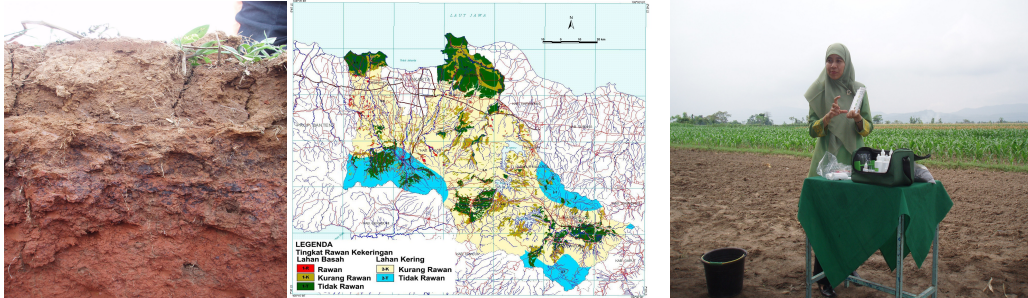


LAPORAN TAHUNAN 2004

INVENTARISASI DAN PENELITIAN PENGELOLAAN TANAH



I. **BALAI PENELITIAN TANAH**
Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah
dan Agroklimat
Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Departemen Pertanian



2005

Laporan Tahunan 2004

Inventarisasi dan Penelitian Pengelolaan Tanah

PENANGGUNGJAWAB

Dr. Fahmuddin Agus

PENYUSUN

Ketua

Wiwik Hartatik

Anggota

Fauzi Isa

S. Sutono

Rhizatus Sofiati

REDAKSI PELAKSANA

B.H. Prasetyo

Sri Erita Aprillani

Farida Manalu

TATA LETAK

Didi Supardi

DITERBITKAN OLEH :
BALAI PENELITIAN TANAH

Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat
Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Departemen Pertanian

Jl. Ir. H. Juanda 98 Bogor 16123
Telp. (0251) 336757, Fax (0251) 321608
e-mail: soil-RI@indo.net.id

2004

ISSN 1693-6035

KATA PENGANTAR

Pada tahun anggaran 2004 Balai Penelitian Tanah (Balittanah) melaksanakan kegiatan berupa: (1) inventarisasi sumber daya lahan; (2) teknologi peningkatan produktivitas lahan sawah berkelanjutan; (3) pengelolaan lahan kering untuk peningkatan produksi pangan; (4) kerjasama penelitian kemitraan; dan (5) penyuluhan dan penyebaran informasi. Secara keseluruhan, kegiatan-kegiatan penelitian tahun anggaran 2004 dapat dilaksanakan sesuai rencana. Laporan tahunan ini secara ringkas menyampaikan keragaan hasil-hasil kegiatan penelitian beserta manajemen penelitian di Balittanah.

Terima kasih dan penghargaan disampaikan kepada seluruh peneliti dan pejabat serta staf struktural lingkup Balittanah yang telah berpartisipasi dalam melengkapi bahan laporan tahunan ini. Terima kasih juga disampaikan kepada seluruh tim penyunting yang telah bertugas, sehingga laporan tahunan Balittanah 2004 dapat tersusun.

Kami menyadari, bahwa dalam pelaksanaan penelitian sampai kepada pembuatan laporan ini terdapat hal-hal yang masih perlu disempurnakan, oleh karena itu kami harapkan masukan untuk perbaikan kinerja Balittanah di masa mendatang.

Semoga laporan ini bermanfaat bagi kita semua.

Bogor, Juli 2005
Balai Penelitian Tanah

Kepala,

Dr. Fahmuddin Agus
NIP. 080.079.624

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	xiii
RINGKASAN EKSEKUTIF	xvii
I. PENDAHULUAN	1
II. PROGRAM PENELITIAN	3
2.1. Inventarisasi Sumber Daya Tanah	3
2.1.1. Karakterisasi dan analisis sumber daya lahan (SDL) untuk pengembangan wilayah Kawasan Timur Indonesia (KTI)	3

2.1.2.	Monitoring luas panen dan estimasi produksi padi sawah berbasis teknologi penginderaan jauh di daerah pantai utara, Jabar	6
2.1.3.	Pemetaan status hara makro sekunder dan mikro pada lahan sawah	10
2.2.	Teknologi Pengelolaan Lahan Sawah	13
2.2.1.	Penelitian pengelolaan hara lahan sawah tanah mineral masam bukaan baru	13
2.2.2.	Penyusunan perangkat uji tanah sawah di lapangan	17
2.3.	Teknologi Pengelolaan Lahan Kering	26
2.3.1.	Penelitian teknologi irigasi suplemen pada lahan kering untuk pengembangan tanaman hortikultura	27
2.3.2.	Penelitian peningkatan produktivitas lahan kering	34

Halaman

2.3.2.	Strip rumput dan legum pakan ternak dan interaksinya dengan berbagai sumber P untuk peningkatan produksi tanaman palawija	39
2.3.3.	Pengelolaan produktivitas tanah untuk meningkatkan produksi rumput dan	

	leguminosa	42
2.3.4.	Teknologi mikroflora tanah multiguna (MTM) untuk keberlanjutan produktivitas lahan kering masam	45
2.3.5.	Pengembangan baku mutu dan sistem pengawasan pupuk hayati	51
2.3.6.	Penelitian teknologi pertanian organik di lahan kering	58
2.3.7.	Pengelolaan lahan mendukung pengembangan peternakan	67
2.4.	Kerjasama Penelitian	77
2.4.1.	Pengkajian wilayah rawan bencana kekeringan, banjir, dan longsor di kawasan multi daerah aliran sungai (DAS) Jabar bagian Barat	78
2.4.2.	Sistem monitoring lahan sawah untuk penentuan wilayah sawah rawan kekeringan dan banjir/genangan	85
2.4.3.	Penyusunan sistem informasi sumber daya lahan (SDL) pertanian Kecamatan Jangkat, Kabupaten Merangin, Provinsi Jambi	92
2.4.4.	Pengembangan <i>soil test kit</i> untuk mendukung penerapan pemupukan berimbang	96
2.4.5.	Pengujian efektivitas penggunaan pupuk anorganik terhadap pertumbuhan dan hasil	

tanaman jagung
99

Halaman

- 2.4.6. Pengembangan teknologi pupuk mikroba pemacu tumbuh dan pengendali hama penyakit terbawa tanah untuk keberlanjutan sistem produksi pertanian
109
- 2.4.7. Pengendalian erosi pada berbagai penggunaan lahan pada skala daerah aliran sungai (DAS) mikro
114
- 2.4.8. Analisis biofisik dan sosial ekonomi fungsi lahan pertanian sebagai mitigasi banjir
121
- 2.4.9. Perbaikan tindakan konservasi tanah/agroforestri pada sistem usaha tani berbasis kopi di Sumberjaya, Lampung Barat
128
- 2.5. Publikasi dan Komunikasi Hasil Penelitian
135

III. ANGGARAN DAN SUMBER DAYA

- 3.1. Anggaran Penelitian
137
 - 3.1.1. Penerimaan bukan pajak
138
- 3.2. Sumber Daya Manusia
141

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Arahana penggunaan lahan hasil survei tanah tinjau Kalbar tahap 1 pada skala 1:250.000	5
Tabel 2. Perkiraan luas panen pada bulan Juni - Desember 2004 padi sawah di Kabupaten Bekasi, Karawang, dan Subang	8
Tabel 3. Simpangan rata-rata hasil estimasi produktivitas tanaman padi sawah dengan kondisi aktual di Kabupaten Bekasi, Karawang, dan Subang pada bulan Juni - Desember 2004	10
Tabel 4. Luas lahan sawah berdasarkan peta status hara Ca, Mg, S, Zn, Mn, dan Cu skala 1:50.000 di Kecamatan Tanjung Bintang dan Gedong Tataan	11

Tabel 5.	Kelarutan fosfat alam berdasarkan ΔCa , tanah Ultisol Sukawaringin Lampung	14
Tabel 6.	Sifat kimia tanah setelah percobaan, tanah Ultisol Sukawaringin Lampung	16
Tabel 7.	Rata-rata bobot gabah kering dan jerami kering pada MK 2004	16
Tabel 8.	Hasil analisis beberapa contoh tanah dari Jatim, Jateng, Jabar, Banten, dan Lampung untuk penentuan lokasi	18
Tabel 9.	Hasil waktu pengamatan dan pengenceran pengestrak uji P terhadap warna yang ditimbulkan	19
Tabel 10.	Nilai r^2 pada uji korelasi antara hasil analisis P tanah di laboratorium dengan beberapa pengestrak dengan <i>test kit</i>	20
Tabel 11.	Takaran pupuk berdasarkan status hara P dan K di masing-masing lokasi percobaan	23
Tabel 12.	Hasil gabah kering panen dan BC rasio pada berbagai rekomendasi pemupukan dan status hara P dan K tanah	24
Halaman		
Tabel 13.	Pengaruh sumber air irigasi dan level MAD terhadap jumlah dan bobot buah segar cabai pada tanah Typic Kanhapludults di KP Tamanbogo	31

Tabel 14. Pengaruh teknik irigasi dan mulsa terhadap BI, RPT, air tersedia (AT), dan permeabilitas pada tanah Typic Kanhapludults di KP Tamanbogo, setelah tanaman cabai	32
Tabel 15. Pengaruh teknik irigasi dan mulsa terhadap hasil cabai dan efisiensi penggunaan air pada tanah Typic Kanhapludults di KP Tamanbogo	34
Tabel 16. Aktivitas mikroba tanah pada pola tanam tunggal ubi kayu dan pola tanam tumpang sari pada akhir 2004 MK-2004 Tamanbogo, Lampung Timur	36
Tabel 17. Pengaruh bahan organik terhadap kadar pati, bobot umbi dan pati ubi kayu saat panen	37
Tabel 18. Pengaruh perlakuan terhadap hasil kalori dan protein pada pertanaman ubi kayu dan tanaman tumpang sari selama satu tahun	38
Tabel 19. Beberapa sifat fisik tanah di lokasi penelitian Desa Indraloka, Kecamatan Lambu Kibang, Kabupaten Tulangbawang	41
Tabel 20. Sifat-sifat kimia tanah di lokasi percobaan di Desa Indraloka, Kecamatan Lambu Kibang, Kabupaten Tulangbawang	41
Tabel 21. Rata-rata berat basah pangkasan tanaman strip pada penelitian di Desa Indraloka, Kecamatan Lambu Kibang, Kabupaten Tulangbawang	42
Tabel 22. Kemampuan melarutkan K dari beberapa jenis mikroba umur 7 hari setelah inkubasi (HSI) di medium	

cair *nutrient* yang mengandung jerami 0,25 dan 1 g
100 ml⁻¹ 48

Halaman

Tabel 23. Aktivitas lakase beberapa fungi lignolitik yang diproduksi pada medium kaldu *lignin-guaiciol-benomyl* yang dimodifikasi dengan sumber karbon serbuk jerami, kelapa sawit, dan indulin AT 49

Tabel 24. Jumlah populasi mikroba dalam empat jenis bahan pembawa (gambut, granul, busa, dan cair) setelah disimpan selama 4 bulan 50

Tabel 25. Hasil panen dan serapan hara padi gogo Tegineneng, Lampung (Rumah Kaca, 2004) 50

Tabel 26. Perbandingan kadar air, pH dan populasi mikroba dalam pupuk hayati komersial dari data produsen dan hasil pengukuran 57

Tabel 27. Pengaruh penggunaan formula mikroba pada beberapa jenis bahan organik terhadap populasi bakteri penambat N, bakteri pelarut P, dan bakteri selulolitik pada hasil kompos 60

Tabel 28. Pengaruh penggunaan formula mikroba pada pengomposan beberapa jenis bahan organik terhadap C/N rasio dan kadar hara N hasil kompos 62

Tabel 29. Nilai pH, bahan organik, kadar P dan K tanah setelah penanaman mukuna dan pemberian perlakuan di

Permata Hati Farm	63
Tabel 30. Sifat-sifat biologi tanah setelah penanaman mukuna dan pemberian perlakuan di Permata Hati Farm	65
Tabel 31. Produksi tomat dan caisim yang ditanam secara tumpang sari di Permata Hati Farm	66
Tabel 32. Neraca hara N, P, dan K untuk pertanaman tomat dan caisim di kebun Permata Hati, MT 2004	67
Tabel 33. Hasil biomassa <i>P. maximum</i> , <i>A. pintoii</i> , dan <i>D. rensonii</i> pangkasan kedua 11 minggu setelah tanam (MST) pada Dystrudepts, Subang	69

Halaman

Tabel 34. Pengaruh perlakuan terhadap sifat kimia tanah saat panen MK 2004	70
Tabel 35. Produksi hijauan makanan ternak (HMT) <i>stylosanthes</i> , kacang tunggak, dan sorgum di Subang, MK 2004	72
Tabel 36. Produksi hijauan makanan ternak (HMT) tanaman <i>stylo</i> , kacang tanah, jagung, dan sorgum di Subang, MH 2004/2005	73
Tabel 37. Berat kering cerna dan daya dukung terhadap ternak di Subang, MK 2004 dan MH 2004/2005	74
Tabel 38. Serapan hara P oleh <i>stylo</i> , kacang tunggak, dan sorgum di Subang, MK 2004	75

Tabel 39.	Kegiatan kerjasama penelitian kemitraan yang dibiayai bersama antara Balittanah dan mitra kerjasama tahun 2004.....	77
Tabel 40.	Kegiatan kerjasama penelitian kemitraan yang dibiayai seluruhnya oleh mitra kerjasama tahun 2004	78
Tabel 41.	Luas wilayah sawah rawan kekeringan di Provinsi Bali dan NTB	86
Tabel 42.	Luas wilayah sawah rawan banjir/genangan di masing-masing provinsi di Pulau Jawa	90
Tabel 43.	Pengaruh pupuk TSP Singa Laut terhadap bobot biji jagung kering di tanah Inceptisol dari Cibatok, Bogor dan tanah Ultisol dari Jagang, Lampung, MK 2004	101
Tabel 44.	Pengaruh pupuk TSP Anjing Laut terhadap bobot biji jagung kering di tanah Inceptisol dari Cibatok, Bogor dan tanah Ultisol dari Jagang, Lampung, MK 2004	102
Tabel 45.	Pengaruh CIRP-Ikan Paus terhadap bobot biji kering jagung di tanah Inceptisol dari Cibatok, Bogor dan tanah Ultisol Jagang, Lampung, MK 2004	104
Tabel 46.	Pengaruh MOP Rusia Kancil terhadap bobot biji kering jagung di tanah Inceptisol dari Cibatok, Bogor dan tanah Ultisol dari Jagang, Lampung, MK 2004	105
Tabel 47.	Pengaruh pupuk NPK Pacul 16-16-16 terhadap bobot biji jagung kering di tanah Inceptisol dari Cibatok, Bogor dan tanah Ultisol dari Jagang, Lampung, MK 2004	106
Tabel 48.	Pengaruh pupuk NPK Palem 15-15-6-4 terhadap bobot biji jagung kering pada tanah Inceptisol dari Cibatok, Bogor dan tanah Ultisol dari Jagang,	

	Lampung, MK 2004	107
Tabel 49.	Pengaruh pemupukan NPK Palembang 12-12-7-2 terhadap bobot biji kering jagung pada tanah Inceptisol dari Cibatok, Bogor dan tanah Ultisol dari Jagang, Lampung, MK 2004	108
Tabel 50.	Populasi mikroba komponen mikroba pemacu tumbuh dan pengendali hama penyakit dalam berbagai bahan pembawa selama penyimpanan 2 bulan dalam suhu kamar	111
Tabel 51.	Pengaruh aplikasi pupuk mikroba pemacu tumbuh dan pengendali hama penyakit terhadap kerusakan tanaman kedelai di Tegineneng, Lampung, MK 2004 .	112
Tabel 52.	Pengaruh pupuk mikroba pemacu tumbuh dan pengendali hama penyakit terhadap hasil kedelai di tanah kering masam, Tegineneng, Lampung, MK 2004	113
Tabel 53.	Keluaran model hasil simulasi pada curah hujan 50,31 mm di Lanskap Kalisidi	118
Tabel 54.	Persepsi responden kebijakan mengenai alih fungsi lahan sawah di DAS Citarum dan Kaligarang	125
Tabel 55.	Analisis finansial beberapa sistem pertanian di DAS Citarum dan Kaligarang	126
Tabel 56.	Persepsi petani mengenai potensi keuntungan jenis insentif yang diinginkan, dan kemauan untuk tetap bertani di DAS Citarum dan Kaligarang	127

Tabel 57. Sifat-sifat fisik tanah pada bahan induk berbeda	130
Tabel 58. Daerah rawan erosi di Sumberjaya, Kabupaten Lampung Barat	130
Tabel 59. Potensi produksi hara yang setara dengan pupuk urea, SP-36, dan KCl dari biomassa <i>Arachis pinto</i>	133
Tabel 60. Sifat-sifat fisik tanah sebelum dan sesudah ditanami <i>Arachis pinto</i>	134
Tabel 61. Alokasi anggaran untuk Balittanah pada TA 2003 dan 2004	137
Tabel 62. Jumlah reproduksi peta, pembelian peta digital, dan buku serta peta cetakan	138
Tabel 63. Perbandingan penghasilan negara bukan pajak (PNBP) tahun 2003 dan tahun 2004	140

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Peta estimasi waktu tanam, panen padi sawah dan identifikasi penggunaan lahan sawah pada bulan Maret - Desember 2004 di Kabupaten Bekasi, Karawang, dan Subang	9
Gambar 2. Bagan warna untuk analisis P secara cepat di lapangan	20
Gambar 3. Warna standar K yang digunakan dengan pengekstrak K3	21
Gambar 4. Bagan warna untuk N	22
Gambar 5. Bagan warna pH tanah	22
Gambar 6. Rataan curah hujan (CH) tahun 1963 – 2000 dan 2001 – 2003 serta evaporasi tahun 2001-2003 di KP Tamanbogo	28

Gambar 7. Dinamika matriks potensial untuk penetapan kadar air tanah kapasitas lapang 29

Gambar 8. Pengaruh level MAD terhadap fluktuasi tegangan air tanah pada tanah Typic Kanhapludults di KP Tamanbogo 30

Gambar 9. Pengaruh mulsa terhadap ketahanan penetrasi tanah saat umur cabai 1 bulan pada tanah Typic Kanhapludults di KP Tamanbogo 33

Gambar 10. Tanaman ubi kayu pada kegiatan penelitian peningkatan produktivitas lahan kering masam di KP Taman Bogo, Lampung 38

Gambar 11. Perubahan beberapa sifat-sifat kimia tanah sebelum dan setelah perlakuan 44

Halaman

Gambar 12. Hasil rumput segar dan leguminosa pada musim kemarau dan penghujan 45

Gambar 13. Pertumbuhan bakteri pelarut fosfat pada media King'S B 53

Gambar 14. Popularitas pupuk hayati di kalangan petani dan ketersediaannya di toko/kios sarana produksi di Jabar dan Jateng 56

Gambar 15.	Peta wilayah rawan kekeringan di kawasan multi DAS Jabar bagian Barat	81
Gambar 16.	Peta wilayah rawan banjir di kawasan multi DAS Jabar bagian Barat	82
Gambar 17.	Peta wilayah rawan longsor di kawasan multi DAS Jabar bagian Barat	84
Gambar 18.	Peta wilayah sawah rawan kekeringan Provinsi Bali	87
Gambar 19.	Peta wilayah sawah rawan kekeringan Provinsi Nusa Tenggara Barat	87
Gambar 20.	Peta wilayah sawah rawan banjir/genangan di Pulau Jawa	91
Gambar 21.	Hasil air (<i>water yield</i>) pada berbagai penggunaan lahan pada kejadian hujan tanggal 29 Januari 2004 (a) dan 30 Januari 2004 (b)	117
Gambar 22.	Hubungan antara aliran permukaan terukur (observasi) dengan prediksi di (a) TM Tegalan dan (b) TM Kalisidi	117
Gambar 23.	Keseimbangan (<i>balance</i>) hara N, P, dan K pada lahan sawah model petani (<i>farmer practices/FP</i>) dan pada lahan sawah dengan introduksi teknologi (IT)	119
Gambar 24.	Kehilangan hara N, P, dan K pada berbagai penggunaan lahan (RBT: rambutan; KLD: rambutan + semak belukar; TGL: tegalan)	120

	Halaman
Gambar 25. Daya sangga air (daya mitigasi banjir) berbagai tipe penggunaan lahan	123
Gambar 26. Motivasi petani untuk menerapkan konservasi tanah dan air di DAS Citarum Hulu dan Kaligarang	127
Gambar 27. Peta kelas laju erosi di Sumberjaya, Lampung Barat.....	131
Gambar 28. Jumlah tanah tererosi ($\text{kg ha}^{-1} \text{ th}^{-1}$) setelah 2 tahun penanaman <i>A. pintoii</i> pada usaha tani berbasis kopi	134
Gambar 29. Hasil biji kopi bersih setelah 2 tahun penanaman <i>Arachis pintoii</i>	134
Gambar 30. Proporsi masing-masing sumber dana penelitian Balittanah	137
Gambar 31. Pengguna produk-produk Balittanah (a) dan jumlah pelayanan jasa umum yang diterima (b) tahun 2004	139
Gambar 32. Pendidikan dan umur PNS pada Desember 2004 di Balittanah	141
Gambar 33. PNS pejabat fungsional peneliti dan litkayasa pada Desember 2004 di Balittanah	141

RINGKASAN EKSEKUTIF

Pada tahun anggaran 2004, Balai Penelitian Tanah telah melaksanakan kegiatan penelitian karakterisasi potensi sumber daya lahan, pengelolaan lahan kering, dan pengelolaan lahan sawah, serta kerjasama penelitian dengan lembaga penelitian dalam negeri, lembaga penelitian luar negeri, pemerintah daerah, dan swasta.

Kegiatan penelitian tersebut merupakan lanjutan dari penelitian tahun anggaran 2003. Sumber dana penelitian berasal dari Bagian Proyek Penelitian Sumber daya Tanah, Bagian Proyek Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan Lahan Masam, dan hibah dalam bentuk kerjasama penelitian. Total anggaran yang dialokasikan untuk seluruh kegiatan penelitian sebesar Rp 5.502.128.250,- dengan realisasi sebesar Rp. 5.451.568.549,-. Seluruh kegiatan dapat

diselesaikan dengan baik walaupun ada beberapa kegiatan yang terlambat dalam penyusunan laporan akhir.

Pada areal survei potensi sumber daya lahan seluas 5.503.390 ha di Provinsi Kalimantan Barat, telah dideliniasi untuk kawasan budi daya pertanian intensifikasi dan ekstensifikasi seluas 3.252.165 ha atau sekitar 59% dari seluruh luas daerah survei. Sisanya adalah kawasan nonbudi daya pertanian, lindung, permukiman, sungai, dan danau. Di lahan basah komoditas pertanian yang dapat dikembangkan adalah padi sawah dan di lahan kering berupa padi tadah hujan, padi ladang, jagung, buncis, kacang tanah, kacang panjang, dan cabai. Tanaman hortikultura buah-buahan adalah jeruk, nangka, rambutan, durian, manggis, duku sedangkan tanaman tahunan/perkebunan adalah kelapa hibrida, kelapa dalam, kelapa sawit, kakao, kopi, dan lada.

Total luas panen pada bulan Juni sampai dengan Desember 2004 di Kabupaten Bekasi, Karawang, dan Subang adalah 227.537 ha paling tinggi terjadi pada bulan November (75.906 ha) dan terendah pada bulan Desember (4.469 ha). Produktivitas lahan sawah hasil pengamatan lapangan berkisar dari 4,7 – 8,6 t ha⁻¹ sedangkan berdasarkan estimasi analisis citra *landsat* berkisar 4,9 – 8,8 t ha⁻¹ dengan simpangan rata-rata 4,9%. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, untuk memprakirakan produksi beras nasional dapat diduga dengan menganalisis citra *landsat* dengan simpangan baku 5%.

Untuk memperoleh hasil padi dari sawah intensifikasi, pupuk merupakan sarana produksi yang tidak dapat dihilangkan. Namun

demikian, kadang-kadang terjadi kelangkaan pupuk sehingga harganya berada jauh dari jangkauan petani. Oleh karena itu diperlukan suatu perangkat uji tanah yang dapat membantu menentukan rekomendasi pemupukan padi sawah. Balai Penelitian Tanah telah berhasil menyusun perangkat uji tanah sawah berdasarkan metode kolorimetri yaitu menentukan hubungan antara kepekatan warna dengan kandungan unsur hara tanah sawah. Perangkat uji tanah sawah tersebut mudah digunakan dengan kapasitas 50 contoh tanah setiap pakatnya.

Pertanian tanaman pangan pada lahan kering sering menjumpai berbagai kendala diantaranya adalah kekurangan air pada musim kemarau sehingga tanah dibiarkan bera, tanpa tanaman. Untuk mengintensifkan penggunaan lahan kering telah diteliti irigasi suplemen yang didasarkan kepada dinamika matrik potensial air di dalam tanah untuk menentukan batas kritis penurunan kapasitas air tersedia. Sampai saat ini irigasi pada level 60% *management allowable depletion* merupakan suplemen yang paling efisien.

Lahan kering juga dapat dimanfaatkan untuk menjamin ketersediaan pakan ternak berupa rumput atau pun legum. Pola tanam tumpang sari antara tanaman pangan dengan rumput pakan dan legum selain mampu meningkatkan berat kering cerna juga mampu meningkatkan daya dukung ternak baik pada musim kemarau maupun pada musim penghujan. Pada musim hujan daya dukung ternak meningkat sekitar 30% dibandingkan dengan musim kemarau. Bila pada musim kemarau daya dukung ternak berkisar 1,6 satuan

ternak per hektar, maka pada musim penghujan menjadi 2,6 satuan ternak per hektar.

Peningkatan produktivitas lahan kering juga dapat dilakukan dengan pemberian mikroflora tanah multiguna yang tergolong pupuk hayati. Pupuk hayati perlu dikemas dengan baik agar dapat tahan hidup lebih lama, sebab jika mikrofloranya mati maka pupuk hayati tidak berguna. Bahan pembawa gambut terformulasi merupakan pembawa mikroflora tanah multiguna terbaik karena mampu mempertahankan mikroflora tanah multiguna hidup selama 4 bulan. Popularitas pupuk hayati di tingkat petani masih rendah, namun demikian perlu dibuat sistem pengawasan mutu agar konsumen pupuk hayati tidak dirugikan.

Sejalan dengan meningkatnya permintaan produk pertanian organik, sejak dua tahun terakhir Balai Penelitian Tanah melakukan penelitian teknologi budi daya sayuran organik. Pada pertanian organik, penggunaan dan ketersediaan kompos menjadi kunci keberhasilan. Kompos yang baik selain dapat menyediakan unsur hara juga harus mampu memperbaiki sifat fisiko-kimia tanah agar kelumintuan produk pertanian tetap terjaga.

