioremediasi. Bioremediasi adalah proses membersihkan limbah organik di lingkungan dengan menggunakan sistem biologi, termasuk menggunakan mikroba untuk mendegradasi dan mendetoksifikasi polutan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian mengenai peranan mikroba tanah dalam mendegradasi insektisida berbahan aktif lindan, aldrin, dieldrin, endosulfan, dan DDT di tanah. Penelitian peran mikroba sebagai pendegradasi insektisida organoklorin dalam tanah dilakukan pada tahun 2011 di laboratorium residu bahan agrokimia Bogor. Perlakuan dirancang dengan menggunakan rancangan acak kelompok dengan 2 perlakuan dan 3 ulangan, perlakuan pertama terdiri dari 5 jenis insektisida (lindan, aldrin, dieldrin, endosulfan dan DDT) dan perlakuan kedua penambahan kultur mikroba konsorsia tanah sebanyak 5 dan 10 ml serta kontrol (tanpa mikroba). Hasil penelitian menunjukkan penambahan mikroba konsorsia sebanyak 5 ml pada 72 jsa dapat menurunkan insektisida aldrin dalam tanah sebesar 37,42%, dan penambahan 10 ml mikroba pada 72 jsa dapat menurunkan insektisida aldrin dalam tanah sebesar 37,54%

Kata kunci: Pencemaran, insektisida, organoklorin, mikroba

Abstract. *Pests and plant diseases control by using insecticides until now considered as a way farmers could save the farm. Over and miss use of insecticides in agriculture can leave a residue of insecticides on crops and polluting the environment. Over use of insecticides that can move from soil, food crops, plants and accumulated to their products, so it can be harmful if consumed by humans. Therefore, efforts to reduce insecticides contamination in the polluted farm land is indispensable. One effort that can be done is to use bioremediation. Bioremediation is the cleaning process of organic waste in the environment by using biological systems, including the use of microbes to degradation and detoxifycation of pollutants. Therefore, it is necessary to study the role of soil microbes in degrading organochlorines insecticides with active ingredient actif lindan, aldrin, dieldrin, endosulfan and DDT in the soil. Research the role of microbes as degrading actif lindan, aldrin, dieldrin, endosulfan and DDT in the soil conducted in 2011*

in the laboratory of agrochemical residues at Bogor. The treatment is designed by using randomized block design with two treatments and three replications. The first treatment consisted of lindan, aldrin, dieldrin, endosulfan and DDT, second treatment culture of soil consortia microbial were 5 and 10 ml and the control (no microbes). The results showed the addition of microbial consortia by 5 ml at 72 soil microbes treatmen can degrade the soil insecticides aldrin of 37.42%, and the addition of 10 ml at 72 soil microbes treatmen, microbes can degrade the soil insecticides aldrin of 37.54%.

Keywords: *Pollution, insecticides, organochlorines, soil microbial*

PENDAHULUAN

Masalah besar yang dihadapi oleh negara berkembang adalah limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) yang timbul akibat buangan industri dan rumah tangga serta penggunaan limbah bahan kimia untuk pertanian. Salah satu limbah tersebut adalah pestisida. Akumulasi residu pestisida diakibatkan adanya adsorbsi oleh tanah.

Organoklorin adalah senyawa insektisida yang mengandung atom karbon, klor, dan hidrogen. Senyawa ini sering juga disebut sebagai hidrokarbon klorinat, klorinat organik, insektisida klorinat atau klorinat sintetis. Golongan organoklorin terbagi 3 golongan utama yaitu p, p-diklorodifenil-trikloroetan (DDT), benzena heksa klorida (BHC) dan siklodien. Pada umumnya semua subgolongan ini mempunyai sifat-sifat kimia yang hampir sama, daya larutnya dalam air sangat rendah jika dibandingkan dengan daya larut dalam pelarut organik. Senyawa organoklorin memberikan pengaruh terhadap sistem saraf yang lokasinya berbeda-beda tergantung dari jenis senyawanya.

Insektisida yang ada di alam tersebut harus didegradasi. Degradasi pestisida adalah perubahan struktur kimia pestisida oleh agen-agen tertentu menjadi senyawa lain yang kurang beracun. Dalam ekosistem tanah terdapat berbagai jenis mikroba tanah, seperti bakteri, fungi, protozoa, dan alga. Mikroba dalam ekosistem tanah memiliki berbagai peranan, antara lain mendekomposisi residu tumbuhan, hewan, dan mikroba, sebagai pemacu dan pengatur laju mineralisasi unsur-unsur hara dalam tanah, sebagai penambat unsur-unsur hara dan transformasi elemen-elemen dalam tanah (Killham, 1994).

Biodegradasi adalah penghancuran polutan dan limbah padat oleh aksi mikroorganisme. Jika suatu pestisida kontak dengan spesies mikroba, terdapat empat kemungkinan terhadap pestisida tersebut. Pertama, molekul pestisida terdegradasi oleh mikroba dan menjadikannya sebagai substrat untuk pertumbuhan dan energi. Kedua, mikroba akan mendegradasinya tetapi transformasi yang terjadi tidak memberikan energi untuk pertumbuhannya, hal ini dinamakan proses kemotabolisme. Ketiga, mikroba melakukan konjugasi molekul pestisida dengan senyawa yang terdapat di alam. Keempat, pestisida terakumulasi di dalam sel mikroba tersebut.

Bioremediasi merupakan teknik yang potensial untuk membersihkan daerah terkontaminasi bahan pencemar (Blasco *et al*. 1997; Laine dan Jorgensen, 1996). Terdapat tiga prinsip dalam teknologi bioremediasi, yaitu pelepasan langsung mikroba ke lingkungan terkontaminasi, peningkatan kemampuan mikroba indigenous (asli) dan penggunaan mikroba dalam reaktor khusus (Portier, 1991).

Hubbel *et al*. (1973); Mora *et al*. (1996); Mohapatra and Asworth (1997) melaporkan bahwa *Pseudomonas stuzeri* dan *Bacillus pumilis* berperan dalam meningkatkan degradasi karbofuran hingga mencapai 96% dalam waktu 10 hari. Pendapat yang sama juga dikemukan oleh Watanabe (1973) dan Tirol *et al*. (1981) bahwa degradasi insektisida organoklorin, karbofuran, dan BHC di dalam tanah disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme. Mikroorganisme yang berperan antara lain, Clostridium (pendegradasi insektisida organoklorin) dan Flavobacterium (pendegradasi insektisida organofosfat).

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi mengenai kemampuan mikroba konsorsia tanah dalam mendegradasi insektisida berbahan aktif lindan, aldrin, dieldrin, endosulfan, dan DDT di tanah.

Bahan dan metode

Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari kolom kromatografi, neraca analitik, *rotary evaporator* dan kromatografi gas varian 450 GC yang dilengkapi dengan *electron capture detector* (ECD). Bahan yang digunakan dalam praktik lapangan ini adalah larutan mikroba tanah hasil biakan di laboratorium, standar insektisida golongan organoklorin (lindan, aldrin, dieldrin, endosulfan dan DDT), tanah inseptisol.

Tanah ditimbang sebanyak 50 gr lalu dimasukkan dalam gelas plastik, setiap perlakuan ditambahkan 40 ml aquades dan diulang tiga kali. Larutan standar lindan, aldrin, dieldrin, endosulfan dan DDT ditambahkan pada masing-masing perlakuan sehingga didapat konsentrasi masing-masing dalam perlakuan 2,0 ppm. Penambahan mikroba konsorsia sebanyak 5 dan 10 ml dan kontrol (tanpa mikroba). Semua perlakuan diinkubasi pada suhu ruang dan diamati pada 12, 24, 36, dan 72 jam. Tanah hasil sampling masing-masing waktu inkubasi dikering-anginkan selama 2 hari lalu dihaluskan sampai berukuran 50 mesh. Timbang sebanyak 25 gr tanah dan masukkan ke dalam labu Erlenmeyer, tambahkan 50 ml aseton dan 50 ml diklorometan kemudian diamkan selama 24 jam. Larutan tersebut dipipet sebanyak 25 ml dan dipekatkan sampai 1 ml, hasil pemekatan dibilas dengan aseton sampai 10 ml. Penetapan residu lindan, aldrin, dieldrin, endosulfan dan DDT dilakukan dengan alat kromatografi gas Varian 450 GC, metode analisis residu insektisida mengikuti prosedur analisis yang ditetapkan oleh Dirjen Tanaman Pangan (2006).

Identifikasi insektisida organoklorin menggunakan gas kromatografi Varian 450 GC yang dilengkapi dengan detektor *electron capture detector* (ECD), kolom VF 17, temperatur injektor 250°C, detektor 300°C dan temperatur kolom 150-250°C. Kandungan residu yang terdapat di dalam contoh tanah dihitung berdasarkan rumus:

$$\text{Residu Insektisida (ppm)} = \frac{Ac \times Vis \times Ks \times Vfc}{As \times Vic \times B}$$

Keterangan:
Ac = area contoh (µV)
As = area standar (µV)
Vic = volume injeksi contoh (µL)
Vis = volume injeksi standar (µL)
Ks = konsentrasi standar (ppm)
B = bobot contoh (g)

Limit deteksi (LoD) dari suatu metode analisis adalah nilai parameter penentuan kuantitatif senyawa yang terdapat dalam konsentrasi rendah dalam matriks. Limit deteksi dinyatakan dalam konsentrasi analit (persen, bagian per satu juta) dalam sampel, penentuan batas deteksi dapat dihitung berdasarkan pada standar deviasi (SD) respon dan rata-rata hasil pengukuran blangko atau spike yang kita buat, nilai LoD dihitung dengan rumus:

$$\text{LoD} = \text{Rata-rata} + 3\ \text{SD}$$

Keterangan:
LoD = Limit deteksi (ppm)
SD = Standar Deviasi

Persen perolehan kembali dinyatakan sebagai rasio antara hasil yang diperoleh dengan hasil yang sebenarnya. Perhitungan perolehan kembali ditetapkan dengan rumus sebagai berikut (Harmita, 2004):

$$\%\ \text{Perolehan kembali (recovery)} = \{(C_F - C_A) / C^*_A\} \times 100$$

Keterangan:
C_F = konsentrasi total contoh yang diperoleh dari pengukuran
C_A = konsentrasi contoh sebenarnya
C^*_A = konsentrasi residu insektisida yang ditambahkan

Hasil dan Pembahasan

Limit deteksi dilakukan dengan cara mengukur contoh tanah yang telah diperkaya oleh bahan aktif organoklorin (lindan, aldrin, dieldrin, endosulfan dan DDT) dengan

konsentrasi 0,01 ppm. Pengukuran dilakukan sebanyak sepuluh kali. Hasil pengukuran limit deteksi metode analisis residu insektisida lindan adalah 0,019, aldrin 0,016, dieldrin 0,020, endosulfan 0,024 dan DDT 0,023 ppm. Hasil ini menunjukkan bahwa metode yang digunakan untuk menganalisis residu insektisida organoklorin pada tanah adalah dengan konsentrasi minimal seperti tersebut di atas (Tabel 1).

Tabel 1. Limit deteksi metode analisis residu insektisida organoklorin pada contoh tanah.

Spike no	Spike hitung (µg g^{-1})				
	lindan	aldrin	dieldrin	endosulfan	DDT
1	0,011	0,009	0,010	0,015	0,017
2	0,010	0,011	0,012	0,011	0,018
3	0,009	0,010	0,013	0,010	0,016
4	0,010	0,010	0,010	0,017	0,016
5	0,009	0,010	0,013	0,010	0,020
6	0,015	0,009	0,009	0,015	0,019
7	0,016	0,016	0,009	0,020	0,014
8	0,012	0,010	0,009	0,015	0,019
9	0,011	0,010	0,019	0,016	0,018
10	0,010	0,010	0,011	0,017	0,017
Rataan	0,011	0,010	0,011	0,015	0,017
SD	0,003	0,002	0,003	0,003	0,002
RSD	0,226	0,190	0,261	0,225	0,106
LoD = rataan+ (3XSD)	0,019	0,016	0,020	0,024	0,023

Akurasi metode analisis yang digunakan ditentukan dengan menguji nilai perolehan kembali (*recovey test*), nilai perolehan kembali dilakukan dengan menambahkan bahan aktif pestisida dengan konsentrasi tertentu, tanah yang sudah diketahui konsentrasinya di analisis sesuai metode yang digunakan. Dari hasil analisis didapat nilai perolehan kembali untuk insektisida lindan sebesar 100,563, aldrin 107,682, dieldrin 102,232, endosulfan 103,930 dan 98,989%. Metode analisis residu pestisida dapat dikatakan baik dan bisa digunakan oleh laboratorium bila mempunyai nilai perolehan kembali sebesar 80-110%. Berdasarkan hasil pengujian pestisida di atas, semua bahan aktif organoklorin mempunyai nilai yang masuk dalam persyaratan uji perolehan kembali. Dengan demikian metode analisis tersebut dapat digunakan oleh laboratorium.

Penambahan mikroba konsorsia bertujuan untuk meningkatkan populasi mikroba di dalam tanah yang akan diberi perlakuan insektisida organoklorin. Hasil analisis pada tanah sebelum diberi perlakuan mempunyai populasi mikroba *Azospirrillum* sp. sebanyak $1,3 \times 10^8$ cfu g^{-1}, *Azotobacter* sp. $4,7 \times 10^8$ cfu g^{-1}, *Bacillus* sp. $1,2 \times 10^9$, *Chromobacterium* sp. $2,5 \times 10^8$, *Pseudomonas* sp. $2,3 \times 10^8$. Pemberian perlakuan larutan insektisida lindan, aldrin, dieldrin, endosulfan dan DDT (P1-P5) dengan konsentrasi 2.0 ppm pada tanah tanpa penambahan mikroba konsorsia (M0) berpengaruh terhadap populasi mikroba tersebut. Pestisida dieldrin dan endosulfan merupakan pestisida yang

paling besar dalam menurunkan populasi mikroba. Insektisida dieldrin menurunkan *Azospirrillum* sp. menjadi $2{,}3 \times 10^6$ cfu g^{-1}, *Azotobacter* sp. $3{,}9 \times 10^6$ cfu g^{-1}, *Bacillus* sp. $2{,}9 \times 10^7$, *Chromobacterium* sp. $2{,}0 \times 10^7$, dan *Pseudomonas* sp. $2{,}6 \times 10^6$, demikian juga pada penambahan insektisida endosulfan terjadi penurunan populasi mikroba sebesar *Azospirrillum* sp. menjadi $2{,}0 \times 10^7$ cfu g^{-1}, *Azotobacter* sp. $3{,}3 \times 10^6$ cfu g^{-1}, *Bacillus* sp. $3{,}6 \times 10^6$, *Chromobacterium* sp. $2{,}7 \times 10^7$, dan *Pseudomonas* sp. $5{,}5 \times 10^6$ (Tabel 1). Penurunan populasi mikroba pada perlakuan tersebut dimungkinkan mikroba belum dapat beradaptasi dengan baik dengan kondisi lingkungan yang mengandung insektisida organoklorin tersebut, sehingga sebagian mikroba ada yang mati.

Tabel 2. Nilai perolehan kembali metode analisis residu insektisida organoklorin pada contoh tanah.

Spike no	Perolehan kembali (%)				
	lindan	aldrin	dieldrin	endosulfan	DDT
1	111,743	113,663	91,519	91,55	112,846
2	105,614	109,954	114,247	106,94	84,419
3	88,575	106,649	107,953	102,05	94,777
4	97,392	92,232	96,169	107,78	111,474
5	102,369	105,389	110,418	115,39	97,102
6	100,166	101,403	96,660	105,08	96,220
7	98,081	124,486	98,661	98,72	96,086
Rataan	100,563	107,682	102,232	103,930	98,989

Penambahan mikroba konsorsia bertujuan untuk meningkatkan populasi mikroba di dalam tanah yang akan diberi perlakuan insektisida organoklorin. Hasil analisis pada tanah sebelum diberi perlakuan mempunyai populasi mikroba *Azospirrillum* sp. sebanyak $1{,}3 \times 10^8$ cfu g^{-1}, *Azotobacter* sp. $4{,}7 \times 10^8$ cfu g^{-1}, *Bacillus* sp. $1{,}2 \times 10^9$, *Chromobacterium* sp. $2{,}5 \times 10^8$, *Pseudomonas* sp. $2{,}3 \times 10^8$. Pemberian perlakuan larutan insektisida lindan, aldrin, dieldrin, endosulfan dan DDT (P1-P5) dengan konsentrasi 2.0 ppm pada tanah tanpa penambahan mikroba konsorsia (M0) berpengaruh terhadap populasi mikroba tersebut. Pestisida dieldrin dan endosulfan merupakan pestisida yang paling besar dalam menurunkan populasi mikroba. Insektisida dieldrin menurunkan *Azospirrillum* sp. menjadi $2{,}3 \times 10^6$ cfu g^{-1}, *Azotobacter* sp. $3{,}9 \times 10^6$ cfu g^{-1}, *Bacillus* sp. $2{,}9 \times 10^7$, *Chromobacterium* sp. $2{,}0 \times 10^7$, dan *Pseudomonas* sp. $2{,}6 \times 10^6$, demikian juga pada penambahan insektisida endosulfan terjadi penurunan populasi mikroba sebesar *Azospirrillum* sp. menjadi $2{,}0 \times 10^7$ cfu g^{-1}, *Azotobacter* sp. $3{,}3 \times 10^6$ cfu g^{-1}, *Bacillus* sp. $3{,}6 \times 10^6$, *Chromobacterium* sp. $2{,}7 \times 10^7$, dan *Pseudomonas* sp. $5{,}5 \times 10^6$ (Tabel 1). Penurunan populasi mikroba pada perlakuan tersebut dimungkinkan mikroba belum dapat beradaptasi dengan baik dengan kondisi lingkungan yang mengandung insektisida organoklorin tersebut, sehingga sebagian mikroba ada yang mati.

Penambahan larutan mikroba konsorsia sebanyak 5 ml pada tanah tercemar secara umum masih belum meningkatkan populasi mikroba dalam tanah, hanya beberapa

mikroba yang dapat meningkatkan populasinya. Pada perlakuan aldrin dengan penambahan 5 ml mikroba (P1M1) peningkatan populasi hanya terjadi pada spesies *Azospirrillum* sp. menjadi $3,2 \times 10^8$ cfu g^{-1}, *Azotobacter* sp. $5,2 \times 10^8$ cfu g^{-1}, dan *Pseudomonas* sp. $4,7 \times 10^8$ sedangkan pada perlakuan dieldrin penambahan mikroba 5 ml (P3M1) peningkatan mikroba terjadi pada spesies *Azospirrillum* sp. menjadi $4,5 \times 10^9$ cfu g^{-1} dan *Chromobacterium* sp. $2,7 \times 10^9$. Penambahan mikroba sebanyak 10 ml secara umum dapat meningkatkan populasi mikroba dalam tanah, populasi mikroba konsorsia terutama terjadi pada spesies *Azospirrillum* sp., *Azotobacter* sp., dan *Pseudomonas* sp., mengalami peningkatan sepuluh kali lipat dari populasi awal, peningkatan populasi hal ini disebabkan oleh kemampuan beradaptasi mikroba tersebut dalam tanah tercemar sehingga dapat berkembang dengan baik.

Hasil analisis residu insektisida organoklorin (lindan, aldrin, dieldrin, endosulfan dan DDT) pada 24 jam setelah aplikasi menunjukan bahwa terjadi penurunan konsentrasi residu dari konsentrasi sebelumnya sebesar 2,0 ppm, baik tanpa penambahan maupun dengan penambahan mikroba. Penurunan konsentrasi residu insektisida pada tanah tanpa penambahan mikroba ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti faktor waktu, kondisi ruangan maupun mikroba yang ada di tanah yang masih bertahan hidup meskipun kondisi tanahnya mengandung pencemar insektisida organoklorin (Tabel 3).

Tabel 3. Populasi mikroorganisme yang berkaitan dengan degradasi residu insektisida organoklorin pada tanah

Perlakuan	Populasi mikroorganisme (cfu g^{-1})				
	Azospirrillum, sp.	Azotobacter, sp.	Bacillus, sp.	Chromobacterium, sp.	Pseudomonas, sp.
Sebelum perlakuan	$1,3 \times 10^8$	$4,7 \times 10^8$	$1,2 \times 10^9$	$2,5 \times 10^8$	$2,3 \times 10^8$
P1M0	$1,2 \times 10^7$	$3,7 \times 10^8$	$2,2 \times 10^7$	$2,9 \times 10^7$	$2,4 \times 10^6$
P2M0	$1,6 \times 10^7$	$4,1 \times 10^8$	$2,5 \times 10^7$	$2,3 \times 10^6$	$2,7 \times 10^6$
P3M0	$2,3 \times 10^6$	$3,9 \times 10^6$	$2,9 \times 10^7$	$2,0 \times 10^6$	$2,6 \times 10^6$
P4M0	$2,0 \times 10^7$	$3,3 \times 10^6$	$3,6 \times 10^6$	$2,7 \times 10^7$	$5,5 \times 10^6$
P5Mo	$1,5 \times 10^7$	$3,9 \times 10^7$	$2,0 \times 10^8$	$2,4 \times 10^6$	$2,4 \times 10^7$
P1M5	$3,2 \times 10^8$	$5,2 \times 10^8$	$4,1 \times 10^7$	$3,6 \times 10^7$	$4,7 \times 10^8$
P2M5	$1,7 \times 10^7$	$2,0 \times 10^8$	$3,5 \times 10^7$	$2,3 \times 10^8$	$1,5 \times 10^7$
P3M5	$4,5 \times 10^9$	$3,3 \times 10^5$	$3,3 \times 10^8$	$2,7 \times 10^9$	$2,3 \times 10^7$
P4M5	$3,7 \times 10^8$	$1,9 \times 10^8$	$3,8 \times 10^6$	$4,1 \times 10^7$	$4,5 \times 10^7$
P5M5	$3,5 \times 10^5$	$2,8 \times 10^6$	$3,2 \times 10^7$	$3,7 \times 10^7$	$5,2 \times 10^6$
P1M10	$5,8 \times 10^9$	$4,7 \times 10^8$	$3,1 \times 10^8$	$2,6 \times 10^9$	$3,8 \times 10^9$
P2M10	$2,7 \times 107$	$3,0 \times 10^9$	$3,4 \times 10^7$	$2,3 \times 10^7$	$2,1 \times 10^7$
P3M10	$4,2 \times 10^9$	$2,3 \times 10^8$	$6,0 \times 10^7$	$3,3 \times 10^9$	$3,3 \times 10^9$
P4M10	$5,5 \times 10^9$	$3,9 \times 10^9$	$2,8 \times 10^8$	$1,1 \times 10^8$	$5,0 \times 10^9$
P5M10	$2,9 \times 10^8$	$2,1 \times 10^9$	$3,3 \times 10^9$	$3,0 \times 10^8$	$4,8 \times 10^9$

Keterangan:

P1(insektisida lindan), P2 (insektisida aldrin), P3 (insektisida dieldrin), P4 (insektisida endosulfan), P5 (insektisida DDT), M0 (tanpa mikroba), M5 (mikroba 5 ml), M10 (mikroba 10 ml)

Dari hasil analisis secara statistik menunjukan, pada 24 jsa dan 72 jsa pemberian mikroba sebanyak 5 ml dan 10 ml pada tanah tercemar insektisida organoklorin sangat berpengaruh terhadap penurunan konsentrasinya (Tabel 4). Pada 24 jsa penurunan konsentrasi terbesar pada insektisida lindan, endosulfan, DDT pada penambahan mikroba sebanyak 10 ml (P1M10), (P4M10) dan (P5M10) masing-masing sebesar 1,4965 ppm, 1,4828 ppm dan 1,4989 ppm. Pada 72 jsa penurunan konsentrasi terbesar pada insektisida dieldrin, endosulfan, dan aldrin pada penambahan mikroba sebanyak 10 ml (P3M10), (P4M10) dan (P2M10) masing-masing sebesar 1,2372 ppm, 1,2406 ppm dan 1,2501 ppm.

Tabel 4. Pengaruh mikroorganisme terhadap residu insektisida organoklorin pada tanah

Perlakuan	Konsentrasi (ppm)	
	24 jsa	72 jsa
P1M0	1,8399 a	1,7714 a
P2M0	1,7938 a	1,7621 a
P3M0	1,7618 a	1,7444 a
P4M0	1,7755 a	1,7288 a
P5M0	1,7728 a	1,7161 a
P1M5	1,6396 ab	1,4693 b
P2M5	1,5993 bc	1,2640 de
P3M5	1,5977 bc	1,3199 cd
P4M5	1,5872 bcd	1,2501 e
P5M5	1,4989 de	1,3628 c
P1M10	1,4965 de	1,2854 de
P2M10	1,5372 cde	1,2501 e
P3M10	1,5907 cbd	1,2372 e
P4M10	1,4828 e	1,2406 e
P5M10	1,5031 de	1,2663 de

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam kolom yang sama menunjukan perbedaan yang nyata pada taraf 0,05%, P1(insektisida lindan), P2 (insektisida aldrin), P3 (insektisida dieldrin), P4 (insektisida endosulfan), P5 (insektisida DDT), M0 tanpa mikroba), M5 (mikroba 5 ml), M10 (mikroba 10 ml*)*

Konsentrasi insektisida organoklorin dalam tanah pada pengamatan 24 jsa dan 72 jsa terjadi penurunan dari konsentrasi awalnya, baik tanpa maupun dengan penambahan mikroba. Pada 24 jam setelah inkubasi, penambahan mikroba sebanyak 5 ml dan 10 ml dapat meningkatkan persentase penurunan insektisida lindan masing-masing 16,77% dan 23,20%, pada insektisida aldrin sebesar 20,20% dan 23,20, insektisida dieldrin 20,41% dan 18,47%, insektisida endosulfan sebesar 20,54% dan 24,99% serta insektisida DDT sebesar 25,17% dan 25,19%. Pada 72 jsa persentase semua jenis pestisida organoklorin mengalami penurunan yang cukup besar bila dibandingkan dengan tampa penambahan mikroba. Persentase penurunan tertinggi terjadi pada insektisida aldrin dengan perlakuan penambahan mikroba sebanyak 10 ml (P2M2), penurunan konsentrasi didapat sebesar 37,54%, selain itu penurunan tertinggi juga didapat pada perlakuan didapat pada perlakuan (P4M1) dan (P4M2) masing-masing 37,42% dan 37,24% (Tabel 5).

Tingginya persentase penurunan pada semua jenis insektisida organoklorin dapat disebabkan oleh peningkatan populasi mikroba yang ada di dalam tanah sehingga mikroba tersebut mampu mendegradasi insektisida organoklorin. Penemuan-penemuan bakteri yang dapat mendegradasi insektisida antara lain Bacillus coagulans yang dapat mendegradasi metidation (Gauthier *et al.* 1998). Oshiro *et al*. (1996), mengungkapkan bahwa *Arthobacter* sp. dapat mendegradasi beberapa insektisida organofosfat seperti diazinon, klorpirifos, paration, dan isovenfos. Selain itu Cookson (1995), menyebutkan jenis-jenis bakteri yang mampu mendegradasi insektisida antara lain *Achromobacter, Arthobacter, Alcaligenus, Flavobacterium, Pseudomonas* dan *Rhodococcus*.

Tabel 5. Pengaruh mikroorganisme terhadap penurunan residu insektisida organoklorin pada tanah

Perlakuan	Konsentrasi awal	24 jsa		72 jsa	
		Konsentrasi (ppm)	Penurunan (%)	Konsentrasi (ppm)	Penurunan (%)
P1M0	1,9860	1,8399	7,36	1,7714	10,81
P2M0	1,9748	1,7938	9,17	1,7621	10,77
P3M0	1,9756	1,7618	10,82	1,7444	11,70
P4M0	1,9916	1,7755	10,85	1,7288	13,19
P5M0	1,9911	1,7728	10,96	1,7161	13,81
P1M1	1,9700	1,6396	16,77	1,4693	25,42
P2M1	2,0041	1,5993	20,20	1,2640	36,93
P3M1	2,0075	1,5977	20,41	1,3199	34,25
P4M1	1,9975	1,5872	20,54	1,2501	37,42
P5M1	2,0032	1,4989	25,17	1,3628	31,97
P1M2	1,9417	1,4965	22,93	1,2854	33,80
P2M2	2,0016	1,5372	23,20	1,2501	37,54
P3M2	1,9511	1,5907	18,47	1,2372	36,59
P4M2	1,9769	1,4828	24,99	1,2406	37,24
P5M2	2,0091	1,5031	25,19	1,2663	36,97

KESIMPULAN

1. Mikroba *Azospirrillum* sp., *Azotobacter* sp., *Bacillus* sp., *Chromobacterium* sp., *Pseudomonas* sp., mampu menurunkan konsentrasi organoklorin (lindan, aldrin, dieldrin, endosulfan, dan DDT) di dalam tanah.
2. Penambahan mikroba konsorsia (*Azospirrillum* sp., *Azotobacter* sp., *Bacillus* sp., *Chromobacterium* sp., *Pseudomonas* sp.) sebanyak 5 ml pada 72 jsa dapat menurunkan insektisida aldrin dalam tanah sebesar 37,42% , dan penambahan 10 ml mikroba pada 72 jsa dapat menurunkan insektisida aldrin dalam tanah sebesar 37,54%, dengan demikian mikroba tersebut dapat dijadikan sebagai remediator dilahan tercemar pestisida.

DAFTAR PUSTAKA

Blasco, R., M. Mallavarapu, R. Wittich, K.N. Timmis, and D.H. Pieper. 1997. Evidence that formation of protoanemonin from metabolites of 4-chlorobyphenyl-cometabolizing microorganisms. Appl. Environ. Microbiol. 63(2): 427-434.

Cookson, J.T. 1995. Bioremidiation Engineering. Disigen and Application. McGraw-Hill Inc. New York.

Direktorat Jenderal Tanaman Pangan. 2006. Metode Pengujian Residu Pestisida dalam Hasil Pertanian. Direktorat Jenderal Tanaman Pangan. Direktorat Perlindungan Tanaman. p. 148-149.

Gauthier, M.J., G.B. Berge, A. Cauny, B. Breattmayer, and D. Fourier. 1998. Microbial degradation of methidation in natural environments and metabolization of this pesticides by baccilus coagulants. Pest. Biochem. Phisiol. 31:61-65.

Harmita. 2004. Petunjuk Pelaksanaan Validasi Metode dan Cara Perhitungannya. Majalah Ilmu Kefarmasian. Vol 1, No. 3 : 117-135.

Hubbell, D.H., D.F. Rothwell, W.B. Wheeler, W.B. Tappan, and F.M. Rhoads. 1973. Microbiological effect and persistence of some pesticide combination in soil, J. Environ. Qual. 2: 96-99.

Killham, K. 1994. Soil Ecology. Cambridge University Press. Melbourne.

Laine, M.M. and K.S. Jorgensen. 1996. Straw compost and bioremediated soil as inocula for the bioremediation of chlorophenol-contaminated soil. Appl. Environ. Microbiol. 62(5): 1507-1513.

Mohapatra, S. and M.D. Awasthi. 1997. Enhancement of carbofuran degradation by soil enrichment culture, bacterial cultures and by synergistic interaction among bacterial cultures, Pestic. Sci. 49: 164-168.

Mora, A., J. Comejo, E. Revilla, and M.C. Hermosin. 1996. Persistence and degradation of carbofuran in Spanish soil suspensions, Chemosphere. 32: 1585-1598.

Oshiro K, T. Kakuta, T. Sakai, H. Hoshino, T. Uchiyama.1996. Biodegradation of organophosphorus insecticides by bacteria isolated from turf green soil. J Fermentation and Bioengineering. 82:299-305.

Portier, R.J. 1991. Applications of adapted micro-organisms for site remediationof contaminated soil and ground water. In Biological degradation of wastes. Ed. A.M. Martin. Elsevier Applied Science. London. pp. 247-259.

Tirol, A.C., S.T. Santiago, and I. Watanabe. 1981. Effect of the insecticide carbofuran on microbial activities in flooded soil, J. Pestic. Sci. 6: 83-89.

Watanabe, I. 1973. Decomposition of pesticides by soil microorganism-Special emphasis on the flooded soil condition, JARQ. 7: 15-18.

Teknologi Pupuk Hayati untuk Efisiensi Pemupukan dan Keberlanjutan Sistem Produksi Pertanian

68

Rasti Saraswati

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Tanah, Jl. Tentara Pelajar No. 12, Bogor 16114

Abstrak. Efisiensi pemupukan dapat ditingkatkan dengan menggunakan mikroba fiksasi N_2, pelarut hara P dan K, dan pemacu pertumbuhan tanaman. Pengunaan mikroba penyubur tanah dapat menyediakan hara bagi tanaman dan metabolit pengatur tumbuh tanaman, serta melindungi akar dari gangguan hama dan penyakit. Teknologi pupuk hayati merupakan penggunaan produk biologi aktif yang terdiri dari mikroba penyubur tanah untuk meningkatkan efisiensi pemupukan, kesuburan dan kesehatan tanah. Penggunaan pupuk hayati di Indonesia saat ini sedang marak-maraknya digunakan, baik oleh petani, pabrik-pabrik pupuk maupun berbagai proyek-proyek Departemen Pertanian, namun demikian masih banyak juga produk pupuk hayati yang belum memenuhi standar mutu. Agar pemanfaatan pupuk hayati berdampak pada peningkatan pendapatan petani, maka teknologi pupuk hayati yang dimanfaatkan harus sudah matang/teruji dengan tingkat efisiensi tinggi. Penyuluhan sangat diperlukan agar pemanfaatan pupuk hayati berdampak pada peningkatan hasil dan efisiensi pemupukan. Pemahaman strategi pemanfaatan pupuk hayati ialah untuk memperbaiki kualitas tanah, memelihara keanekaragaman hayati menunjang keberlanjutan produktivitas pertanian.

Kata kunci: Teknologi pupuk hayati, efisiensi pemupukan, keberlanjutan sistem produksi pertanian

PENDAHULUAN

Efisiensi pemupukan merupakan hal yang sangat penting bagi pelaku usaha pertanian dan perkebunan mengingat tingkat kehilangan yang tinggi akibat proses-proses dalam tanah (aliran pemupukan, pencucian, evaporasi, fiksasi dan imobilisasi). Dengan kecenderungan semakin tingginya biaya produksi pupuk Urea sebagai akibat menipisnya ketersediaan serta meningkatknya harga bahan gas alam (bahan baku pabrik Urea), serta meningkatnya kesadaran manusia akan isu lingkungan, maka penggunaan pupuk sintetik secara perlahan akan diminimalkan dan ditingkatkan ke penggunaan pupuk yang ramah lingkungan dan bersumber dari bahan baku terbaharui (*renewable resources*) seperti pupuk hayati dan pupuk organik. Pengelolaan sistem produksi pertanian secara terpadu, intensif dan berkelanjutan melalui aplikasi pupuk hayati yang bermutu unggul dapat meningkatkan efisiensi pemupukan, penghematan biaya pupuk, tenaga kerja, pendapatan petani, produktivitas pertanian serta kelestarian lahan pertanian.

Perlindungan terhadap komunitas mikroba dalam ekosistem pertanian sangat penting bagi keberlanjutan sistem produksi pertanian. Dengan berbagai dampak positif yang timbul dari pemanfaatan pupuk hayati dan komitmen yang tinggi dalam meningkatkan kelestarian lahan akan menyelamatkan ekosistem kita dan mampu menopang kehidupan manusia.

Pertanian Ramah Lingkungan

Sejalan dengan meningkatnya kepedulian masyarakat terhadap kesehatan dan pelestarian lingkungan, inovasi teknologi peningkatan produktivitas tanah dan tanaman harus ramah lingkungan agar lahan dapat digunakan secara lestari dalam jangka panjang.

Pertanian ramah lingkungan secara umum diartikan sebagai usaha pertanian yang menerapkan teknologi serasi dengan kelestarian lingkungan, ditujukan untuk optimalisasi pemanfaatan sumberdaya alam pertanian, untuk memperoleh hasil panen optimal yang aman dan berkelanjutan. Kriteria pertanian ramah lingkungan adalah: 1) terpeliharanya keanekaragaman hayati dan keseimbangan ekologis biota pada permukaan dan lapisan olah tanah, 2) terpeliharanya kualitas sumberdaya alam pertanian dari segi fisik, hidrologis, kimiawi dan biologik mikrobial, 3) bebas cemaran residu kimia, limbah organik dan anorganik yang berbahaya atau mengganggu proses hidup tanaman, 4) terlestarikannya keanekaragaman genetik tanaman budidaya, 5) tidak terjadi akumulasi senyawa beracun dan logam berat yang membahayakan melebihi batas ambang aman, 6) terdapat keseimbangan ekologis antara hama/penyakit dengan musuh-musuh alami, 7) produktivitas lahan stabil dan berkelanjutan, dan 8) produksi hasil panen bermutu tinggi dan aman sebagai pangan atau pakan (Sumarno *et al*. 2000).

Komponen habitat alam, mikroba mempunyai peran dan fungsi penting dalam mendukung terlaksananya pertanian ramah lingkungan melalui berbagai proses, seperti dekomposisi bahan organik, mineralisasi senyawa organik, fiksasi hara, pelarut hara, nitrifikasi, denitrifikasi, dan sebagainya. Dalam aliran "pertanian input organik", mikroba diposisikan sebagai produsen hara, tanah dianggap sebagai media bio-sintesis dan hasil kerja mikroba dianggap sebagai pensuplai utama kebutuhan hara bagi tanaman. Di Amerika Serikat, mikroba tanah dipandang sangat penting, sehingga digunakan menjadi salah satu indikator dalam menentukan indeks kualitas tanah (Karlen, *et al*. 2006). Semakin tinggi populasi mikroba tanah akan semakin tinggi aktivitas biokimia dalam tanah dan semakin tinggi indeks kualitas tanah. Populasi mikroba tanah yang tidak bersifat patogenik, juga dianggap sebagai salah satu indikator teknologi pertanian yang ramah lingkungan.