Pengendalian erosi pada tampungan mikro menjadi kunci penting untuk mengendalikan erosi di daerah aliran sungai secara keseluruhan. Hasil penelitian di daerah aliran sungai Garang menunjukkan bahwa hasil air dan sedimen pada suatu daerah aliran sungai sangat ditentukan oleh macam penggunaan dan teknik

pengelolaan lahan. Untuk memprediksi besarnya erosi dan aliran permukaan dapat digunakan program Griffith University Erosion Sedimentation System (GUEST).

I. PENDAHULUAN

Tahun 2004 merupakan tahun terakhir dari Rencana Induk Penelitian Pertanian (RIPP) periode 2000–2004. Kegiatan penelitian yang dilaksanakan sebagian besar merupakan lanjutan penelitian tahun 2003, meliputi inventarisasi sumber daya tanah, penelitian teknologi pengelolaan lahan sawah dan lahan kering, serta kerjasama kemitraan. Selain daripada itu, Balai Penelitian Tanah (Balittanah) juga mempublikasikan hasil penelitian, melaksanakan pameran, dan memberikan layanan jasa analisis tanah, tanaman, pupuk, dan air.

Kegiatan inventarisasi dan karakterisasi sumber daya tanah bertujuan menyusun peta tanah tinjau, dan peta arahan penggunaan lahan untuk mendukung pengembangan wilayah dilaksanakan di Provinsi Kalimantan Barat (Kalbar). Monitoring luas panen di Pantai Utara Jawa Barat (Jabar) bertujuan untuk inventarisasi produksi padi sawah, memantau luas panen dalam satu musim panen dan estimasi produksi dalam satu musim tanam. Penelitian teknologi pengelolaan lahan sawah bertujuan untuk mengidentifikasi karakterisasi lahan sawah mineral masam mengetahui faktor kendala dan kemungkinan mengatasinya, dilakukan di beberapa Provinsi yaitu di Provinsi Lampung, Jawa Timur (Jatim), Jawa Tengah (Jateng), Jawa Barat (Jabar), dan Banten. Sedangkan penelitian pengelolaan lahan kering bertujuan untuk mendapatkan batas kritis penurunan kapasitas air tersedia, mendapatkan sumber air berkualitas untuk hortikultura, dan efisiensi penggunaan air, dilaksanakan di Provinsi Lampung dan Jabar.

Penelitian pada lahan sawah dan lahan kering dilaksanakan untuk membantu mencari pemecahan permasalahan yang timbul pada teknik pengelolaan lahan pada tanah-tanah masam, selain itu juga dikembangkan perangkat teknologi untuk membantu pengujian secara cepat tanah sawah di lapangan.

Kerjasama penelitian pada tahun 2004 berupa hibah dan pendanaan bersama. Penelitian dengan pendanaan bersama dilakukan dengan institusi pemerintah dan swasta dalam negeri. Sedangkan penelitian dengan biaya seluruhnya dari mitra kerja diperoleh dari lembaga penelitian luar negeri, swasta dalam negeri, dan pemerintah negara sahabat. Kerjasama dengan swasta dalam negeri diarahkan untuk pengembangan usaha pemberi dana, dilakukan dengan pabrik pupuk. Penelitian yang dibiayai oleh lembaga penelitian luar negeri lebih merupakan pengembangan ilmu yang mempunyai manfaat bersifat umum.

Publikasi yang telah diterbitkan oleh Balittanah dalam rangka melaksanakan diseminasi hasil-hasil penelitian adalah Buku Teknologi Pengelolaan Lahan Sawah, Buku Teknologi Konservasi Tanah pada Lahan Pertanian Berlereng. Petunjuk Teknis Pengamatan Tanah, Petunjuk Teknis Pengujian Pupuk Alternatif Anorganik, Monograf, dan 10 judul Leaflet. Hasil cetakan tersebut sebagian telah diedarkan kepada masyarakat.

II. PROGRAM PENELITIAN

2.1. Inventarisasi Sumber Daya Tanah

2.1.1. *Karakterisasi dan analisis sumber daya lahan (SDL) untuk pengembangan wilayah Kawasan Timur Indonesia (KTI)*

Provinsi Kalbar sebagai wilayah yang letaknya berbatasan dengan Malaysia dan merupakan kawasan pengembangan ekonomi terpadu (Kapet) sangat memerlukan dukungan data dan informasi SDL sebagai dasar perencanaan pembangunan pertanian di daerah pedalaman. Provinsi ini termasuk dalam Kawasan Timur Indonesia (KTI) yang mendapat prioritas dalam pengembangannya dan memiliki cadangan areal yang cukup luas untuk dikembangkan sebagai sentra produksi pertanian. Ketersediaan data SDL yang masih sangat terbatas bisa menjadi kendala di dalam perencanaan pengembangan wilayah tersebut.

Metode penelitian dilakukan dengan teknik penginderaan jauh untuk pendekatan *landscape mapping* atau *physiographic/landform approach* dengan menggunakan foto udara, citra satelit, dan peta rupa bumi. Untuk pengolahan data, dan penyajian hasil dalam bentuk data kartografik/digital menggunakan sistem informasi geografi (SIG). Bertolak dari hasil tersebut, Balittanah melakukan karakterisasi dan

inventarisasi SDL dengan keluaran berupa data dan informasi secara spasial, peta sumber daya tanah skala 1:250.000 dan peta arahan penggunaan lahan untuk mendukung pengembangan wilayah.

Hasil pemetaan tanah di Provinsi Kalbar seluas 5.345.780 ha menunjukkan bahwa daerah penelitian dicirikan oleh iklim yang basah, dengan curah hujan rata-rata tahunan berkisar antara 2.663 - 3.668 mm dengan penyebaran yang merata sepanjang tahun, tanpa bulan kering yang nyata. Secara geologik, bagian barat wilayah penelitian bertopografi datar dan berawa tersusun dari bahan aluvium (mineral dan organik); sedangkan bagian timurnya dengan relief berombak, berbukit, dan bergunung tersusun dari batuan sedimen (batu pasir dan batu liat), batuan malihan (serpih dan batu sabak), dan batuan beku/vulkanik (intrusi granit dan lava basalt). Keadaan *landformnya* terdiri atas grup aluvial, marin, fluvio-marin, gambut, tektonik struktural, dan vulkanik. Secara umum penggunaan lahan daerah ini didominasi oleh hutan dan belukar, sedangkan lahan pertaniannya kebanyakan berupa perkebunan kelapa hibrida, kelapa sawit, karet, kopi, kakao, dan lada serta sedikit sawah irigasi dan tadah hujan.

Tanah-tanah di daerah ini terbentuk dari tiga macam bahan induk yaitu bahan aluvium (organik dan mineral), batuan sedimen dan metamorf, serta batuan plutonik (gabro granit) dan vulkanik (andesit, basalt). Secara umum tanah yang berkembang dari bahan aluvium mempunyai sifat kimia tanah yang bervariasi, tanah dari batuan sedimen serta batuan malihan bereaksi masam, miskin hara, dan kejenuhan aluminium tinggi, dan tanah dari bahan plutonik dan

volkanik umumnya mempunyai kapasitas tukar kation (KTK) dan kandungan hara yang rendah, serta retensi fosfat yang sangat tinggi.

Hasil evaluasi lahan menunjukkan bahwa daerah penelitian yang tergolong sesuai dan sesuai bersyarat untuk tanaman pangan lahan basah mencapai luas 998.116 ha (18,67% dari luas daerah penelitian), untuk tanaman pangan lahan kering dan hortikultura seluas 1.573.959 ha (29,44%), dan untuk perikanan air payau seluas 365.345 ha (6,83%). Faktor pembatas dalam penggunaan lahannya terdiri atas tekstur tanah kasar pada tanah subordo Psamments dan ordo Spodosols, tanah gambut dalam, tanah bereaksi masam, miskin hara, KTK rendah, kejenuhan aluminium tinggi, dan retensi fosfat tinggi. Di daerah dataran, bahaya banjir dan genangan musiman.

Berdasarkan kelas kesesuaian lahan dan skala prioritasnya, arahan penggunaan lahan di daerah Provinsi Kalbar dapat disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Arahan penggunaan lahan hasil survei tanah tinjau Kalbar tahap 1 pada skala 1:250.000

Arahan	Total	
	ha	%
I. Kawasan budi daya pertanian	3.252.165	59,09
1. Intensifikasi		
- Tan. pangan lahan basah	167.193	3,04
- Tan. pangan lahan kering	31.264	0,57
- Kebun campuran	19.809	0,36
- Tan. tahunan/perkebunan	294.398	5,35
- Perikanan air payau	7.394	0,13
2. Ekstensifikasi		

- Tan. pangan lahan basah	357.402	6,49
- Tan. pangan lahan kering	540.891	9,83
- Tan. tahunan/perkebunan (TT1)	886.501	16,11
- Tan. tahunan/perkebunan (TT2)	947.313	17,21
II. Kawasan budi daya nonpertanian	1.173.821	21,33
- Hutan produksi	1.173.096	21,33
III. Kawasan lindung	993.045	18,04
- Hutan sempadan sungai	266.679	4,85
- Hutan sempadan pantai	56.949	1,03
- Hutan lindung bakau	105.477	1,92
- Hutan lindung gambut	88.710	1,61
- Hutan lindung	277.919	5,05
- Hutan cagar alam	14.862	0,27
- Taman nasional	156.183	2,84
- Taman wisata alam	26.266	0,48
IV. Permukiman, Sungai, Danau	84.359	1,53
Total (I+II+III+IV)	5.503.390	100,00

Komoditas pertanian yang dapat dikembangkan di daerah sesuai dan sesuai bersyarat untuk pertanian lahan basah adalah padi sawah dan padi tadah hujan, sedangkan untuk pertanian lahan kering adalah padi ladang, jagung, buncis, kacang tanah, kacang panjang, dan cabai. Tanaman hortikultura buah-buahan adalah jeruk, nangka, rambutan, durian, manggis dan duku, dan untuk tanaman tahunan/perkebunan adalah kelapa hibrida, kelapa dalam, kelapa sawit, kakao, kopi, dan lada.

2.1.2. Monitoring luas panen dan estimasi produksi padi sawah berbasis teknologi penginderaan jauh di daerah pantai utara, Jabar

Informasi produksi padi yang akurat dan tepat waktu sangat diperlukan oleh penentu kebijakan dalam upaya pengadaan stok bahan pangan. Kegiatan pemantauan dan prediksi secara cermat perlu

dilakukan untuk memperoleh informasi luas panen padi sawah sebelum masa panen terjadi, sehingga dapat diketahui potensi luas panen padi sawah di setiap daerah dengan lebih cepat. Sampai saat ini, data/informasi produksi padi dapat diketahui setelah panen, sehingga tidak dapat mengantisipasi berbagai kemungkinan berkurangnya produksi padi akibat serangan hama dan bencana alam (banjir dan kekeringan).

Informasi luas panen dapat diperkirakan berdasarkan pendugaan umur padi dengan menggunakan data satelit. Pertumbuhan tanaman padi dapat dideteksi dan dipantau dengan menggunakan citra satelit seperti *landsat thematic mapper (TM)* dan *advanced spaceborne thermal emission and reflection radiometer (ASTER)*, yang kemudian dapat diarahkan untuk memprediksi luas areal tanam, luas areal panen, dan produksinya. Citra satelit ini mempunyai sensor sensitif terhadap perubahan kondisi air, vegetasi, dan tanah. Selain itu, citra ini memiliki resolusi spasial yang tinggi dan mengambil data secara periodik setiap 16 hari sekali sehingga cukup memadai jika digunakan untuk kegiatan pemantauan pertumbuhan tanaman padi sawah. Ide dasar pemantauan dengan menggunakan citra satelit adalah membantu mendapatkan data statistik pertanian tanaman padi yang lebih tepat waktu, akurat dan berbasis ruang (spasial). Data hasil analisis tersebut selanjutnya dapat dijadikan sebagai bahan masukan dalam peramalan produksi padi, sehingga dapat disusun strategi pengadaan bahan pangan secara nasional.

Kegiatan pemantauan luas areal panen dan estimasi produksi padi sawah ini telah dilakukan oleh Balittanah pada tahun anggaran

(TA) 2004 di Kabupaten Bekasi, Karawang, dan Subang. Kegiatan ini bertujuan untuk: (1) inventarisasi produktivitas tanaman padi sawah di daerah pantai utara Jabar; (2) memantau luas areal panen padi sawah dalam satu musim tanam; dan (3) estimasi produksi padi sawah dalam satu musim tanam. Kegiatan ini merupakan penerapan hasil penelitian (uji coba metodologi) yang telah dilakukan sejak tahun 1997 dan model yang telah divalidasi pada tahun 2000 dan 2001.

Umur dan produktivitas tanaman padi diperkirakan melalui pendekatan analisis spektral tanaman padi dan nilai indeks vegetasi (*normalized difference vegetation index* – NDVI), yaitu mengukur tingkat kehijauan (*greenness*) dari daun padi (klorofil). Perkiraan produksi dilakukan saat umur padi mencapai vegetatif optimum (\pm 9-10 minggu setelah tanam) atau yang disebut *pinnacle initiation*. Model estimasi produksi padi yang digunakan adalah Y (produktivitas $t\ ha^{-1}$) = $30,9 (NDVI) - 11,16$, dengan $R^2 = 0,66$. Model tersebut dapat diaplikasikan untuk menduga produksi padi di berbagai daerah di Pulau Jawa dengan penyimpangan maksimum 15%, dengan simpangan rata-rata 6,7%.

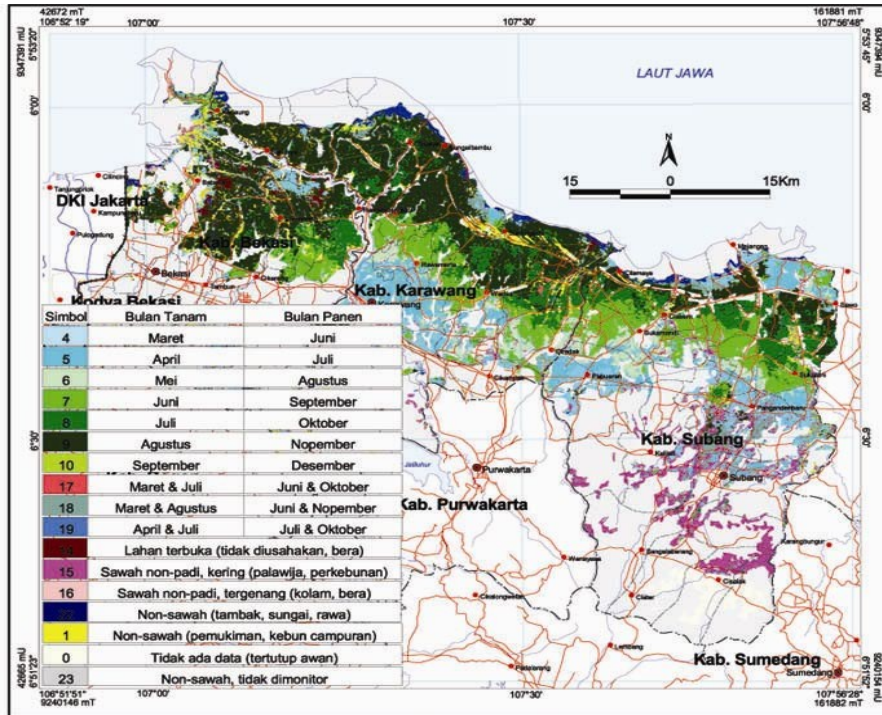
Empat seri data citra satelit *landsat TM* dan *ASTER path/row 122/64-65* bulan Juni, Juli, September, dan Oktober 2004 yang digunakan dalam penelitian ini dapat merekam data pertumbuhan tanaman padi mulai awal tanam (pengolahan tanah) sampai panen dalam satu musim tanam. Pantauan umur tanaman padi sawah pada empat seri citra satelit selama 4 bulan berturut-turut tersebut dapat dipergunakan untuk menghitung: (1) luas areal tanam 2 bulan ke depan dari saat awal bulan perekaman citra yang digunakan; (2) luas

areal tanam dan areal panen pada bulan-bulan saat perekaman seri data citra; dan (3) luas areal panen 2 bulan berikutnya setelah hasil perekaman citra terakhir yang digunakan.

Tingkat kehijauan tanaman padi (NDVI) pada umur vegetatif optimum berkisar antara 0,524 - 0,595. Umumnya semakin tinggi nilai indeksnya, maka produktivitas tanaman padi juga semakin tinggi. Gambar 1 menunjukkan peta estimasi waktu tanam dan panen padi sawah serta identifikasi penggunaan lahan sawah di Kabupaten Bekasi, Karawang, dan Subang bulan Maret - Desember 2004 yang diperoleh dari analisis NDVI. Perkiraan panen bulan Juni – Desember 2004 padi sawah di Kabupaten Bekasi, Karawang, dan Subang berdasarkan hasil estimasi luas areal tanam pada bulan Maret – September 2004 dari analisis NDVI disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Perkiraan luas panen pada bulan Juni - Desember 2004 padi sawah di Kabupaten Bekasi, Karawang, dan Subang

Kabupaten	Luas perkiraan panen						
	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
	ha						
1. Bekasi	10.762	1.235	76	6.174	6.229	21.201	2.028
2. Karawang	10.151	9.995	5.434	13.562	17.085	39.404	1.978
3. Subang	16.817	11.766	7.623	18.020	12.233	15.301	643
Jumlah	37.730	22.996	13.133	37.756	35.547	75.906	4.469



Gambar 1. Peta estimasi waktu tanam, panen padi sawah dan identifikasi penggunaan lahan sawah pada bulan Maret -Desember 2004 di Kabupaten Bekasi, Karawang, dan Subang

Penyimpangan hasil analisis untuk estimasi produktivitas tanaman padi sawah dibandingkan dengan kondisi aktual (perhitungan lapangan) berkisar antara 1 – 15% dengan simpangan rata-rata 0,18 – 0,38 atau 3–6,7% ha⁻¹ (Tabel 3).

Tabel 3. Simpangan rata-rata hasil estimasi produktivitas tanaman padi sawah dengan kondisi aktual di Kabupaten Bekasi, Karawang, dan Subang pada bulan Juni - Desember 2004

Kabupaten	Kisaran nilai NDVI	Kisaran produktivitas		Simpangan rata-rata	
		Estimasi	Lapangan		
			t ha ⁻¹		%
1. Bekasi	0,520 – 0,550	4,99 – 6,39	4,72 – 6,62	0,38	6,70
2. Karawang	0,400 – 0,658	5,44 – 7,58	5,50 – 7,29	0,18	2,97
3. Subang	0,450 – 0,570	5,14 – 8,82	5,26 – 8,65	0,32	5,20

Penggunaan citra satelit dapat membantu memberikan informasi produksi padi sawah sebelum masa panen, sehingga sangat berguna untuk masukan dalam usaha mengantisipasi risiko kekurangan stok bahan pangan akibat kekeringan, banjir, atau serangan hama. Informasi ini dapat dijadikan masukan untuk penyempurnaan data dalam penentuan angka ramalan produksi pangan oleh BPS (Badan Pusat Statistik) dan Departemen Pertanian. Juga berguna untuk prakiraan perimbangan pangan oleh instansi terkait dalam lingkup Departemen Pertanian, antara lain Badan Ketahanan Pangan Nasional, dan Pusat Data dan Informasi Pertanian dalam rangka penyusunan strategi pengadaan bahan pangan nasional. Hasil kajian diharapkan bermanfaat bagi pemerintah di tingkat pusat maupun daerah untuk mengantisipasi keadaan perimbangan pangan sedini mungkin dan mengambil tindakan yang berkaitan dengan pengadaan pangan.

2.1.3. Pemetaan status hara makro sekunder dan mikro pada lahan sawah

Survei kendala kesuburan tanah/status hara tanah sawah bertujuan untuk mengetahui sebaran status hara tanah di suatu wilayah. Survei dilakukan untuk mengidentifikasi karakteristik lahan sawah mineral masam, mengetahui faktor kendala dan kemungkinan mengatasinya. Hasil identifikasi ini akan dituangkan dalam bentuk peta status hara makro sekunder dan mikro skala 1:50.000. Penelitian identifikasi sebaran kendala peningkatan produktivitas lahan sawah ini dilaksanakan di Kecamatan Tanjung Bintang dan Gedong Tataan, Lampung.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh lahan sawah di Kecamatan Tanjung Bintang (1.365 ha) mempunyai kandungan Zn, Mn, dan Cu tinggi. Sedangkan kandungan hara Ca dan S sebagian besar (98,22% dan 95,88%) berstatus rendah dan kandungan Mg pada seluruh lahan sawah berstatus rendah. Seluruh lahan sawah di Kecamatan Gedong Tataan (1.616 ha) mempunyai kandungan Mg, Mn, dan Cu tinggi. Sedangkan kandungan hara Ca dan Zn sebagian besar (95,95% dan 98,21%) berstatus tinggi dan kandungan S sebagian besar (79,17%) berstatus rendah (Tabel 4).

Tabel 4. Luas lahan sawah berdasarkan peta status hara Ca, Mg, S, Zn, Mn, dan Cu skala 1:50.000 di Kecamatan Tanjung Bintang dan Gedong Tataan

Kecamatan	Status hara	Luas lahan berdasarkan peta status hara	
		Rendah	Tinggi

		ha	%	ha	%
Tanjung Bintang	Ca	1.341	98,0	24	2,0
	Mg	1.365	100,0	0	0,0
	S	1.309	96,0	56	4,0
	Zn	0	0,0	1.365	100,0
	Mn	0	0,0	1.365	100,0
	Cu	0	0,0	1.365	100,0
Gedong Tataan	Ca	65	4,0	1.551	96,0
	Mg	0	0,0	1.616	100,0
	S	1.279	79,0	337	21,0
	Zn	29	2,0	1.587	98,0
	Mn	0	0,0	1.616	100,0
	Cu	0	0,00	1.616	100,00

Berdasarkan data hasil penelitian tersebut, teknologi yang disarankan untuk meningkatkan produktivitas padi sawah di Kecamatan Tanjung Bintang antara lain dengan pemberian pupuk $MgSO_4$ atau dolomit dan pemberian bahan organik baik dengan pengembalian sisa panen atau pemberian bahan organik lainnya seperti pupuk kandang, kompos, dan pupuk hijau (legum).

2.2. Teknologi Pengelolaan Lahan Sawah

2.2.1. Penelitian pengelolaan hara lahan sawah tanah mineral masam bukaan baru

Berdasarkan data dari BPS selama 5 tahun dari 1994 – 1998, telah terjadi penurunan luas baku lahan sawah karena beralih fungsi ke nonpertanian. Menciutnya lahan pertanian di Jawa dan meningkatnya permintaan produk pertanian mendorong upaya untuk meningkatkan produksi padi sawah di luar Jawa.

Lahan sawah di luar Jawa umumnya didominasi oleh tanah mineral masam dan miskin hara makro dan mikro (N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, dan Zn). Pemupukan dan ameliorasi tanah dapat meningkatkan kesuburan dan produktivitas tanah. Oleh karena itu perlu informasi tentang status kesuburan tanah dan keseimbangan hara untuk menentukan teknologi pengelolaan hara yang tepat dan efisien.

Efisiensi pemupukan oleh petani dapat ditingkatkan melalui pemupukan yang tepat jenis, tepat takaran, dan tepat waktu. Dalam rangka meningkatkan efisiensi pemupukan P dilakukan penelitian laboratorium dan rumah kaca untuk mempelajari sumber dan takaran pupuk P. Sedangkan penelitian pengelolaan hara terpadu pada lahan sawah mineral masam berdasarkan status hara dan kebutuhan hara tanaman dilaksanakan di lapangan.

Pengukuran kelarutan fosfat alam di laboratorium menggunakan metode ΔCa (Hughes dan Gilkes, 1986), dengan cara mengukur perbedaan antara Ca-dd dari contoh tanah yang diberi fosfat alam dengan contoh tanah yang tidak diberi fosfat alam. Kelarutan fosfat alam ditunjukkan dengan kenaikan Ca-dd yang diikuti dengan kenaikan P-tersedia.

Dengan bertambahnya waktu inkubasi, kelarutan fosfat alam semakin meningkat yang ditunjukkan dengan semakin meningkatnya nilai ΔCa . Pada inkubasi 2 minggu terjadi peningkatan kelarutan yang cukup tinggi tetapi pada inkubasi minggu ketiga dan keempat terjadi penurunan kelarutan fosfat alam, terlihat dari nilai ΔCa yang umumnya lebih rendah. Pada inkubasi minggu keenam dan kedelapan terjadi peningkatan kembali kelarutan fosfat alam berdasarkan nilai ΔCa yang lebih tinggi. Peningkatan takaran setengah kali erapan P meningkatkan nilai ΔCa pada perlakuan tanpa bahan organik dan pemberian bahan organik 5 t ha⁻¹ (Tabel 5). Peningkatan takaran P menjadi satu kali erapan P menurunkan kelarutan fosfat alam, karena konsentrasi P dalam larutan yang cukup tinggi akan menurunkan kelarutan P. Pemberian bahan organik 10 t ha⁻¹ meningkatkan kelarutan fosfat alam,

karena bahan organik akan mensuplai H⁺ yang dapat melemahkan ikatan kimia dalam kristal fosfat alam (*francolit*).

Tabel 5. Kelarutan fosfat alam berdasarkan ΔCa , tanah Ultisol Sukawaringin Lampung

Perlakuan	Kelarutan fosfat alam					
	Inkubasi					
	1	2	3	4	6	8
	mg kg ⁻¹					
P0B0	0	0	0	0	0	0
P1B0	0,393	4,122	1,080	7,606	6,232	8,587
P2B0	3,537	7,776	3,343	0,194	5,523	5,693
P3B0	2,168	7,085	3,246	4,421	10,949	6,783
P4B0	0,890	5,378	3,058	3,294	4,572	4,742
P0B1	0	0	0	0	0	0
P1B1	0,343	17,322	8,047	3,484	14,034	14,917
P2B1	-0,411	10,998	8,866	2,471	4,312	5,111
P3B1	2,180	7,945	4,893	2,083	3,052	6,553
P4B1	1,090	6,395	4,421	2,471	2,998	4,481
P0B2	0	0	0	0	0	0
P1B2	0,540	24,486	18,745	5,643	17,567	18,647
P2B2	-1,623	12,935	6,153	8,163	12,475	11,143
P3B2	0,206	9,665	6,177	5,499	11,022	10,307
P4B2	0,460	5,220	4,724	4,021	8,509	8,793

Untuk meningkatkan produktivitas lahan sawah Ultisol melalui teknologi pengelolaan hara terpadu berdasar uji tanah dan kebutuhan tanaman telah dilaksanakan percobaan lapangan. Rancangan percobaan yang digunakan rancangan acak kelompok diulang tiga kali dengan empat taraf P yaitu 0, 50, 100, dan 150 kg SP-36 ha⁻¹. Takaran pupuk kandang 5 t ha⁻¹, kompos jerami 5 t ha⁻¹ setara dengan 100 kg KCl ha⁻¹ dan kaptan 400 kg ha⁻¹. Pupuk dasar urea 250 kg ha⁻¹ dan KCl 100 kg ha⁻¹.

Dari hasil analisis tanah setelah percobaan (Tabel 6), menunjukkan bahwa pemberian pupuk P tidak meningkatkan kadar P potensial, tetapi meningkatkan P yang tersedia (Bray I), walaupun pada perlakuan pemupukan takaran 100 kg SP-36 ha⁻¹ dan takaran petani nilainya lebih rendah dari hasil analisis awal (<40 ppm). Kalium juga relatif tidak mengalami perubahan. Pemberian K juga tidak berpengaruh terhadap kadar K potensial tanah. Pemberian jerami padi atau kompos berpengaruh terhadap peningkatan kadar C-organik dan C/N rasio. Pemupukan Zn melalui pencelupan benih ke dalam larutan 5% ZnSO₄ meningkatkan kadar Zn dalam tanah sawah bukaan baru.

Perlakuan residu pemupukan P, K, jerami, pupuk kandang (pukan), dan Zn masih dapat meningkatkan hasil gabah kering dibandingkan dengan takaran petani, artinya bahwa pemberian pupuk anorganik dengan pupuk organik secara terpadu memberikan hasil yang lebih baik. Hasil tertinggi dicapai oleh perlakuan P₃K (½ KCl + ½ jerami) + pukan + Zn dengan hasil gabah kering sebesar 5,1 t ha⁻¹. Perlakuan P₂K jerami + Zn memberikan hasil jerami kering tertinggi sebesar 5,9 t ha⁻¹, dan hasil terendah dicapai pada perlakuan P₂K (kompos jerami) + Zn, sebesar 3,2 t ha⁻¹ (Tabel 7).

Tabel 6. Sifat kimia tanah setelah percobaan, pada tanah Ultisol Sukawaringin Lampung

Perlakuan	pH		Ekstrak HCl 25%		Bray I	BO		Zn
	H ₂ O	KCl	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	C	N	
			mg 100 g ⁻¹		ppm		%	ppm

P ₀ K ₀	4,6	4,0	36	5	37,80	1,08	0,08	14	1,2
P ₀ K (½ KCl+½ jerami)+pukan+Zn	4,5	4,1	37	4	46,30	1,21	0,09	13	1,9
P ₁ K (½ KCl+½ jerami)+pukan+Zn	4,6	4,1	40	4	42,30	1,14	0,09	13	1,7
P ₂ K (½ KCl+½ jerami)+pukan+Zn	4,7	4,2	41	4	55,20	1,24	0,10	12	1,8
P ₃ K (½ KCl+½ jerami)+pukan+Zn	4,7	4,1	53	3	64,80	1,20	0,10	12	2,7
P ₂ K (½ KCl+½ jerami)+Zn	4,6	4,0	33	3	34,50	1,08	0,09	12	1,1
P ₂ K (KCl)+Zn	4,6	4,1	38	4	40,40	1,07	0,09	12	1,6
P ₂ K jerami+Zn	4,7	4,1	34	3	37,40	1,06	0,07	15	1,1
P ₂ K (KCl)+pukan+Zn	4,5	4,1	37	4	55,40	1,06	0,08	13	1,7
P ₂ K (½ KCl+½ jerami)+pukan	4,6	4,1	41	3	49,40	1,23	0,10	12	1,9
P ₂ K (KCl)+pukan	4,6	4,1	40	3	47,00	1,15	0,08	14	1,5
P ₂ K (½ KCl+½ jerami)	4,6	4,1	34	4	32,50	1,33	0,08	17	1,1
P ₂ K kompos jerami+Zn	4,7	4,1	43	4	49,10	1,79	0,08	22	1,2
Takaran petani	4,5	4,0	34	11	36,10	1,06	0,08	13	1,8

Tabel 7. Rata-rata bobot gabah kering dan jerami kering pada MK 2004

No.	Perlakuan	Bobot gabah kering	Bebot jerami kering
		t ha ⁻¹	
1.	P ₀ K ₀	1,9 e*	2,5 e
2.	P ₀ K (½ KCl + ½ jerami) + pukan + Zn	4,2 bcd	4,8 bcd
3.	P ₁ K (½ KCl + ½ jerami) + pukan + Zn	4,3 abc	5,8 a
4.	P ₂ K (½ KCl + ½ jerami) + pukan + Zn	3,7 bcd	5,2 abc
5.	P ₃ K (½ KCl + ½ jerami) + pukan + Zn	5,1 a	5,6 ab
6.	P ₂ K (½ KCl + ½ jerami) + Zn	3,5 d	4,4 bcd
7.	P ₂ K (KCl) + Zn	4,4 abc	4,7 bcd
8.	P ₂ K jerami + Zn	4,5 ab	5,9 a
9.	P ₂ K (KCl) + pukan + Zn	3,6 bcd	3,9 cde
10.	P ₂ K (½ KCl + ½ jerami) + pukan	4,2 bcd	5,4 abc
11.	P ₂ K (KCl) + pukan	3,8 bcd	4,6 bcd
12.	P ₂ K (½ KCl + ½ jerami)	3,8 bcd	4,1 bcd
13.	P ₂ K kompos jerami + Zn	2,6 e	3,2 de
14.	Takaran petani	3,5 cd	4,7 bcd

* Angka-angka dalam kolom yang sama yang diikuti huruf sama, tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNU pada taraf 5%

2.2.2. Penyusunan perangkat uji tanah sawah di lapangan

Pupuk merupakan salah satu sarana yang sangat penting untuk meningkatkan produksi tanaman. Pemupukan yang disesuaikan dengan status hara tanah dan kebutuhan tanaman merupakan pemupukan yang ideal. Penambahan hara berlebihan ke dalam tanah akan mempengaruhi keseimbangan hara dan merupakan pemborosan. Dengan demikian perlu dicari metode penentuan takaran pupuk yang rasional. Untuk memudahkan penentuan rekomendasi pemupukan padi sawah, Balittanah telah menyusun perangkat uji tanah sawah (PUTS). Perangkat uji tanah sawah merupakan alat analisis tanah secara cepat di lapangan, yang dapat menentukan status hara tanah untuk dimanfaatkan dalam menentukan takaran pupuk yang rasional.

Penelitian terdiri atas dua kegiatan dengan tujuan: (1) menentukan jenis pengestrak terbaik untuk NH_4 , PO_4 , K_2O dan pH yang dapat digunakan untuk menetapkan hara secara cepat pada tanah Inceptisol, dan (2) menentukan model rekomendasi pemupukan untuk padi sawah terbaik sebagai komponen penyusun PUTS.

Menentukan jenis pengestrak

Penelitian mencari pengestrak terbaik untuk PUTS dilakukan di laboratorium kimia Balittanah. Hasil analisis contoh tanah yang diambil dari lahan sawah di Malang, Blitar dan Kediri (Jatim), Sragen, Karanganyar (Jateng), Karawang (Jabar), Rangkasbitung (Banten), serta Lampung Tengah dan Lampung Utara (Lampung) menunjukkan bahwa kisaran status hara P dan K tanah terekstrak HCl 25% sangat bervariasi dari rendah sampai tinggi serta pH tanah sangat masam sampai agak masam (Tabel 8). Hasil analisis tersebut dijadikan

pembandingan untuk menentukan pengekrak PUTS terbaik dengan uji korelasi dan regresi.

Tabel 8. Hasil analisis beberapa contoh tanah dari Jatim, Jateng, Jabar, Banten, dan Lampung untuk penentuan lokasi

No.	Lokasi	pH H ₂ O 1:2,5	Ekstrak HCl 25%		Olsen	K-NH ₄ OAc 1N pH 7
			P ₂ O ₅	K ₂ O		
		mg 100 g ⁻¹		ppm	me 100 g ⁻¹	
1	Ngadirejo, Kromengan, Malang	5,43	27	17	25	0,08
2	Banggur, Kanigoro, Blitar	4,53	35	16	25	0,05
3	Ngadipura, Canang Kulon	5,28	87	11	117	0,05
4	Tunggul, Pakis Haji	5,64	32	16	18	0,05
5	Masaran, Sragen	-	45	10	45	0,17
6	Waru, Kebak Kramat, Karanganyar	4,85	18	15	21	0,18
7	Malangaten, Kebak Kramat, Karanganyar	-	80	17	67	0,34
8	Pulosari, Kebak Kramat, Karanganyar	-	40	8	38	0,18
9	Pulosari, Kebak Kramat, Karanganyar	-	49	7	61	0,18
10	Gembongsari, Karawang	-	23	23	33	-
11	Gembongsari, Karawang	-	20	21	28	-
12	Lemah Duhur, Tempuran, Karawang	3,99	58	11	6	0,08
13	Panyingkiran, Rawamerta, Karawang	-	80	18	31	-
14	Sindangsari, Kutawaluya, Karawang	-	33	19	30	-
15	Rangkasbitung	5,65	53	12	8	0,21
16	Rangkasbitung	4,81	44	12	3	0,18
17	Rangkasbitung	5,67	26	13	26	0,24
18	Rangkasbitung	5,90	17	12	22	0,26
19	Sidomukti, Lampung Utara	4,26	18	1	-	0,00
20	Sidomukti, Lampung Utara	4,48	36	5	-	0,00
21	Karang Tengah, Lampung Tengah	4,36	37	4	-	0,00
22	Purworejo, Lampung Tengah	4,50	13	3	-	0,00
23	Peraduan Waras, Lampung Utara	4,45	13	2	-	0,00

Jenis pengekrak tanah yang digunakan adalah pengekrak hasil uji P dan K yang terpilih untuk beberapa jenis tanah yang dapat

mengekstrak P, K, dan NH₄ yang hampir sama baiknya. Kriteria uji didasarkan pada metode pewarnaan (kolorimetri) dengan menentukan hubungan antara kepekatan warna setelah tercapai warna yang stabil dengan tingkat kadar unsur/senyawa. Pengekstrak dipilih berdasarkan kecepatan dan kepekaan warna yang ditimbulkan, serta kepraktisan dan kemudahan penggunaan di lapangan.

Pengamatan pada waktu 10 menit menimbulkan warna yang lebih jelas dibanding dengan waktu pengamatan 5 menit, namun terlihat sama dibanding pengamatan 15 menit. Dengan demikian waktu pengamatan yang baik sampai menimbulkan warna yang stabil adalah 10 menit (Tabel 9). Pengenceran pengekstrak pada contoh tanah berstatus sedang, menghasilkan kepekatan warna yang sama dengan status P tinggi hingga pengenceran lima kali dan terjadi penurunan status P pada pengenceran lebih lanjut. Dengan demikian pada contoh tanah yang berstatus P tinggi pengekstrak dengan pengenceran hingga lima kali dapat digunakan.

Tabel 9. Hasil waktu pengamatan dan pengenceran pengekstrak uji P terhadap warna yang ditimbulkan

Pengenceran	Waktu pengamatan		
	5	10	15
	menit		
Contoh berstatus P sedang			
1 x	3	6	7
2 x	4	7	8
5 x	4	7	7
10 x	1	3	3
20 x	1	1	1

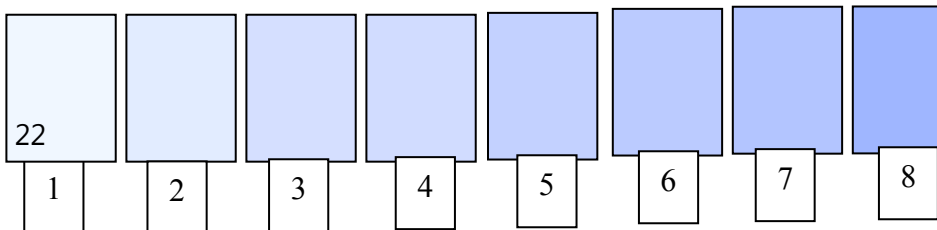
Contoh berstatus P tinggi			
1 x	7	9	9
2 x	7	9	9
5 x	6	8	8
10 x	1	1	1
20 x	1	1	1

Catatan: Kelas bagan warna 1-3 berstatus rendah, 4-6 berstatus sedang, > 7 berstatus tinggi

Prinsip pengestrak yang digunakan adalah mampu mengekstrak hara P-tersedia. Fosfat dalam larutan diberi warna dengan Biru Molibden dan mencocokkan warna biru yang timbul dengan bagan warna (Gambar 2). Pengekstrak dikembangkan dari beberapa metode yang digunakan untuk analisis P di laboratorium, yaitu: P1, P2, P3, P4, dan P5. Selanjutnya dilakukan uji korelasi antara hasil analisis di laboratorium dengan hasil PUTS keempat pengestrak (Tabel 10). Korelasi terbaik diperoleh pada pengestrak P3, untuk itu pengestrak P3 dipilih untuk dikembangkan sebagai pengestrak hara P pada analisis cepat di lapangan.

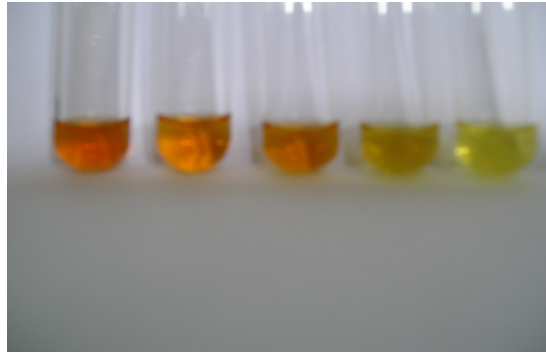
Tabel 10. Nilai r^2 pada uji korelasi antara hasil analisis P tanah di laboratorium dengan beberapa pengestrak dengan *test kit*

Pengestrak	N	Pengestrak untuk <i>test kit</i>			
		P1	P2	P3	P4
HCl 25 %	15	0,754	0,724	0,825	0,732
Olsen	15	0,705	0,658	0,784	0,529
Bray 1	15	0,612	0,586	0,611	0,570
Truog	15	0,547	0,566	0,548	0,618
Mehlich	15	0,617	0,644	0,611	0,642



Gambar 2. Bagan warna untuk analisis P secara cepat di lapangan

Masalah dalam pengembangan analisis K dengan *test kit* adalah bahwa analisis di laboratorium menggunakan metode pembakaran. Dengan demikian perlu mencari zat kimia yang dapat menimbulkan warna dengan gradasi yang baik. Prinsip pengekstrak untuk analisis K adalah penambahan pengekstrak yang dapat mengeluarkan K dari kompleks jerapan. Dengan pengekstrak tersebut selain hara K, NH_4 juga ikut terekstrak dan mengganggu pewarnaan yang ditimbulkan. Dengan demikian sebelum pewarnaan perlu ditambah zat kimia yang dapat mengikat atau menguapkan NH_4 . Pengekstrak yang dicoba adalah K1, K2, dan K3. Pada percobaan dengan menggunakan standar K dalam aquades, gradasi warna yang baik ditimbulkan oleh pengekstrak K2 dan K3. Setelah dicoba menggunakan tanah, warna yang ditimbulkan pengekstrak K2 semuanya sama yaitu jingga, sedangkan pengekstrak K3 menimbulkan warna yang baik dan sesuai dengan status hara di lapangan (Gambar 3).



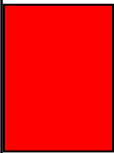
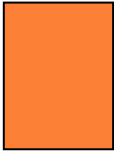




Gambar 3. Warna standar K yang digunakan dengan pengestrak K3

Pengestrak yang digunakan untuk mengeluarkan $\text{NH}_4\text{-N}$ dan $\text{NO}_3\text{-N}$ ke larutan tanah adalah larutan garam (N_1). Namun selain N juga terekstrak ion-ion lain seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , dan SO_4^{2-} sehingga perlu pereaksi N_2 untuk mengikat pengganggu dalam pembentukan warna. Pewarnaan yang digunakan terdiri atas katalisator dan pembangkit warna (N_3). Namun karena pembangkit warna tersebut mudah teroksidasi maka dipisah dari katalisator menjadi N_3 dan N_4 . Warna yang timbul dari pengestrak tersebut disajikan pada Gambar 4.

			
Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat tinggi

Gambar 4. Bagan warna untuk N

Prinsip pengukuran pH adalah mengukur H^+ atau OH^- yang berada di dalam larutan tanah. Agar suasana seperti larutan tanah alami, pengeksrak yang digunakan pH-1 berkonsentrasi rendah. Kemasaman tanah atau pH tanah sawah berkisar antara 4,0–8,0, untuk itu digunakan beberapa indikator warna pH. Ion H^+ + pembangkit warna menimbulkan warna sesuai dengan kadar H^+ . Semakin banyak H^+ atau semakin masam warna larutan semakin merah, semakin sedikit H^+ atau semakin banyak OH^- warna semakin hijau kebiruan (Gambar 5).

					
pH < 4,0	pH 4,0 – 5,0	pH 5,0 – 6,0	pH 6,0 – 7,0	pH 7,0 – 8,0	pH > 8,0

Gambar 5. Bagan warna pH tanah

Penetapan model rekomendasi pemupukan lahan sawah sebagai dasar penyusunan PUTS

Penelitian penetapan model rekomendasi pemupukan ditujukan untuk menetapkan atau menguji model rekomendasi pupuk yang telah dibuat pada tahun 2002 dan disempurnakan pada tahun 2003, yaitu rekomendasi (R) kurva umum, R. Mistcherlich, R. PKDSS (P&KR).

Sebagai pembandingan diuji pula model rekomendasi dari IRRI (*Queft* modifikasi). Percobaan dilaksanakan pada tanah sawah intensifikasi yang tergolong tanah Inceptisol yang mewakili status hara P tinggi, sedang, rendah, dan K rendah dan sedang, dengan menggunakan rancangan acak kelompok (RAK). Lokasi percobaan di Karawang untuk status hara P tinggi dan status hara K rendah, Rangkasbitung untuk status hara P dan K sedang, dan di Karanganyar dengan P rendah dan K sedang.

Takaran pupuk untuk masing-masing perlakuan disajikan pada Tabel 11. Uji validasi model rekomendasi pemupukan padi sawah dilakukan dengan cara membandingkan produksi dan menghitung hasil analisis ekonomi (BC rasio).

Tabel 11. Takaran pupuk berdasarkan status hara P dan K di masing-masing lokasi percobaan

Rekomendasi pemupukan	Karawang				Rangkasbitung				Karanganyar			
	Urea	SP-36	KCl	Jr	Urea	SP-36	KCl	Jr	Urea	SP-36	KCl	Jr
	kg ha ⁻¹		t ha ⁻¹		kg ha ⁻¹		t ha ⁻¹		kg ha ⁻¹		t ha ⁻¹	
Kontrol lengkap	tp	tp	tp	tp	300	0	0	0	tp	tp	tp	tp
Kontrol parsial I	200	50	0	0	200	75	0	0	200	75	0	0
R. setempat	250	100	50	0	300	100	100	0	300	150	100	0
R. kurva umum	200	45	0	5	200	70	0	5	200	70	0	5
R. Mistcherlich	200	50	170	0	200	50	50	0	200	50	50	0
R. peta P K	200	50	50	0	200	75	50	0	200	70	0	5
Kontrol parsial II	200	0	50	0	200	0	50	0	200	0	50	0
R.PKDSS (P&KR)	180	71	0	5	180	71	0	5	200	145	0	5
R. IRRI	152	80	62,5	0	130	80	62	0	150	80	63	0

Keterangan: Status hara di Karawang: P tinggi, K rendah, di Rangkasbitung: P dan K sedang, di Karanganyar: P rendah, K sedang; tp = tidak ada perlakuan; R = rekomendasi, Jr = jerami.

Produksi gabah kering panen (GKP) tertinggi dicapai pada perlakuan rekomendasi Mistcherlich di Karawang dengan status hara P tinggi K rendah, rekomendasi peta P dan K di Rangkasbitung dengan

status hara P dan K sedang, dan rekomendasi berdasarkan kurva umum di Karanganyar dengan status hara P rendah dan K sedang (Tabel 12). Hal ini menunjukkan bahwa rekomendasi pemupukan tidak berlaku umum untuk setiap status hara P dan K tanah. Rekomendasi pemupukan ditujukan untuk mencapai keseimbangan hara di dalam tanah, sehingga ketersediaannya bagi tanaman lebih terjamin. Rekomendasi pemupukan untuk Karawang lebih cocok menggunakan metode Mistcherlich, untuk Rangkasbitung, penggunaan peta P dan K, dan untuk Karanganyar kurva umum.

Tabel 12. Hasil gabah kering panen dan BC rasio pada berbagai rekomendasi pemupukan dan status hara P dan K tanah

Rekomendasi pemupukan	Karawang		Rangkasbitung		Karanganyar	
	GKP	BC rasio	GKP	BC rasio	GKP	BC rasio
	t ha ⁻¹		t ha ⁻¹		t ha ⁻¹	
Kontrol lengkap	tp	tp	51,94	1,93	tp	tp
Kontrol parsial I	6,46	2,68	7,03	2,96	7,25	2,71
R. setempat	6,30	2,35	7,56	2,95	7,31	2,33
R. kurva umum	6,55	2,50	7,43	2,80	8,61	3,14
R. Mistcherlich	6,83	2,35	7,59	3,16	7,56	2,77
R. peta P K	6,67	2,63	7,78	3,18	7,81	3,00
Kontrol parsial II	6,68	2,78	6,68	2,81	6,32	2,28
R. PKDSS (P&KR)	6,33	2,35	6,87	2,55	7,67	2,35
R. IRRI	6,46	2,50	6,76	2,73	6,48	2,22

Keterangan: Status hara di Karawang: P tinggi, K rendah, di Rangkasbitung: P dan K sedang, di Karanganyar: P rendah, K sedang, Ur = urea, Sp = SP-36 dan Kc = KCl, tp = tidak ada perlakuan, R = rekomendasi, GKP = gabah kering panen, BL = *benefit - cost*

Agar usaha tani tetap menguntungkan sebaiknya selalu memperhatikan potensi lahan, permintaan pasar, dan harga *input* (upah, pupuk, dan insektisida). Dengan asumsi jumlah *input* selain pupuk untuk setiap perlakuan sama, maka BC rasio dari rekomendasi perlakuan pemupukan tersebut berbanding lurus dengan jumlah gabah yang dihasilkan (Tabel 12).

2.3. Teknologi Pengelolaan Lahan Kering

2.3.1. Penelitian teknologi irigasi suplemen pada lahan kering untuk pengembangan tanaman hortikultura

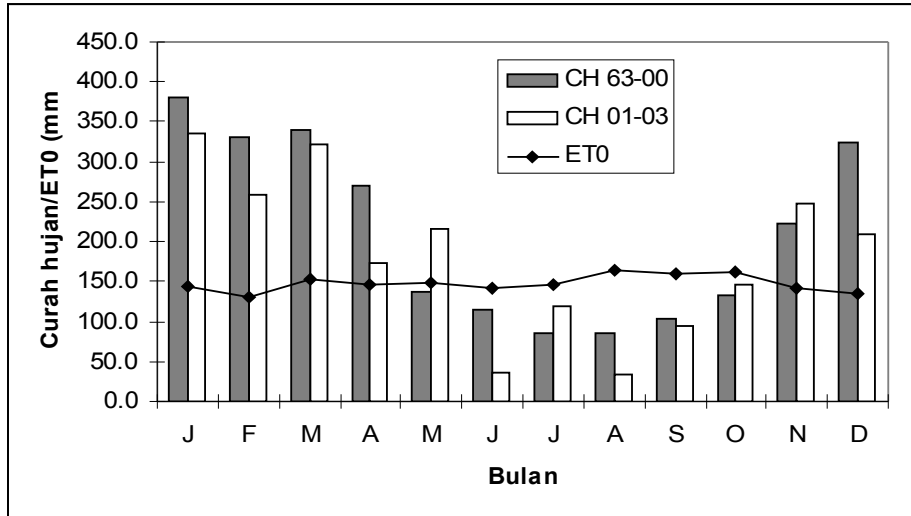
Irigasi suplemen merupakan salah satu faktor penting dalam memacu peningkatan produksi tanaman. Namun demikian dalam kenyataannya pemberian air irigasi masih belum efisien dan efektif. Penelitian penjadwalan irigasi dilakukan untuk mencari alternatif pemberian air irigasi yang efisien. Penelitian ini diperkuat dengan mengintegrasikan aspek teknik irigasi, sumber air irigasi yang potensial dan aspek agronomis.

Penelitian teknologi irigasi suplemen pada lahan kering untuk pengembangan tanaman hortikultura telah dilaksanakan pada tanah Typic Kanhapludults di kebun percobaan (KP) Tamanbogo, Lampung Timur. Penelitian terdiri atas dua kegiatan utama yaitu: 1) penelitian penjadwalan irigasi (*irrigation scheduling*) dan pengelolaan kualitas air untuk hortikultura di lahan kering, 2) perbandingan beberapa sistem irigasi pada lahan kering: aspek teknis dan agronomis. Penelitian ini mempunyai tujuan untuk (1) mendapatkan data/informasi batas kritis penurunan kapasitas air tersedia (*management allowable depletion, MAD*) untuk penetapan jadwal pemberian air irigasi; (2) mendapatkan

alternatif sumber air irigasi berkualitas untuk hortikultura; (3) menemukan efisiensi penggunaan air (*water use efficiency*) yang optimal untuk tanaman hortikultura; dan (4) menguji pemanfaatan sumber daya air untuk irigasi pada lahan hortikultura.

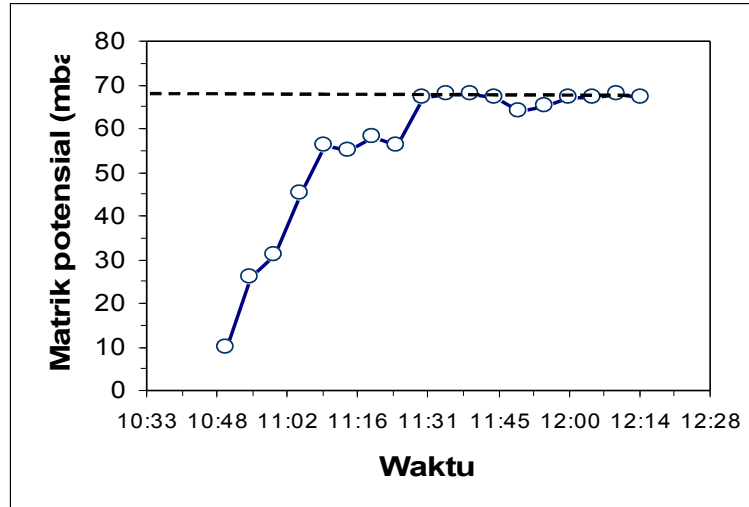
Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan petak terpisah dengan tiga ulangan. Pada percobaan penjadwalan irigasi, petak utama sumber air irigasi, terdiri atas air kolam dan air bawah tanah. Sebagai anak petak adalah level MAD terdiri atas 20, 40, 60, 80, dan 100% dari air tersedia.

Hasil analisis neraca air menunjukkan bahwa pada bulan Mei–Oktober, evaporasi melebihi curah hujan sehingga terjadi defisit air di lokasi penelitian (Gambar 6). Dalam kondisi yang demikian irigasi suplemen sangat diperlukan untuk meningkatkan indeks pertanaman dan memperpanjang masa tanam.