Manfaat Pupuk Hayati

Baru sebagian kecil dari ribuan spesies mikroba yang telah diketahui memiliki manfaat bagi usaha pertanian, seperti bakteri fiksasi N_2 udara pada tanaman kacang-kacangan, bakteri dan fungi pelarut fosfat, bakteri dan fungi perombak bahan organik, serta bakteri, cendawan, dan virus sebagai agensia hayati. Namun masih banyak lagi mikroba yang belum teridentifikasi dan diketahui manfaatnya. Saraswati *et al*. (2004) menggolongkan fungsi mikroba secara umum menjadi 4 (empat) fungsi, yaitu: (1) meningkatkan ketersediaan unsur hara tanaman dalam tanah, (2) sebagai perombak bahan organik dalam tanah dan mineralisasi unsur organik, (3) bakteri rizosfir-endofitik berfungsi memacu pertumbuhan tanaman dengan membentuk enzim dan melindungi akar dari mikroba patogenik, dan (4) sebagai agensia hayati pengendali hama dan penyakit tanaman. Berbagai reaksi kimia dalam tanah juga terjadi atas bantuan mikroba tanah.

Banyak bukti empiris teknologi modern yang memanfaatkan mikroba, seperti pada proses fermentasi substrat untuk menghasikan alkohol, pembuatan antibiotik, enzim dan sebagainya. Pemanfaatan mikroba dalam dunia pertanian masih tertinggal jauh dibandingkan dengan bidang industri biokimia. Namun, disadari atau tidak disadari mikroba telah banyak berperan dalam sistem usaha pertanian. Pemanfaatan teknologi mikroba di bidang pertanian dapat meningkatkan fungsi mikroba indigenus (asli-alamiah) dalam berbagai sistem produksi tanaman baik secara langsung maupun tidak langsung.

Proses dan Strategi Pemanfaatan Pupuk Hayati

Mikroba tanah merupakan dasar transformasi bagi berlanjutnya suatu kehidupan, fungsinya mempengaruhi berbagai proses dalam tanah. Transformasi beberapa pupuk kimia dalam tanah tergantung pada mikroba tanah, seperti nitrifikasi amonia, katalisis hidrolisis pupuk P oleh enzim fosfatase dan katalisis hidrolisis pupuk urea oleh enzim urease. Pemberian pupuk kimia berlebihan dapat memberikan efek negatif pada lingkungan mikroba, khususnya pada daerah yang dekat dengan partikel pupuk, karena meningkatkan konsentrasi garam dalam larutan tanah sehingga menyebabkan ketidakseimbangan hara, pH rendah, pH tinggi atau nitrit tinggi. Pemberian pupuk kimia dalam jumlah sedikit memberikan efek menguntungkan pada komunitas mikroba heterotrofik dan memberikan efek positif pada struktur tanah, perbaikan ketersediaan hara dan meningkatkan kandungan humus.

Siklus hara, proses perombakan bahan organik, dan pembentukan humus dalam tanah sangat tergantung pada adanya mikroba penyedia hara tanah dan perombak bahan organik. Pengelolaan tanah mempengaruhi struktur komunitas mikroba dan pembentukan bahan organik tanah selama musim tanam. Perubahan ciri fisik dan kimia tanah hasil olah tanah akan mempengaruhi lingkungan tanah yang mendukung pertumbuhan populasi

mikroba dan keanekaragamannya. Tanpa olah tanah, yang membiarkan sisa-sisa daun pada permukaan tanah akan menghasilkan senyawa karbon organik larut yang dapat meningkatkan populasi mikroba tanah. Dekomposisi tumpukan-tumpukan sisa-sisa tanaman merupakan strategi yang tepat untuk melindungi dan meningkatkan kualitas tanah dan menghindari adanya imobilisasi hara dan alelopati.

Strategi ke depan, perlu ditingkatkan layanan informasi teknologi tentang teknologi pemanfaatan pupuk hayati dan perannya dalam mendukung keberlanjutan produktivitas pertanian, dengan meningkatkan pemberdayaan petani melalui pelatihan-pelatihan dan pengembangan desa-desa binaan. Pemanfaatan pupuk hayati yang sesuai dengan kondisi tanah merupakan alternatif pemupukan untuk meningkatkan kesuburan tanah, efisiensi pemupukan, keberlanjutan produktivitas tanah dan mengurangi bahaya pencemaran lingkungan.

Efektifitas Pupuk Hayati

Salah satu upaya untuk mencapai *renewable input* dalam sistem pertanian berkelanjutan adalah memelihara kesehatan dan kualitas tanah kimia melalui proses biologi, dengan mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan pupuk sintetis. Menjaga keberlangsungan kaidah-kaidah hayati yang mendukung rantai daur ulang yang terjadi di alam antara organisme produsen, konsumen, pengurai, serta melibatkan secara proporsional penyediaan unsur hara dan pengendalian hama dan penyakit tanaman yang sinergis dengan kaidah hayati merupakan hal yang sangat penting.

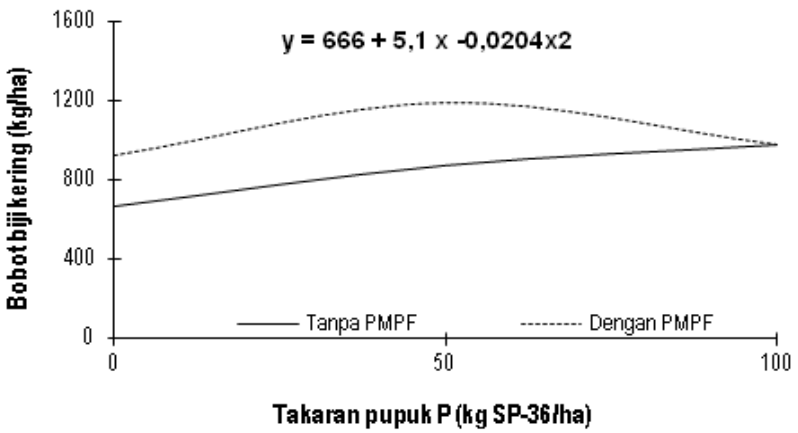
Pemanfaatan inokulan rhizobia pada intensifikasi kedelai pada tahun 80-an menunjukkan bahwa tingkat adopsi petani terhadap teknologi ini rendah. Berbagai metode aplikasi dan efisiensi yang tidak pasti merupakan faktor penyebabnya, sehingga untuk mengatasi keragaman keefektifan inokulan mutu harus ditingkatkan.

Berbagai jenis pupuk hayati dengan komposisi mikroba berbeda banyak ditemukan di lapangan, salah satunya beberapa produk Badan Litbang Pertanian. Hasil penggunaan Rhizo-plus di 24 provinsi pada tahun 1997/98, dengan luas areal keseluruhan 273.013 ha pada kedelai dapat menekan kebutuhan pupuk N (sampai 100%) dan P (sampai 50%) dari yang direkomendasikan, dengan rata-rata peningkatan hasil di 9 provinsi yang tersebar di 30 kabupaten 4,79-5,40 kw/ha (42,09–56,69%) (Saraswati, 1999; Simanungkalit & Saraswati, 1999). Di beberapa lokasi pertanian kedelai bekas sawah berpengairan seluas 25 ha (laporan hasil demonstrasi area oleh Direktorat kacang-kacangan dan umbi-umbian, Dinas Pertanian Tanaman Pangan Tingkat II), MT 2003, menunjukkan bahwa aplikasi Rhizoplus mampu menghasilkan kedelai rata-rata 2,5 t ha^{-1} (Tabel 1).

Tabel 1. Pengaruh Rhizoplus di beberapa lokasi pertanian kedelai bekas lahan sawah berpengairan seluas 25 ha (laporan hasil demonstrasi area oleh Direktorat kacang-kacangan dan umbi-umbian-Dinas Pertanian Tanaman Pangan Tingkat II), MT 2003

	Produksi (t ha^{-1})
Jabar (Lemah Abang, Kerawang – 2 lokasi	2,4-3,2
DIY (Bantul – 1 lokasi)	2,0
Jatim (Jombang – 5 lokasi)	2,1-2,6
Sopeng (Sulsel – 1 lokasi	1,8
Pati (Kayen 0- 2 lokasi)	2,8

Pupuk mikroba pelarut fosfat, BioPhos dapat digunakan untuk memecahkan masalah inefisiensi pemupukan P. Aplikasi BioPhos pada tanaman kedelai di lahan podsolik merah kuning yang belum pernah ditanami kedelai mampu menekan kebutuhan pupuk SP-36 sampai 60% (53 kg ha^{-1}), sedangkan tanpa aplikasi BioPhos membutuhkan pupuk SP-36 sebanyak 125 kg ha^{-1} (Gambar 1).



Gambar 1. Pengaruh aplikasi PMPF Biophos terhadap efisiensi pemupukan P

Hasil demonstrasi plot pada tanaman kedelai di 12 lokasi transmigrasi di Lambale, Kabupaten Muna, Propinsi Sulawesi Tenggara (Desember 1998–April 1999) seluas 10 ha menunjukkan bahwa kombinasi pemberian BioPhos (200 g ha^{-1}) dengan pupuk anorganik dosis pola bantuan (Urea 100 kg ha^{-1}; SP-36 50 kg ha^{-1}; dan KCl 50 kg ha^{-1}) meningkatkan hasil kedelai sebesar 12,5%, sedangkan dengan pupuk anorganik dosis ½ pola bantuan (Urea 50 kg ha^{-1}; SP36 25 kg ha^{-1}; dan KCl 25 kg ha^{-1}) dapat meningkatkan hasil kedelai sebesar 28,32% (Tabel 2) .

Tabel 2. Pengaruh PMPF BioPhos pada hasil kedelai di 12 lokasi transmigrasi Sulawesi Selatan, Lambale (1999)

Luas area tanam (m2)	Pemupukan (kg ha^{-1}) Urea	SP-36	KCl	PMPF BioPhos	Hasil (t ha^{-1})
5000	-	-	-	-	0.82
5000	-	-	-	200	0.84
5000	50	25	25	-	0.85
5000	50	25	25	200	1.09
5000	100	50	50	200	1.08
25000	100	50	50	-	0.96

Penggunaan bakteri pengakumulasi logam berat (BPLB) *Bacillus sp*. untuk usaha perlindungan tanah akibat pencemaran logam berat di lahan sawah tercemar limbah industri dapat mengurangi dampak negatif logam berat, dan kasus keracunan bahan pangan oleh logam berat dapat diatasi. Sismiyati (1998) melaporkan bahwa kandungan Cd, Cu, Pb, dan Hg pada bulir padi yang mendapatkan irigasi dari S. Bengawan Solo berturut-turut telah mencapai 5,7 ppm; 5,6 ppm; 13,6 ppm; dan 0,62 ppm diatas batas ambang WHO yaitu 0,24 ppm Cd; 0,20 ppm Cu; 2 ppm Pb; dan 0,1 ppm Hg. Hasil penelitian Saraswati *et. al.* (2006) menunjukkan bahwa pemanfaatan BPLB dapat meningkatkan kualitas beras, menurunkan dengan nyata serapan Cd beras dan meningkatkan bobot beras. Di Desa Balong Ampel, Kecamatan Sukarahayu, Kabupaten Bekasi (0,38 ppm), aplikasi kombinasi BPLB dengan Zn menurunkan 20% serapan Cd beras dan meningkatkan hasil beras 40% (Tabel 3).

Tabel 3. Pengaruh aplikasi BPLB Bacillus sp pada padi sawah dilahan tercemar limbah industri MT (2004)

Perlakuan	Bobot jerami (t ha^{-1})	Hasil beras (t ha^{-1})	Serapan Cd beras (g ha^{-1})
Kontrol	4,67	3,13 c	1,52 b
BPLB +Zn	6,38	4,40 ab	1,22 a
Kompos + Zn	7,06	4,26 b	1,19 a

Mikroba Pelindung Tanaman, BioReg-NPS yang mempunyai kemampuan menghasilkan senyawa organik alami pemacu pertumbuhan tanaman, anti patogen dan anti hama kedelai dapat digunakan untuk perlindungan tanaman kedelai, NPS yang dikandungnya bekerjasama dengan bakteri simbionnya dari genus *Heterorhabditis* dan *Steinernema* menghasilkan senyawa yang toksik bagi serangga sasaran, mampu membunuh serangga hama dalam waktu 24-48 jam. Nematoda patogen serangga ini efektif terhadap hama penggerek polong kedelai (Tabel 4).

Tabel 4. Pengaruh PMPHP terhadap kerusakan tanaman kedelai pada Podzolik Merah Kuning, Tegineneng, Lampung (pH 5,5; KTK 10,9 me/100g, KB 81%). MT 2004.

Perlakuan	Jumlah polong sehat	Jumlah polong rusak	Penggerek polong	Pengisap polong
Dosis pupuk rekomendasi (50 kg urea, 100 kg SP-36 ha^{-1}, 75 kg KCl ha^{-1}) + pestisida	221,7	228,0	208,0	12,7
0 kg urea, 50 kg SP-36, 37.5 kg KCl ha^{-1} + Rhizobium + Biopestisida	246,3	197,3	184,3	13,0
0 kg Urea + Rhizobium + P-alam + PMPF + kompos jerami + Biopestisida	222,3	234,0	224,0	10,7

Aplikasi Mikroflora Tanah Multiguna (MTM) BioNutrient yang mengandung mikroorganisme multifungsi dikombinasi dengan bahan organik pada tanaman padi gogo di lahan kering masam mampu meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk N, P, K, menekan kebutuhan pupuk N, P dan K hingga 50% dengan peningkatan hasil gabah 153%, demikian pula halnya pada peningkatan hasil jagung 106,2%, apalagi bila kombinasinya dilengkapi dengan Mikroba Pelindung Tanaman (BioReg-NPS), akan lebih efektif menyehatkan tanah, mendukung pertumbuhan tanaman dan perlindungan tanaman (Tabel 5).

Tabel 5. Bobot gabah isi dan peningkatan hasil gabah di lahan kering masam, Negararatu. Lampung MK 2005

Perlakuan	Bobot gabah isi (t ha^{-1})	Peningkatan hasil (%)
200 kg Urea ha^{-1}, 250 kg SP-36 ha^{-1},150 kg KCl/ha	1.73 a	100
100 kg Urea ha^{-1}, 125 kg SP-36 ha^{-1}, 75 kg KCl/ha+Biophos+5 t/ha PO+BioReg-NPS	1.89 b	101.1
100 kg Urea ha^{-1}, 125 kg SP-36 ha^{-1},75 kg KCl/ha+Biophos+5 t/ha POplus+BioReg-NPS	2.65 b	153.1
100 kg Urea ha^{-1}, 125 kg SP-36 ha^{-1}, 75 kg KCl/ha+Biophos+2.5 t/ha PO+BioReg-NPS	1.82 a	104.9
100 kg Urea ha^{-1}, 125 kg SP-36 ha^{-1}, 75 kg KCl/ha+Biophos+2.5 t/ha POplus+MTM+BioReg-NPS	2.41 b	139.3
100 kg Urea ha^{-1}, 125 kg SP-36 ha^{-1}, 75 kg KCl/ha+Biophos+2.5 t ha^{-1} seresah jagung-pupuk kandang (tanpa dikompos)	1.93 a	111.6

Aplikasi BioNutrient dan kompos jerami pada padi varietas Sintanur di Ciasem, KP Sukamandi dapat menekan kebutuhan pupuk hingga 50%. Penanaman dilakukan pada

lokasi yang sama selama 2 (dua) musim tanam, dengan perlakuan pemberian kompos dan pupuk hayati terlihat peningkatan produktivitas tanah pada MT II (Tabel 6). Pupuk hayati mampu meningkatkan efisiensi pemupukan sehingga mempunyai peluang besar bagi peningkatan keuntungan usaha tani dan produktivitas padi sawah.

Tabel 6. Hasil padi sawah (ton ha^{-1}) yang diinokulasi dengan BioNutrient selama 2 (dua) musim (KP BB Padi, Sukamandi, MK 2007) (Saraswati *et al.* 2007, unpublished)

Perlakuan	MT1	MT 2
200 kg Urea ha^{-1} + 75 kg SP-36 ha^{-1} + 50 kg KCl ha^{-1} + kompos jerami (5 t ha^{-1})	6,1	7,1
100 kg Urea ha^{-1} + 37,5 kg SP-36 ha^{-1} + kompos jerami + BioNutrient (5 t ha^{-1})	6,3	7,4

Pupuk hayati perombak bahan organik, MTM M-Dec/DSA dapat mempercepat perombakan bahan organik dan menekan penyakit tular tanah. Penggunaan teknik pengomposan cepat dengan M-Dec/DSA (*M-Dec-based quick composting*) dapat menurunkan nisbah C/N jerami hingga 16.85 dalam waktu 12 hari, yang biasanya untuk mencapai nilai tersebut diperlukan waktu kurang lebih 2 (dua) bulan. Bahkan dengan menggunakan teknik pengomposan aerobik suhu tinggi (*aerobic high temperature composting*) mampu menghasilkan kompos 3-5 (lima) hari suhu sekitar 45-50°C dengan C/N rasio 16-22 di rumah kompos, Muara (Saraswati *et al.* 2010). Penggunaan teknik pengomposan cepat sangat disarankan untuk digunakan di lahan sawah mengingat sebagian besar lahan sawah rendah C-organik, sehingga dapat menekan biaya pembelian pupuk K karena jerami merupakan sumber hara utama kalium.

Penggunaan pupuk hayati sebagai pengkaya kompos/pupuk organik merupakan alternatif untuk meningkatkan kualitas pupuk organik, kesuburan tanah, efisiensi pemupukan dan produktivitas tanaman.

Penggunaan Pupuk Hayati sebagai Pengkaya Pupuk Organik

Berbagai residu tanaman yang sudah tidak digunakan dapat ditingkatkan nilai tambahnya, salah satunya sebagai kompos atau pupuk organik. Tertimbunnya residu bahan organik dalam waktu lama akan mengundang resiko penurunan kualitas sanitasi, keindahan lingkungan serta berjangkitnya penyakit tertentu. Kondisi ini mengganggu kenyamanan dan kebersihan lingkungan bila tidak ditangani secara baik. Residu bahan organik (sisa tanaman, kotoran hewan dan sampah kota) yang terdiri dari sisa sayuran, tanaman, dan sisa makanan yang mengandung karbon (C) berupa senyawa sederhana maupun kompleks berpotensi besar untuk didaur ulang melalui proses pengomposan menjadi pupuk organik dan dimanfaatkan untuk meningkatkan produktivitas lahan-lahan pertanian di Indonesia.