Gambar 6. Rataan curah hujan (CH) tahun 1963–2000 dan 2001–2003 serta evaporasi tahun 2001-2003 di KP Tamanbogo

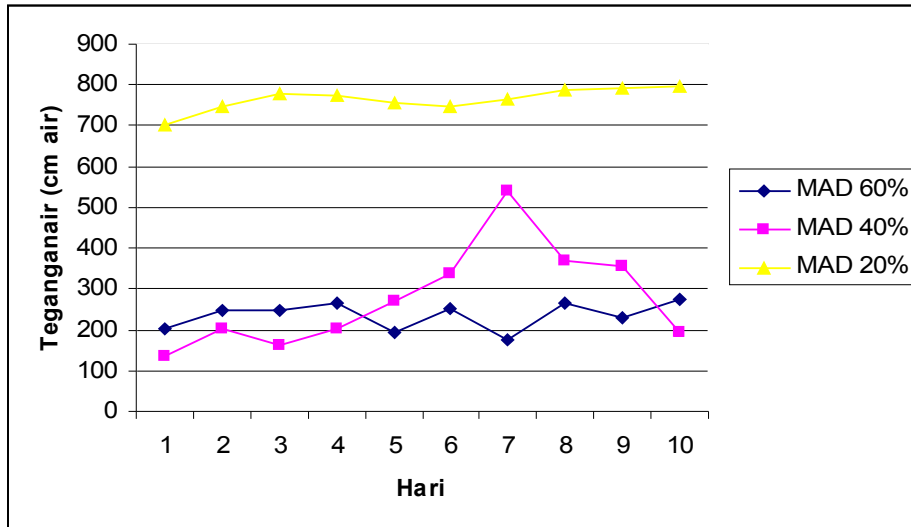
Kondisi kapasitas lapang dicapai pada matrik potensial ± 68 mBar, dan pada nilai tersebut tegangan air tanah relatif konstan untuk beberapa kali pengukuran. Kadar air pada kondisi tersebut adalah 22 % volume. Kadar air ini disebut sebagai kadar air tanah pada kondisi kapasitas lapang (Gambar 7).



Gambar 7. Dinamika matriks potensial untuk penetapan kadar air tanah kapasitas lapang

Dari *trend line* dapat dilihat bahwa kadar air tanah berkorelasi negatif dengan hisapan matriks. Semakin rendah tegangan air tanah, semakin tinggi kadar air dalam tanah dan sebaliknya. Apabila kadar air dalam tanah meningkat, maka molekul-molekul air lebih banyak berada pada pori makro dan dipegang oleh tanah dengan tegangan air yang lebih rendah. Sebaliknya, apabila kadar air tanah menurun, maka molekul-molekul air lebih banyak berada pada pori-pori tanah berukuran mikro yang merupakan air higroskopis, dan biasanya tidak dapat diserap tanaman karena dipegang oleh tanah dengan hisapan matriks yang lebih tinggi.

Irigasi pada level MAD 60% air tersedia merupakan perlakuan yang paling optimum untuk hasil tanaman dan efisiensi penggunaan air (Gambar 8). Jumlah air irigasi yang diberikan tergantung kepada level MAD, makin besar persentase level MAD makin banyak jumlah air yang harus diberikan, dan makin kecil level MAD, maka air yang diberikan semakin sedikit pula. Demikian juga halnya dengan frekuensi pemberian, makin besar persentase level MAD makin sering irigasi harus dilakukan.



Gambar 8. Pengaruh level MAD terhadap fluktuasi tegangan air tanah pada tanah Typic Kanhapludults di KP Tamanbogo

Level MAD berpengaruh nyata pada tinggi tanaman cabai umur 2 bulan setelah tanam, serta terhadap bobot dan jumlah buah segar cabai. Jumlah buah segar tidak selalu berbanding lurus dengan bobot

buah segar. Pada petakan yang diberi irigasi air permukaan, jumlah buah segar lebih banyak, tetapi bobotnya lebih ringan. Hal ini menunjukkan bahwa buah yang dihasilkan pada lahan dengan irigasi air permukaan mempunyai ukuran lebih kecil dibandingkan dengan irigasi air tanah. Kadar hara yang dibawa air permukaan, merangsang terjadinya pembungaan lebih banyak dan menjadi buah tetapi berukuran kecil (Tabel 13).

Tabel 13. Pengaruh sumber air irigasi dan level MAD terhadap jumlah dan bobot buah segar cabai pada tanah Typic Kanhapludults di KP Tamanbogo

Perlakuan	Hasil panen buah segar	
	Jumlah buah tanaman ⁻¹	Bobot kg plot ⁻¹
Petak utama (sumber air)		
A1 = air tanah	10,5 a*	7,7 b
A2 = air permukaan	19,6 b	6,6 a
Anak petak (level MAD)		
I1 = irigasi level MAD 20%	13,7 x	6,0 x
I2 = irigasi level MAD 40%	15,7 yz	9,0 y
I3 = irigasi level MAD 60%	14,2 xy	6,7 xy
I4 = irigasi level MAD 80%	14,9 y	6,0 x
I5 = irigasi level MAD 100%	16,8 z	8,0 xy

* Angka-angka dalam kolom yang sama yang diikuti huruf sama, tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ pada taraf 5%

Perbandingan beberapa sistem irigasi pada lahan kering

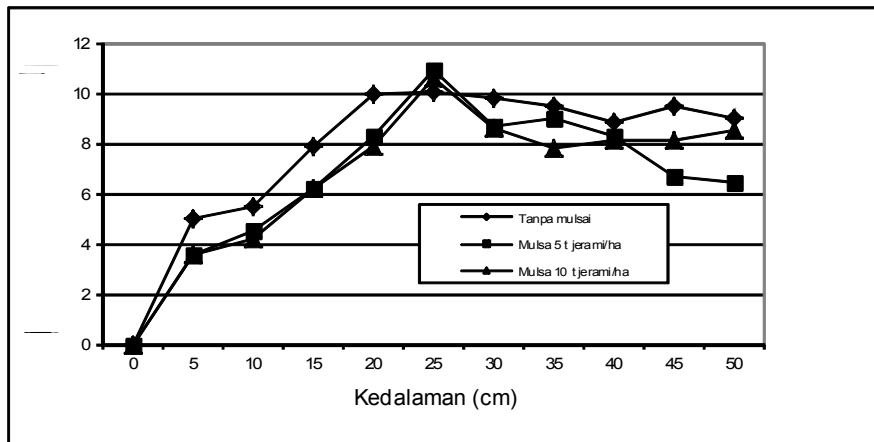
Pengaruh teknik irigasi dan mulsa terhadap beberapa sifat fisik tanah antara lain: berat isi (BI), ruang pori total (RPT), pori drainase cepat, pori air tersedia dan permeabilitas setelah pertanaman cabai disajikan pada Tabel 14. Tabel tersebut menunjukkan bahwa tidak terjadi interaksi antara teknik irigasi dan mulsa terhadap beberapa sifat fisik tanah. Mulsa diberikan dengan cara ditabur/disebar merata di atas permukaan tanah, sehingga kontak dengan tanah tidak intensif dan kurang memberikan peluang untuk bereaksi dengan tanah yang mengakibatkan pembentukan agregat tidak terpenuhi dan akhirnya tidak memberikan perubahan terhadap sifat fisik tanah.

Tabel 14. Pengaruh teknik irigasi dan mulsa terhadap BI, RPT, air tersedia (AT), dan permeabilitas pada tanah Typic Kanhapludults di KP Tamanbogo, setelah tanaman cabai

Perlakuan	BI	RPT	PDC	AT	Permeabilitas
	—g cm ⁻³		% volume		cm jam ⁻¹
Petak utama (teknik irigasi)					
I1	1,39	47,58	22,37	8,20	8,26
I2	1,40	47,21	22,56	7,39	8,24
I3	1,40	47,00	21,50	7,76	10,09
I4	1,39	47,48	22,76	7,58	9,59
Anak petak (takaran mulsa)					
M1	1,38	47,78	23,41	7,53	7,83
M2	1,39	47,21	21,24	8,08	8,84
M3	1,41	46,95	22,23	7,58	10,46

Sifat fisik tanah yang juga sangat penting hubungannya dengan tanah sebagai tempat berjangkarnya akar tanaman adalah ketahanan penetrasi tanah. Fluktuasi ketahanan tanah pada kedalaman 0 - 50 cm, mempunyai pola yang hampir sama, sehingga turun naiknya ketahanan tanah bukanlah dipengaruhi oleh teknik irigasi melainkan karena kedalaman yang berbeda. Mulsa berpengaruh terhadap fluktuasi ketahanan tanah dari permukaan sampai kedalaman 50 cm, pemberian mulsa menurunkan ketahanan tanah, namun pemberian 5 dan 10 t ha⁻¹ tidak berbeda (Gambar 9).

Hasil buah segar dan efisiensi penggunaan air (Tabel 15) tertinggi pada irigasi tetes (I2) dan terendah irigasi sistem terbuka (I1). Sistem irigasi tetes menghasilkan buah segar 26 kg petak⁻¹ dengan nilai efisiensi penggunaan air (EPA) yang paling tinggi yaitu 4,16 kg m⁻³. Hal ini disebabkan pada sistem irigasi tetes, air yang diberikan tidak sekaligus, namun sedikit demi sedikit, sehingga akan lebih sesuai dengan kebutuhan tanaman, sehingga akar tanaman mempunyai kesempatan yang lebih lama dalam mengabsorpsi air. Pada sistem irigasi terbuka/cara petani, meskipun air yang diberikan mempunyai jumlah yang sama, namun waktu yang diperlukan lebih singkat, sehingga air yang terabsorpsi oleh akar tanaman akan lebih sedikit. Perbedaan dalam waktu pemberian jumlah air yang diterima oleh tanaman, menyebabkan hasil yang berbeda.



Gambar 9. Pengaruh mulsa terhadap ketahanan penetrasi tanah saat umur cabai 1 bulan pada tanah Typic Kanhapludults di KP Tamanbogo

Tabel 15. Pengaruh teknik irigasi dan mulsa terhadap hasil cabai dan efisiensi penggunaan air pada tanah Typic Kanhapludults di KP Tamanbogo

Teknik irigasi	Tanpa mulsa		Mulsa 5 t jerami ha ⁻¹		Mulsa 10 t jerami ha ⁻¹		Rata-rata	
	Bs ¹	EPA	Bs ²	EPA	Bs ²	EPA	Bs ²	EPA
	kg petak ₁	kg m ⁻³	kg petak ₁	kg m ₃	kg petak ₁	kg m ⁻³	kg petak ₁	kg m ⁻³
Saluran terbuka	26,4 b*	4,2	20,2 a	3,3	17,6 a	2,8	21,4 y	3,5 b
Tetes,	29,3 bc	4,7	28,9 bc	4,6	19,8 a	3,2	26,0 x	4,2 a
Curah (<i>sprinkler</i>)	21,3 ab	3,4	29,6 bc	4,8	26,4 b	4,2	25,8 x	4,1 a
Bawah permukaan	20,9 ab	3,4	19,1 a	3,1	31,6 c	5,1	23,9 xy	3,8 ab
Rata-rata	24,5 p	3,9 p	24,5 p	3,7 p	23,8 p	3,9 p		

Keterangan:

* Angka-angka dalam kolom yang sama yang diikuti huruf sama, tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%

¹ Bs = buah segar

² Dari hasil 9 kali panen

EPA = efisiensi penggunaan air

2.3.2. Penelitian peningkatan produktivitas lahan kering

Penelitian peningkatan produktivitas lahan kering telah mulai dilaksanakan pada Mei 2004 di KP Taman Bogo, Lampung Timur. Tujuan penelitian adalah (1) mengembangkan cara meningkatkan kadar P dan bahan organik tanah dan (2) mempelajari pengaruh MTM dan pola tanam untuk meningkatkan produktivitas lahan kering tanah masam. Penelitian terdiri atas 10 perlakuan yang merupakan gabungan tidak lengkap dari tiga perlakuan pemberian bahan organik (pupuk kandang 0, 5, 10 t ha⁻¹) dan penanaman *Stylosanthes guyanensis*, pupuk bio (tanpa dengan MTM) dan biokompos dari *Tithonia diversifolia*, perlakuan pupuk fosfat (200 kg SP 36 ha⁻¹ dan FA *Chrismast*), dan pola tanam (tanaman ubi kayu tunggal dan tanaman ubi kayu tumpang sari dengan jagung, kacang tanah, sorgum, dan kacang tunggak). Rancangan percobaan yang digunakan adalah acak kelompok yang diulang tiga kali dan menggunakan ukuran petak 6 m x 10 m.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kesuburan tanah di lokasi percobaan tergolong rendah dengan kendala rendahnya kadar bahan organik, nitrogen, fosfor, kation tukar K dan Mg serta kejenuhan aluminium yang tinggi. Kebutuhan kapur untuk meningkatkan pH-H₂O menjadi 5,5 adalah 1,5 t ha⁻¹ sedangkan kebutuhan eksternal P (0,02 ppm P) dari fosfat alam *Chrismast* adalah 345 kg ha⁻¹. Pemberian pupuk kandang 5 t ha⁻¹ meningkatkan kadar C-organik tanah dari 1,1 menjadi 1,2–1,3%, tetapi tidak mempengaruhi

sifat kimia tanah yang lain seperti pH, kadar P, kation tukar, dan kejenuhan Al. Pengaruh mulsa *styro*, biokompos tithonia (BkT), dan MTM tidak berpengaruh terhadap sifat kimia tanah. Pemberian kapur 1,5 t ha⁻¹ meningkatkan pH tanah sebesar 0,5 unit, kadar Ca-dd sebesar dua kali dan meningkatkan kadar P sepertiga kali lebih banyak, dan menurunkan kejenuhan Al hingga di bawah 10%.

Dua sumber pupuk P yaitu SP-36 dan FA *Chrismast* sama baiknya dalam menghasilkan P-HCl 25% dan P-Bray I. Biokompos tithonia (BKT) lebih efektif meningkatkan kadar P-Bray I bila disertai dengan pemberian kapur, dan pemanfaatan BkT meningkatkan aktivitas mikroorganisme yang tercermin melalui peningkatan aktivitas *enzyme dehydrogenase* (Tabel 16).

Pola pertanaman tumpang sari meningkatkan aktivitas mikroba tanah, karena pertanaman tumpang sari menyebabkan permukaan tanah terlindungi oleh tajuk-tajuk tanaman tumpang sari yang saling menutupi sehingga kelembapan tanah lebih terjaga. Pemberian pupuk kandang 5 t ha⁻¹ pada pola pertanaman tunggal (T-1), menghasilkan aktivitas mikroba tanah lebih rendah dibandingkan pola pertanaman tumpang sari (T-7).

Tabel 16. Aktivitas mikroba tanah pada pola tanam tunggal ubi kayu dan pola tanam tumpang sari pada akhir MK-2004 Tamanbogo, Lampung Timur

Kode	Pola Tanam	Perlakuan						Aktivitas enzim dehydrogenase ml g ⁻¹ jam ⁻¹	
		Pukan	BO lainnya t ha ⁻¹		SP-36 kg ha ⁻¹	FA	Kapur t ha ⁻¹		
T-1	Ubi kayu	0	0	0	0	200	0	0	0,069 a*

T-2	Ubi kayu	5	0	0	0	200	0	0	0,068 b
T-3	Ubi kayu	5	<i>Stylo</i>	0	0	200	0	0	0,076 abc
T-4	Ubi kayu	5	<i>Stylo</i>	MTM	0	200	0	0	0,077 abc
T-5	Ubi kayu	5	<i>Stylo</i>	MTM	BkT	200	0	0	0,074 ab
T-6	Ubi kayu	10	0	0	0	200	0	0	0,075 ab
T-7	Kc.tunggak+sorgum	5	<i>Stylo</i>	MTM		200	0	1,5	0,084 bc
T-8	Kc.tunggak+sorgum	5	<i>Stylo</i>	MTM	BkT	200	0	1,5	0,088 c
T-9	Kc.tunggak+sorgum	10	0	0	0	200	0	1,5	0,084 bc
T-10	Kc.tunggak+sorgum	5	<i>Stylo</i>	MTM	BkT	0	345	1,5	0,083 bc

Keterangan:

* Angka-angka dalam kolom yang sama yang diikuti huruf sama, tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ pada taraf 5%

Pukan = pupuk kandang, *Stylo*: jumlah biomassa yang diberikan tergantung banyaknya hasil pangkasan, BkT: biokompos *tithonia* sp. takaran 1 t ha⁻¹

Aktivitas mikroba tanah pada pola tanam dengan tanaman tunggal ubi kayu yang diberi pupuk kandang 10 t ha⁻¹ dan bahan organik *Stylosanthes guyanensis* (T6) dibandingkan dengan pola pertanaman tumpang sari sorgum+kacang tunggak–mukuna-ubi kayu-/–*Stylosanthes guyanensis* yang diberi pupuk kandang 10 t ha⁻¹ dan bahan organik *Stylosanthes guyanensis* (T9), tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Hal ini disebabkan pemberian pupuk kandang 10 t ha⁻¹ baik pada pola pertanaman tunggal maupun tumpang sari hanya meningkatkan populasi mikroba tanah.

Pola tanam tumpang sari dengan jagung dan kacang-kacangan dapat meningkatkan kualitas dan perbaikan gizi dibandingkan tanaman tunggal ubi kayu yang tercermin dari hasil protein. Pola tanaman tunggal ubi kayu menghasilkan dua kali lebih besar nilai kalori dan 0,7 kali nilai protein dibandingkan pola tumpang sari (Tabel 17).

Tabel 17. Pengaruh bahan organik terhadap kadar pati, bobot umbi dan pati ubi kayu saat panen

Kode	Sumber bahan organik		Bobot umbi t ha ⁻¹	Kadar pati %	Bobot pati t ha ⁻¹
	Pukan t ha ⁻¹	Bahan organik lain			
T-1	0	0	43,7a*	25,0a	11,0a
T-2	5	0	44,1a	26,2a	11,6a
T-3	5	<i>Stylo</i>	44,3a	24,3a	10,8a
T-4	5	<i>Stylo</i> + MTM	45,8a	25,4a	11,9a
T-5	5	<i>Stylo</i> + MTM + BkT	46,5a	27,0a	12,7a
T-6	10	0	39,2a	24,0a	9,5a
T-7	5	<i>Stylo</i> + MTM	16,4	20,8	3,5
T-8	5	<i>Stylo</i> + MTM + BkT	14,1	20,6	3,5
T-9	10	0	18,6	21,4	4,0
T-10	5	<i>Stylo</i> + MTM + BkT	20,3	22,9	4,7

Keterangan:

* Angka-angka dalam kolom yang sama yang diikuti huruf sama, tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ pada taraf 5%

Pukan = pupuk kandang, *Stylo*: jumlah biomassa yang diberikan tergantung banyaknya hasil pangkasan, BkT: biokompos *Tithonia* sp. takaran 1 t ha⁻¹

Pada pertanaman tunggal ubi kayu menghasilkan nilai kalori sebesar 52,4–55,8 t kal ha⁻¹ dan lebih tinggi dibandingkan dengan pertanaman tumpang sari yang hanya sekitar 23–30 t kal ha⁻¹ atau hanya sekitar 50%. Kedua pola tanam tersebut menghasilkan kalori yang berbeda nyata. Jika digunakan nilai protein, maka pertanaman tumpang sari menghasilkan protein sebesar 36,6–42,0 t protein ha⁻¹ dan lebih tinggi dibandingkan pada tanaman tunggal ubi kayu sebesar 27,4–33,5 t protein ha⁻¹ atau sekitar 70%. Hasil ini mengindikasikan bahwa dengan tanaman tumpang sari dengan jagung dan kacang-kacangan dapat meningkatkan kualitas atau perbaikan gizi dibandingkan tanaman tunggal ubi kayu (Tabel 18).

Tabel 18. Pengaruh perlakuan terhadap hasil kalori dan protein pada pertanaman ubi kayu dan tanaman tumpang sari selama satu tahun

Kode perlakuan	Pola tanam	Sumber bahan organik		SP-36	Hasil per tahun	
		Pukan	Bahan organik lainnya		Kalori	Protein
		t ha ⁻¹		kg ha ⁻¹	t kal ha ⁻¹	t protein ha ⁻¹
T-1	Ubi kayu	0	0	200	52,43a*	30,59bc
T-2	Ubi kayu	5	0	200	52,87a	30,84bc
T-3	Ubi kayu	5	<i>Stylo</i>	200	53,20a	31,03bc
T-4	Ubi kayu	5	<i>Stylo</i> + MTM	200	54,93a	32,04abc
T-5	Ubi kayu	5	<i>Stylo</i> + MTM + BkT	200	55,80a	32,55abc
T-6	Ubi kayu	10	0	200	47,03a	27,44c
T-7	Tumpang sari	5	<i>Stylo</i> + MTM	200	25,58b	36,61abc
T-8	Tumpang sari	5	<i>Stylo</i> + MTM + BkT	200	23,08b	38,08ab
T-9	Tumpang sari	10	0	200	29,30b	42,00a
T-10	Tumpang sari	5	<i>Stylo</i> + MTM + BkT	345 ¹⁾	29,99b	38,11ab

Keterangan:

* Angka-angka dalam kolom yang sama yang diikuti huruf sama, tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ pada taraf 5%

1) dari sumber pupuk fosfat alam



Gambar 10. Tanaman ubi kayu pada kegiatan penelitian peningkatan produktivitas lahan kering masam di KP Taman Bogo, Lampung

2.3.2. Strip rumput dan legum pakan ternak dan interaksinya dengan berbagai sumber P untuk peningkatan produksi tanaman palawija

Adanya retensi hara P oleh Al atau Fe di dalam tanah Ultisol menyebabkan unsur P dan hara tanah yang dibutuhkan tanaman menjadi tidak tersedia. Selain itu, karena kesuburan dan bahan organik tanah rendah, pH masam dan erosi yang terus berlanjut, maka produktivitas tanahnya menjadi semakin rendah. Oleh sebab itu diperlukan peningkatan dan upaya penyediaan hara P melalui penambahan berbagai sumber pupuk P, serta peningkatan kadar bahan organik tanah. Erosi menghanyutkan sejumlah unsur hara tanah, terutama hara makro yang sangat dibutuhkan tanaman, padahal kandungan hara dan bahan organik tanahnya rendah sampai sangat rendah. Akibatnya kualitas tanah semakin rendah dan laju erosi besar maka upaya pemupukan menjadi tidak efektif dan efisien.

Tujuan penelitian adalah untuk mencegah penurunan produktivitas tanah dan hara yang hilang dengan penerapan strip rumput dan legum pakan ternak, serta meningkatkan kesuburan tanah. Penelitian dilaksanakan di Desa Indra Loka, Kecamatan Lambu Kibang, Kabupaten Tulangbawang, Provinsi Lampung pada tanah

Ultisol berbahan induk volkan masam dengan tekstur halus, melanjutkan penelitian tahun 2003. Perlakuan disusun berdasarkan RAK yaitu:

- P₀: kebiasaan petani (kontrol), yaitu pertanaman singkong tanpa *input* usaha tani,
- P₁: tanpa teknik konservasi tanah + pupuk P, 200 kg SP-36 ha⁻¹ musim⁻¹,
- P₂: strip *Stylosantes goyanensis* + pupuk P, 200 kg SP-36 ha⁻¹ musim⁻¹, bahan hijau digunakan sebagai mulsa,
- P₃: tanaman pagar *Flemingia congesta* + pupuk P, 200 kg SP-36 ha⁻¹ musim⁻¹, bahan hijau dijadikan mulsa,
- P₄: strip rumput pakan (*Setaria* sp.) + pupuk P, 200 kg SP-36 ha⁻¹ musim⁻¹,
- P₅: tanpa teknik konservasi tanah + pupuk P-alam 1 t ha⁻¹ sekali pemberian,
- P₆: strip *Stylosantes goyanensis* + pupuk P-alam 1 t ha⁻¹ sekali pemberian, bahan hijau digunakan sebagai mulsa,
- P₇: tanaman pagar *Flemingia congesta* + pupuk P-alam 1 t ha⁻¹ sekali, pemberian, bahan hijau dijadikan mulsa, dan
- P₈: strip rumput pakan (*Setaria* sp.) + pupuk P-alam 1 t ha⁻¹ sekali pemberian. Ulangan 3, dengan ukuran petak percobaan 14 m x 5 m. Parameter yang diamati adalah sifat-sifat tanah, sedimen dan hara terangkut aliran permukaan, serta pertumbuhan tanaman.

Hasil penelitian menunjukkan, strip rumput pakan (*Setaria* sp.) yang dipupuk 200 kg SP-36 ha⁻¹ (P₄), dan tanaman pagar *Flemingia*

congesta yang dipupuk P-alam (P_7) cenderung menurunkan berat isi tanah dan meningkatkan pori drainase cepat dibandingkan dengan kontrol atau kebiasaan petani (Tabel 19). Pori drainase cepat pada perlakuan kontrol tergolong rendah, sedangkan pada perlakuan lainnya tergolong sedang. Sifat-sifat fisik tanah lainnya masih memperlihatkan pola yang tidak beraturan.

Sifat-sifat kimia tanah pada setiap petak perlakuan belum memperlihatkan perbedaan yang signifikan, karena contoh tanah yang dianalisis diambil 5 bulan sejak aplikasi perlakuan. Kandungan C-organik dan N-total masih berkisar sangat rendah sampai rendah. Demikian juga kandungan P dan K, susunan kation tukar, dan KTK tergolong sangat rendah sampai rendah (Tabel 20).

Tabel 19. Beberapa sifat fisik tanah di lokasi penelitian Desa Indraloka, Kecamatan Lambu Kibang, Kabupaten Tulangbawang

Sifat fisik tanah	Sandi perlakuan								
	P_0	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
Berat isi ($g\ cc^{-1}$)	1,38	1,34	1,31	1,34	1,24	1,36	1,31	1,28	1,31
RPT (% vol.)	47,80	49,58	50,67	49,43	53,07	48,57	50,40	51,57	50,60
Pori drainase									
Cepat (% vol)	9,53	14,30	13,77	13,77	15,67	11,43	12,97	14,53	13,70
Lambat (% vol)	5,00	4,67	4,90	4,50	4,40	4,93	4,67	4,50	5,03
Poros air tersedia (% vol)	8,90	10,14	9,67	11,40	8,40	8,00	8,13	8,67	8,37
Permeabilitas ($cm\ jam^{-1}$)	1,83	0,68	1,65	0,88	1,28	0,85	0,63	0,92	0,52
Indeks stabilitas agregat	72	46	123	65	49	105	79	56	86

Tabel 20. Sifat-sifat kimia tanah di lokasi percobaan Desa Indraloka, Kecamatan Lambu Kibang, Kabupaten Tulangbawang

Sifat kimia tanah	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈
pH (H ₂ O)	4,3	4,4	4,5	4,6	4,5	4,5	4,6	4,5	4,6
Bahan organik: C (%)	0,91	0,89	1,29	1,27	1,09	1,32	1,26	1,13	1,18
N (%)	0,10	0,10	0,13	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11
P ₂ O ₅ (HCl 25%, mg 100g ⁻¹)	6,3	11,0	11,7	8,0	8,7	9,0	8,3	7,3	7,7
K ₂ O (HCl 25%, mg 100g ⁻¹)	5,3	4,3	5,0	4,7	6,0	4,0	4,0	5,0	5,3
P ₂ O ₅ (Bray 1, ppm)	5,9	21,5	13,6	11,0	9,6	10,30	12,8	7,4	6,2
Retensi P (%)	21,6	24,97	27,67	27,67	30,27	30,10	27,20	27,17	26,57
Susunan kation tukar									
Ca (Cmol(+) kg ⁻¹)	1,41	1,31	1,87	2,10	1,67	1,93	2,17	2,18	2,03
Mg (Cmol(+) kg ⁻¹)	0,29	0,29	0,33	0,47	0,49	0,76	0,77	0,75	0,79
K (Cmol(+) kg ⁻¹)	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	0,08	0,08	0,09	0,09
Na (Cmol(+) kg ⁻¹)	0,26	0,32	0,30	0,31	0,29	0,33	0,37	0,30	0,43
KTK (Cmol(+) kg ⁻¹)	6,87	6,24	8,04	6,98	7,82	8,13	8,11	7,75	7,63
KB (%)	28,11	33,0	37,33	32,33	39,33	38,67	37,67	40,0	46,0
Al (Cmol(+) kg ⁻¹)	1,67	1,43	1,67	1,08	1,65	1,46	1,20	1,15	1,19

Stylosanthes goyanensis menghasilkan bahan hijau lebih tinggi dibandingkan dengan *Flemingia congesta* (Tabel 21). Tanaman *Stylosanthes goyanensis* tumbuh sangat bagus, sedangkan pertumbuhan *Flemingia congesta* mengalami hambatan, karena terlalu rapat dalam menyebarkan benih saat tanam. Keragaan tanaman *Flemingia congesta* sendiri cukup baik, dan diperkirakan cukup potensial mengendalikan erosi karena rapatnya pertumbuhan tanaman.

Tabel. 21. Rata-rata berat basah pangkasan tanaman strip pada penelitian di Desa Indraloka, Kecamatan Lambu Kibang, Kabupaten Tulangbawang

Tanaman strip/petak	Berat pangkasan basah		
	I	II	III
		kg ha ⁻¹	
<i>Stylosanthes goyanensis</i> /P ₂	38,67	32,56	35,75
<i>Stylosanthes goyanensis</i> /P ₆	40,80	36,24	32,45
<i>Flemingia congesta</i> /P ₃	15,33	16,80	17,55
<i>Flemingia congesta</i> /P ₇	6,80	8,35	9,35
<i>Setaria sp.</i> /P ₄	-	4,62	5,67
<i>Setaria sp.</i> /P ₈	-	5,16	6,34

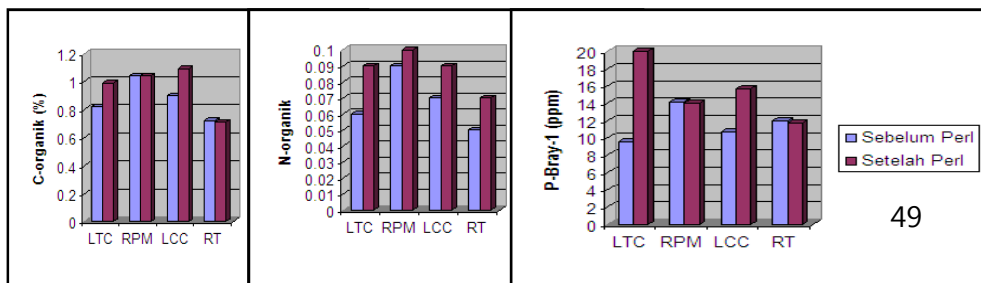
2.3.3. Pengelolaan produktivitas tanah untuk meningkatkan produksi rumput dan leguminosa

Tanah di KP Tamanbogo merupakan tanah Ultisol dengan pH sangat masam dan telah mengalami kemunduran sifat fisika dan kimia tanah. Penelitian pengelolaan produktivitas tanah yang dilakukan di tempat ini, diyakini dapat menjawab permasalahan tanah tersebut. Penelitian bertujuan meningkatkan produksi rumput dan leguminosa sumber pakan ternak dan bahan organik tanah.

Setiap jenis tanaman rumput dan leguminosa yang diuji dikombinasikan dengan tiga taraf takaran pemupukan N, P, dan K dan ditata menurut rancangan petak terpisah dengan tiga ulangan dalam tiga unit percobaan. Petak utama pada unit I adalah leguminosa perdu/semak (LTC) yaitu *Gliricidia sepium* (glirisidia), *Flemingia*

congesta (serengan jantan), dan *Calliandra calothyrsus* (kaliandra); pada unit II rumput pendek/menjalar (RPM) yaitu *Brachiaria brizantha* (rumput bebe), *Paspalum maximum*, dan rumput mexico; pada unit III leguminosa menjalar (LCC), yaitu: *Arachis pintoii* (kacang hias), *Pueraria javonica*, dan *Mucuna sp.* (benguk); dan pada unit IV jenis rumput tinggi (RT), yaitu: *Pennisetum purpureum* (rumput gajah), *Pennisetum purpureoides* (rumput raja), dan *Setaria splendida* (rumput setaria). Anak petak untuk keempat unit percobaan tersebut sama, yaitu P1= tanpa pemupukan; P2= takaran 25 kg urea ha⁻¹ + 25 kg SP-36 ha⁻¹+25 kg KCl ha⁻¹; dan P3= takaran 50 kg urea ha⁻¹+50 kg SP-36 ha⁻¹+50 kg KCl ha⁻¹. Tanaman rumput dan leguminosa dipangkas setelah berumur 3-4 bulan dengan interval pemangkasan 40 hari pada musim hujan dan 60 hari pada musim kemarau. Hasil pangkasan digunakan sebagai sumber bahan organik/mulsa.

Analisis tanah sebelum penelitian menunjukkan bahwa sifat fisika (BI, pori drainase, pori air tersedia, permeabilitas dan agregat tanah) kurang mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal, sehingga diperlukan perbaikan sifat fisika tanah dengan penambahan bahan organik tanah. Penanaman berbagai jenis legum dan rumput ada yang berpengaruh terhadap perubahan kimia tanah dan ada yang tidak. Kandungan C dan N-organik tanah, serta P Bray-1 setelah ditanami LTC dan LCC mengalami peningkatan sangat nyata (Gambar 11)

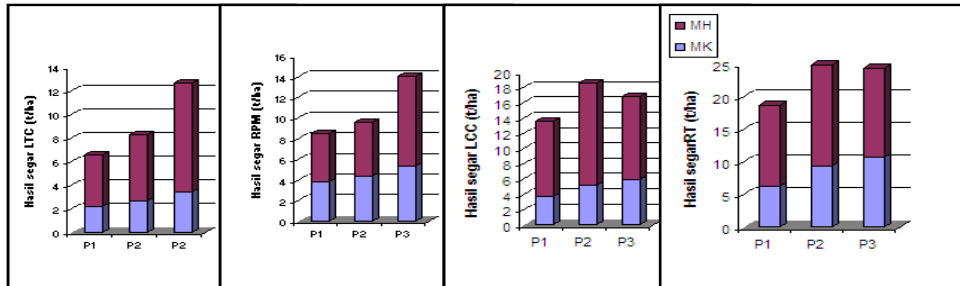


Gambar 11. Perubahan beberapa sifat-sifat kimia tanah sebelum dan setelah perlakuan

Tanaman rumput dan leguminosa yang tumbuh mencapai 82,6-98,6%. Tinggi tanaman dan jumlah anakan tanaman leguminosa penutup tanah (LCC) mencapai 17,5-44,6 cm dan 1,09-2,02 anakan. Sedangkan tinggi tanaman dan jumlah tunas/anakan jenis leguminosa semak/perdu/LTC (12,6-21,6 cm dan 1,6-3,94 anakan atau tunas), rumput merambat (85,2-105,9 cm dan 9,1-22,2 anakan) dan rumput tegak (67,2-158,3 cm dan 5,22-25,24 anakan).

Perlakuan pemupukan dengan takaran 50 kg urea ha⁻¹ + 50 kg SP-36 ha⁻¹ + 50 kg KCl ha⁻¹ sangat mempengaruhi tinggi tanaman dan jumlah tunas leguminosa merambat (LCC). Berat total pangkasan segar terbesar pada jenis leguminosa perdu/semak sebesar 12,41 t ha⁻¹ dicapai oleh *Flemingia congesta*, pada jenis rumput pendek oleh *Panicum maximum* (26,32 t ha⁻¹), pada jenis leguminosa merambat oleh *Pueraria javanica* (25,93 t ha⁻¹) dan pada rumput tinggi oleh *Pennisetum purpureoides* (30,89 t ha⁻¹). Keempat jenis tanaman tersebut

menghasilkan total berat kering pangkasan berturut-turut sebesar 5,83 t ha⁻¹; 14,36 t ha⁻¹; 14,49 t ha⁻¹; dan 22,44 t ha⁻¹ (Gambar 12).



Gambar 12. Hasil rumput segar dan leguminosa pada musim kemarau dan penghujan

Pengelolaan produktivitas lahan kering masam untuk meningkatkan produksi rumput dan leguminosa diharapkan dapat memberikan dampak terhadap peningkatan produktivitas tanah, hasil tanaman, pendapatan petani serta ketersediaan benih/bibit yang diperlukan. Pengembangan pertanian di lahan kering masam hendaknya merupakan paduan usaha tani tanaman pangan dan ternak.

2.3.4. Teknologi mikroflora tanah multiguna (MTM) untuk keberlanjutan produktivitas lahan kering masam

Pembukaan lahan baru untuk pencetakan lahan pertanian merupakan salah satu upaya pemerintah dalam rangka mempertahankan swasembada beras dan memantapkan ketahanan pangan nasional. Program ekstensifikasi tersebut diarahkan ke Pulau Sumatera, Kalimantan, dan Sulawesi. Area bukaan baru ini umumnya didominasi oleh tanah bereaksi masam, miskin unsur hara makro primer dan sekunder, dan unsur hara mikro. Kesuburan tanah yang rendah mengakibatkan produktivitas tanaman menjadi rendah, kondisi ini memerlukan pemupukan dengan takaran tinggi, bila dilakukan secara terus-menerus akan mengakibatkan dampak negatif terhadap lingkungan. Pemeliharaan kesuburan tanah merupakan hal yang paling penting dalam sistem pertanian karena kualitas dan produktivitas tanah perlu dilindungi.

Salah satu teknologi yang mampu meningkatkan efisiensi pemupukan dan keberlanjutan sistem produksi pertanian adalah teknologi MTM. Suplai sebagian dari hara N, P, K yang dibutuhkan oleh tanaman pada tanah kering masam dapat dilakukan oleh mikroba penyubur tanah dan perombak bahan organik. Percepatan perombakan residu tanaman pertanian dengan menggunakan bioaktivator perombak bahan organik untuk mengembalikan bahan organik tanah merupakan hal yang penting untuk dilakukan dalam upaya memperbaiki struktur tanah, menyediakan hara, menekan perkecambahan spora, dan menonaktifkan atau menghentikan pertumbuhan patogen. Pemanfaatan MTM selain menghemat kebutuhan pupuk kimia dan keberlanjutan produktivitas tanah, juga

dapat meningkatkan efisiensi pemupukan. Penambahan MTM akan mengubah lingkungan mikro tanah dan komunitas mikrobanya, meningkatkan kesuburan tanah dan produktivitas tanaman.

Keberhasilan pemanfaatan MTM sangat dipengaruhi oleh kualitas MTM itu sendiri. Ketidaksihesuaian inokulan dengan kondisi tanah yang diinokulasi dan sistem teknologi produksi yang kurang efisien seperti formulasi mikroba dan bahan pembawa yang kurang sesuai merupakan salah satu penyebab kegagalan pemanfaatannya di lapangan, sehingga formulasi dan teknologi produksi MTM merupakan pilihan teknologi dalam upaya perbaikan kualitas lahan kering masam.

Balai Penelitian Tanah telah melakukan serangkaian kegiatan penelitian formulasi dan teknologi produksi MTM khusus untuk lahan kering menunjang keberlanjutan produktivitas tanah masam. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan (1) formula dan teknologi produksi MTM dalam menunjang strategi pengelolaan hara terpadu: efisiensi pemupukan, peningkatan dekomposisi residu tanaman, kualitas dan produktivitas tanah, serta keuntungan usaha tani lahan kering masam dan (2) produk berpotensi paten dan agroindustri untuk membantu ketahanan pangan nasional. Penelitian yang dilaksanakan pada TA 2004 bertujuan untuk memperoleh nonpatogenik mikroflora tanah yang paling potensial dalam meningkatkan ketersediaan hara NPK tanah dan merombak bahan organik. Peningkatan dekomposisi bahan organik dan penurunan patogen untuk perbaikan strategi pengelolaan sistem limbah

pertanian yang menumpuk juga merupakan target penelitian. Penelitian terdiri atas tiga kegiatan (1) autentifikasi MTM; (2) formulasi MTM; dan (3) efektivitas MTM pada tanaman padi gogo di tanah kering masam.

Penelitian dilaksanakan di laboratorium, rumah kaca, dan lapangan. Mikroflora penyubur tanah yang digunakan mampu menambat N_2 , melarutkan P dan K, berpotensi memacu pertumbuhan tanaman, memetabolisme bahan organik, mensekresikan senyawa antimikroba, perombak lignin dan selulosa. Aktivitas antagonistik berasal dari sel bakteri dan protein/senyawa toksin yang disekresikannya. Mikro-organisme terpilih diformulasikan sebagai MTM dan dikembangkan sebagai inokulan efektif untuk meningkatkan daya dukung tanah kering masam melalui peningkatan siklus hara dan perombakan bahan organik.

Dari hasil autentifikasi 13 isolat bakteri terpilih, lima isolat mampu melarutkan P yaitu GRT3, BPF.P2, APK 2.4, KAMG2, dan KACP13 dan 2 isolat mempunyai kemampuan melarutkan K asal jerami yaitu isolat BCr 2.3 dan APK 2.4 sebesar 250,5 dan 273,5 $mg L^{-1}$ (Tabel 22). Dari ke tujuh isolat fungi, fungi *reference Pleurocybella porigena* menunjukkan aktivitas CMCase tertinggi pada substrat polard 1% (2,9–3,6 $U L^{-1}$), aktivitas lakase tertinggi pada jerami (5,907 $nkatal ml^{-1}$) dan tandan kosong kelapa sawit (1,099 $nkatal ml^{-1}$), diikuti PP1 pada indulin AT (4,988 $nkatal ml^{-1}$) (Tabel 23). Mikroflora tanah multiguna mampu mendekomposisi jerami C/N rasio dari 54 menjadi 38 dan Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dengan 73 menjadi 27.

Tabel 22. Kemampuan melarutkan K dari beberapa jenis mikroba umur 7 hari setelah inkubasi (HSI) di medium cair *nutrient* yang mengandung jerami 0,25 dan 1 g 100 ml⁻¹

Isolat	Kelarutan K 0,25 g jerami 100ml ⁻¹	Kelarutan K 1 g jerami 100ml ⁻¹
	mg L ⁻¹	
Kontrol (tanpa bakteri)	85	204 ab *
BCr 2.3	60,5	250,5 ab
KAMG 2	81	184 ab
PB 138	88	208 ab
GRT 3	104	227 ab
BPF.P2	105,5	170 b
APK 2.4	167	273,5 a
KACP 2.1	58,5	184,5 ab
BCr 1.2	101	213 ab
KACP 11	31,5	181 ab
KACP 13	29,5	196 ab
KACP 33	26,5	192,5 ab
BPF 2.1	55,5	230 ab
BPC 3	43	230 ab

* Angka-angka dalam kolom yang sama yang diikuti huruf sama, tidak berbeda nyata berdasarkan uji ANOVA pada P<0,05

Tabel 23. Aktivitas lakase beberapa fungi lignolitik yang diproduksi pada medium kaldu *lignin-guaiciol-benomyl* yang dimodifikasi dengan sumber karbon serbuk jerami, kelapa sawit, dan indulin AT

Fungi	Aktivitas lakase nkatal ml ⁻¹								
	Jerami			Kelapa sawit			Indulin AT		
	5 hr	10 hr	15 hr	5 hr	10 hr	15 hr	5 hr	10 hr	15 hr

<i>Porigen</i> s	0,869	5,907	0,976	0,278	1,099	1,083	0,180	0	0,828
<i>Viridae</i>	0,730	0,779	0	0,180	0,270	0,196	0	0,057	0
CP 1	0,754	0,672	0	0,147	1,723	1,755	2,453	1,550	2,100
Lig 2	0,656	0,656	0	0,188	0,123	0,196	0,147	0,492	0,344
Lig 4	0,672	0,771	0,713	0,172	0,336	0,377	0,533	0,303	0,114
PP 1	0,746	0,664	0,697	0,246	0,237	0	4,988	0	1,476

Hasil penelitian terhadap ketahanan hidup mikroba selama penyimpanan dalam beberapa jenis bahan pembawa menunjukkan bahwa MTM, khususnya bakteri pelarut P dan K, dan bakteri *diazotrof endofit* dapat tahan hidup hingga penyimpanan 4 bulan dalam bahan pembawa gambut terformulasi dibandingkan bahan pembawa lainnya (Tabel 24).

Berdasarkan kajian efektivitas MTM pada pertumbuhan padi gogo di tanah masam tampak bahwa inokulasi MTM dapat menekan kebutuhan pupuk N, P, dan K hingga 50%, bahkan hingga 25% pupuk N dan 50% pupuk P (batuan P) dengan kombinasi penambahan hijauan *Mucuna* 5 t ha⁻¹ dan kompos jerami MTM 10 t ha⁻¹ (Tabel 25). Pemberian kompos jerami MTM tanpa pupuk menghasilkan persen gabah isi, bobot gabah bersih, bobot beras, dan bobot 1.000 butir tertinggi setara dengan perlakuan takaran pupuk setengah rekomendasi pupuk NPK (200 kg N + 50 kg P + 50 kg K) plus MTM.

Tabel 24. Jumlah populasi mikroba dalam empat jenis bahan pembawa (gambut, granul, busa dan cair) setelah disimpan selama 4 bulan

Perlakuan	Bulan ke-	Bakteri diazotrof endofitik	Bakteri pelarut P
Gambut	1	$1,1 \times 10^{10}$ sel g ⁻¹	$1,15 \times 10^8$ sel g ⁻¹
	2	11×10^{10} sel g ⁻¹	$6,7 \times 10^8$ sel g ⁻¹
	3	$1,1 \times 10^9$ sel g ⁻¹	$8,9 \times 10^8$ sel g ⁻¹
	4	$2,4 \times 10^8$ sel g ⁻¹	$1,31 \times 10^8$ sel g ⁻¹
Granul	1	$9,2 \times 10^2$ sel g ⁻¹	$3,2 \times 10^5$ sel g ⁻¹
	2	0	$3,0 \times 10^5$ sel g ⁻¹
	3	0	$5,8 \times 10^5$ sel g ⁻¹
	4	0	$3,0 \times 10^5$ sel g ⁻¹
Spons	1	$1,5 \times 10^8$ sel ml ⁻¹	$3,7 \times 10^7$ sel ml ⁻¹
	2	$4,6 \times 10^8$ sel ml ⁻¹	$3,35 \times 10^6$ sel ml ⁻¹
	3	$1,1 \times 10^6$ sel ml ⁻¹	$2,45 \times 10^6$ sel ml ⁻¹
	4	0	$3,6 \times 10^5$ sel ml ⁻¹
Mikrokapsul	1	$1,5 \times 10^9$ sel ml ⁻¹	$9,3 \times 10^7$ sel ml ⁻¹
	2	$1,1 \times 10^9$ sel ml ⁻¹	$3,2 \times 10^7$ sel ml ⁻¹
	3	$1,1 \times 10^9$ sel ml ⁻¹	$2,75 \times 10^7$ sel ml ⁻¹
	4	$2,4 \times 10^8$ sel ml ⁻¹	$2,70 \times 10^7$ sel ml ⁻¹

Tabel 25. Hasil panen dan serapan hara padi gogo Tegineneng, Lampung (Rumah Kaca, 2004)

Perlakuan (takaran pupuk ha ⁻¹)	Bobot gabah bersih	Serapan hara		
		N	P	K
		g tanaman ⁻¹		
1. 400 kg N+100 kg P + 100 kg K	11,64 ab *	1,327 c	0,037 c	4,013 b
2. 200 kg N +50 kg P + 50 kg K+MTM	15,02 c	0,567 ab	0,017 a	3,820 ab
3. 100 kg N+5 t ha ⁻¹ mukuna+50 kg ha ⁻¹ bat P + 10 t ha ⁻¹ kompos jerami	11,04 a	0,837 b	0,017 a	2,313 a
4. 100 kg N+ 5 t Mukuna + 50 kg batuan P+MTM	13,60 abc	0,280 ab	0,030 bc	3,557 ab
5. Tanpa pupuk + 10 t kompos jerami MTM	13,89 bc	0,740 b	0,027 abc	3,703 ab
6. Tanpa pupuk + MTM	13,97 bc	0,603 a	0,020 ab	2,883 ab

* Angka-angka dalam kolom yang sama yang diikuti huruf sama, tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%

Berdasarkan analisis serapan hara, tampak bahwa tanaman padi gogo yang diberi 100 kg N, 50 kg batuan P, dan pupuk organik berupa hijauan *mucuna* 5 t ha⁻¹ dan kompos jerami MTM 10 t ha⁻¹ menghasilkan serapan hara N tertinggi dan tidak berbeda nyata dengan perlakuan tanpa pemupukan NPK dan 10 t ha⁻¹ kompos jerami ha⁻¹. Tampaknya, perlu penambahan pupuk mikroba pelarut fosfat, untuk dapat meningkatkan kelarutan P dari batuan P sehingga serapan hara P dapat meningkat.

Berdasarkan hasil penelitian ini tampak bahwa pupuk hayati MTM bermanfaat bagi keberlanjutan produktivitas lahan kering masam. Dalam jangka panjang, produk MTM dapat bermanfaat bagi industri pertanian dan ketahanan pangan nasional karena berpotensi paten dan komersial. Dampaknya, produktivitas tanaman dan keuntungan usaha tani dapat ditingkatkan. Apabila studi kelayakan teknologi tersebut unggul, secara teknis mudah diproduksi, secara ekonomi menguntungkan, dan dapat diterima oleh petani, maka dapat dilakukan alih teknologi kepada pengguna mitra swasta dan petani.

2.3.5. Pengembangan baku mutu dan sistem pengawasan pupuk hayati

Gagasan pengembangan sistem standar mutu dan pengawasan mutu pupuk hayati didasarkan atas keprihatinan beredarnya berbagai

merek dan macam pupuk hayati lokal maupun impor yang standar mutunya tidak jelas. Beragamnya jenis pupuk hayati, pada satu sisi menguntungkan pengguna (petani) karena tersedia banyak pilihan. Namun pada sisi lain, biaya yang dikeluarkan untuk membeli pupuk hayati bisa saja tidak seimbang dengan kenaikan produksi jika pupuk yang digunakan berkualitas rendah. Tidak adanya baku mutu pupuk hayati (kecuali untuk inokulan rhizobium) dapat mengurangi kepercayaan konsumen terhadap manfaat pupuk dan menurunkan daya saing produk-produk pupuk hayati yang diproduksi di Indonesia terhadap pupuk sejenis dari luar negeri.

Pupuk hayati (*biofertilizer*) merupakan organisme hidup yang dikemas dalam bahan pembawa (*carrier*). Keberhasilan penggunaannya tidak hanya ditentukan oleh mutu inokulan pada waktu diproduksi, tetapi juga oleh kondisi penyimpanan dan proses distribusi pupuk. Oleh karena itu, kajian menyeluruh berbagai aspek mutu pupuk hayati perlu dilakukan agar pengguna maupun produsen sama-sama memperoleh keuntungan.

Penelitian yang dilaksanakan pada TA 2004 (tahun pertama) difokuskan pada inokulan pelarut fosfat, inokulan jamur *mikoriza arbuskuler* (MA), dan pupuk hayati komersial. Penelitian bertujuan untuk mempelajari syarat-syarat mutu inokulan ditinjau dari aspek bahan pembawa (*carrier*), takaran pemakaian, dan kemampuannya meningkatkan pertumbuhan tanaman. Sedangkan penelitian pupuk hayati komersial bertujuan untuk mempelajari karakteristik dan

keefektifannya berdasarkan survei lapangan, analisis laboratorium, dan pengujian di rumah kaca.

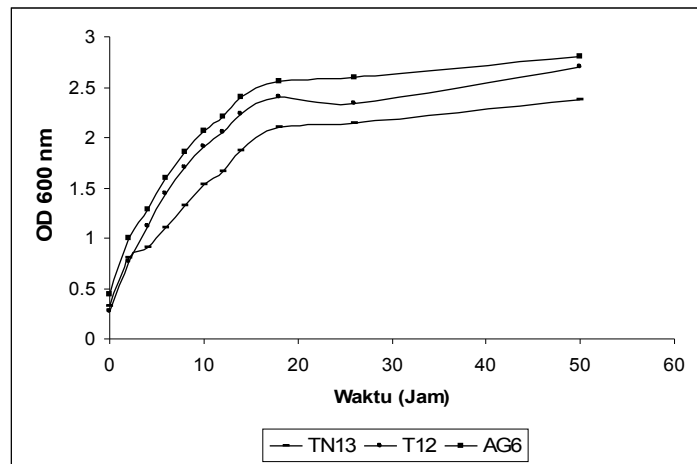
Penelitian terdiri atas tiga kegiatan, yaitu (1) penelitian syarat-syarat mutu inokulan pelarut fosfat; (2) penelitian syarat mutu inokulan jamur MA; dan (3) monitoring pupuk hayati komersial.

Penelitian syarat-syarat mutu inokulan pelarut fosfat

Penelitian ini mencakup pembiakan starter bakteri, inkubasi bakteri, dan uji keefektifan terhadap pertumbuhan tanaman. Pembiakan starter menggunakan media cair *Pikovkaya* dan *King's B* yang selanjutnya diinjeksikan ke dalam bahan pembawa gambut steril (Irradiasi Gamma). Jumlah populasi bakteri tertinggi yang terdapat dalam bahan pembawa digunakan untuk percobaan uji keefektifan, menggunakan tanaman jagung di rumah kaca. Percobaan di rumah kaca ini menggunakan tanah lahan sawah dan lahan kering dari Sukabumi, Ciampea, dan Karawang.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tiga dari enam isolat yang diuji, yaitu T12, TN13, dan AG6 memberikan jumlah populasi terbaik pada media *King's B*. Ketiga isolat dan campuran isolat digunakan untuk pembuatan inokulan dengan bahan pembawa gambut, masing-masing mengandung $3,4 \times 10^8$ sel g^{-1} (T12); $3,0 \times 10^9$ sel g^{-1} (TN13); $2,9 \times 10^7$ sel g^{-1} (AG6); dan $1,71 \times 10^8$ sel g^{-1} (isolat campuran). Gambar 13 menunjukkan grafik pertumbuhan bakteri pelarut fosfat pada media *King's B*. Inokulasi tanaman dengan kepadatan populasi tersebut

mampu meningkatkan beberapa aspek pertumbuhan tanaman dan ketersediaan P tanah walaupun terdapat perbedaan respon untuk tiap tanah yang digunakan.