Kompos mempunyai kandungan hara yang rendah dibandingkan dengan pupuk sintetis. Namun kompos memiliki keuntungan lain yang tidak dimiliki oleh pupuk sintetis, yaitu memperbaiki struktur fisik tanah dan mikrobiologi tanah. Berbagai upaya untuk meningkatkan status hara dalam kompos telah banyak dilakukan untuk meningkatkan mutu pupuk organik, seperti penambahan bahan alami tepung tulang, tepung darah kering, kulit batang pisang dan lain-lain. Bahkan ada pula yang menambahkan pupuk sintetis. Pengkayaan kompos yang dilakukan secara mikrobiologis, yaitu dengan penambahan pupuk hayati merupakan salah satu sumber alternatif penyediaan hara tanaman yang aman lingkungan. Penambahan bakteri penambat N_2 dan mikroba pelarut fosfat akan meningkatkan kualitas kompos setara dengan penambahan nitrogen dan fosfor dari hewan dan tumbuhan. Inokulasi mikroorganisme pada kompos harus dilakukan pada saat temperatur kompos sudah stabil yaitu sekitar 30-35°C (Setyorini *et al.* 2006). Pupuk organik yang diperkaya dengan pupuk hayati yang telah terstandarisasi, dengan sebutan pupuk Bio-Organik atau pupuk Organik-Hayati (*organik biofertilizer*) mampu meningkatkan kualitas pupuk organik: ketersediaan hara pupuk organik, kesuburan tanah, efisiensi pemupukan dan keberlanjutan produktivitas tanah.

Kompos/pupuk organik merupakan tempat tumbuh yang cocok bagi kehidupan mikroba. Tabel 6 menunjukkan bahwa dengan pemberian mikroba pada kompos dapat meningkatkan keragaman mikroba yang dikandungnya, dan meningkatkan total populasi mikroba (*Pseudomonas sp* dan *A. niger)* sebesar 1000 satuan dari 10^6 cfu ml^{-1} sampai 10^9 pada 15 HSI dibandingkan dengan kompos steril tanpa pupuk hayati (Tabel 7).

Tabel 7. Populasi mikroba kompos granul (cfu g^{-1} bahan pembawa) setelah inokulasi pada 0 HSI

Perlakuan Formulasi	Bakteri penambat N_2 Azospirillum	Bakteri pelarut P Pseudomonas sp	Fungi pelarut P Aspergillus niger
POG	0	2.4 x 10^5	0
POG-hayati	3.1 x 10^2	4.0 x 10^4	7 x 10^4

Keterangan: Inokulan: bakteri penambat N hidup bebas 5.8 x 10^3; konsorsia mikroba pelarut P 1 x 10^7 cfu/ml(g bahan pembawa)

Tabel 8. Populasi mikroba pada pupuk organik yang diperkaya pupuk hayati pada 15 HSI

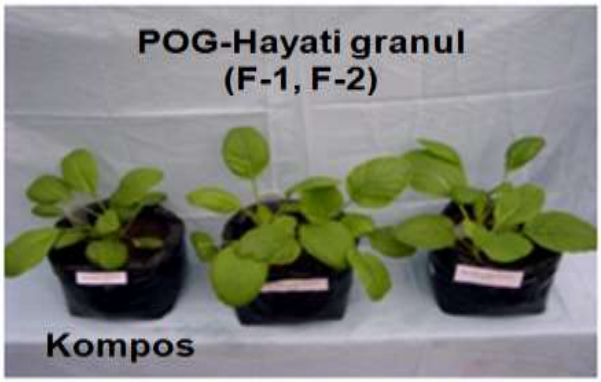
Perlakuan	Jumlah populasi (cfu ml^{-1})	
	O HSI	15 HSI
POG steril	-	-
POG-hayati	3.3 x 10^6	1.04 x 10^9

Pemberian POG-hayati dosis 5 ton/ha dengan kombinasi pupuk kimia ½ x dosis rekomendasi (180 kg ha^{-1} Urea, 90kg ha^{-1} SP-36) meningkatkan hasil Caisim dengan nyata dibandingkan dengan pemberian POG dengan kombinasi pupuk kimia dosis 1x dosis rekomendasi (Gambar 2). Penggunaan POG-hayati dapat menghemat penggunaan

pupuk kimia hingga ½ dosis rekomendasi. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan pupuk hayati mampu meningkatkan mutu pupuk organik (Tabel 9).

Tabel 9. Pengaruh POG-Hayati (5 t ha^{-1}) pada produksi Caisim (bobot segar (g pot^{-1})

Formula	Dosis rekomendasi (360 kg ha^{-1} Urea, 180 kg ha^{-1} SP-36	Dosis ½ rekomendasi 180 kg ha^{-1} Urea, 90 kg ha^{-1} KCl
POG-Hayati	20.97	38.49
POG	18.78	22.92



Gambar 2. Pengaruh formula pupuk Organik-Hayati dibandingkan kompos pada tanaman Caisim

Aplikasi pupuk organik-hayati BioKom (320 kg ha^{-1}) pada kompos jerami pada padi sawah di Ciasem, KP Sukamandi, selain dapat meningkatkan hasil padi hingga 40-50% juga mengurangi kebutuhan pupuk Urea dan SP-36 hingga 50%, dan KCl 100% (Tabel 10).

Tabel 10. Hasil padi sawah (t ha^{-1}) yang diinokulasi dengan BioKom (KP BB Padi, Sukamandi, MK 2007)

Perlakuan	MT 2
Tanpa pemupukan	6,13
Dosis rekomendasi: 200 kg Urea ha^{-1} + 75 kg SP-36 ha^{-1} + 50 kg KCl ha^{-1} + kompos jerami (5 t ha^{-1})	8,79
100 kg Urea ha^{-1} + 37,5 kg SP-36 ha^{-1} + kompos jerami (5 t ha^{-1}) + BioKom (320 kg ha^{-1})	9,27

Prakiraan tambahan keuntungan dengan penggunaan dekomposer dan pupuk hayati

Kebutuhan pupuk kimia katagori sedang: 250 kg Urea -75 kg SP-36 - 50 kg KCl

1. Penghematan biaya pupuk:
   Rekomendasi Teknologi II

- Pupuk Urea menjadi 50% (125 kg)→ 125 x Rp. 1.200,-= Rp. 150.000,-
- Pupuk SP-36 menjadi 50% (37,5 kg)→ 37,5 x Rp. 1.550,-=Rp. 58.125,-
- Pupuk KCl menjadi 50% (0 kg)→ dekomposer 2kg ha^{-1} atau 2L ha^{-1} jerami → 2 x Rp. 50.000,-=Rp. 100.000,-
- Pupuk Hayati 200g ha^{-1} atau 2L ha^{-1}→Rp. 150.000,-
- T o t a l=Rp. 458.125,-

Rekomendasi Teknologi 1

- Pupuk Urea menjadi 100% (250 kg)→ 250 x Rp. 1.200,- = Rp. 300.000,-
- Pupuk SP-36 menjadi 100% (75 kg)→ 75 x Rp. 2.000,-= Rp. 150.000,-
- Pupuk KCl menjadi 100% (50 kg)→ 50 x Rp. 3.500,-= Rp. 175.500,-
- T o t a l = Rp. 625.500,-

Penghematan biaya pupuk→Rp. 625.500 - Rp. 458.125= Rp. 167.375

2. Peningkatan Produksi Padi

   Biasanya selalu terjadi kenaikan pada padi sawah 10-20%, bila
   - Produksi Padi rata-rata 5 t ha^{-1}
   - Kenaikan produksi, misal 10% → 500 kg
   - Keuntungan 500 kg @ Rp. 2.800 → 500 x Rp. 2.800 = Rp.1.400.000
3. Tambahan keuntungan

   Rp. 1.000.000 + Rp. 167.375,-=Rp. 1.167.375,- ha musim $tanam^{-1}$

DUKUNGAN KEBIJAKAN

Dalam rangka pengembangan teknologi yang bersifat ekologis dan berkelanjutan, penggunaan teknologi pupuk organik hayati dapat menjadi bagian integral paket teknologi dalam pembangunan pertanian. Namun demikian, produk teknologi pupuk organik hayati belum banyak dikenal oleh petani, sehingga teknologi ini perlu digalakkan dengan dukungan kebijakan dari pemerintah. Disisi lain, perlu peningkatan pemahaman petani dan juga penyuluh terhadap manfaat teknologi pupuk organik hayat.

Dengan adanya kebijakan tersebut diharapkan penggunaan teknologi pupuk organik hayati dapat semakin berkembang pada waktu yang akan datang. Penggunaan teknologi pupuk organik hayati sangat sejalan dengan gerakan pertanian ramah lingkungan dan berkelanjutan, yang digalakkan sejak awal abad ke XXI.

KESIMPULAN

1. Pendekatan pemanfaatan mikroba, baik sebagai pupuk hayati maupun sebagai pengkaya pupuk organik dapat meningkatkan kualitas pupuk organik, ketersediaan hara dan efisiensi pemupukan.
2. Penggunaan pupuk organik hayati sebagai salah satu komponen teknologi pertanian yang ramah lingkungan dan berkelanjutan komplementer terhadap komponen teknologi lain, sehingga sangat tepat untuk digunakan dalam program peningkatan produktivitas petanian

3. Kesadaran masyarakat pertanian tentang manfaat dan pentingnya mikroba penyubur tanah dalam teknik pertanian masih rendah, sehingga diperlukan penjelasan, penyuluhan, dan sosialisasi di berbagai kalangan, termasuk pejabat pertanian, penyuluh dan petani
4. Untuk menggalakkan penggunaan teknologi mikroba bermanfaat diperlukan adanya kebijakan pemerintah yang dapat mendukung dan mempopulerkan teknologi mikroba bermanfaat, sesuai dengan tujuan peruntukannya.

DAFTAR PUSTAKA

Karlen D.L., E.G. Hurley, A.P. Mallarino. 2006. Crop rotation on soil quality at three Northern Corn/Soybean Belt location. Agron. J. 98:484-495

Saraswati, R. 1999. Teknologi Pupuk Mikrob Multiguna Menunjang Keberlanjutan Sistem Produksi Kedelai. Jurnal Mikrobiologi Indonesia. Journal of The Indonesia Society for Microbiology. Vol. 4, No.1, Feb. 1999. ISSN 0853-358X., 1-9

Saraswati, R., T. Prihatini, dan R.D. Hastuti.2004. Teknologi Pupuk Mikroba Untuk Meningkatkan Efisiensi Pemupukan dan Keberlanjutan Sistem Produksi Padi Sawah. P. 169-189. *Dalam*: Fahmuddin Agus *et al.* (eds.) Tanah Sawah dan Teknologi Pengelolaannya. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Bogor.

Saraswati, R. Ratih D. Hastuti, Erny Yuniarti, Jati Purwani, Elsanti 2007 Pengembangan Teknologi Mikroflora Tanah Multiguna untuk Efisiensi Pemupukan dan Keberlanjutan Produktivitas Lahan Pertanian. Laporan Akhir Tahunan. 2007. (unpublished) Jurnal Mikrobiologi Indonesia. Vol. 4, No.1, Feb. 1999. ISSN 0853-358X., 1-9

Saraswati, R. Irwan Nasution, Erny Yuniarti, Elsanti. 2006. Bioakumulasi Kadmium di Tanah Sawah Tercemar Limbah Industri. Prosiding Perhimpunan Mikrobiologi Indonesia, 2006.

Saraswati, R, Erny Y. Hidayat Kurniawan, 2010. Pengembangan Teknologi DSA untuk percepatan pengomposan kurang dari 10 hari. Laporan Akhir Shinta. Balittanah-BBSDLP, Bogor-Indonesia

Setyorini, D. Rasti Saraswati, Ea Kosman Anwar. 2006. Kompos. *Dalam* Buku Pupuk Organik dan Hayati. BBSDLP-Badan Litbang Pertanian. 11-40

Simanungkalit, RDM. dan Rasti Saraswati, 1999. Application of Biotechnology on biofertilizer production in Indonesia. Prosiding Seminar of Sustainable Agriculture and Alternative Solution for Food Crisis, PAU-IPB, 14 April 1999, ISBN:979-95723-0-4,45-57

Sismiyati, R, I. Nasution, L. Sukarno, A. K. Makarim, 1998. Masalah Pencemaran Kadmium (Cd) Pada Padi Sawah. Simposium Penelitian Tanaman Pangan III, Jakarta. 477 – 493.

Sumarno, A. Hasanuddin, dan Suyamto. 2000. Sistem produksi tanaman pangan, padi berciri ekologis dan berkelanjutan. Simposium Tanaman Pangan V. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor, 28-29 Agustus 2007.

Penelitian Dekomposer Gulma Rawa dari Papain Guna Meningkatkan Hasil Padi > 25% di Lahan Pasang Surut

69

Suaidi Raihan

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa, Jl. Kebun Karet PO Box 31, Loktabat Utara, Banjarbaru 70712

Abstrak. Dari hasil survei diketahui beberapa spesies gulma dominan di lahan pasang surut adalah *Eleocharis dulcis* (purun tikus), *Pistia stratiotes* L. (kayapu), dan eceng gondok yang berpotensi dan memiliki kandungan unsur hara (NPK) serta dapat mensuplai sebagian dari unsur hara yang diperlukan oleh tanaman. Purun tikus spesies gulma yang kaya akan lignin dengan C/N rasio tinggi (44,74), sehingga lebih sukar melapuk. Papain adalah enzim proteolitik yang dapat cepat merombak kandungan lignin di dalam bahan organik purun tikus dan purun. Tujuan penelitian ini mendapatkan dekomposer papain (enzim papain) dalam mempercepat dekomposisi gulma rawa dan meningkatkan efisiensi pemupukan padi di lahan rawa pasang surut. Penelitian dilaksanakan di lahan sulfat masam Desa Palingkau Jaya SP1, Kabupaten Kapuas, Kalimantan Tengah dengan metodologi penelitian menggunakan rancangan acak kelompok dengan 3 ulangan. Perlakuan terdiri dari dekomposer daun pepaya, buah pepaya muda, buah pepaya masak, daun papaya + pupuk kandang sapi, buah pepaya muda + pupuk kandang sapi, buah pepaya masak + pupuk kandang sapi, dan M-Dec serta kontrol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil analisa C/N ratio campuran bahan organik purun tikus, eceng gondok, dan kayapu yang diberi dekomposer daun pepaya, buah pepaya muda + pupuk kandang sapi dan daun pepaya + pupuk kandang sapi dalam satu minggu sudah terdekomposisi dengan baik. Hasil padi meningkat 25% pada perlakuan bahan organik yang diberi dekomposer buah pepaya masak + pupuk kandang sapi lebih tinggi secara sangat nyata dibanding perlakuan lainnya. Kemudian diikuti secara menurun oleh perlakuan dekomposer buah pepaya muda + pupuk kandang sapi, dekomposer daun pepaya + pupuk kandang sapi, buah pepaya masak, dekomposer M-Dec, buah pepaya muda, dan daun pepaya serta kontrol.

Abstract. *Survey results revealed that several weed species dominant in tidal wetlands are Eleocharis dulcis (purun rat), Pistia stratiotes L. (kayapu), and water hyacinth that potential and can balance nutrient elements (N, P, K) as well as be able to supply a portion of the nutrient elements required by plants. Purun rat species weed which is rich in lignin content to the c/n ratio of 44.74, making it more difficult to decomposition. Proteolytic enzymes are papain can be quickly recast the content of lignin in the organic material purun rats and purun. The purpose of this research is to find out the digesters papain in accelerating the decomposition of weeds and increase fertilization efficiency of swamp rice tidal swamp lands. Research funded in Palingkau Jaya SP1 Kapuas Central Kalimantan with research methodology using randomize complete block design (RCBD) with 3 repeats of the tested treatments. The treatment consists of papaya leaf, fruit digesters papaya, papaya fruit, ripe papaya leaves combined with cow manure, papaya*

ripe fruit combine with cow manure and M-Dec as well as controls. The results showed that C/N ratio analysis of water hycinth, purun rats, and kayapu fed digesters papaya leaf, papaya fruit + cow manure and cow manure + papaya leaves mixed organic material have been decomposite as well in one week. Grain rice increased by 25% in the treatment of organic materials that are ripe papaya fruit decomposer + cow manure treatment showed the highest yield and significant difference than any other real treatment. By decreasingly this yield was followed by treatment papaya fruit decomposer + manure cows, decomposer leaves + cow manure, ripe papaya fruit, decomposer M-Dec, unripe papaya fruit and papaya leaves as well as the control.

PENDAHULUAN

Keragaman spesies gulma di lahan pasang surut cukup besar. Dari hasil survei diketahui beberapa spesies gulma dominan yakni *Eleocharis dulcis* (purun tikus), *Pistia stratiotes* L. (kayapu), dan eceng gondok yang berpotensi dan dapat menghasilkan biomassa berkisar 1,66-3,50 t ha^{-1} bahan kering dan memiliki kandungan unsur hara (NPK) serta dapat mensuplai sebagian dari unsur hara yang diperlukan oleh tanaman. Purun tikus (3,23% N; 0,093% P; 2,708% K; 2,85 ppm Cu; 14,45 ppm Zn; dan 14,45% C-organik). Namun spesies gulma tersebut kaya akan lignin dengan C/N rasio tinggi (44,74), sehingga lebih sukar melapuk, sedangkan jerami padi C/N sebesar 20,85. Pemakaian pupuk organik berupa purun tikus dapat meningkatkan pH tanah dan P-tersedia serta menurunkan Fe dan Al (Raihan *et al*. 2004). Menurut Char (1982), daur ulang unsur hara tanaman dari sisa bahan tanaman merupakan hal penting dalam sistem pertanian dan ternyata petani mampu memperoleh hasil panen yang lumintu.

Pengomposan bahan dari gulma tersebut di atas memerlukan waktu yang lama sekitar 8 minggu. Salah satu faktor utama yang mempengaruhi dinamika dekomposisi bahan organik adanya kandungan lignin (Becker *et al*. 1994). Komposisi bahan organik sangat beragam tergantung pada jenis bahan organik dan tingkat pelapukannya.