Gambar 13. Pertumbuhan bakteri pelarut fosfat pada media King'S B

Penelitian syarat mutu inokulan jamur MA

Penelitian syarat mutu inokulan jamur MA terdiri atas pembuatan inokulan, uji *most probable number* (MPN), dan uji keefektifan terhadap pertumbuhan tanaman. Inokulan dibuat menggunakan media dari pasir, tanah, dan zeolit dengan tanaman inang jagung, siratro, dan sorgum. Uji MPN dilakukan untuk menentukan jumlah propagul yang terkandung dalam inokulan. Uji keefektifan dilakukan di rumah kaca menggunakan tanaman indikator jagung, kedelai, dan tomat. Syarat mutu inokulan ditentukan dari uji ini.

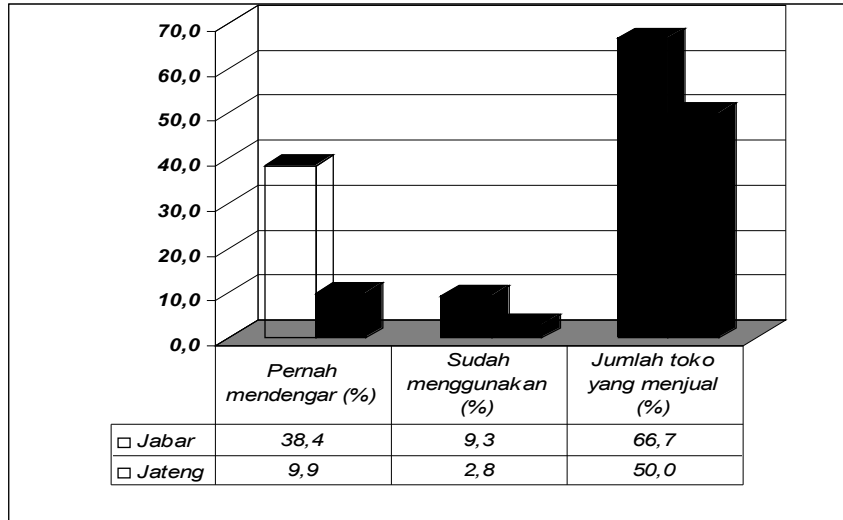
Hasil percobaan menunjukkan bahwa pengujian MPN dapat dilakukan pada pot kecil (volume media 400 g) untuk menghemat inokulan karena hasilnya tidak berbeda nyata dengan penggunaan pot besar (volume media 500 g). Penggunaan tanaman siratro sebagai tanaman inang pada uji MPN menunjukkan hasil yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman jagung. Hasil pengujian MPN pada media pasir dan tanah pada pot kecil dengan tanaman inang siratro terlihat bahwa jumlah propagul mikoriza *Glomus manihotis* yang terbaik untuk menginfeksi tanaman adalah pada takaran 2.811. Pengujian keefektifan di rumah kaca menggunakan tanah dan tanaman dengan takaran tanpa inokulan (kontrol); propagul sebanyak 1.405,5; 2.811; dan 5.622 menunjukkan bahwa jumlah propagul terbaik untuk menginfeksi tanaman jagung, baik pada tanah basa maupun tanah masam juga sebanyak 2.811. Untuk tomat yang ditanam pada tanah basa adalah sebanyak 5.622. Jumlah propagul yang terbaik untuk kedelai yang ditanam di tanah basa adalah sebanyak 2.811, sedangkan di tanah masam adalah sebanyak 5.622.

Monitoring pupuk hayati komersial

Penelitian karakteristik dan mutu pupuk hayati komersial mencakup kegiatan inventarisasi berbagai jenis pupuk hayati komersial (nama produk, produsen, kandungan mikroba, kegunaan, dan lain-lain), dan popularitasnya di kalangan petani, pengujian di laboratorium, dan uji keefektifan di rumah kaca. Data popularitas pupuk hayati komersial diperoleh melalui wawancara petani dari

berbagai sistem usaha tani dan ketersediaannya di kios/toko sarana produksi pertanian. Kegiatan laboratorium mencakup uji kepadatan populasi menggunakan berbagai media dan uji karakter fungsional mikroba. Uji keefektifan dilakukan di rumah kaca menggunakan tanah dan tanaman (jagung dan tomat).

Dari data yang diperoleh diketahui bahwa sampai tahun 2002, baru 33 jenis (merek) pupuk hayati yang resmi terdaftar di Direktorat Pupuk dan Pesticida, Departemen Pertanian. Hasil survei dan inventarisasi pupuk hayati di toko/kios penjual sarana produksi di Jabar (Kabupaten Bandung, Cipanas, Cianjur, Sukabumi, dan Karawang) dan Jateng (Kabupaten Semarang/Ungaran) dijumpai pupuk yang memenuhi kriteria pupuk hayati (mengandung mikroba), tetapi terdaftar sebagai pupuk majemuk makro + mikro. Secara umum produsen pupuk belum mencantumkan masa kadaluarsa pupuk pada kemasan dan beberapa diantaranya tidak mencantumkan kandungan dan kepadatan populasi mikroba. Hasil wawancara dengan petani padi sawah, padi tadah hujan, palawija, sayuran, dan kebun campuran di Kabupaten Bandung (86 responden) dan di Kabupaten Semarang (71 responden) menunjukkan bahwa popularitas pupuk hayati di kalangan petani sangat rendah (Gambar 14). Di Kabupaten Bandung petani yang sudah menggunakan pupuk hayati <10% dan yang baru mengetahui pupuk hayati <45%. Jumlah di Kabupaten Semarang jauh lebih rendah. Hasil ini sejalan dengan data jumlah toko/kios yang menjual pupuk hayati yang berkisar dari 50-67%.



Gambar 14. Popularitas pupuk hayati di kalangan petani dan ketersediaannya di toko/kios sarana produksi di Jabar dan Jateng

Dari lima macam pupuk hayati yang diuji laboratorium, dua diantaranya tidak sesuai dengan data produsen (lebih rendah) dan satu pupuk hayati tidak terdeteksi mengandung mikroba. Hasil pengujian laboratorium terhadap kandungan populasi mikroba, kadar air (% KA) dan pH pupuk hayati disajikan pada Tabel 26. Hasil ini sejalan dengan keefektifannya meningkatkan pertumbuhan jagung dan tomat di rumah kaca. Ada indikasi bahwa hasil uji laboratorium juga tercermin pada hasil uji keefektifan di rumah kaca. Metode uji di laboratorium ini masih perlu dimantapkan agar proses pengujian mutu dapat lebih efektif dan efisien.

Tabel 26. Perbandingan kadar air, pH dan populasi mikroba dalam pupuk hayati komersial dari data produsen dan hasil pengukuran¹⁾

No	Data produsen	Pengujian		Hasil pengukuran
	- Nama alfabetis (bentuk/warna), - kandungan mikroba (cfu g ⁻¹ atau cfu ml ⁻¹), - Kadar air (% KA), - pH	Jenis pengujian	Media uji (agar)	- Populasi (cfu g ⁻¹ atau cfu ml ⁻¹), - Kadar air (% KA) ⁴⁾ , - pH
1	"A" (padat/hitam abu-abu) Kandungan mikroba: - <i>Rhizobium</i> (1.75x10 ⁸) - Bakteri pelarut P (2.7x10 ⁸) - Kadar air: - ⁵⁾ - pH: -	Total bakteri	Nutrient agar Media kompleks Tryptone-yeast agar Yeast mannitol agar	4.9 x 10 ⁶ 2.7 x 10 ⁹ 4.1 x 10 ⁷ 1.3 x 10 ⁹
		Pelarutan fosfat	Pikovskaya	1.6 x 10 ⁹ 43,6 7,6
2	"B" (butiran/abu-abu putih) Kandungan mikroba: - <i>Azospirillum lipoverum</i> (1.2x10 ⁸) - <i>Aspergillus niger</i> (5.0x10 ⁷) - <i>Aeromonas punctata</i> (5.0x10 ⁸) - <i>Azotobacter beijerinckii</i> (1.9x10 ⁸) - Kadar Air: 14,07 - pH: 7,15	Total bakteri	Nutrient agar Media kompleks Tryptone-yeast agar	+ ²⁾ 1.3 x 10 ⁷ 3.9 x 10 ⁵
		Total fungi	PDA Czapex-Dox	5.8 x 10 ⁷ 1.9 x 10 ⁵
		Penambatan N2 bebas	N-free agar/Azoto	5 x 10 ⁶
		Pelarutan fosfat	Pikovskaya	4.5 x 10 ⁶ 17,3 4,7
3	"C" (cair/coklat) Kandungan mikroba: - Bakteri pelarut P (5.7x10 ⁷) - <i>Lactobacillus</i> (3.7x10 ⁷) - <i>Rhizobium</i> (13.3x10 ⁷) - <i>Azotobacter</i> (1.7x10 ⁷) - <i>Actinomycetes</i> (5.8x10 ⁷) pH: 3,36	Total bakteri	Nutrient agar Media kompleks Tryptone-yeast agar	+ - ³⁾ -
		Total Actinomycetes	M3	9 x 10 ⁴
		Penambatan N2 bebas	N-free/Azotobacter	4.1 x 10 ⁵
		Pelarutan fosfat	Pikovskaya	2.5 x 10 ⁵
	Lactobacillus	MRS	3.0 x 10 ⁵ 3,5	
4	"D" (cair/coklat) Kandungan mikroba: - <i>Bacillus</i> (2.37x10 ⁸) - Ragi (3.62x10 ⁶) - <i>Azotobacter</i> (1.08x10 ⁷)	Total bakteri	Nutrient agar Media kompleks Tryptone-yeast agar	+ 2.2 x 10 ⁶ -
		Total fungi	Czapex-Dox	-

- <i>Acetobacter</i> (2.13×10^7)	Penambatan N2 bebas	N-free agar/Azoto	4.3×10^6
- <i>Lactobacillus</i> (4.15×10^7)	Pelarutan fosfat Lactobacillus	Pikovskaya MRS	3.5×10^6 -
pH: -			8,8

Keterangan:

¹⁾ Data dari Direktorat Pupuk dan Pestisida, Deptan

²⁾ Mikroba menggumpal (*clumping*), tidak bisa dihitung

³⁾ Mikroba tidak tumbuh pada pengenceran 10^3

⁴⁾ Kadar air ditetapkan berdasarkan berat basah (% KA BB) dan berat kering (% KA BK)

⁵⁾ Data tidak tercantum/tidak diperoleh

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini akan digunakan sebagai dasar dalam penyusunan sistem baku mutu dan pengawasan pupuk hayati.

2.3.6. Penelitian teknologi pertanian organik di lahan kering

Teknologi pertanian organik yang ramah lingkungan memerlukan kajian dan penelitian secara utuh dan komprehensif karena sejauh ini komponen teknologi yang dihasilkan masih parsial. Komponen teknologi yang harus disinergikan menyangkut komponen pengelolaan hara, pengendalian hama terpadu secara biologis, konservasi tanah dan air serta komponen ternak untuk mendukung pengadaan pupuk organik serta penanganan pasca panen. Pemberian hara untuk mencukupi kebutuhan tanaman dan meningkatkan kesuburan tanah dilakukan melalui penambahan pupuk organik disertai upaya meningkatkan kemampuan serta keanekaragaman organisme tanah dengan menggunakan pupuk hayati.

Penelitian teknologi budi daya pertanian organik di lahan kering pada TA 2004 terdiri atas (1) karakterisasi pupuk organik dan hayati untuk budi daya sayuran organik dan (2) pengembangan budi daya

sayuran organik serta monitoring perubahan kualitas tanah. Tujuan dari kegiatan pertama adalah untuk (1) mendapatkan pupuk organik dan pupuk hayati yang efektif dan efisien serta memenuhi persyaratan budi daya sayuran organik dan (2) mengembangkan budi daya sayuran organik serta mengevaluasi dan memonitor perubahan kualitas fisik, kimia, dan biologi tanahnya.

Karakterisasi pupuk organik dan pupuk hayati yang efektif dan efisien untuk budi daya sayuran organik

Kegiatan dilakukan di rumah kaca dan laboratorium kimia dan biologi untuk mempelajari karakteristik pupuk organik/kompos yang berasal dari limbah pertanian seperti sisa tanaman serta kotoran ternak yang ada di sekitar kebun sayuran. Pengomposan dilakukan dengan bantuan pupuk hayati berupa mikroba dekomposer untuk mempercepat proses pengomposan dan meningkatkan kualitas kompos.

Hasil identifikasi kompos organik yang dibuat dari berbagai jenis bahan limbah pertanian dan kotoran ternak (sapi, kambing, ayam) dan sisa tanaman (limbah pasar, tithonia, kirinyu, sisa tanaman), menunjukkan bahwa kandungan hara dari masing-masing bahan pupuk tersebut sangat bervariasi dan masing-masing memiliki keunggulan tersendiri. Semua jenis kompos organik tersebut mempunyai kesesuaian yang baik untuk digunakan sebagai sumber pupuk organik dalam budi daya pertanian organik.

Pembuatan pupuk organik dari berbagai jenis bahan organik in situ dan ex situ dengan teknik pengomposan

Bahan kompos yang digunakan bersumber dari kotoran sapi (Ks), kotoran ayam (Ka), kotoran kambing (Kk), *tithonia diversifolia* (Tc), sisa tanaman sekitar (Ti), dan limbah sayuran (Sp). Sisa tanaman sekitar berupa pangkasan tanaman pagar dari jenis legum dan sisa panen tanaman sayuran, dan gulma. Proses pengomposan rata-rata berjalan selama 24 hari secara aerobik.

Pengaruh penggunaan formula mikroba untuk mempercepat pengomposan bahan organik menunjukkan bahwa populasi bakteri penambat N meningkat dari kisaran 10^7 pada awal pengomposan menjadi 10^8 sel g^{-1} pada akhir pengomposan, kecuali pada kotoran ayam populasinya relatif tetap sekitar 10^8 sel g^{-1} . Sedangkan populasi bakteri pelarut P menunjukkan kecenderungan penurunan populasinya pada akhir pengomposan dibandingkan awal pengomposan pada semua jenis bahan organik, terutama pada kompos tanpa penggunaan formula mikroba. Populasi bakteri selulolitik pada kompos meningkat sekitar 100-1.000 kali dari populasi bakteri selulolitik bahan asal yang dikomposkan (Tabel 27).

Tabel 27. Pengaruh penggunaan formula mikroba pada beberapa jenis bahan organik terhadap populasi bakteri penambat N, bakteri pelarut P, dan bakteri selulolitik pada hasil kompos

No.	Jenis kompos	Populasi bakteri penambat N pada	Populasi bakteri pelarut P pada	Populasi bakteri selulolitik pada
-----	--------------	----------------------------------	---------------------------------	-----------------------------------

		F0	F1	F0	F1	F2	F2	F0	F1	F2
		10 ⁸ sel g ⁻¹			10 ⁶ sel g ⁻¹			10 ⁸ sel g ⁻¹		
1.	Tithonia (Tc)	6,1 a*	13,6 a	10,2 a	8,7 bc	15,7 a	23,2 a	107	177 b	93
		B	AB	A	A	A	A	A	A	A
2.	Tanaman sekitar (Ti)	6,7 a	14,1 a	15,5 a	23,3 a	6,0 b	6,0 bc	53	197 b	16
		A	A	A	A	B	A	B	A	B
3.	Limbah sayuran (Sp)	2,7 ab	8,6 a	1,7 b	4,3 cd	13,3 a	5,1 bc	40	136 b	148
		B	A	C	B	A	AB	A	A	A
4.	Kotoran sapi (Ks)	1,8 b	6,2 a	2,1 b	13,0 ab	18,4 a	1,1 ab	175	254 b	58
		B	A	B	A	A	A	A	A	B
5.	Kotoran ayam (Ka)	1,0 b	2,3 b	1,1 bc	2,6 d	1,9 c	3,6 c	107	467 a	59
		B	AB	B	A	AB	A	B	A	B
6.	Kotoran kambing (Kk)	1,7 b	6,5 a	0,5 c	2,2 d	1,5 c	6,3 bc	186	253 b	71
		B	A	B	A	A	A	B	A	B

Keterangan:

* Angka dalam satu kolom yang diikuti huruf kecil pada jenis bahan organik atau dalam satu baris pada pemberian mikroba yang diikuti huruf besar yang sama tidak berbeda nyata menurut DMRT 5%, F0=tanpa mikroba, F1=mikroba formula cair, F2=mikroba formula padat

Kadar hara dalam kompos

Hasil analisis C/N rasio menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh penggunaan mikroba terhadap C/N rasio kompos. Untuk hara N kompos terlihat bahwa jenis bahan dan pemakaian formula mikroba tidak berpengaruh terhadap kandungan hara N kompos. Penggunaan formula F-1 dan F-2 pada kompos Sp menurunkan kadar N sebesar 30% dan 50%. Sebaliknya, pada kompos Ka, penggunaan formula F-2 meningkatkan kadar hara N sebesar 33,5% (Tabel 28).

Tanpa menggunakan formula mikroba (F0), F-1 dan F-2, kadar P paling tinggi dicapai oleh kompos Ka diikuti perlakuan Ks, Kk, Tc, dan

Ti. Penggunaan formula F-2 meningkatkan kadar hara P kompos nyata lebih tinggi pada Ks dan Kk sebesar 22,6-30,1% dibanding F-0, terjadinya peningkatan populasi bakteri pelarut P pada akhir pengomposan. Sedangkan untuk kadar hara K kompos terlihat bahwa jenis bahan dan pemakaian formula mikroba berpengaruh nyata terhadap kadar K dalam kompos. Secara umum kadar K tertinggi terdapat pada kompos Ti dan terendah pada Ks. Pemakaian formula F-1 meningkatkan kadar K pada kompos Tc dan Kk tetapi menurunkan kadar K pada kompos Sp. Sedangkan formula F-2 meningkatkan kadar K pada kompos Ti, Ka, dan Kk, tetapi menurunkan kadar K pada kompos Ti dan Sp (Tabel 28).

Tabel 28. Pengaruh penggunaan formula mikroba pada pengomposan beberapa jenis bahan organik terhadap C/N rasio dan kadar hara N hasil kompos

No.	Jenis kompos	Kadar N pada		Kadar P pada			Kadar K pada			
		F0	F1	F0	F1	F2	F2	F0	F1	F2
$g\ 100\ g^{-1}$										
1.	Tithonia (Tc)	2,73 A	2,67 ab A	2,74 a A	0,74 cd A	0,75 c A	0,64 c A	3,09 b C	3,71 b A	3,34 a B
2.	Tanaman sekitar (Ti)	2,64 A	2,73 ab A	2,59 ab A	0,63 d AB	0,71 c A	0,59 c B	4,17 a A	4,07 a A	3,31 a B
3.	Limbah sayuran (Sp)	4,07 A	3,18 a B	1,96 c C	0,85 bc A	0,80 c AB	0,70 c B	2,08 c A	1,82 d B	1,12 c C
4.	Kotoran sapi (Ks)	2,07 A	2,39 bc A	2,55 ab A	0,96 b B	1,05 b B	1,24 b A	0,70 e A	0,69 f A	0,68 d A
5.	Kotoran ayam (Ka)	1,45 B	1,49 d B	2,18 bc A	1,99 a B	1,77 a C	2,61 a A	1,35 d B	1,40 e AB	1,60 b A
6.	Kotoran kambing (Kk)	1,72 A	2,03 c A	1,82 c A	0,95 b C	1,12 b A	1,36 b A	1,29 d B	3,00 c A	3,19 a A

Keterangan:

* Angka dalam satu kolom yang diikuti huruf kecil pada jenis bahan organik atau dalam satu baris pada pemberian mikroba yang diikuti huruf besar yang sama tidak berbeda nyata menurut DMRT 5%.
F0=tanpa mikroba, F1=mikroba formula cair, F2=mikroba formula padat

Pengelolaan hara terpadu untuk budi daya sayuran organik dan monitoring perubahan kualitas tanahnya

Pengelolaan hara terpadu pada budi daya sayuran organik merupakan teknologi yang sangat penting untuk kelangsungan sistem budi daya pertanian organik. Hal ini terkait dengan aturan dan persyaratan suatu sistem pertanian organik yang *outputnya* berupa input organik seperti pupuk organik, pestisida organik (nabati), sehingga diperlukan suatu teknologi terpadu dari suatu sistem budi daya. Pupuk organik yang digunakan dianjurkan berasal dari dalam kebun sendiri dengan memanfaatkan limbah residu sisa tanaman dan

kotoran ternak yang dihasilkan, sehingga teknologinya mengarah pada *zero waste management*.

Penelitian pengelolaan hara terpadu pada sayuran organik terdiri atas dua kegiatan yang saling menunjang yaitu: (1) budi daya sayuran organik dan monitoring perubahan kualitas tanah dan (2) neraca hara N, P, K, pada berbagai pola rotasi tanaman sayuran dalam budi daya pertanian organik. Percobaan lapangan dilaksanakan di Kebun Permata Hati dan Masada yang merupakan kebun sayuran yang dikelola secara organik sejak 5 tahun terakhir.

Tabel 29. Nilai pH, bahan organik, kadar P dan K tanah setelah penanaman mukuna dan pemberian perlakuan di Permata Hati Farm

Perlakuan	pH		Bahan organik			HCl 25%		P-Bray II
	H ₂ O	KCl	C	N	C/N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
			%			mg 100 g ⁻¹		Ppm
Tanah awal	4,46	4,21	4,31	0,50	9	9	11	13
Praktek petani	6,16	5,16	3,86	0,32	12	85	203	39
K. tithonia	5,87	4,95	3,73	0,30	13	81	44	34
K. kirinyu	5,93	4,93	3,91	0,32	12	89	39	37
K. pukan sapi	6,09	5,06	3,74	0,33	12	87	56	45
K. BPTP DKI	5,91	4,86	4,10	0,28	14	95	59	51
K. sisa tanaman	5,96	4,96	4,14	0,34	13	96	61	51
K. pukan sapi + tithonia	5,79	4,80	3,81	0,35	11	93	48	46
K. pukan ayam + tithonia	6,18	5,13	4,20	0,35	12	89	231	50
K. BPTP DKI + tithonia	5,87	4,81	3,49	0,31	11	84	43	44
K. sisa tanaman + tithonia	5,86	4,99	3,52	0,34	11	82	47	37

Keterangan: K = kompos

Nilai pH tanah setelah penanaman mukuna dan perlakuan umumnya meningkat, dari pH awal 4,46 menjadi 6,16; 6,09 dan 6,18 berturut-turut terjadi pada perlakuan praktek petani, kompos pukan sapi dan kombinasi kompos pukan ayam dan tithonia. Kadar bahan organik umumnya sedikit menurun, sedangkan C/N rasio meningkat dari 9 menjadi 11-14. Kadar P_2O_5 perlakuan berkisar 81-96 mg $100g^{-1}$, sedang kadar K_2O yang cukup tinggi terjadi pada perlakuan praktek petani dan kombinasi kompos pukan ayam dan tithonia yaitu 203 dan 231 mg $100g^{-1}$, P-tersedia (ekstrak Bray II) juga menunjukkan peningkatan yang cukup tinggi berkisar 34–50 ppm (Tabel 29).

Sifat-sifat biologi tanah total mikroba tanah setelah penanaman mukuna dan pemberian perlakuan menunjukkan peningkatan dibandingkan tanah awal. Pada mikroba pelarut fosfat juga terjadi peningkatan, kecuali pada perlakuan dengan kompos tithonia dan kombinasi pukan ayam dan tithonia. Mikroba selulolitik pada tanah awal tidak teramati, tetapi setelah penanaman mukuna dan perlakuan menunjukkan peningkatan. Pemberian kompos kirinyu dan kompos Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Daerah Khusus Ibukota (BPTP DKI) memberikan populasi bakteri selulolitik lebih banyak yaitu berturut-turut 27,18 dan 28,19 SPK ($g10^3$)⁻¹. Rhizobium agak bervariasi antara 0,85–9,35 SPK ($g 10^4$)⁻¹. Perlakuan pemberian kompos pukan sapi dan kompos sisa tanaman memberikan populasi yang cukup tinggi. C-mic (biomassa karbon mikroorganisme) adalah pengukuran fraksi aktif dari bahan organik tanah. Hasil pengukuran C-mic agak bervariasi yaitu berkisar 95 – 570 ppm (Tabel 30).

Perubahan sifat-sifat biologi tanah akibat penanaman mukuna pada awal pertanaman untuk menyuburkan tanah ditambah pupuk organik dalam bentuk kompos lebih nyata dibandingkan sifat kimia tanah. Tanah yang dikelola menurut budi daya pertanian organik menunjukkan peningkatan kandungan biomassa mikroba (C-mic), jumlah total mikroba, serta jumlah mikroba fungsional seperti bakteri penambat N dan bakteri selulolitik dibandingkan tanah awal.

Tabel 30. Sifat-sifat biologi tanah setelah penanaman mukuna dan pemberian perlakuan di Permata Hati Farm

Perlakuan	Total mikroba SPK (g 10 ⁷) ⁻¹	Pelarut fosfat SPK (g 10 ²) ⁻¹	Selulolitik SPK (g 10 ³) ⁻¹	Rhizobium SPK (g 10 ⁴) ⁻¹	C-mic (ppm)
Tanah awal	1,05	3,18	0	3,01	225
Praktek petani	4,13	37,20	11,31	2,09	143
Kompos tithonia	2,65	0	9,14	3,92	174
Kompos kirinyu	2,06	162,0	27,18	0,85	95
Kompos pukan sapi	3,76	68,90	18,72	6,09	206
Kompos BPTP DKI	2,39	117,0	28,19	4,55	190
Kompos sisa tanaman	5,38	30,10	10,19	9,35	412
Kompos pukan sapi+tithonia	3,75	51,60	14,10	2,62	570
Kompos pukan ayam+tithonia	5,61	0	7,29	1,52	238
Kompos BPTP DKI+tithonia	1,98	31,4	17,20	2,85	127
Kompos sisa tanaman+tithonia	3,25	20,20	12,30	2,88	301

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan kombinasi kotoran ayam dan tithonia di Permata Hati Farm memberikan produksi tanaman tomat dan caisim lebih tinggi dari perlakuan lainnya. Hal ini sejalan dengan perbaikan sifat kimia tanah yang terjadi seperti peningkatan pH dan basa-basa dapat dipertukarkan serta

meningkatnya aktivitas biologi tanah yang mendukung kondisi lingkungan tumbuh yang optimal bagi pertumbuhan dan produksi tomat dan caisim. Selain itu pemberian bahan organik dari sumber yang berbeda dapat menyediakan kadar hara yang lebih lengkap dibanding satu sumber bahan organik. Tithonia yang berkadar N dan P cukup tinggi berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber pupuk organik *insitu* bagi sayuran organik (Tabel 31).

Tabel 31. Produksi tomat dan caisim yang ditanam secara tumpang sari di Permata Hati Farm

Perlakuan	Produksi tomat	Produksi caisim
	t ha ⁻¹	
Praktek petani	19,70 b*	13,6 a
Kompos tithonia	21,66 b	9,4 bc
Kompos kirinyuh	18,56 b	8,8 bc
Kompos pakan sapi	14,79 b	8,9 bc
Kompos BPTP DKI	17,86 b	12,0 ab
Kompos sisa tanaman	19,27 b	9,6 bc
Kompos pakan sapi+tithonia	18,87 b	10,1 bc
Kompos pakan ayam+tithonia	24,45 a	13,4 a
Kompos BPTP DKI+tithonia	16,17 b	8,1 c
Kompos sisa tanaman+tithonia	14,74 b	8,3 c

Keterangan:

* Angka-angka dalam kolom yang sama yang diikuti huruf sama, tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT pada taraf 5%

Neraca hara parsial

Secara sederhana neraca hara dihitung berdasarkan unsur yang hilang (*nutrient loss*) dan unsur yang didapat (*nutrient gain*). Pada tahap awal unsur yang hilang hanya dihitung berdasarkan kehilangan hara terangkut panen dan serasah daun yang terbuang, sedangkan kehilangan hara melalui erosi, volatilisasi, dan pencucian belum dapat dilakukan pada tahun ini. Neraca hara yang diamati adalah unsur hara makro utama yaitu N, P, dan K. Hara N, P, K yang hilang lewat panen serta serasah dan gulma yang dibawa keluar dari bedengan diperhitungkan sebagai *output*. Sedangkan hara yang masuk (*input*) berasal dari pupuk organik, air pengairan/hujan dan pupuk cair.

Tabel 32. Neraca hara N, P, dan K untuk pertanaman tomat dan caisin di kebun Permata Hati, MT 2004

Perlakuan	<i>input</i> (kg ha ⁻¹ musim)*			<i>output</i> (kg ha ⁻¹ musim)**			neraca hara***		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Pukan ayam	164	131	305	151	13	277	13	118	28
Tithonia	224	53	538	241	16	359	-17	38	179
Kirinyuh	295	70	393	148	11	234	148	59	159
Pukan sapi	280	111	413	166	12	270	215	99	143
Kompos BPTP	160	41	328	198	13	286	-39	28	42
Kompos sisa tanaman	160	41	328	176	12	243	-17	29	85
PS + tithonia	591	159	950	165	13	289	426	146	661
PA + tithonia	375	179	841	210	16	356	165	163	485
BPTP + tithonia	371	89	865	154	11	237	217	78	628
ST + tithonia	371	89	865	125	10	222	246	79	642

Keterangan:

* *input* = pupuk organik+air pengairan/hujan+pupuk cair

** *output* = serapan hara total 2 tanaman (tomat+caisin)

*** neraca hara = *input-output*

Hara yang hilang dalam panen = total panen x konsentrasi unsur hara biomassa panen

Berdasarkan perhitungan terhadap unsur hara yang hilang (panen dan gulma) dan unsur hara yang diperoleh berupa suplai hara N, P, dan K dari tanah, pupuk (padat dan cair), dan air hujan, disusunlah suatu neraca hara untuk N, P, dan K (Tabel 32).

2.3.7. Pengelolaan lahan mendukung pengembangan peternakan

Pengelolaan lahan mendukung pengembangan peternakan telah dilaksanakan pada tanah Dystrudepts, di KP Wera, Kabupaten Subang pada MK 2004- MH 2004/2005. Penelitian terdiri atas dua kegiatan, yaitu: (1) pengaruh pemupukan N dan bahan organik dan (2) penelitian pengelolaan lahan *agroforage*.

Pengaruh pemupukan N dan bahan organik

Penelitian bertujuan mempertahankan kadar bahan organik tanah serta meningkatkan efisiensi pemupukan N dalam rangka meningkatkan kesuburan tanah dan produktivitas tanaman pakan ternak. Penelitian terdiri atas 10 perlakuan dengan kombinasi tidak lengkap dari empat faktor dan diulang tiga kali. Keempat faktor tersebut adalah (1) tiga tata botani pakan [*Panicum maximum* tanaman tunggal; *Arachis pintoii*; *Desmodium rensonii* dengan perbandingan luas 66%: 34%; dan *P. maximum*: *A. pintoii*: *D. rensonii* = 55%: 25%: 20%]; (2) empat takaran pupuk urea [0, 100, 200, dan 300

kg ha⁻¹]; (3) empat takaran pupuk kandang [0, 2,5, 5, dan 10 t ha⁻¹]; dan (4) dua perlakuan pupuk bio [tanpa dan dengan pupuk bio]. Pemberian pupuk urea dan pupuk kandang nyata meningkatkan biomassa *P. maximum* dan takaran optimum adalah sebesar 200 kg urea ha⁻¹, sedangkan untuk pupuk kandang adalah 5 t ha⁻¹.

Pada pemangkasan kedua, pemberian pupuk kandang, urea, serta tata botani pakan tidak berbeda nyata terhadap biomassa *P. maximum* antar perlakuan (Tabel 33). Biomassa *A. pintoii* dan *D. rensonii* tertinggi dicapai pada perlakuan T-2 masing-masing sebesar 6,60 t dan 6,92 t ha⁻¹. Pada tata botani yang sama yaitu pada perlakuan T-3 hingga T-10, pengaruh bahan organik dan urea tidak nyata meningkatkan hasil pangkasan *A. pintoii* dan *D. rensonii*.

Daya dukung ternak dihitung dengan menjumlahkan semua TPT pada petakan yang sama. Daya dukung lahan untuk ternak sapi tertinggi sebesar 8,0 satuan ternak ha⁻¹ dicapai dengan perlakuan *P. maximum* tunggal dengan pemberian 200 kg urea ha⁻¹ dan 5 t pukan ha⁻¹. Daya dukung terendah dihasilkan oleh perlakuan tanpa pemberian pukan dan urea. Pemupukan 200 kg urea ha⁻¹ atau 5 t ha⁻¹ pupuk kandang meningkatkan daya dukung ternak sapi sebesar 1,6 lebih banyak dibandingkan tanpa pupuk kandang. Hasil ini mengindikasikan bahwa untuk menghasilkan biomassa dan daya dukung ternak yang tinggi pada Dystrudepts di Subang perlu pemberian bahan organik dan pupuk N.

Tabel 33. Hasil biomassa *P. maksimum*, *A. pintoii*, dan *D. rensonii* pangkasan kedua 11 minggu setelah tanam (MST) pada Dystrudepts, Subang

No	Tata botani	Pukan	Urea	<i>P. maximum</i>	<i>Aracis pintoi</i>	<i>D. rensonii</i>	Daya dukung
		t ha ⁻¹	kg ha ⁻¹		t ha ⁻¹		ST ha ⁻¹
T-1	<i>P. maximum</i>	5	200	13,67	-	-	7,0ab
T-2	<i>A. pintoi</i> + <i>D. rensonii</i> (LM)	5	200	-	6,60a*	6,92a	6,7ab
T-3	<i>P. maximum</i> + LM	0	0	9,36	0,83bc	1,56b	5,7b
T-4	<i>P. maximum</i> + LM	0	200	13,21	0,74c	2,09b	6,3ab
T-5	<i>P. maximum</i> + LM	5	200	7,95	0,69c	3,74b	6,3ab
T-6	<i>P. maximum</i> + LM	5	200	10,65	0,83bc	3,16b	7,3ab
T-7	<i>P. maximum</i> + LM	5	100	11,35	0,90bc	4,03b	8,0a
T-8	<i>P. maximum</i> + LM	5	300	13,10	0,76bc	2,46b	8,3a
T-9	<i>P. maximum</i> + LM	2,5	200	10,17	1,04b	3,16b	7,3ab
T-10	<i>P. maximum</i> + LM	10	200	7,72	0,97bc	3,86b	6,3ab

Keterangan: luas tanam pada T2 55 dan 45%, T3 –T10 25 dan 20%

* Angka-angka dalam kolom yang sama yang diikuti huruf sama, tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT pada taraf 5%

Penelitian pengelolaan lahan agroforage

Tujuan penelitian adalah untuk meningkatkan kesuburan tanah dan memperpanjang masa penyediaan pakan pada lahan kering. Penelitian terdiri atas 10 perlakuan sebagai kombinasi tidak lengkap dari tiga faktor yang disusun berdasarkan RAK dengan tiga ulangan. Faktor dari perlakuan tersebut adalah: (1) dua takaran pupuk kandang [tanpa dan dengan 5 t pukan ha⁻¹]; (2) dua takaran SP-36 [tanpa dan 200 kg SP-36 ha⁻¹]; dan (3) empat pola tanam [bera-jagung+kacang tanah; *styro* -/-kacang tunggak-jagung+kacang tanah; *styro* -/-sorgum-sorgum+kacang tanah; dan sorgum kacang tunggak-sorgum+kacang tanah].

Tanah di lokasi penelitian mempunyai tingkat kesuburan rendah dengan kendala tanahnya masam; kadar C-organik, N-total, P-tersedia, dan Mg rendah, kejenuhan Al tinggi. Status hara dalam tanah dapat digunakan sebagai suatu petunjuk kemampuan tanah untuk menyediakan hara bagi tanaman. Hasil analisis tanah setelah panen kacang tunggak pada umur 8 MST menunjukkan bahwa pemberian pupuk kandang dan SP-36 dapat meningkatkan pH tanah antara 5,6 hingga 6,4 dan C-organik antara 1,53 hingga 1,61 dibandingkan dengan kontrol (Tabel 34).

Tabel 34. Pengaruh perlakuan terhadap sifat kimia tanah saat panen MK 2004

No	pH	C-org	N-total	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	N-org	P-Bray I	P-HCl25%	Al-dd
		%		ppm		%	ppm	mg 100 g ⁻¹	%
P-1	4,68	1,52	0,10	22,0	26,0	0,97	4,0	0,70	2,75
P-2	6,0	1,60	0,11	47,0	24,5	0,10	6,0	0,94	0,00
P-3	5,6	1,53	0,10	20,5	34,5	0,97	5,5	1,00	0,00
P-4	6,0	1,61	0,12	36,5	24,0	0,11	6,5	0,99	0,00
P-5	6,0	1,53	0,11	26,5	21,5	0,10	4,5	1,17	0,00
P-6	6,4	1,54	0,13	28,5	22,5	0,13	5,5	1,12	0,00
P-7	6,4	1,54	0,10	42,0	26,0	0,13	6,0	1,00	0,00
P-8	6,2	1,59	0,10	24,0	25,0	0,97	4,3	0,74	0,00
P-9	6,0	1,57	0,10	30,0	35,5	0,96	5,5	0,80	0,00
P-10	6,0	1,61	0,11	20,5	15,0	0,102	4,5	0,87	0,00

Pola tanam, pupuk P, dan bahan organik tidak berpengaruh terhadap kandungan N tanah (total, NH₄⁺, NO₃⁻ dan N-organik). Hal tersebut berkaitan erat dengan sifat N yang mudah hilang baik melalui

pencucian, votalisasi, denitrifikasi, nitrifikasi, dan diserap oleh tanaman.

Pemberian 5 t pukan atau 200 kg SP-36 ha⁻¹ meningkatkan kadar P tanah baik P-potensial (HCl 25%) maupun P-tersedia (Bray 1) dibandingkan dengan tanpa pukan dan SP-36 (P1). Pupuk kandang selain sebagai sumber hara juga berperan dalam menekan kelarutan Al dan meningkatkan ketersediaan P.

Pemberian 200 kg SP-36 ha⁻¹ pada pola tumpang sari *stylo* + kacang tunggak (MK) dan *stylo*+kacang tanah+jagung (MH) dapat meningkatkan daya dukung ternak selama 2 musim yaitu sebesar 4,40 satuan ternak ha⁻¹ tahun⁻¹ dibanding pola petani (jagung+kacang tanah) hanya sebesar 1,76 satuan ternak ha⁻¹ tahun⁻¹, dan produksi kacang tanah sebesar 812,5 kg ha⁻¹.

Kacang tunggak tumbuh sangat baik dan menutup tanah dengan cepat pada musim kemarau sehingga dapat digunakan untuk mengurangi penguapan, mempertahankan kelembapan tanah dan meningkatkan penyediaan pakan. Pada lahan pertanian penerapan pola tumpang sari *stylo*+kacang tunggak dapat dipertimbangkan untuk memperpanjang masa penyediaan pakan di musim kering pada sistem *agroforage* pangan-pakan. Kacang tunggak toleran terhadap cekaman air, sehingga pada kondisi air terbatas pertumbuhan vegetatif kacang tunggak sangat baik dengan produksi hijauan kacang tunggak cukup tinggi yaitu antara 3,19-3,52 t ha⁻¹ (Tabel 35).

Pola tanam berpengaruh nyata terhadap produksi HMT, hal ini terlihat dari produksi *stylo* dan sorgum pada pola B dan D nyata lebih rendah dibandingkan perlakuan pola C (*stylo* + sorgum). Pemberian 5 t pukan + 200 kg SP-36 ha⁻¹ terhadap peningkatan produksi HMT kacang tunggak tidak nyata, namun berpengaruh nyata terhadap produksi *stylo* (1,52 t ha⁻¹) dan sorgum (1,20 t ha⁻¹) pada pola C dibanding perlakuan lainnya.

Tabel 35. Produksi hijauan makanan ternak (HMT) *Stylosanthes*, kacang tunggak, dan sorgum di Subang, MK 2004

No	Pola tanam	Pemupukan		Bobot kering HMT		
		Pukan	SP-36	<i>Stylo</i>	Kacang tunggak	Sorgum
		t ha ⁻¹	kg ha ⁻¹		t ha ⁻¹	
P-1	A. Bera	-	-	-	-	-
P-2	B. <i>Stylo</i> +kc. tunggak	5	200	0,60 c *	3,22 a	-
P-3	C. <i>Stylo</i> +sorgum	5	200	1,52 a	-	1,20 a
P-4	D. Sorgum+kc. tunggak	5	200	-	3,37 a	0,27 c
P-5	B. <i>Stylo</i> +kc. tunggak	5	0	0,66 c	3,20 a	-
P-6	C. <i>Stylo</i> +sorgum	5	0	1,32 a	-	0,42 b
P-7	D. Sorgum+kc. tunggak	5	0	-	3,52 a	0,24 c
P-8	B. <i>Stylo</i> +kc. tunggak	0	200	0,56 c	3,52 a	-
P-9	C. <i>Stylo</i> +sorgum	0	200	0,82 bc	-	0,28 c
P-10	D. Sorgum+kc. tunggak	0	200	-	3,52 a	0,22 c
KK (%)				19,2	13,6	15,4

* Angka-angka dalam kolom yang sama yang diikuti huruf sama, tidak berbeda nyata pada taraf 5% BNJ

- Tidak masuk dalam pola

Produksi HMT musim hujan rata-rata lebih tinggi dibanding musim kemarau kecuali *stylo* menurun sebesar 20%, hal ini disebabkan

pengaruh naungan dari tanaman jagung dan sorgum. Pemberian pukan dan SP-36 tidak berpengaruh nyata terhadap HMT jagung dan sorgum, namun pengaruh SP-36 nyata terhadap HMT kacang tanah. Perbedaan HMT *stylo* secara nyata akibat pengaruh naungan, dimana rata-rata produksi *stylo* jauh lebih rendah di bawah naungan jagung dibanding sorgum (Tabel 36).

Pola tumpang sari tanaman pakan + pangan dapat meningkatkan berat kering cerna dan daya dukung terhadap ternak secara nyata (Tabel 37). Pengamatan terhadap berat kering cerna dan daya dukung terhadap ternak pada musim kemarau (MK) menunjukkan bahwa biomassa kacang tunggak memberikan kontribusi yang paling tinggi dibanding sorgum dan *stylo* yaitu sebesar 80-85%. Pola B (*stylo* + kacang tunggak) memberikan daya dukung sebesar 1,58-1,67 satuan ternak ha⁻¹ tahun⁻¹, perlakuan lainnya hanya sekitar 0,76- 0,88 satuan ternak ha⁻¹ tahun⁻¹.

Tabel 36. Produksi hijauan makanan ternak (HMT) tanaman *Stylo*, kacang tanah, jagung, dan sorghum di Subang, MH 2004/2005

Pola tanam	Pemupukan		Bobot kering HMT			
	Pukan t ha ⁻¹	SP-36 kg ha ⁻¹	Jagung	Kc. tanah	<i>Stylo</i>	Sorghum
A. Jagung + kc. tanah	5	200	3,37 a ¹	0,71 b	-	-
B. <i>Stylo</i> +jagung+ kc. tanah	5	200	4,25 a	0,77 b	*2)	-
C. <i>Stylo</i> + sorgum+kc. tanah	5	200	- ¹⁾	0,99 ab	0,66 b	2,87 a
D. Sorgum + kc. tanah	5	200	-	0,86 ab	-	3,82 a
B. <i>Stylo</i> +jagung+ kc. tanah	5	0	3,76 a	0,94 ab	0,53 b	-
C. <i>Stylo</i> + sorgum+kc. tanah	5	0	-	1,03 ab	1,06 a	2,75 a
D. Sorgum + kc. tanah	5	0	-	0,95 ab	-	3,29 a
B. <i>Stylo</i> +jagung+ kc. tanah	0	200	4,45 a	1,06 a	0,45 b	-

C. <i>Stylo</i> +sorgum+kc. tanah	0	200	-	0,81 ab	1,22 a	2,63 a
D. Sorgum + kc. tanah	0	200	-	1,03 ab	-	4,28 a
KK (%)			19,1	15,7	19,3	12,9

* Angka-angka dalam kolom yang sama yang diikuti huruf sama, tidak berbeda nyata berdasarkan BNJ pada taraf 5%

¹⁾ Tidak masuk dalam pola

²⁾ Tidak ada data

Pemberian pupuk kandang (pukan) dan urea meningkatkan pangkasan biomassa *Panicum maximum* sebesar 30,9 t ha⁻¹ 6 minggu¹ namun cenderung melandai pada takaran 5 t pukan ha⁻¹ dan 200 kg urea ha⁻¹. Pemberian pukan dan urea pada takaran tersebut meningkatkan daya dukung menjadi 6,5 dari 3,5 satuan ternak sapi ha⁻¹ pada perlakuan tanpa pukan dan urea.

Tabel 37. Berat kering cerna dan daya dukung terhadap ternak di Subang, MK 2004 dan MH 2004/2005

Perlakuan	Pola tanam	Pukan t ha ⁻¹	SP-36 kg ha ⁻¹	Berat kering cerna		Daya dukung	
				MK t ha ⁻¹	MH	MK	MH
P-1	A. Bera	-	-	- ¹⁾	2.038,5	-	1,75
P-2	B. <i>Stylo</i> +kc tunggal	5	200	1,91 a ²⁾	2.459,9	1,67 a	2,16
P-3	C. <i>Stylo</i> +sorgum	5	200	1,01 ab	2.258,2	0,88 b	1,98
P-4	D. Sorgum+kc tunggal	5	0	1,82 a	2.340,4	1,58 a	2,05
P-5	B. <i>Stylo</i> +kc. tunggal	5	0	1,93 a	2.615,6	1,69 a	2,29
P-6	C. <i>Stylo</i> +sorgum	5	0	0,87 b	2.415,8	0,76 b	2,12
P-7	D. Sorgum+kc. tunggal	0	200	1,88 a	2.117,7	1,65 a	1,86
P-8	B. <i>Stylo</i> +kc tunggal	0	200	2,04 a	2.977,7	1,79 a	2,61
P-9	C. <i>Stylo</i> +sorgum	0	200	0,90 b	2.327,4	0,79 b	2,04
P-10	D. Sorgum+kc. tunggal	0	200	1,87 a	2.654,4	1,64 a	2,33
KK (%)				16,2	14,8	11,8	17,1

Keterangan:

¹⁾ Angka-angka dalam kolom yang sama yang diikuti huruf sama, tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ pada taraf 5%

¹⁾ Tidak masuk dalam pola
st = satuan ternak sapi

Daya dukung ternak pada musim hujan lebih tinggi dibandingkan pada musim kemarau, peningkatan rata-rata sebesar 53,6% dengan kisaran berat kering cerna antara 2.117,7 – 2.977,7 kg ha⁻¹ dan daya dukung ternak antara 1,75-2,61 satuan ternak ha⁻¹ tahun⁻¹. Kontribusi tertinggi adalah dari biomassa jagung dan sorgum sedangkan *stylo* paling rendah. Pukan dan SP-36 pengaruhnya tidak nyata terhadap berat kering cerna dan daya dukung ternak.

Serapan hara tanaman

Kacang tunggak menyerap P lebih tinggi (4,22-4,92 kg ha⁻¹) dibanding *stylo* dan sorgum yang masing-masing menyerap 1,37-0,48 kg ha⁻¹ dan 0,20-1,12 kg ha⁻¹ (Tabel 38). Serapan N dan P pada *stylo* dan sorgum pada pola D dan B rata-rata nyata lebih rendah dibanding pola C, hal ini disebabkan karena pengaruh cekaman air dan naungan kacang tunggak.

Tabel 38. Serapan hara P oleh *stylo*, kacang tunggak, dan sorgum di Subang, MK 2004

Pola tanam	Pemupukan			Fosfor	
	Pukan	SP-36	<i>Stylo</i>	Kc. tunggak	Sorgum
	t ha ⁻¹			kg ha ⁻¹	
B. <i>Stylo</i> +kc. tunggak	5	200	0,48 b*	4,51 a	-
C. <i>Stylo</i> +sorgum	5	200	0,65 b	-	1,12 a
D. Sorgum+kc. tunggak	5	200	-	4,72 a	0,32 b
B. <i>Stylo</i> +kc tunggak	5	0	0,57 b	4,15 a	-
C. <i>Stylo</i> +sorgum	5	0	1,05 a	-	0,38 b
D. Sorgum+kc. tunggak	5	0	-	3,51 a	0,13 b

Laporan Tahunan 2005

B. <i>Stylo</i> +kc tunggak	0	200	0,56 b	4,92 a	-
C. <i>Stylo</i> +sorgum	0	200	1,37 a	-	0,31 b
D. Sorgum+kc. tunggak	0	200	-	4,22 a	0,20 b
KK (%)			15,2	11,9	10,5

Keterangan:

- * Angka-angka dalam kolom yang sama yang diikuti huruf sama, tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ pada taraf 5%
- Tidak masuk dalam pola

2.4. Kerjasama Penelitian

Kerjasama penelitian terdiri atas dua jenis pembiayaan, yaitu pembiayaan bersama antara Balittanah dengan mitra kerjasama penelitian dan pembiayaan penelitian seluruhnya ditanggung oleh mitra kerjasama penelitian (*full grant*). Pada tahun 2004 terdapat 15 judul kegiatan kerjasama penelitian, sebanyak 4 judul dibiayai bersama antara Balittanah dengan mitra kerjasama (Tabel 39) dan sisanya merupakan *full grant* (Tabel 40). Jumlah anggaran yang disediakan oleh Balittanah pada tahun 2004 sebesar Rp. 185.970.000,- sedangkan yang diterima sebesar Rp. 2.498.321.250,-.

Tabel 39. Kegiatan kerjasama penelitian kemitraan yang dibiayai bersama antara Balittanah dan mitra kerjasama tahun 2004

No.	Judul kegiatan	Nama mitra	Pembiayaan (Rp)	
			Mitra	Balittanah
1.	Pengelolaan Lahan untuk Pengendalian Erosi pada Skala DAS Mikro	MSEC/International Water Management Institut (IWMI)	51.975.300	48.057.000
2.	Pengembangan Teknologi Pupuk Mikroba Penyuburan dan Pengendalian Penyakit Tanah untuk Keberlanjutan Produktivitas Tanah	PT. Inti Cipta Biotek Bijana	50.000.000	46.674.000
3.	Pengembangan <i>Soil Test Kit</i> untuk Mendukung Penerapan Pemupukan Berimbang	Lembaga Pupuk Indonesia	50.000.000	46.689.000
4.	Penyusunan Sistem Informasi Sumberdaya Lahan Pertanian, Kecamatan Jangkat, di Kabupaten Merangin	Pemda Kabupaten Merangin	100.000.000	44.550.000
Jumlah			251.975.300	185.970.000

Tabel 40. Kegiatan kerjasama penelitian kemitraan yang dibiayai seluruhnya oleh mitra kerjasama tahun 2004

No.	Judul kegiatan	Nama mitra	Pembiayaan (Rp)	
			Mitra	Balittanah
1.	Indonesia Case Study: Community Perceptions on the Multifunctionality of Agriculture	MAFF JAPAN dan ASEAN Sekretariat	313.575.000	-
2.	Refinement of Soil Conservation/Agroforestry Measures for Coffee Based Farming Systems	International Center for Research in Agroforestry (ICRAF)	186.092.000	-
3.	Detail Soil Survey for Eucalyptus Plantation in PT. Riau Andalan Pulp and Paper Area	PT. Riau Andalan Pulp and Paper Area	655.764.000	-

4	Pengkajian Potensi Bencana Kekeringan, Banjir, dan Longsor di Kawasan Multi DAS Jawa Barat Bagian Barat dengan Sistem Informasi Geografi	PAATP Badan Litbang Pertanian	70.000.000	
		Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi	45.000.000	
5.	Uji Efektivitas Pupuk Mikro NB 1/47 (Boron) pada Tanaman Pangan	PT Dunia Kimia Jaya	12.039.950	-
6.	Pengujian Efektivitas Pupuk Majemuk NPK Pelangi	PT Pupuk Kalimantan Timur Tbk.	75.000.000	-
7	Pengujian Efektivitas Penggunaan Pupuk Anorganik terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jagung	PT. Rolimex Kimia Nusamas	198.375.000	-
8.	Sistem Monitoring Lahan Sawah menggunakan Teknologi Inderaja berupa Penentuan Wilayah Sawah Rawan Kekeringan dan Kebanjiran/Genangan	PUSDATIN, Deptan	274.000.000	-
9.	Penyusunan Peta Pewilayahan Komoditas Pertanian berdasarkan Zona Agro-Ekologi (ZAE) Skala 1:50.000	Poor Farmer's/Badan Litbang Deptan	299.000.000	-
10.	Pengujian Efektivitas Pupuk P-Alam, TSP, dan MOP Bumi Ijo untuk Tanaman Jagung	PT. Lautan Luas Tbk	50.000.000	-
11.	Pembuatan Peta Potensi Lahan Pertanian Tanaman Pangan dan Hortikultura di Kecamatan Kapuas Timur seluas 13.500 ha	Dinas Pertanian TPH Kab. Kapuas, Provinsi Kalimantan Tengah	67.500.000	-
Jumlah			2.246.345.950	

2.4.1. Pengkajian wilayah rawan bencana kekeringan, banjir, dan longsor di kawasan multi daerah aliran sungai (DAS) Jabar bagian Barat

Anomali iklim, baik *El-Nino* (= curah hujan di bawah kondisi normal) ataupun *La-Nina* (= di atas kondisi normal) yang didukung oleh faktor fisik wilayahnya dapat berakibat terjadinya kekeringan atau

banjir. Sedang pada wilayah berlereng curam dengan kondisi tanah yang tidak terkonsolidasi dengan baik dan berada di atas lapisan kedap air pada wilayah dengan intensitas hujan yang tinggi, sangat rawan terhadap terjadinya longsor. Analisis faktor fisik wilayah dapat dijadikan dasar pendugaan tingkat kerawanan suatu wilayah terhadap fenomena alam tersebut.