Dalam getah pepaya terkandung enzim-enzim protease (pengurai protein) yaitu papain dan kimopapain. Kadar papain dan kimopapain dalam buah pepaya muda berturut-turut 10% dan 45%. Kedua enzim ini mempunyai kemampuan menguraikan ikatan-ikatan dalam melekul protein sehingga protein terurai menjadi polipeptida dan dipeptida. Jika bekerja pada jerami tanaman, protein jerami tanaman dapat diuraikan sehingga menjadi empuk. Enzim papain merupakan enzim yang terdapat dalam getah papaya. Enzim papain bersifat proteolitik yaitu mengkatalis ikatan peptida pada protein menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana seperti dipeptida asam amino. Kualitas getah sangat menentukan aktivitas proteolitik dan kualitas tersebut tergantung pada bagian tanaman asal tersebut. Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, bagian tanaman yang mengandung getah dengan kualitas aktivitas proteolitik yang baik ada pada bagian buah, batang dan daun. Sifat enzim papain antara lain dapat bekerja optimum pada suhu antara

50-60°C dan pH 5-7, serta memilki aktivitas proteolitik antara 70-1000 unit g^{-1}. Aktivitas enzim selain dipengaruhi oleh proses pembuatannya juga dipengaruhi oleh umur dan jenis varietas pepaya yang digunakan (Ipteknet, 2007).

Papain merupakan satu dari enzim paling kuat yang dihasilkan oleh seluruh bagian tanaman pepaya. Enzim adalah molekul kompleks yang diproduksi makhluk hidup untuk mempercepat reaksi kimia dalam sel. Pada pepaya, getah termasuk enzim proteolitik dan protein dasarnya memecah protein menjadi pepton. Kadar papain dan kimopapain dalam pepaya muda berturut-turut adalah 10 dan 45%. Kimopapain merupakan enzim yang paling banyak terdapat dalam getah pepaya. Daya kerjanya mirip dengan papain tetapi mempunyai daya tahan panas yang lebih besar. Kimopapain lebih tahan terhadap keasaman tinggi bahkan stabil dan masih aktif pada pH 2,0. Kedua enzim ini memiliki kemampuan menguraikan ikatan-ikatan dalam molekul protein, sehingga protein terurai menjadi polipeptida dan dipeptida (Koswara, 2007). Hal tersebut jika bekerja pada bahan organik maka enzimnya akan menguraikan bahan organik sehingga bahan organik menjadi lemas.

Papain adalah enzim proteolitik yang dikenal sebagai pelunak daging. Zat tersebut melakukan proses pemecahan jaringan ikat yang disebut proses proteolitik. Sifat dari papain itu diharapkan akan cepat merombak kandungan lignin di dalam bahan organik purun tikus, banta, dan purun.

Di lahan pasang surut sulfat masam ada masalah rendah bahan organik dan kahat hara fosfor yang menyebabkan kurang bernasnya biji padi. Salah satu cara meningkatkan ketersediaan fosfor bagi tanaman adalah dengan pemberian bahan organik guna mengurangi fiksasi P. Bahan organik purun tikus dapat memperbaiki ketersediaan P pada tanah sulfat masam sehingga pertumbuhan tanaman optimal.

Dalam upaya membantu petani dalam memenuhi kebutuhan pupuk organik untuk usahataninya, perlu diciptakan dekomposer bahan organik yang lebih cepat sehingga efektif dapat meningkatkan hasil pertanian di lahan rawa pasang surut.

Papain adalah enzim proteolitik yang dikenal sebagai pelunak daging. Zat tersebut melakukan proses pemecahan jaringan ikat yang disebut proses proteolitik. Tetapi sampai saat ini belum ada hasil penelitian penggunaan papain dalam mempercepat dekomposisi bahan organik.

Pada lahan sulfat masam ini banyak ditumbuhi gulma purun tikus yang berpotensi sebagai bahan organik *in situ* sehingga memudahkan petani dalam mengelola lahan ini dalam meningkatkan produktivitas. Tetapi gulma ini sukar melapuk karena kaya akan lignin dengan C/N rasio tinggi (44,74). Penggunaan bahan organik secara tradisional, tebas-puntal-balik-ampar (tepulikampar) memerlukan waktu lama, hanya sesuai untuk

tanaman sekali setahun dan tidak bisa diterapkan pada pola tanam IP200 atau lebih (Ar-Riza, 2001).

Untuk itulah dalam rangka mempercepat proses pelapukan gulma purun tikus yang selanjutnya digunakan sebagai bahan organik, dilakukan penelitian mencari dekomposer yang mudah didapat dan cepat melapuk serta purun tikus tersebut meningkatkan produktivitas lahan.

Pada lahan sulfat masam, bahan organik memegang peranan penting. Bahan organik tidak hanya berperan dalam memperbaiki sifat fisik tanah tetapi juga dalam menekan oksidasi pirit. Dalam kaitannya dengan lahan sulfat masam yang disawahkan, bahan organik berfungsi untuk mempertahankan suasana reduksi sehingga oksidasi pirit dapat ditekan (Noor, 2004). Laju proses reduksi tergantung pada kandungan bahan organik tanah sebagai sumber proton dalam proses reduksi (Ponnamperuma, 1984).

Upaya untuk menjadikan lahan sulfat masam menjadi lahan pertanian yang produktif mempunyai prospek yang besar. Karena banyaknya komponen teknologi yang telah dihasilkan. Walaupun demikian bila digunakan teknologi konvensional akan memelukan waktu yang lama. Oleh Karena itu perlu dilakukan penelitian untuk mendapatkan teknologi yang mampu meningkatkan percepatan produktivitas lahan dengan pengelolaan tanah pada lahan sulfat masam potensial.

Pengomposan bahan dari gulma purun tikus, eceng gondok, dan kayapu memerlukan waktu yang lama sekitar 8 minggu. Salah satu faktor utama yang mempengaruhi dinamika dekomposisi bahan organik adanya kandungan lignin (Becker *et al*. 1994). Padahal gulma ini dapat digunakan sebagai sumber hara bagi tanaman.

Pengelolaan bahan organik di lahan sulfat masam memegang peranan yang penting. Walaupun kandungan bahan organik di lahan ini biasanya cukup tinggi tetapi kadar bahan organik dapat mengalami kemerosotan karena terbakar, tererosi atau perombakan secara alamiah (Noor, 2004). Bahan organik mempunyai peranan penting dalam dinamika sifat kimia lahan sulfat masam. Bahan organik dapat menyebabkan kondisi tanah lebih tereduksi sehingga berpengaruh pada konsentrasi besi dan meningkatkan pH tanah (Ottow *et al.* 1991) tetapi dapat pula menurunkan pH tanah jika bahan organik tersebut mendorong terjadinya peningkatan diffusi CO_2 dan menurunnya tekanan parsial CO_2 (Wen and Yu, 1988; Ponamperuma, 1984). Lahan sulfat masam umumnya memiliki kandungan P-total yang tinggi tetapi memiliki kandungan P-tersedia yang rendah berdasarkan analisa Bray-1. Tingginya kandungan Al dan Fe di lahan sulfat masam dapat menyebabkan P yang diberikan terfiksasi dengan kuat (Nue and Zhu, 1990).

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan dekomposer papain (enzim papain) yang mempercepat dekomposisi gulma rawa dan berpengaruh meningkatkan produksi tanaman padi di lahan pasang surut sulfat masam.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Palingkau Jaya SP-1, Kabupaten Kapuas, Provinsi Kalimantan Tengah. Penelitian dimulai bulan Maret sampai November 2011.

Perlakuan disusun dengan rancangan acak kelompok (Gomez dan Gomez, 1984) dengan 3 ulangan, dimana perlakuan jenis substrat:

a. Dekomposer daun pepaya
b. Dekomposer buah pepaya muda
c. Dekomposer buah pepaya masak
d. Dekomposer daun pepaya + pupuk kandang sapi
e. Dekomposer buah pepaya muda + pupuk kandang sapi
f. Dekomposer buah pepaya masak + pupuk kandang sapi
g. M-Dec/dekomposer yang tersedia di pasar
h. Kontrol

Lahan disiapkan dengan pemetakan sesuai perlakuan dan dibuat petak percobaan, dilanjutkan dengan pengolahan tanah sampai siap tanam. Bibit padi berumur 21 hari ditanam dengan 3 bibit per lobang dan cara tanam sistem legowo berselang seling 2 baris ditanami dan 1 baris dikosongkan, ini populasi tanaman sama dengan jarak tanam 20x20 cm. Aplikasi perlakuan menggunakan petak berukuran 6x5 m di masing-masing lokasi. Pertanaman dipupuk dengan dosis 250-200-100 kg ha^{-1} yang bersumber dari urea, SP-36, dan KCl.

Pengamatan dilakukan terhadap parameter pertumbuhan, komponen hasil dan hasil tanaman serta analisa tanah di laboratorium seperti pH, N-total, P-tersedia (Bray II), K-dd, Ca-dd, Al-dd, C-organik, Fe-total, dan $SO4^{2}$. Data terkumpul dianalisis menggunakan analisa statistik varian dan uji beda nyata.

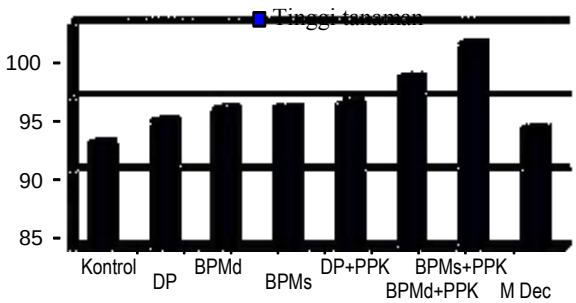
HASIL DAN PEMBAHASAN

Papain merupakan satu dari enzim paling kuat yang dihasilkan oleh seluruh bagian tanaman pepaya. Pada pepaya, getah termasuk enzim proteolitik dan protein dasarnya memecah protein menjadi pepton. Kadar papain dan kimopapain dalam pepaya muda berturut-turut adalah 10% dan 45%. Kimopapain lebih tahan terhadap keasaman tinggi, bahkan stabil dan aktif pada pH 2,0. Kedua enzim ini memiliki kemampuan menguraikan ikatan-ikatan dalam molekul protein, sehingga protein terurai menjadi polipeptida dan dipeptida (Koswara, 2007). Hal tersebut jika bekerja pada bahan organik purun tikus, eceng gondok, dan kayapu maka enzimnya akan menguraikan protein bahan organik tersebut, sehingga mudah tersedia bagi tanaman padi.

Tingkat pertumbuhan tanaman yang lebih baik diantaranya dapat dianalisa dari data tinggi tanaman dan jumlah anakan padi. Berdasarkan analisa data tinggi dan jumlah anakan padi pada umur panen, diperoleh bahwa terdapat perbedaan pertumbuhan yang lebih baik pada pemberian bahan organik yang diberi dekomposer papain dibanding kontrol dan M-Dec. (Gambar 1 dan 2).



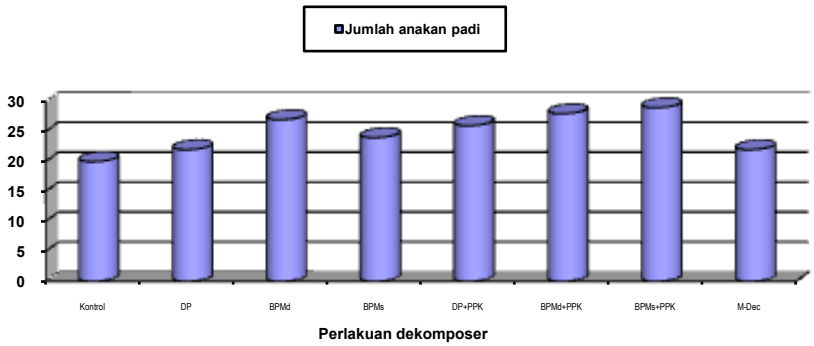
Gambar 1. Pengaruh bahan organik yang diberi dekomposer papain terhadap pertumbuhan padi di lahan pasang surut sulfat masam, Palingkau, Kalteng 2011



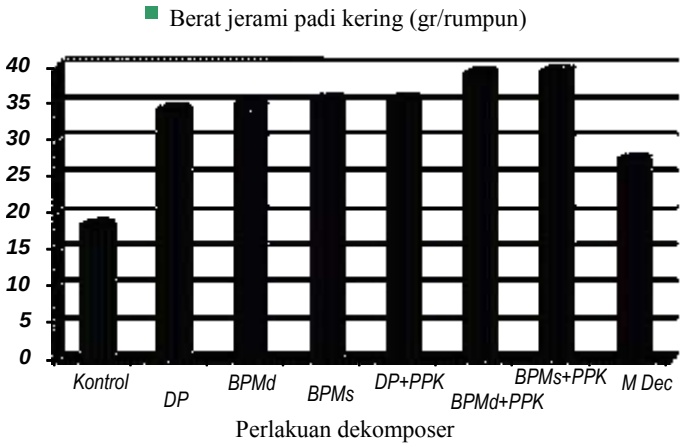
Gambar 2. Pengaruh bahan organik yang diberi dekomposer terhadap tinggi tanaman padi varietas Inpara-3, Palingkau Jaya, Kalteng 2011

Tinggi tanaman padi pada perlakuan bahan organik yang diberi dekomposer daun pepaya + pupuk kandang sapi, dekomposer buah pepaya muda + pupuk kandang sapi dan dekomposer buah pepaya masak + pupuk kandang sapi terlihat lebih tinggi secara nyata dibanding kontrol, M-Dec, daun pepaya, buah pepaya muda, dan buah pepaya masak (Gambar 2).

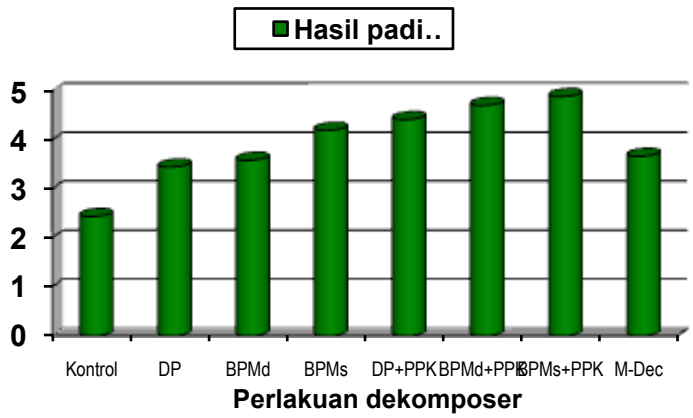
Sedangkan jumlah anakan padi pada perlakuan bahan organik yang diberi dekomposer buah pepaya masak + pupuk kandang sapi, dekomposer buah pepaya muda + pupuk kandang sapi, buah pepaya muda, dekomposer daun pepaya + pupuk kandang sapi, dan buah pepaya masak terlihat lebih tinggi secara nyata secara berurutan dibanding kontrol, M-Dec, dan dekomposer daun papaya (Gambar 3).



Gambar 3. Pengaruh bahan organik yang diberi dekomposer terhadap jumlah anakan tanaman padi varietas Inpara-3, Palingkau Jaya Kalteng 2011



Gambar 4. Pengaruh bahan organik yang diberi dekomposer terhadap beratjerami kering tanaman padi varietas Inpara-3, Palingkau Jaya, Kalteng 2011



Gambar 5. Pengaruh bahan organik yang diberi dekomposer terhadap hasil tanaman padi varietas Inpara-3, Palingkau Jaya, Kalteng 2011

Berat jerami kering tanaman padi pada perlakuan bahan organik yang diberi dekomposer buah pepaya masak + pupuk kandang sapi dan dekomposer buah pepaya muda + pupuk kandang sapi lebih berat secara sangat nyata dibanding perlakuan lainnya (Gambar 4).

Pertumbuhan tanaman yang lebih baik, terjadi sebagai akibat perbaikan kondisi lingkungan tumbuh, berdasarkan analisa tanah diperoleh bahwa tingkat kemasaman tanah menurun walaupun masih tergolong masam (pH=4,40), kandungan bahan organik tanah meningkat (C-organik=5,77%), kandungan nitrogen tanah (N=0,22%), P-tersedia (P-Bray I=3,56 ppm), kalium dapat tukar pada tingkat (K-dd=0,38 me $100g^{-1}$ tanah). Pada kondisi tersebut serapan hara bagi tanaman juga lebih besar. Pemberian bahan organik menurunkan keasaman tanah, hal ini terjadi disebabkan pada proses dekomposisi bahan organik terjadi aktivitas mikroorganisme meningkat sehingga mengakibatkan asam-asam humat meningkat dan ion-ion hidroksil dan fenol yang dihasilkan meningkat. Bahan organik dapat menetralkan muatan negatif asam-asam organik sehingga jumlah ion H^+ yang mendominasi koloid tanah dapat ditekan atau dengan kata lain pH tanah meningkat.

Hasil padi pada perlakuan bahan organik yang diberi dekomposer buah pepaya masak + pupuk kandang sapi lebih besar secara sangat nyata dibanding perlakuan lainnya. Atau kata lain dekomposer tersebut meningkatkan hasil padi lebih dari 25%. Kemudian diikuti secara menurun oleh perlakuan dekomposer buah pepaya muda + pupuk kandang sapi, dekomposer daun pepaya + pupuk kandang sapi, buah pepaya masak, dekomposer M-Dec, buah pepaya muda, dan daun pepaya serta kontrol (Gambar 5). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Koeswara (2007) dimana getah yang berasal dari buahlah yang paling berkualitas, selain itu buah pepaya lebih efektif dari daunnya. Papain dari batang dan daun hanya memiliki aktivitas proteolitik sekitar 200 MCU $gram^{-1}$ sementara dari buahnya jauh lebih banyak, sekitar 400 MCU g^{-1}. Disamping menguraikan protein, papain mempunyai kemampuan untuk membentuk protein baru atau senyawa yang menyerupai protein yang disebut plastein, sehingga memberikan hasil padi yang lebih tinggi.

Peningkatan ini terjadi karena penambahan bahan organik dapat memperbaiki kondisi kesuburan tanah sehingga sesuai untuk pertumbuhan tanaman padi. Dalam hal ini tercipta suatu keadaan yang menunjang bagi pertumbuhan akar yang lebih baik serta meningkatkan ketersediaan unsur hara sehingga meningkatkan hasil padi.

Pemberian bahan organik dapat menurunkan kahat P yang umum terjadi pada tanah masam. Hal ini dapat dijelaskan bahwa di dalam tanah, fosfat difiksasi oleh mineral liat dalam tanah sebagai anion dapat ditukar atau diikat oleh oksida hidrat Fe dan Al dalam bentuk yang tidak tersedia untuk diserap tanaman. Oleh karena itu pemberian bahan organik diperlukan untuk meningkatkan ketersediaan P dalam tanah agar dapat dicapai hasil yang optimum.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil analisa C/N ratio campuran bahan organik purun tikus, eceng gondok, dan kayapu yang diberi dekomposer daun pepaya, buah pepaya muda + pupuk

kandang sapi dan daun pepaya + pupuk kandang sapi dalam satu minggu sudah terdekomposisi dengan baik.

2. Bahan organik purun tikus, eceng gondok, dan kayapu yang diberi dekomposer papain dari buah masak + pupuk kandang sapi memberikan peningkatan lebih dari 25% pada pertumbuhan dan hasil padi di lahan pasang surut sulfat masam.

Saran

Penelitian ini baru tahap awal, disarankan perlu penelitian yang lebih lanjut tentang pemberian dekomposer langsung di lapangan sebagai herbisida hayati.

DAFTAR PUSTAKA

Ar-Riza, I. 2001. Teknologi indigenous tepulikampar dan kearifan ekologi dalam budidaya padi di lahan pasang surut. Jurnal Ilmiah Sain Teks. Oktober 2001. Universitas Negeri Semarang. Semarang.

Becker, M., J.K. Ladha, I.C. Simpson, and J.C.G. Ottow. 1994. Parameters affecting the nitrogen mineralization of plant residues in flooded soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 58: 1666-1671.

Char-Fen, Lin. 1982. The Recycling of Crop Residues in Taiwan. Food & Fert. Tech. Centre. Ext. Bull. No. 177 Taipei City. Taiwan Rep of China. 14p.

Gomez, Kwanchai A. and Arturo A. Gomez. 1984. Statistical Procedures for Agricultural Research. An International Rice Research Institute Book. A Wiley-Interscience Publication. John wiley & Sons. New York. Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore.

Ipteknet. 2007. Tanaman Obat indonesia. BPPT dan Ristek. Http: www. Ipteknet.id/ind/ pd_tanobat. Diakses 22 Maret 2007.

Koswara, S. 2007. Tepung Getah Pepaya. Diakses 12 April 2007. Jakarta

Neue, H.U. and Z.L. Zhu. 1990. Chemistry of adverse flooded soils. *In* Phosphorus Requirement for Sustainable Agriculture in Asia and Oceania. IRRI.

Noor, M. 2004. Lahan Rawa. Sifat dan Pengelolaan Tanah Bermasalah Sulfat Masam. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta.

Ottow. J.C.G., K. Prade, W. Bertenbreiter, and V.A. Jacq. 1991. Strategies to alleviate iron toxicity of wetland rice on nutritionally poor and/or acid sulphate soils. *In* Deturck, P. and F. N. Ponnamperuma (Eds). Rice Production on Acid Soils of the Tropics. Institute of Fundamental Studies, Kandy, Srilanka.

Ponnamperuma., F.N. 1984. Straw as a source of nutrients for wetland rice. *In* Organic Matter and Rice. Intenational Rice Research Institute. Los Banos Laguna, Philippines.

Raihan. S., Zainal Arifin, dan Dakhyar N. 2004. Tanggap tanaman jagung terhadap pemberian pupuk NPK dan kapur pada tanah sulfat masam. *Dalam* Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Lahan dan Tanaman Terpadu (PLTT) dan Hasil-Hasil Penelitian/Pengkajian Teknologi Pertanian Spesifik Lokasi, Jambi 13-14 Desember 2004. Pusat Analisis Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian Bogor.

Wen, Q. and T. Yu. 1988. Effect of green manure on physicochemical properties of irrigated rice soil. *In* Green Manure in Rice Farming. Proceding of Symposium on Sustainable Agriculture. The Role of Green Manure Crops in Rice Farming Systems. International Rice Research Institute in Colaboration with The Commission on the Application of Science, Forestry and Aquaculture.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil analisis tanah awal tanah sulfat masam di Palingkau-SP1

Sifat kimia tanah	Nilai	Keterangan
pH H_2O	3,42	Sangat masam
N-total (%)	0,196	Rendah
C-organik (%)	5,20	Tinggi
P-tersedia (ppm P_2O_5)	1,260	Sangat rendah
K-tersedia (me $100g^{-1}$)	0,260	Sedang
Ca-dd (me $100g^{-1}$)	0,469	Sangat rendah
Mg-dd(me $100g^{-1}$)	0,435	Rendah
Na (me $100g^{-1}$)	0,086	Sangat rendah
P-total (mg $100g^{-1}$ P_2O_5)	18,39	Rendah
K-total (mg $100g^{-1}$ K_2O)	53,90	Tinggi
Al-dd (me $100g^{-1}$)	18,32	-
$SO4^{2-}$(ppm)	332.6	-
Fe-total (ppm)	3,680	-

Kajian Sistem Kendali Mutu Pupuk Hayati Pra-Komersialisasi

70

Edi Husen

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Jl. Tentara Pelajar No. 12, Bogor (Email: edihusen@yahoo.com)

Abstrak. Keunggulan suatu produk pupuk hayati ditentukan oleh jumlah populasi, viabilitas mikroba dalam kurun waktu tertentu, dan efikasinya pada tanaman pada berbagai kondisi di lapangan. Sistem kendali mutu pupuk hayati merupakan salah instrumen penting untuk menjamin keefektifan pupuk hayati dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman serta menjaga keberlanjutan produktivitas tanah. Sebagai makhluk hidup yang tersimpan dalam bahan pembawa (*carrier*), keberhasilan penggunaan pupuk hayati tidak hanya ditentukan oleh keungulan inokulan, tetapi juga oleh proses formulasi yang terkait dengan higienisitas produksi dan kecocokan bahan pembawa. Sistem kendali mutu internal yang diterapkan saat ini masih terbatas pada uji laboratorium dan belum sampai pada uji efikasi pada tanaman dan tanah dengan penetapan masa kedaluara pupuk. Makalah ini menyajikan proposal sistem kendali mutu pupuk hayati pra-komersialisasi yang dimulai dari sampling pupuk untuk uji laboratorium dan efektivitas, serta penetapan masa kedaluarsa pupuk. Parameter uji mencakup viabilitas dan karakter funsional mikroba selama masa simpan, patogenisitas, dan tingkat kontaminasi serta pengaruhnya pada tanaman dan aktivitas mikroba tanah pasca inokulasi.

Kata kunci: kendali mutu, pupuk hayati, mikroba, viabilitas, komersialisasi

Abstract. *The quality of a product of biofertilizer is determined mainly by the number of population, viability of microbes in a particular period of time, and its efficacy on plants in various field conditions. A system of quality control is one important instrument to ensure the effectiveness of a biofertilizer in increasing plant growth and yield and sustaining soil productivity. As a living organism lived in the carrier material, the succsessful use of biofertilizer is not only determined by its excellent traits, but also by its formulation process associated with higienist procedures and material compatibility (carrier). Current internal quality control system implemented is still limited to laboratory tests and not to the efficacy trials on plants and soil as well as determination of expiring date. This paper presents a proposed quality control system of biofertilizer prior to commercialization starting from sampling procedures for laboratory testing and its efficacy, as well as the determination of the expiring date period. Test parameters include microbial viability and traits during storage, pathogenicity, and the level of contamination and its effects on plant growth and soil microbial activity after inoculation.*

Keywords: quality control, biofertilizer, microbes, viability, commercialization

PENDAHULUAN

Sistem kendali mutu pupuk hayati merupakan salah satu aspek penting untuk menjamin keefektifan pupuk hayati dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman serta menjaga keberlanjutan produktivitas tanah. Sebagai makhluk hidup yang disimpan dalam bahan pembawa (*carrier*), keberhasilan penggunaan pupuk hayati tidak hanya ditentukan oleh mutu inokulan saat diproduksi, tetapi juga oleh mutu inokulan pasca produksi yang terkait dengan penyimpanan dan pengangkutan pupuk (Simanungkalit *et al*. 2006). Mutu inokulan saat diproduksi antara lain berhubungan dengan higienisitas produksi dan bahan pembawa yang digunakan. Teknik produksi yang terkontrol berpengaruh pada kepadatan populasi yang diinginkan dan viabilitas inokulan selama penyimpanan serta mengurangi tingkat kontaminasi, sehingga inokulan yang dihasilkan memiliki masa kedaluarsa yang lebih panjang.

Saat ini berbagai jenis pupuk hayati telah dihasilkan oleh berbagai lembaga penelitian dan perguruan tinggi dan sebagian sudah dikomersialkan (beredar di pasaran). Pupuk hayati yang ditawarkan untuk meningkatkan produktivitas tanah dan tanaman cukup beragam, antara lain pupuk hayati yang mengandung mikroba penambat N (simbiotik dan non-simbiotik), pelarut fosfat, penghasil zat pemacu tumbuh, pengendali cekaman lingkungan ekstrim dan patogen, baik yang diproduksi dalam bentuk pupuk hayati tunggal maupun dalam bentuk majemuk (*consortia*). Beragamnya jenis pupuk hayati yang beredar saat ini, pada satu sisi memberi keuntungan bagi pengguna/ petani karena banyak pilihan yang tersedia. Namun pada sisi lain, biaya tambahan yang dikeluarkan untuk membeli pupuk hayati dapat saja tidak seimbang dengan kenaikan produksi tanaman bila mutu pupuk rendah. Hasil penelitian pada tahun 2005-2006 memperlihatkan bahwa tidak semua pupuk hayati komersial yang beredar memiliki mutu sesuai dengan promosi yang dijanjikan (Husen *et al*. 2007). Penyebabnya antara lain bisa dari teknologi produksi yang belum sempurna atau pupuk yang digunakan telah melewati masa kedaluarsa. Untuk itu, sistem pengendalian mutu pupuk hayati terpadu pasca komersialisasi yaitu sebelum pupuk diproduksi dalam skala komersial diperlukan agar pupuk yang dihasilkan memberikan hasil yang sepadan dengan harga jual produk. Penggunaan pupuk hayati bermutu tidak saja akan meningkatkan kepercayaan konsumen terhadap manfaat pupuk hayati, tetapi juga dapat meningkatkan daya saing produk-produk pupuk hayati lokal terhadap pupuk hayati sejenis dari luar negeri.

Makalah ini menyajikan proposal sistem pengendalian mutu pupuk hayati internal pra-komersialisasi sebagai salah satu instrumen penting dalam pengembangan pupuk hayati pada skala industri. Konsep kanjian sistem pengujian mutu ini mengacu pada sistem yang sudah dikembangkan sebelumnya dengan menambahkan beberapa aspek penting sesuai dengan perkembangan teknologi saat ini.

TINJAUAN SISTEM KENDALI DAN SYARAT MUTU

Regulasi Sistem Kendali Mutu

Sistem kendali mutu pupuk hayati yang pertama kali diberlakukan di Indonesia diatur berdasarkan Surat Keputusan Direktorat Jenderal Tanaman Pangan No.SK.I.A.5.84.5, tahun 1984 yang selanjutnya disempurnakan dengan SK.I.HK.050.91.7A, tahun 1991. Regulasi ini dikeluarkan dalam rangka pelaksanaan program intensifikasi kedelai pada masa itu.

Mekanisme pengujian dan penetapan kelayakan mutu produk pupuk hayati pada tahun 1991 tersebut di atas secara rinci diuraikan oleh Simanungkalit *et al*. (2006). Pupuk hayati diuji di laboratorium pengawasan mutu benih yang ditunjuk untuk menentukan kelayakan mutu inokulan sesuai standar yang ditetapkan. Mengingat pupuk hayati ini digunakan untuk program intensifikasi kedelai, maka pengambilan contohnya untuk diuji di laboratorium juga dilakukan oleh lembaga resmi, yaitu Balai Pengawasan Sertifikasi Benih. Syarat mutu dan sistem kendalinya relatif mudah dipenuhi oleh produsen pupuk karena pupuk hayati yang diproduksi hanya mengandung satu jenis mikroba (pupuk hayati tunggal), yaitu bakteri bintil akar kedelai *Rhizobium*. Salah satu syarat mutu yang diutamakan adalah jumlah populasi bakteri minimum yang terdapat dalam kemasan pupuk, yaitu $>10^9$ sel g^{-1} atau ml^{-1} pada saat diproduksi dan $>10^7$ sel g^{-1} atau ml^{-1} pada masa kedaluarsa. Syarat mutu pupuk hayati ini sangat jauh berbeda dengan yang diberlakukan saat ini karena mikroba yang dikandung oleh pupuk hayati umumnya lebih dari satu jenis mikroba (pupuk hayati majemuk).

Penggabungan berbagai jenis mikroba dalam pupuk hayati yang saat ini banyak diproduksi dan diperdagangkan hampir umum dijumpai. Bakteri penambat N (simbiotik maupun non-simbiotik) disatukan dengan pelarut fosfat, penghasil zat pemacu tumbuh ataupun pengendali cekaman (stres) yang juga dikenal dengan istilah konsorsia mikroba. Kemajuan di bidang mikrobiologi dewasa ini juga memungkinkan menyatukan lebih dari satu jenis kelompok fungsional mikroba di dalam satu kemasan pupuk hayati seperti kelompok bakteri yang disatukan dengan aktinomisetes dan/atau fungi (cendawan) dengan fungsi beragam. Terlepas dari keraguan apakah pupuk hayati majemuk ini efektif meningkatkan pertumbuhan tanaman (karena potensi munculnya sifat kompetisi antar mikroba pasca aplikasi), yang jelas penetapan syarat mutu dan sistem kendalinya menjadi semakin kompleks.

Syarat Mutu dan Sertifikasi (Permentan No.70/2011)

Dalam rangka pengendalian mutu dan memberikan kepastian usaha bagi produsen/ pelaku usaha pupuk hayati, Kementerian Pertanian telah mengeluarkan Peraturan Menteri Pertanian Nomor: 70/Permentan/SR.140/10/2011 tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati

dan Pembenah Tanah. Di dalam Permentan ini diatur alur sistem uji mutu dan efektivitas pupuk hayati sampai pada serifikasi ijin edar. Penetapan syarat mutu pupuk hayati sebagaimana yang diatur dalam Permentan ini didasarkan atas hasil penelitian dan pengkajian yang dilakukan oleh Badan Litbang Petanian (Simanungkalit *et al*. 2006; Husen *et al*. 2007) dan sumber-sumber lain yang terkait (Ghosh, 2001; Roughley *et al*. 1990). Selain pengujian jumlah populasi mikroba yang dikandung pupuk hayati, juga disyaratkan uji fungsional yang mencakup uji kemampuan menambat N, melarutkan P, menghasilkan hormon, dan uji fungsional lainnya. Tabel 1 menyajikan contoh syarat teknis jumlah populasi mikroba pada pupuk hayati tunggal dan majemuk yang disarikan dari Permentan Nomor: 70/Permentan/SR.140/ 10/2011.

Tabel 1. Ringkasan syarat teknis jumlah populasi mikroba pada pupuk hayati tunggal dan majemuk (Permentan Nomor: 70/Permentan/SR.140/ 10/2011)

Jenis Pupuk Hayati/Mikroba	Syarat Teknis Menurut Jenis Bahan Pembawa		
	Tepung/serbuk	Granul/pelet	Cair
Pupuk Hayati Tunggal			
A. Bakteri bintil akar (*Rhizobium*/dll)	$\geq 10^7$ cfu/g	$\geq 10^7$ cfu/g	$\geq 10^7$ cfu/ml
B. Endomikoriza			
- Mikoriza Arbuskular (total propagul)	$\geq$ 50 MPN/g	$\geq$ 50 MPN/g	
- *Gigaspora margarita* (total spora)	25-30 spora/g	25-30 spora/g	
- *Glomus manihotis* (total spora)	$\geq$ 50 spora/g	$\geq$ 50 spora/g	
- *Glomus agregatum* (total spora)	$\geq$ 10 spora/g	$\geq$ 10 spora/g	
C. Ektomikoriza			
- *Scelodema columnare*, *Pisholitus tintorius*/dll (total propagul/spora)	$\geq$ 5% dari volume	$\geq$ 5% dari volume	
D. Mikroba non-simbiotik dan/atau Endofitik			
- Bakteri: *Azospirilum*/*Azotobacter*/*Bacillus*/ *Pseudomonas*/ dll. (total sel)	$\geq 10^7$ cfu/g	$\geq 10^7$ cfu/g	$\geq 10^8$ cfu/ml
- Aktinomiset: *Streptomyces*/ dll. (total sel)	$\geq 10^6$ cfu/g	$\geq 10^5$ cfu/g	$\geq 10^5$ cfu/ml
- Fungi/Cendawan: *Aspergillus*/*Penicillium*/ dll (total sel)	$\geq 10^5$ cfu/g	$\geq 10^4$ cfu/g	$\geq 10^4$ cfu/ml
Pupuk Hayati Majemuk (Konsorsia)			
Total sel masing-masing jenis mikroba:			
- Bakteri: *Azospirilum*/*Azotobacter*/*Bacillus*/ *Pseudomonas*/ dll.	$\geq 10^7$ cfu/g	$\geq 10^7$ cfu/g	$\geq 10^8$ cfu/ml
- Aktinomiset: *Streptomyces*/ dll.	$\geq 10^6$ cfu/g	$\geq 10^5$ cfu/g	$\geq 10^5$ cfu/ml
- Fungi/Cendawan: *Aspergillus*/*Penicillium*/ dll	$\geq 10^5$ cfu/g	$\geq 10^4$ cfu/g	$\geq 10^4$ cfu/ml

Keterangan:
- Nama-nama mikroba yang disebutkan dalam tabel adalah contoh mikroba.
- Cfu = *colony forming unit* (satuan bentukan koloni); MPN = *most probable number*

Uji efikasi pada tanaman dilakukan setelah lolos persyaratan teknis dari hasil uji mutu di laboratorium. Pengujian umumnya dilakukan di rumah kaca menggunakan tanaman semusim atau sesuai dengan peruntukan pupuk hayati yang diuji. Basis dari uji efikasi adalah bahwa pupuk hayati yang diuji mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman dan atau mampu menghemat penggunaan pupuk anorganik minimal sampai 25%

dari dosis rekomendasi (dosis standar). Hasil ini didapatkan bila nilai RAE (*relative agronomic effectiveness*), yaitu perbandingan antara kenaikan hasil pada pupuk yang diuji dengan kenaikan hasil pada pupuk standar lebih dari 100% (Machay *et al*. 1984). Sertifikat lolos uji (izin edar) diberikan untuk jangka waktu lima tahun dan setelah itu pemilik pupuk dapat memperpanjang kembali.

Uraian di atas memperlihatkan bahwa untuk mendapatkan sertifikat izin edar pupuk hayati diperlukan berbagai pengujian. Hal ini menyiratkan bahwa hanya pupuk hayati yang betul-betul bermutu dengan hasil konsisten yang akan memperoleh sertifikat izin edar. Hasil ini sesuai dengan fakta bahwa jumlah pupuk hayati yang beredar masih sangat sedikit, yaitu sekitar 35 merek pupuk hayati pada tahun 2003 dan popularitasnya masih tergolong rendah yang diukur dari jumlah petani pemakai yang kurang dari 10% (Husen *et al*. 2007). Berbeda dengan pupuk anorganik atau pupuk kimia lainnya, pupuk hayati mengandung makhluk hidup yang disimpan dalam bahan pembawa, sehingga viabilitas mikrobanya perlu dipertahankan dengan baik selama kurun waktu sebelum masa kedaluarsa, yakni sekitar 6 bulan. Dengan demikian, teknik formulasi pupuk hayati yang tepat dengan sistem kendali mutu terpadu sangat diperlukan.

PROPOSAL SISTEM KENDALI MUTU PRA-KOMERSIALISASI

Sistem kendali mutu terpadu sebaiknya dimulai pada waktu pupuk hayati sudah diproduksi dalam skala pilot (berupa prototipe produk) atau sebelum pupuk diproduksi dalam skala komersial. Tahapannya mencakup: (i) sampling pupuk, penataan (*layout*) tempat penyimpanan, uji lapangan dan laboratorium. Secara skematis diagram alir tahapan pelaksanaan sistem kendali mutu pupuk hayati yang diusulkan disajikan pada Gambar 1.

Sampling pupuk hayati dan tanah

Sampling pupuk hayati untuk pengujian dilakukan terhadap produk pupuk dalam satu *batch* (seri) produksi. Sebanyak 12 sampai 15 kemasan diambil secara acak. Masing-masing 5 kemasan ditempatkan dalam wadah terbuka yang selanjutnya 5 kemasan pertama disimpan di ruangan (*indoor*) dan 5 kemasan kedua disimpan di tempat terbuka (*outdoor*) untuk uji daya simpan 0, 3, 6, 9 dan 12 bulan. Sisanya digunakan untuk keperluan uji efikasi di lapangan. Pupuk hayati yang sudah dibuka dan digunakan untuk uji efikasi selanjutnya ditempatkan di ruangan untuk uji daya simpan seperti di atas. Pengujian pada perlakuan penyimpanan mencakup uji viabilitas, uji karakter fungsional, patogenisitias, dan higienisitas pupuk hayati.

Sampling contoh tanah dilakukan pada tiap petak percobaan pasca aplikasi pupuk hayati, termasuk perlakuan tanpa pupuk hayati. Pengambilan contoh tanah dapat

dilakukan dua kali, yaitu pada kurun waktu 2 minggu setelah aplikasi dan pada fase awal pembungan. Pengaruh aplikasi pupuk hayati terhadap perbaikan kualitas tanah dapat dievaluasi dari tingkat aktivitas mikroba.



Gambar 1. Diagram alir sistem kendali mutu pupuk hayati pra-komersialisasi

Uji viabilitas

Viabilitas mikroba selama masa penyimpanan diuji berdasarkan kepadatan populasi mikroba per gram atau ml contoh pupuk yang dihitung dengan teknik pengenceran bertingkat (10^1 – 10^9). Mikroba dalam larutan yang sudah diencerkan ditumbuhkan dalam media agar selektif dengan metode spread plate (Zuberer, 1994). Media agar yang akan digunakan dapat menggunakan media agar umum untuk menghitung pupulasi total bakteri, aktinomisetes, dan fungi/cendawan atau media selektif berdasarkan fungsi mikroba seperti media bakteri penambat N_2 dan media pelarut P maupun media selektif untuk species spesifik. Media untuk menghitung populasi total bakteri antara lain *nutrient agar* (NA), *tryptone-yeast* (TY), total aktinomisetes yaitu media M3 ditambah antibiotik dan anti fungi, total fungi dengan media *potato dextrose agar* (PDA) yang ditambahkan antibiotik. Media selektif penambat N2 hidup bebas (free-living) yaitu dengan media bebas-N. Media selektif bakteri pelarut P dapat menggunakan media Pikovskaya atau yang dimodifikasi. Selain media tersebut, juga dapat digunakan media MRS (Man, Rogosa & Sharpe) untuk pengujian *Lactobacillus* dan yeast mannitol

agar untuk *Rhizobium*. Komposisi media tersebut di atas mengikuti media yang diuraikan oleh Weaver *et al*. (1994), Somasegaran dan Hoben (1994), Alef (1995), Cowan (1974), dan Subba-Rao (1999).

Hasil uji viabilitas mikroba selama masa penyimpanan akan menentukan masa kedaluarsa pupuk. Jumlah populasi yang masih berada di atas batas minimal populasi (Tabel 1) pada tahapan pengujian tertentu menjadi patokan masa kedaluarsa pupuk.

Uji karakter fenotip (fungsional)

Pengujian karakter fenotip/fungsional mikroba yang mencerminkan fungsi dan kegunaan pupuk hayati dapat dilakukan secara selektif, antara lain uji kemampuan melarutkan P terikat, menambat N_2, dan menghasilkan hormon seperti IAA (*indoleacetic acid*). Pengujian secara kualitatif dapat dilakukan dengan menggunakan media agar selektif seperti diuraikan di atas. Mikroba pelarut P pada media agar dicirikan oleh zona terang (*halo zone*) di sekeliling koloni. Kemampuan menambat N_2 ditentukan oleh kemampuannya tumbuh pada media tanpa N (N-*free*) seperti media *Azotobacter* atau media *yeast mannitol agar* (YMA).

Pengujian secara kuantitatif karakter fungsional mikroba dapat dilakukan secara kolorimetri menggunakan spektrofotometer, yaitu untuk mikroba pelarut P dan penghasil IAA. Mikroba penghasil hormon IAA dapat diuji dengan menumbuhkan mikroba pada pupuk hayati pada dalam media cair garam minimal yang diperkaya dengan L-tryptophan (Frankenberger dan Poth, 1988) atau media tanpa L-tryptophan yaitu media *yeast-glucose* (Benizri *et al*. 1998). Kemampuan mikroba menghasilkan IAA dari media *yeast-glucose* atau mengubah L-tryptophan (prekursor IAA) menjadi IAA diukur secara kolorimetri mengikuti metode Gordon dan Weber (1951). Pengukuran umumnya dilakukan setelah masa inkubasi selama 0 (kontrol) dan 48 jam (Husen *et al*. 2007). Uji kuantitatif mikroba pelarut P dapat dilakukan dengan menumbuhkan mikroba pada pupuk hayati pada media cair Pikovskaya (2,5 g/L Ca_2PO_4). Pengukuran konsentrasi P tersedia (yang dibebaskan oleh mikroba) dapat dihitung mengikuti metode Puslittanak (1998).

Uji patogenisitas dan kontaminan

Uji patogenisitas perlu dilakukan untuk menjamin bahwa mikroba dalam pupuk hayati tidak mengalami perubahan menjadi patogen baik setelah diproduksi maupun selama penyimpanan. Pengujian umumnya dilakukan melalui reaksi hipersensitif tanaman tembakau yang diinokulasi dengan mikroba pada pupuk hayati. Reaksi hipersensitif yang menandakan mikroba pada pupuk hayati bersifat patogen dicirikan oleh timbulnya gejala bercak nekrosis pada daun tembakau.

Uji kontaminan umumnya dikaitkan dengan tingkat higienisitas bahan dan media yang digunakan untuk keamanan pengguna dan kesehatan lingkungan. Tingkat kontaminan diindikasikan oleh jumlah populasi bakteri *Salmonella* dan *Eschericia coli*. Bila masing-masing jumlah pupulasi bakteri kontaminan ini tidak terdeteksi pada media agar dengan tingkat pengenceran 1000 kali, maka pupuk hayati dinyatakan aman. Uji kontaminan ini juga untuk menentukan apakah pupuk bekas pakai masih layak digunakan atau tidak tercemar selama masa penyimpanan.

Uji aktivitas mikroba

Tingkat aktivitas mikroba tanah pasca aplikasi pupuk hayati dapat diuji berdasarkan tingkat respirasi tanah. Prosedur pengukuran laju respirasi dapat menggunakan metode *trapping* alkali mengikuti metode Isermeyer (Alef 1995) yang dimodifikasi Zibilske (1994). Prinsip dari metode pengukuran respirasi ini adalah mengukur CO_2 yang berevolusi (menandakan aktivitas mikroba) selama masa inkubasi tanah dengan NaOH. Larutan NaOH yang menangkap CO_2 dititrasi dengan HCl.

Beberagai tahapan uji yang dilakukan di atas akan dapat ditentukan tingkat efikasi pupuk terhadap tanaman dan pengaruhnya pada kualitas tanah pasca aplikasi. Selain itu, akan diperoleh cara penyimpanan pupuk yang baik, masa kedaluarsa pupuk, tingkat keamanan pupuk, dan stabilitas karakter fungsional mikroba selama masa produksi dan penyimpanan.

KESIMPULAN

Pupuk hayati yang mengandung makhluk hidup yang disimpan dalam bahan pembawa rentan terhadap gangguan lingkungan yang akan berpengaruh pada tingkat viabilitas dan perubahan karakteristik fungsionalnya. Sistem kendali mutu terpadu pupuk hayati pra-komersialisasi sangat diperlukan untuk menjamin bahwa pupuk hayati yang akan diproduksi dalam skala industri benar-benar berkualitas. Kualitas pupuk hayati ditentukan oleh jumlah populasi mikroba yang tetap terjaga selama masa penyimpanan (sebelum masa kedaluarsa), efektif meningkatkan pertumbuhan tanaman, dan aman digunakan baik untuk tanaman maupun lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

Alef, K. 1995. Microbiological characterization of contaminated soils. p 503-505 In K. Alef and P. Nannipieri (Eds). Methods in Applied Soil Microbilogy and Biochemistry. Academic Press. London

Benizri, E., A. Courtade, C. Picard, and A. Guckert. 1998. Role of maize root exudates in the production of auxins by Pseudomonas fluorescens M.3.1: Short communication. Soil Biol. Biochem. 30: 1481-1484

Cowan, S.T. 1974. Cowan and Steel's Manual for the identification of medical bacteria. 2nd edition. Cambridge University Press. Australia

Frankenberger Jr, W.T. and M. Poth. 1988. L-tryptophan transaminase of a bacterium isolated from the rhizosphere of Festuca octoflora (Graminae). Soil Biol. Biochem. 20: 299-304.

Ghosh, T.K. 2001. A Review on quality control of biofertilizer in India Fertiliser Marketing News 32(8): 1-9.

Gordon, S.A. and R.P. Weber, 1951. Colorimetric estimation of indoleacetic acid. Plant Physiol 26:192-197.

Husen, E., R.D.M Simanungkalit, and Irawan. 2007. Characterization and quality assessment of Indonesian commercial biofertilizers. Indonesian Journal of Agricultural Science 8: 31-38.

Machay. A.D., J.K. Syers, and P.E.H. Gregg. 1984. Ability of chemical extraction procedures to assess the agronomic effectiveness of phosphate rock material. New Zealand Journal of Agricultural Research 27:219-230.

Peraturan Menteri Pertanian No. 70/Permentan/SR.140/10/2011 tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenah Tanah. Jakarta.

Puslittanak. 1998. Penuntun analisis kimia tanah dan tanaman. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.

Roughley, R.J., G.W. Griffith, and L.G. Gemell. 1990. The Australian Inoculants Research and Control Service (AIRCS). Procedures 1990. NSW Agriculture & Fisheries, Gosford NSW, Australia.

Simanungkalit, R.D.M., E. Husen, dan R. Saraswati. 2006. Baku Mutu Pupuk Hayati dan Sistem Pengawasannya, p 245-264 *Dalam* Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Balai Besar Litbang Sumberdaya lahan. Bogor.

Somasegaran, P and H.J. Hoben, 1994. Handbook for Rhizobia (Methods in Legume-Rhizobium Technology). Springer-Verlag. New York.

Subba Rao, N.S. 1999. Soil Microbiology (Fourth Edition of Soil Microorganisms and Plant Growth). Science Publishers, Inc. USA.

Weaver, R.W., S. Angle, P. Bottomley, D. Bezdicek, S. Smith, A. Tabatabai, and A. Wolum. 1994. Methods of Soil Analysis. Part 2 Microbiological and Biochemical Properties. SSSA. Inc.

Zibilske LM (1994) Carbon mineralization, In: RW Weaver RW, Angle S, Bottomley P, Bezdicek D, Smith S, Tabatabai A, Wollum A (eds) Methods of Soil Analysis, Part 2 Microbiological and Biochemical Properties, SSSA, Inc, pp 835-863.

Zuberer. D.A. 1994. Recovery and enumeration of viable bacteria. P. 119-144. In R.W. Weaver et al (ed) Methods of Soil Analysis. Part 2 Microbiological and Biochemical Properties. SSSA. I

DAFTAR PESERTA

Nama	Instansi
A .Kasno	Balai Penelitian Tanah
Abdul Hadi	UNLAM
Achmad. S	BBSDLP
Agus Suprihatin	BPTP Sumsel
Agus Supriyo	BPTP Kalsel
Ahmad	BBSDLP
Ahmad Kurnain	UNLAM
Ahmadi. P	IPB
Ai Dariah	Balai Penelitian Tanah
Aji	BBSDLP
Aminudin	BBSDLP
Andi	Balai Penelitian Tanah
Andriati	BBP2TP Bogor
Ani Susilawati	Balittra
Anik Hidayah	Balingtan
Anny Mulyani	BBSDLP
Apun Mahfud	BBSDLP
Arifin Fahmi	Balittra
Aris Pramudia	Balitklimat
Asep Kurnia	Balingtan
Asep Nugraha	Pustaka
Asmarhansyah	BPTP Kep. Babel
Asmawati Ahmad	Balai Penelitian Tanah
B. Wisnu. W	UPN "Veteran" Jatim
Budhyastoro	Balai Penelitian Tanah
D. Subardja	BBSDLP
Dani	BBSDLP
Dedi Erfandi	Balai Penelitian Tanah
Devi Choesin	SITH ITB
Diah Setyorini	Balai Penelitian Tanah
Didi Ardi	Balai Penelitian Tanah
E. Taufik	Balit Tri
E.S. Harsanti	Balingtan
Ea Kosman	BBSDLP
Edi Husen	BBSDLP
Edi Santosa	Balai Penelitian Tanah

Nama	Instansi
Edi Somantri	Balai Penelitian Tanah
Eep Syaiful. A	Balai Penelitian Tanah
Elsanti	Balai Penelitian Tanah
Eman Sulaeman	Balingtan
Emo Tarma	BBSDLP
Endang Kantikowati	Unibba
Endang Windiyati	Balai Penelitian Tanah
Endang. K	Unpad
Erlin	Balai Penelitian Tanah
Erna Suryani	BBSDLP
Erni Susanti	Balitklimat
Erwan Mardi	BBSDLP
Eti	Balai Penelitian Tanah
Evalin Sumbayat	ITTO
Eviati	Balai Penelitian Tanah
Fahmi Bahtiar	Vita Farm
Fahmuddin Agus	Balai Penelitian Tanah
Farida Manali	Balai Penelitian Tanah
Fiqolbi Nuro Pohan	Pasca Sarjana IPB
Halimah	IPB
Harwan Susetio	PT. Pijar Nusa Pasifik
Heni Rachmawati	Farmasi ITB
Herowati T. P	Undana
Husein Suganda	Balai Penelitian Tanah
Husnain	Balai Penelitian Tanah
Ibrahim Adamy S.	Balai Penelitian Tanah
IGM. Subiksa	Balai Penelitian Tanah
Ijang Isyafudin	Balit Tanah
Imam Purwanto	Balai Penelitian Tanah
Iman Kurnia	BBSDLP
Indratin	Balingtan
Irawan	Balai Penelitian Tanah
Irdam Anwar	Vita Farm
Ishak Juarsah	Balai Penelitian Tanah
Iskandar	IPB
Isro Ismail	Bionusa
Jati Purwani	Balai Penelitian Tanah

Nama	Instansi
Jojon Suryono	Kesuburan Balai Tanah
Joko Purnomo	Balai Penelitian Tanah
Jubaedah	Balai Penelitian Tanah
Jumena	Balai Penelitian Tanah
Karmini Gandasasmita	BBSDLP
Khairil Anwar	Balittra
Khamdana	Balai Penelitian Tanah
Koko Kusuma	Balai Penelitian Tanah
Kusumo Nugroho	BBSDLP
Ladiyani Retno W	Balai Penelitian Tanah
Laksmita P. santi	Balit Tanah
Le Istiqlal Amien	Balitklimat
Lili. M	BBSDLP
Lina Susilawati	Balingtan
M. Hikmat	Balingtan
M. Nur Imansyah	Balai Penelitian Tanah
M. Sultan	Biro Perencanaan
M. Teddy. S	BBSDLP
Magfira. Sy	Politani Kupang
Maisura	Univ. Malikussaleh
Mamat H.S.	BBSDLP
Mangkuludin	Balai Penelitian Tanah
Markus Anda	BBSDLP
Maryam	Balai Penelitian Tanah
Masria	Politani Kupang
Maswar	Balit Tanah
Meli Fitriani. S	BBSDLP
Merry Antralina	Faperta Unibba
Mindawati	Balai Penelitian Tanah
Moch. Iskandar	Balai Penelitian Tanah
Muhrizal Sarwani	BBSDLP
Mukhlis	Balittra
Mulyadi	Balingtan
Mumuh Muhamad. B	BPATP
Munawar	UPN "Veteran" Jatim
Nani Heryani	Balitklimat
Nanik Rachmawati	BBSDLP

Nama	Instansi
Neneng L. Nurida	Balai Penelitian Tanah
Niken Puspita Sari	Puslit Kopi dan Kakao
Nono Sutrisno	Balitklimat
Nora Argustien	UPN "Veteran" Jatim
Nuraini	Balai Penelitian Tanah
Nurhayati	Balai Penelitian Tanah
Nurhayati	BPTP Riau
Nurwindah Puji Lestari	Balitklimat
Nurwulan	BB Padi
Nurwulan Agustiani	BB Padi
Paidi	BBSDLP
Putu Wigena	BBSDLP
Rachmat Abdul Gani	BBSDLP
Rahma Dwi Yustika	Balai Penelitian Tanah
Rasti Suryani	Balai Penelitian Tanah
Rathi Frima Zona	BPTP Riau
Reka Pradana	PT. Nusa Palapa Gemilang
Restu Gilang Pradika	IPB
Ridha Nurlaily	Balai Penelitian Tanah
Rizki Ramadhan	PT. Bintang Timur Pasifik
Roni	BBSDLP
Rosmimik	Balai Penelitian Tanah
Rudi Eko S.	BBSDLP
Sarmah	Balai Penelitian Tanah
Selly Salma	Balai Penelitian Tanah
Ses	Balittanah
Setiari Marwanto	Balai Penelitian Tanah
Setyono Hari Adi	Balitklimat
Sidik. Haddy Talaohu	Balitklimat
Sofyan Ritung	BBSDLP
Sri Rochayati	Balai Penelitian Tanah
Sri Wahyuni	Balingtan
Stefanus Tany Temu	Univ. Nusa Cendana Kupang
Subhan	PT. Pupuk Indoultra
Subowo	Balittanah
Sujatmo	Balai Penelitian Tanah
Sukristiyonubowo	Balai Penelitian Tanah

Nama	Instansi
Sulaeman	BBSDLP
Suratman	BBSDLP
Suriyah	Dinas Pertanian & Peternakan Kab. Ketapang, Kalbar
Surono	Balai Penelitian Tanah
Susilawati	BPTP Kalteng
Sutono	Balai Penelitian Tanah
Tagus Vadari	Balai Penelitian Tanah
Tia.Rostaman	Balai Penelitian Tanah
Tien Turmuktini	Faperta Unwim
Titi Tentrem	Balai Penelitian Tanah
Tota Suhendrata	BPTP Jateng
Tri Nandar. W	Balitklimat
Tualar Simarmata	Fak. Pertanian Unpad
Tunggul	Unit BPSD
Ulfah T.A	BBP2TP
Umi Haryati	Balai Penelitian Tanah
Umi Hidayati	Balit Sembawa
V. Kasmini	Balai Penelitian Tanah
Wahyu Marmo	Dirjen. PSP Kementan
Wahyu Wahdini M	BBSDLP
Vandam Caesariadi .B	UGM
Wani Hadi Utomo	Univ. Brawijaya
Wanti Mindari	UPN "Veteran"Jatim
Widyantoro	BB Padi
Wiwik Hartatik	Balai Penelitian Tanah
Yanti Indrianti	Balai Penelitian Tanah
Yeli Sarvina	Balitklimat
Yiyi Sulaeman	BBSDLP
Yoyo Soelaeman	Balai Penelitian Tanah
Yuyun Supriani	Balai Tanah

JADUAL ACARA
SEMINAR NASIONAL TEKNOLOGI PEMUPUKAN
DAN PEMULIHAN LAHAN TERDEGRADASI

Jadual	Acara	Moderator/Sekretaris/ Pemakalah
29 Juni 2012		
07:30 – 08:00	Registrasi, Penerimaan Poster dan Bahan Presentasi	Panitia
08:00 – 08:10	Pembukaan dan Sambutan Ka BBSDLP	Muhrizal Sarwani
08:10 – 08:20	Pembacaan doa	Sulaeman
	Sidang PLENO-1	Moderator/Sekretaris: Didi Ardi S. Diah Setyorini
08:20 – 08:40	Teknologi Produksi Pupuk Saat Ini dan Tantangan Masa Depan Industi Perpupukan Mendukung Pembangunan Pertanian	Dirut PT. Pupuk Indonesia
08:40 – 09:00	Kebijakan Pemerintah Bidang Perpupukan	Direktur Pupuk dan Pestisida, Ditjen
09:00 – 09:45	Diskusi	
09:45 – 10:05	**Coffee Break**	
	Sidang PLENO-2	Moderator/Sekretaris: D. Subardja Neneng L. Nurida
10:05 – 10:25	Sebaran Lahan Terdegradasi dan Teknologi Pemulihannya	Wani Hadi Utomo (Guru Besar Univ. Brawijaya, Malang)
10:25 – 10:45	Teknologi SRI untuk Sustainabilitas Pertanian	Direktur Pengelolaan dan Perluasan Areal
10.45 – 11.30	Diskusi	
11.30-13.00	**ISHOMA**	
13:00 – 14:00	**Sesi POSTER-1**	Moderator: Mas Teddy S.
	Ameliorasi dan Pemupukan untuk Meningkatkan Produksi Kedelai di Lahan Suboptimal	Wiwik Hartatik
	Analisis Sifat Kimia Tanah dan Potensi Tumbuhan Lokal Sebagai Bahan Organik dalam Budidaya Jeruk Keprok Soe	Masria
	Kajian Penggunaan Pupuk Organik Asal Jerami Padi terhadap Tanaman Kedelai di Lahan Pasang Surut Kalimantan Tengah	Nurmili Yuliani

Jadual	Acara	Moderator/Sekretaris/ Pemakalah
	Kontribusi Pupuk Anorganik (Kompos Jerami+Pupuk Bio) untuk Meningkatkan Efisiensi Pupuk Anorganik (N, P, K), Pertumbuhan dan Hasil Padi Varietas Ciherang dengan Teknologi Ipat-Bo	Tien Turmuktini
	Pemanfaatan Biomassa Gamal dan Kirinyu untuk Meningkatkan Ketersediaan Fosfor pada Lahan Kering	Magfira Syarifuddin
	Pemanfaatan Produk Samping Pertanian Sebagai Pupuk Organik Berbahan Lokal di Kota Dumai Provinsi Riau	Nurhayati
	Penelitian Teknologi Dekomposer Gulma Rawa dari Papain Guna Meningkatkan Hasil Padi > 25% di Lahan Pasang Surut	Suaidi Raihan
	Pengaruh Jarak Tanam dan Jenis Pupuk terhadap Pertumbuhan, Produksi Silase dan Biji Pipilan Jagung Hibrida pada Inceptisols Dramaga	I G.M. Subiksa
	Pengaruh Pemupukan P terhadap Pertumbuhan dan Produktivitas Varietas Inpari 13 pada Lahan Sawah Tadah Hujan dengan Status Hara P Tanah Rendah di Desa Tanggan Kecamatan Gesi Kabupaten Sragen	Tota Suhendrata
	Rekomendasi Pemupukan Padi Sawah pada Lahan Cetak Sawah Baru (Csb) Program OPM di Kabupaten Indragiri Hilir Provinsi Riau	Rathi Frima Zona
13:00 – 14:00	**Sesi POSTER-2**	Moderator: Maswar
	Aplikasi Geosplash Versi 1.0 untuk Memilih Teknik Konservasi Tanah pada Lahan Sayur-Sayuran di Mikro Das Cisangkuy	Tagus Vadari
	Identifikasi Mikroba Rhizosfer Tumbuhan Pioner di Lahan Eks Penambangan Batubara Sebagai Bahan Bioremediasi	Susilawati
	Pengaruh Bahan Pembenah Tanah terhadap Pelepasan Unsur Hara dan Emisi Gas Rumah Kaca dari Tanah Gambut yang Ditanami Kelapa Sawit	Annisa Farida Orizae
	Pengaruh Pemberian Dosis Abu Vulkanik terhadap Perubahan Sifat Kimia Tanah pada Tanah Oxisol	Tia Rostaman

Jadual	Acara	Moderator/Sekretaris/ Pemakalah
	Rekayasa dan Pengembangan Mesin Aplikator Pupuk Organik dan Olah Tanah (Mapoot) untuk Lahan Kering Kapasitas s/d 15 Ton/Ha untuk Menekan Ongkos Kerja > 25 %	Arustiarso
	Reorientasi Daur Tebang Tegakan Jati untuk Meningkatkan Simpanan Air dan Menekan Degradasi Lahan	Kemal Wijaya
	Teknologi Arang Aktif untuk Penanggulangan Pencemaran Residu Insektisida Klorpirifos di Lahan Sayuran Kubis	Sri Wahyuni
	Teknologi Pemulihan Lahan Bekas Tambang Timah untuk pertanian di Bangka Belitung	D. Subardja
	Respon Padi Gogo terhadap Beberapa Paket Pemupukan dan Ameliorasi di Lahan Rawa Tipe Luapan C Kawasan PLG	Ani Susilawati
	Pengaruh Mikroba Konsorsia Tanah dalam Mendegradasi Insektisida Golongan Organoklorin di Dalam Tanah	Eman Sulaeman
13:00 – 14:00	**Sesi POSTER-3**	Moderator: Sukristiyonubowo
	Degradasi Lahan-Lahan Pesisir Akibat Cemaran Logam Berat Limbah Pabrik	Munawar
	Logam Berat Pb, Cd, dan Cu pada Pupuk Organik di Kabupaten Bogor	Yulis Hindarwati
	Pola Penyebaran Logam Berat Pb dan Cd pada Lahan Pertanian di DAS Citarum Hulu Kabupaten Bandung	M. Hikmat
	Pola Sebaran Ruang Limbah Krom yang Berasal dari Industri Electroplating dan Teknologi Penurunan Konsentrasi	Sigit Yuli Jatmiko
	Sebaran Senyawa POPs Lindan pada Lahan Pertanian di Daerah Aliran Sungai (DAS) Citarum Hilir Kabupaten Karawang.	Mulyadi
	Adopsi Teknologi Pemupukan dan Penerapannya di Tingkat Petani Padi Kesuburan Tanah,	Widyantoro
	Tipologi Lahan dan Produktivitas Padi di Lahan Pasang Surut Kalimantan Tengah	Masganti

Jadual	Acara	Moderator/Sekretaris/ Pemakalah
	Pengelolaan Hara Nitrogen Tanaman Sayuran pada Thaptic Endoaquands Karang Anyar-Jawa Tengah	Ladiyani R. Widowati
	Pertumbuhan Pegagan (Centella Asiatica) di Inceptisol dari Toposekuen Lereng Selatan Gunung Merapi pada Berbagai Dosis Pupuk P	Agus Suprihatin
	Sebaran Fraksi Nitrogen Organik Tanah di Perkebunan Kakao Rakyat Di Jawa Timur dalam Hubungannya dengan Efisiensi Pemupukan Nitrogen	Niken Puspita
	Sidang KOMISI A	
	Sesi 1	Moderator: I G.M. Subiksa
14:00 – 14:15	Dukungan Litbang Pertanian pada Industri Pupuk Hayati	Simarmata
14:15 – 14:30	Teknologi Pupuk Hayati Mendukung Swasembada Pangan	Rasti S
14:30 – 15:00	Diskusi	
	Sesi 2	Moderator: I G.M. Subiksa
15:00 – 15:15	Reklamasi Lahan-Lahan Bekas Tambang: Beberapa Permasalahan Terkait Sifat-Sifat Tanah Dan Solusinya	Iskandar
15:15 – 15:30	Sistem lahan basah buatan dan fitoremediasi dalam pemulihan lahan tercemar	Devi N. Choesin
15:30 – 16:00	Diskusi	
16:00 – 16:15	**Coffee Break**	
	Sesi 3	Moderator: Subowo
16:15 – 16:25	Teknologi pupuk hayati untuk mendukung pertanian berkelanjutan	Selly Salma
15:25 – 16:35	Kajian sistem kendali mutu pupuk hayati internal	Edi Husen
16:35 – 16:45	Pemanfaatan Pupuk Organik untuk Meningkatkan Kesuburan Tanah dan Kualitas Tanaman	Wiwik Hartatik
16:45 – 17:00	Diskusi	
	Sesi 4	Moderator: Subowo
17:00 – 17:10	Teknologi Produksi Pupuk Organik Pembawa Nutrisi Melalui Ekstraksi Basa Lemah Dan Asam Organik	Wanti Mindari

Jadual	Acara	Moderator/Sekretaris/ Pemakalah
17:10 – 17:20	Pengaruh Pemberian Pupuk Organik dari Berbagai Sumber Bahan Baku terhadap Pertumbuhan Jagung (Zea Mays L)	Ibrahim Adamy
17:20 – 17:30	Diskusi	
	Istirahat	
	Sidang KOMISI B	
	Sesi 1	Moderator: Markus Anda
14:00 – 14:10	Karakteristik dan Penyebaran Lahan Sawah di Indonesia	Sofyan Ritung
14:10 – 14:20	Karakteristik dan Sebaran Lahan Sawah Terdegradasi di 8 Provinsi Sentra Produksi Padi	Anny Mulyani
14:20 – 14:30	Spatial effect on reducing the impact of acid sulphate soils at a site in Tarantang tidal land of South Kalimantan	Kusumo Nugroho
14:30 – 14:45	Diskusi	
	Sesi 2	Moderator: Markus Anda
14:45 – 14:55	Perbaikan Kualitas Lahan Bekas Tambang Timah Bangka Tengah Melalui Penggunaan Tanah Mineral dan Pupuk Organik	Asmarhansyah
14:55 – 15:05	Teknologi Pencetakan Sawah pada Lahan Bekas Tambang Timah di Bangka Belitung	D. Subardja
15:05 – 15:15	Kandungan Mineral dan Unsur Hara Berbagai Bahan Induk Hubungannya dengan Rekomendasi Pemupukan dan Produksi Padi Sawah	Erna Suryani
15:15 – 15:30	Diskusi	
15:30 – 15:45	**Coffee Break**	
	Sesi 3	Moderator: Mamat H.S.
15:45 – 15:55	Distribusi Perakaran dan Unsur Hara pada Pola Pemupukan Kelapa Sawit di Dalam Piringan di Kabupaten Muaro Jambi, Provinsi Jambi	Setiari Marwanto
15:55 – 16:05	Strategi Pemupukan Berbasis Agroekosistem: Optimalisasi Aliran Hara N Sistem Agro-Aquakultur di Lahan Rawa Pasang Surut	Ahmad Kurnain
16:05 – 16:15	Ameliorasi dan Pemupukan di Lahan Rawa	Muhammad Alwi

Jadual	Acara	Moderator/Sekretaris/ Pemakalah
16:15 – 16:30	Diskusi	
	Sesi 4	Moderator: Mamat H.S.
16:30 – 16:40	Peningkatan Produktivitas Kedelai pada Tanah Sulfat Masam Melalui Ameliorasi dan Pengunaan Varietas Toleran	Khairil Anwar
16:40 – 16:50	Pengaruh Aplikasi Pupuk NPK terhadap Kehilangan Karbon pada Lahan Gambut yang di Drainase	Maswar
16:50 – 17:00	Pengaruh Pupuk Pugam terhadap Pertumbuhan dan Produksi Kacang Tanah dalam Rotasi Jagung-Kacang Tanah	I G.M. Subiksa
17:00 – 17:15	Diskusi	
	Istirahat	
	Sidang KOMISI C	
	Sesi 1	Moderator: Diah Setyorini
14:00 – 14:10	Pengaruh Pemupukan NPK, Kapur dan Kompos Jerami terhadap Kesuburan Tanah, Pertumbuhan dan Hasil Padi Varietas Ciliwung yang Ditanam pada Sawah Bukaan Baru	Sukristiyonubowo
14:10 – 14:20	Status Hara dan Rekomendasi Pupuk Padi Sawah di Kabupaten Siak	Nurhayati
14:20 – 14:30	Pemanfaatan Software Pengelolaan Hara Spesifik Lokasi (PHSL) Dalam Penentuan Dosis Pemupukan NPK Padi Sawah Irigasi	Nurwulan Agustiani
14:30 – 14:45	Diskusi	
	Sesi 2	Moderator: Diah Setyorini
14:45 – 14:55	Degradation of Organochlorine Insecticides by Soil Microbial	Asep Kurnia
14:55 – 15:05	Potensi Pseudomonas Fluorescens Strain Ktss untuk Bio-Remediasi Merkuri pada Lahan Padi Sawah	Laksmita Prima Santi
15:05 – 15:15	Penurunan logam berat Cd dalam beras melalui pemberian humat pada tanah tercemar	Mulyadi
15:15 – 15:30	Diskusi	
15:30 – 15:45	**Coffee Break**	
	Sesi 3	Moderator: Irawan

Jadual	Acara	Moderator/Sekretaris/ Pemakalah
15:45 – 15:55	Alternatif Pemulihan Lahan Kering Masam Terdegradasi dengan Formula Pembenah Tanah Biochar di Typic Kanhapludults Lampung	Neneng L. Nurida
15:55 – 16:05	Pengaruh Aplikasi Urea Berlapis Arang Aktif terhadap Efisiensi Pemupukan N dan Produktivitas Padi	Indratin
16:05 – 16:15	Pemanfaatan Pembenah Tanah untuk Pemulihan Tanah Terdegradasi yang Didominasi Fraksi Pasir dan Liat	Ai Dariah
16:15 – 16:30	Diskusi	
	Sesi 4	Moderator: Irawan
16:30 – 16:40	Sistim Usahatani Konservasi Tanah pada Pertanaman Kubis Dataran Tinggi	Deddy Erfandi
16:40 – 16:50	Pelapisan Pupuk Urea dengan Arang Aktif yang Diperkaya dengan Mikroba Selektif untuk Menurunkan Residu Lindan dan Meningkatkan Efisiensi Pupuk Nitrogen	Sri Wahyuni
16:50-17:00	Efek Kombinasi Pupuk Organik (Serbuk dan Granul) dan Anorganik Pupuk pada Entisol untuk Tanaman Cabe dan Tomat	Nora Augustien
17:00 – 17:15	Diskusi	
	Istirahat	
30 Juni 2012		
	Sidang PLENO	Moderator/Sekretaris: Muhrizal Sarwani, Husnain
08:00 – 08:20	Peran Pupuk dan Teknologi Pemulihan Lahan Terdegradasi dalam Mendukung Empat Sukses Pembangunan Pertanian	Sri Rochayati
08:20 – 08:40	Pemanfaatan Tithoganik dan Bahan Alam Lain untuk Perbaikan Kesuburan dan Pemulihan Lahan Terdegradasi	Nurhayati Hakim (Guru Besar Univ. Andalas, Padang)
08:40 – 09:00	Nanomaterial untuk Pertanian	Heni Rachmawati (Institut Teknologi Bandung)
09:00 – 10:00	Diskusi	
10:00 – 10:20	**Coffee Break**	
	Sidang KOMISI A	
		Moderator: Dedy Nursyamsi

Jadual	Acara	Moderator/Sekretaris/ Pemakalah
10:20 – 10:30	Ketersediaan dan Pengelolaan Hara Silika pada Tanah Pertanian di Indonesia	Husnain
10:30 – 10:40	Pengaruh Silikat terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Padi Sawah pada Tanah Ultisol	Didi A. Suriadikarta
10:40 – 10:50	Neraca N, P dan K pada Sistem Pertanaman Konvensional, SRI dan PTT	Nurjaya
10:50 – 11:00	Pemanfaatan Teknologi Nano untuk Pemutakhiran Komposisi Pupuk	Ladiyani R. Widowati
11:00 – 11:20	Diskusi	
	Sidang KOMISI B	
		Moderator: D. Subardja
10:20 – 10:30	Aplikasi Pemetaan Tanah Digital untuk Pemetaan Sifat Tanah Menunjang Rekomendasi Pemupukan	Yiyi Sulaeman
10:30 – 10:40	Metodologi Percepatan Pemetaan Status Hara Lahan Sawah	Sukarman
10:40 – 10:50	Capacitive Deionization for Desalination with Zinc Oxide Nanorods	Setyono Hari Adi
10:50 – 11:00	Bioremediasi Lahan Sulfat Masam Melalui Pemanfaatan Bakteri Pereduksi Sulfat	Mukhlis
11:00 – 11:20	Diskusi	
	Sidang KOMISI C	
		Moderator: Ai Dariah
10:20 – 10:30	Updating Peta Status Hara P dan K Tanah di Lahan Sawah Intensifikasi Jawa	Diah Setyorini
10:30 – 10:40	Proyeksi Kebutuhan Pupuk Sektor Pertanian Melalui Pendekatan Simulasi Sistem Dinamis	Irawan
10:40 – 10:50	Bioremediasi Heptaklor dengan Pseudomonas Mallei dan Trichoderma Sp di Dalam Tanah Pertanaman Caysim Brassica Juncea., L	E.S. Harsanti
10:50 – 11:00	Alternatif Teknik Konservasi Tanah Untuk Pertanaman Kubis Di Dataran Tinggi Kerinci	Umi Haryati
11:00 – 11:20	Diskusi	
11:20 – 11:45	Pembacaan rumusan dan Penutupan	Ketua Tim Perumus, Ka BB SDLP