Bencana kekeringan dapat diduga dengan menggunakan parameter: curah hujan, permeabilitas tanah, dan ketersediaan air tanahnya. Untuk menduga bencana banjir, selain faktor curah hujan (jumlah dan intensitas), kondisi lereng, dan posisi *landform* dan topografi, menjadi sangat berperan dalam pendugaan wilayah rawan banjir ataupun genangan. Tanah rawan longsor dapat diduga melalui faktor lereng, selain kondisi curah hujan, keadaan tanah, dan tutupan lahannya. Tanah yang konsolidasinya tidak solit (tanah bertekstur kasar) pada wilayah berlereng, dengan tutupan lahan yang tidak mendukung, umumnya sangat rawan terhadap terjadinya longsor.

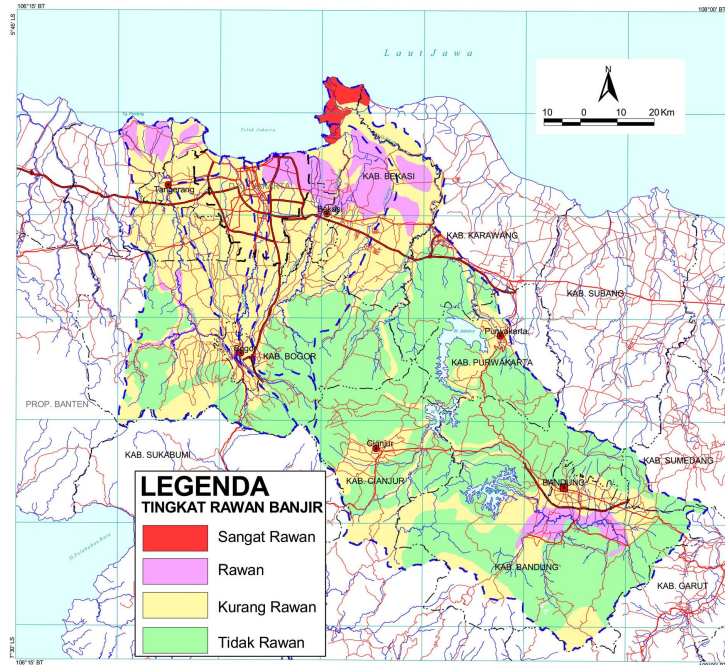
Mengingat dampak yang ditimbulkannya, maka informasi intensitas dan sebaran wilayah rawan (potensial) kekeringan, banjir/genangan dan tanah longsor sangat diperlukan dalam upayaantisipasi dan penanggulangannya. Balai Penelitian Tanah bekerjasama dengan Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Pengelolaan Sumberdaya Lahan dan Kawasan (P3TPSLK) - Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), melakukan penelitian untuk menginventarisasi wilayah rawan kekeringan, banjir ataupun genangan dan tanah longsor di kawasan multi DAS di Jabar bagian Barat. Kawasan

penelitian mencakup DAS Citarum, Cikeas, Ciliwung, Kaliangke, dan Cisadane yang meliputi wilayah seluas 1.135.974 ha terdiri atas lahan sawah 252.912 ha dan nonsawah 883.062 ha.

Penelitian ini menggunakan aplikasi SIG dengan melakukan *overlay* dan analisis dari peta-peta tematik sifat fisik lahan dan lingkungan. Informasi tematik sifat fisik lahan dapat diperoleh dengan cara analisis data/peta yang ada seperti peta tanah, geologi, topografi, hidrogeologi, penggunaan lahan, dan isohiet/curah hujan. Tingkat kerawanan, baik untuk kekeringan, banjir ataupun tanah longsor dikelaskan ke dalam empat kelas yaitu: sangat rawan, rawan, kurang rawan, dan tidak rawan.

Hasil analisis menunjukkan, wilayah rawan kekeringan di kawasan multi DAS Jabar bagian Barat seluas 247.435 ha (21,8% dari luas seluruh kawasan DAS), terdiri atas sangat rawan seluas 3.912 ha dan rawan seluas 243.523 ha. Wilayah yang termasuk kurang rawan kekeringan sekitar 691.999 ha yang terdiri atas lahan basah dan lahan kering berturut-turut seluas 106.717 ha dan 585.282 ha. Wilayah ini justru yang harus mendapatkan perhatian khusus agar tidak berdampak terhadap penurunan produksi atau gagal panen. Kekeringan umumnya terjadi pada bulan-bulan Agustus - September. Monitoring adanya cekaman air pada tanaman (*water stressed*) untuk alternatifantisipasi kegagalan panen dan penurunan produksi akan lebih efektif bila diarahkan pada wilayah-wilayah lahan pertanian tanaman semusim yang termasuk kategori 'kurang rawan dan rawan'. Alternatif usaha antisipasi antara lain mengefektifkan pemanfaatan

Februari. Daerah banjir secara fisiografik menempati daerah tertentu antara lain di daerah cekungan atau dataran pada unit fisiografi: *backswamp*, aluvial, *marine*, dan *closed basin*. Faktor kemiringan lahan, ketinggian tempat dan sifat tanah ikut berperan untuk mendorong terjadinya banjir. Ada kecenderungan wilayah yang mempunyai curah hujan tinggi pada wilayah fisiografi *closed basin* dengan tanah berdrainase terhambat sampai sangat terhambat mempunyai tingkat kerawanan banjir yang tinggi (rawan sampai sangat rawan). Data/informasi yang menunjukkan wilayah potensial (lokasi dan sebaran) lahan pertanian terutama lahan sawah yang sering terlanda banjir dan genangan sangat bermanfaat untuk alternatif usaha penanggulangannya.



Gambar 16. Peta wilayah rawan banjir di kawasan multi DAS Jabar bagian Barat

Wilayah sangat rawan dan rawan longsor di kawasan multi DAS Jabar bagian Barat seluas 293.512 ha atau 25,8% dari kawasan multi DAS yang terdiri atas sangat rawan seluas 11.226 ha dan rawan seluas 282.226 ha. Sebaran wilayah rawan longsor di kawasan tersebut disajikan pada Gambar 17. Lahan basah (sawah) lebih peka terhadap bahaya tanah longsor. Di wilayah sawah, tanah longsor mulai terjadi pada lereng >3%, sedangkan di wilayah nonsawah longsor, biasanya baru mulai terjadi pada lereng >8% (dominan terjadi pada tegalan, semak, dan belukar). Hal ini dipicu oleh kondisi lahan sawah yang

sering atau selalu jenuh air dalam jangka waktu cukup lama. Tanah bertekstur kasar (berpasir) lebih rawan longsor bila dibandingkan dengan tanah bertekstur halus (liat), karena tanah bertekstur kasar mempunyai kohesi agregat tanah yang rendah. Jangkauan akar tanaman dapat mempengaruhi tingkat kerawanan longsor, sehubungan dengan itu wilayah tanaman pangan semusim akan lebih rawan longsor bila dibandingkan dengan tanaman tahunan (keras/pepohonan).

Teknologi SIG sangat berguna untuk identifikasi dan inventarisasi wilayah rawan kekeringan, banjir/genangan dan tanah longsor. Teknologi ini mempunyai kelebihan dalam hal kecepatan pemrosesan dan kemudahan penyajian informasi. Hasil penelitian akan lebih informatif jika didukung oleh data penginderaan jauh pada saat terjadi banjir, kekeringan, dan longsor. Dengan mengkaji hasil rekaman citra sebelum dan pada waktu terjadi bencana alam (kekeringan, banjir dan longsor) dapat mengetahui area (distribusi spasial) wilayah bencana. Sedangkan intensitas bencana dan tingkat ketelitian informasinya dapat diestimasi berdasarkan hasil analisis data dan parameter dengan menggunakan SIG.

2.4.2. Sistem monitoring lahan sawah untuk penentuan wilayah sawah rawan kekeringan dan banjir/genangan

Lahan sawah merupakan lahan pertanian strategis, karena merupakan penyedia bahan pangan bagi sebagian besar penduduk di Indonesia. Bencana kekeringan dan banjir/genangan yang terjadi secara periodik setiap tahun telah berdampak terhadap penurunan produksi padi. Untuk mengantisipasi dan mengurangi dampaknya terhadap penurunan produksi padi atau gagal panen perlu dilakukan pemantauan bencana kekeringan dan banjir/genangan secara kontinu.

Pusat Data dan Informasi Pertanian (PUSDATIN) - Departemen Pertanian, melalui Proyek Pengembangan Statistik dan Sistem Informasi Pertanian (PPSSIP) pada tahun 2004 bekerjasama dengan Balittanah, Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat (Puslitbangtanak) - Badan Litbang Pertanian, melaksanakan kegiatan sistem monitoring lahan sawah menggunakan teknologi inderaja: "Penentuan Wilayah Sawah Rawan Kekeringan dan Banjir/Genangan". Deteksi dan inventarisasi lahan sawah rawan kekeringan dilakukan di Provinsi Bali dan Nusa Tenggara Barat (NTB), sedangkan deteksi dan inventarisasi lahan sawah rawan banjir/genangan dilakukan di Pulau Jawa. Hasil kegiatan ini antara lain berupa Atlas skala 1:100.000 yang menginformasikan penyebaran lahan sawah rawan kekeringan dan banjir/genangan.

Inventarisasi wilayah sawah rawan kekeringan di Provinsi Bali dan NTB

Parameter biofisik wilayah yang digunakan sebagai indikator pemicu terjadinya kekeringan adalah: curah hujan, ketersediaan sarana irigasi, permeabilitas tanah, dan ketersediaan air tanah. Aplikasi SIG digunakan sebagai pendekatan dengan melakukan *overlay* dan pembobotan terhadap beberapa parameter yang digunakan. Tingkat kerawanan kekeringan dibedakan ke dalam empat kelas yaitu: sangat rawan, rawan, kurang rawan, dan tidak rawan.

Dari penelitian ini didapatkan wilayah sawah rawan kekeringan di Provinsi Bali sebagian besar terdapat di Kabupaten Buleleng, Karangasem, Gianyar, dan Klungkung. Di Pulau Lombok, Provinsi NTB, wilayah rawan kekeringan diurutkan dari yang terluas berturut-turut adalah: Kabupaten Lombok Timur, Lombok Tengah, Lombok Barat, dan Kodya Mataram. Hampir seluruh lahan sawah di Pulau Sumbawa termasuk kategori sangat rawan dan rawan kekeringan. Wilayah yang termasuk kurang rawan kekeringan di Provinsi Bali dan NTB seluas 145.433 ha. Wilayah kurang rawan kekeringan ini justru harus mendapatkan perhatian khusus agar tidak berdampak terhadap penurunan produksi atau gagal panen. Peta sebaran wilayah rawan kekeringan Provinsi Bali dan NTB disajikan pada Gambar 18 dan 19. Sedangkan luasannya disajikan pada Tabel 41.

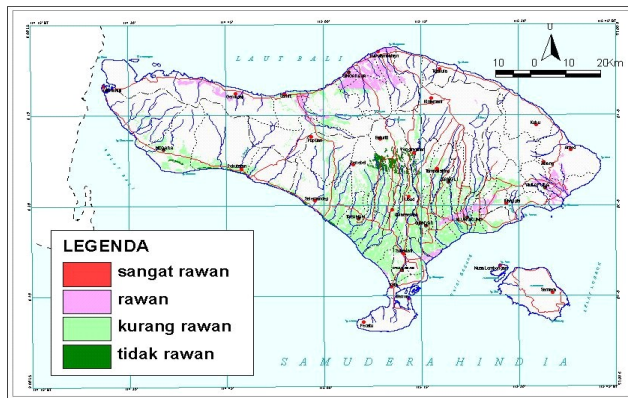
Tabel 41. Luas wilayah sawah rawan kekeringan di Provinsi Bali dan NTB

Pulau/provinsi	Tingkat kerawanan kekeringan			
	Sangat rawan	Rawan	Kurang	Tidak rawan

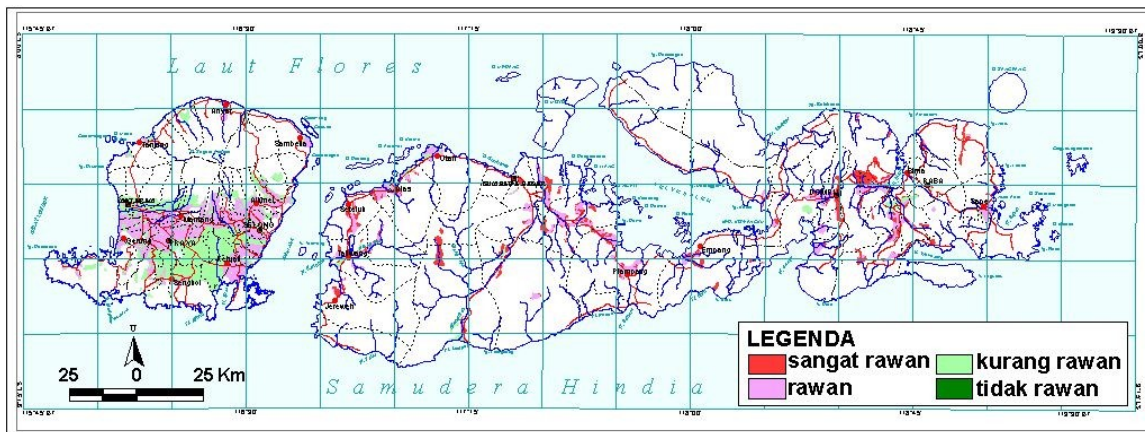
Laporan Tahunan 2005

	ha	% [*]	ha	% [*]	ha	% [*]	ha	% [*]
Bali/Bali	0	0,0	14.758	17,7	64.866	77,7	3.890	0,1
Lombok/NTB	0	0,0	57.859	45,3	68.638	53,7	506	0,0
Sumbawa/NTB	38.54	39,2	47.838	48,7	11.929	12,1	0	0,0
	6							

^{*} Persen luas terhadap total luas sawah di masing masing pulau.



Gambar 18. Peta wilayah sawah rawan kekeringan Provinsi Bali



Gambar 19. Peta wilayah sawah rawan kekeringan Provinsi Nusa Tenggara Barat

Secara umum, lahan sawah yang sering mengalami kekeringan adalah lahan sawah tadah hujan atau lahan sawah irigasi yang pasokan/ketersediaan airnya tidak mencukupi, atau karena iklim yang ekstrim kering pada tahun-tahun tertentu. Kekeringan biasanya dimulai bulan Juli - September/Okttober (musim tanam kemarau II = MK II). Dampak kekeringan umumnya terasa pada bulan-bulan Agustus - September/Okttober. Monitoring adanya cekaman air pada tanaman (*water stressed*) untuk alternatifantisipasi kegagalan panen dan penurunan produksi akan lebih efektif bila diarahkan pada wilayah-wilayah lahan pertanian tanaman semusim yang termasuk kategori "kurang rawan dan rawan". Alternatif usaha antisipasi antara lain mengefektifkan pemanfaatan sumber air tanah melalui pompanisasi sumur dangkal atau realokasi air irigasi sesuai dengan kebutuhan tanaman.

Wilayah-wilayah yang teridentifikasi sebagai wilayah rawan kekeringan perlu mendapat perhatian khusus dari instansi terkait. Perhatian yang diberikan misalnya: (a) perbaikan sarana irigasi, atau pemanfaatan air tanah dangkal pada saat yang mendesak; (b) teknologi hemat air dengan cara pembagian air secara bergilir; dan (c) menyesuaikan pola tanam dengan kondisi iklim (curah hujan) setempat dan tidak memaksakan menanam padi pada musim kemarau (gadu nekad).

Inventarisasi wilayah sawah rawan banjir/genangan di Pulau Jawa

Untuk deteksi dan inventarisasi wilayah rawan banjir/genangan digunakan pendekatan aplikasi teknologi SIG dengan melakukan *overlay* dan pembobotan terhadap beberapa parameter sifat-sifat fisik lahan dan lingkungan. Faktor curah hujan (jumlah dan intensitas), kondisi topografi/lereng, unit dan posisi *landform* menjadi sangat berperan dalam pendugaan wilayah rawan banjir/genangan. Informasi tematik sifat fisik lahan dapat diperoleh dengan cara analisis data dan peta, seperti peta tanah, geologi, jenis irigasi, topografi, hidrogeologi, penggunaan lahan, dan isohiet curah hujan. Seperti halnya kekeringan, tingkat kerawanan banjir/genangan dikelompokkan ke dalam empat kelas, yaitu: sangat rawan, rawan, kurang rawan, dan tidak rawan.

Di Pulau Jawa, kawasan sangat rawan banjir/genangan luasnya mencapai 163 ribu ha (4,9% dari luas total sawah). Di wilayah-wilayah tersebut hampir setiap tahun terjadi banjir. Banjir umumnya terjadi pada bulan-bulan Januari dan Februari. Daerah banjir secara fisiografik menempati daerah tertentu antara lain di daerah cekungan atau dataran rendah pada unit fisiografi: *backswamp*, aluvial, *marine*, dan *closed* basin. Berbagai peta tematik seperti peta topografi atau data inderaja dapat digunakan untuk delineasi bentuk lahan/fisiografi wilayah rawan banjir/genangan. Faktor kemiringan lahan, ketinggian tempat dan sifat tanah ikut berperan untuk memicu terjadinya banjir.

Wilayah - wilayah kabupaten yang terdapat kawasan sangat rawan banjir lebih dari 1.000 ha di Pulau Jawa adalah sebagai berikut:

- Provinsi Jabar: Kabupaten Bekasi, Karawang, Indramayu, Cirebon, Majalengka, Bandung, Garut, dan Ciamis.

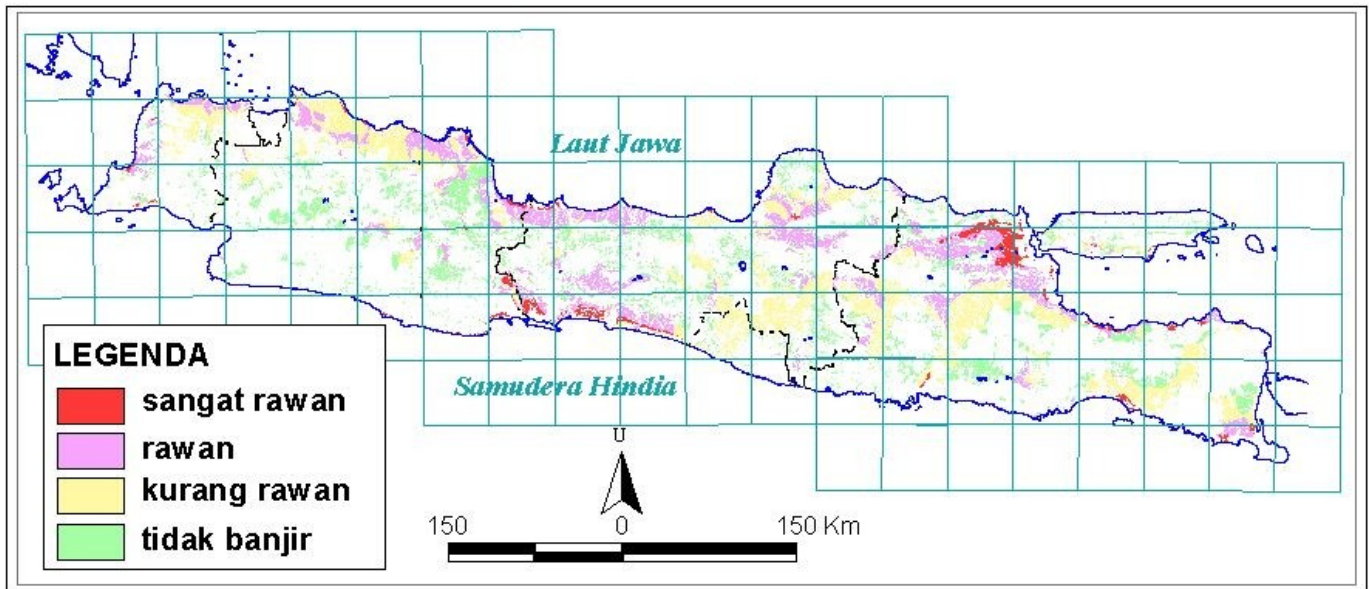
- Provinsi Banten: Kabupaten Serang, Pandeglang, dan Lebak.
- Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta: Kabupaten Sleman dan Bantul
- Provinsi Jateng: Kabupaten Kudus, Brebes, Pemalang, Kendal, Cilacap, Banyumas, Kebumen, dan Purworejo.

Provinsi Jatim: Kabupaten Gresik, Tuban, Lamongan, Bangkalan, Sampang, Pamekasan, Surabaya, Sidoarjo, Situbondo, Probolinggo, Malang, Tulungagung, Banyuwangi, dan Jember. Luasan wilayah rawan banjir/genangan di masing-masing provinsi di Pulau Jawa disajikan pada Tabel 42 dan peta sebarannya (Gambar 20).

Tabel 42. Luas wilayah sawah rawan banjir/genangan di masing-masing provinsi di Pulau Jawa

Provinsi	Tingkat kerawanan banjir/genangan							
	Sangat rawan		Rawan		Kurang		Tidak rawan	
	ha	% ^a	ha	% ^a	ha	% ^a	ha	% ^a
Jabar	27.655	2,86	205.374	21,22	324.735	33,56	409.984	42,3
Banten	7.509	3,90	53.473	27,77	89.291	46,38	42.259	6
Jateng	49.569	4,74	503.803	48,19	188.689	18,05	303.346	21,9
DI Yogyakarta	0	0,00	15.301	24,14	34.460	54,37	13.622	5
Jatim	105.544	8,13	306.338	23,44	533.447	40,87	359.630	29,0
								2
								21,4
								9
								27,5
								6

* Persen luas terhadap total luas sawah di masing-masing provinsi



Gambar 20. Peta wilayah sawah rawan banjir/genangan di Pulau Jawa

Peta wilayah sawah rawan kekeringan dan banjir/genangan yang menyajikan lokasi dan sebarannya bermanfaat untuk perencanaan dan implementasi program penanggulangan bencana alam khususnya kekeringan dan banjir. Dampaknya dapat meminimalkan kesalahan alokasi penanggulangan maupun penyaluran bantuan sosial. Pemilihan jenis tanaman yang lebih toleran terhadap kekeringan atau banjir/genangan dan penyediaan sarana produksi terutama bibit yang lebih tepat waktu perlu diintensifkan.

Hasil kegiatan ini diharapkan berguna dan dapat dimanfaatkan sebagai masukan dalam upaya antisipasi risiko bencana kekeringan dan banjir/genangan di kawasan lahan pertanian (sawah), sehingga dampak terhadap penurunan produksi (gagal panen) dapat dikurangi.

2.4.3. Penyusunan sistem informasi sumber daya lahan (SDL) pertanian Kecamatan Jangkat, Kabupaten Merangin, Provinsi Jambi

Pengembangan pertanian yang produktif dan lestari memerlukan sarana dan prasarana yang dapat diandalkan, diantaranya ketersediaan informasi SDL yang handal, mutakhir, mudah ditampilkan dan diakses. Dengan adanya kemajuan teknologi di bidang komputer dan SIG saat ini, pengelolaan data dalam jumlah besar yang dihasilkan dari karakterisasi dan evaluasi SDL dalam suatu sistem basisdata SDL dapat dilakukan, sehingga pemanfaatan dan penyediaan data untuk berbagai tujuan dapat lebih efisien dan optimal. Berkaitan dengan

pelaksanaan otonomi daerah, ketersediaan basisdata SDL dalam sistem tersebut sangat diperlukan guna membantu dan memperlancar pembangunan pertanian sehingga konflik kepentingan dalam penggunaan lahan dapat dihindari.

Di Provinsi Jambi telah terhimpun data SDL untuk keperluan perencanaan fisik di tingkat provinsi sejak tahun 1990 melalui kegiatan Proyek LREP I berupa data tanah dan peta satuan lahan pada tingkat tinjau, skala 1:250.000, dan peta sumber daya tanah eksplorasi Indonesia dan atlas arahan tata ruang pertanian nasional. Provinsi Jambi telah dipetakan pada skala yang lebih kecil (1:1.000.000) berupa Peta Sumber Daya Tanah Eksplorasi yang diterbitkan oleh Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat (Puslittanak) tahun 2000 dan Peta Arahan Tata Ruang Pertanian yang diterbitkan oleh Puslitbangtanak tahun 2001. Namun semua data dan informasi yang telah tersedia ini masih sangat kasar dan kurang memadai untuk keperluan perencanaan fisik di tingkat kabupaten.

Sesuai dengan kesepakatan kerjasama penelitian antara Balittanah, Puslitbangtanak, Bogor dengan Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (BAPPEDA) Kabupaten Merangin, Provinsi Jambi, pada TA 2004 telah dilaksanakan kegiatan "penyusunan sistem informasi SDL pertanian Kecamatan Jangkat, Kabupaten Merangin". Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk menyusun peta-peta satuan lahan, kesesuaian lahan berbagai komoditas pertanian, dan arahan penggunaan lahan pada skala 1:50.000, serta menyusun basisdata dan sistem informasi SDL pertanian untuk wilayah Kecamatan Jangkat

dengan menggunakan teknik SIG. Dalam jangka panjang kegiatan ini akan terus dilakukan untuk membangun data dasar dan sistem informasi SDL yang handal dan mutakhir dengan menggunakan teknik SIG sebagai dasar untuk menyusun perencanaan pembangunan di seluruh Kabupaten Merangin.

Bahan-bahan yang digunakan berupa peta rupa bumi, peta geologi, foto udara, citra satelit, peta hutan kesepakatan, peta penggunaan lahan dari BPN, peta agroklimat, data/peta penyebaran lahan pertanian, data produksi dan data lainnya. Peta-peta tersebut digunakan untuk menyusun konsep peta satuan lahan skala 1:50.000 pada peta rupa bumi dari Bakosurtanal melalui analisis *terrain* dari citra satelit dan foto udara dan analisis kontur.

Pada kegiatan lapangan telah dilakukan pengecekan dan perbaikan batas-batas peta satuan lahan, pengamatan tanah secara transek pada tiap satuan lahan yang representatif, meliputi pengamatan sifat-sifat morfologi profil tanah atau mini pit dan faktor lingkungannya (lereng, batuan permukaan, batuan induk, penggunaan lahan, dan lain-lain). Contoh tanah dari tiap lapisan profil tanah perwakilan pada tiap satuan lahan diambil untuk dianalisis sifat kimia dan fisiknya di laboratorium.

Pada tahap pengolahan data telah dilakukan entri data sifat morfologi tanah dan lingkungannya ke dalam basisdata *site and horizon*, hasil analisis sifat fisik dan kimia tanahnya dimasukkan ke dalam basisdata *soil sample analysis*, dan data uraian satuan peta

disimpan ke dalam basisdata *mapping unit description*. Analisis kesesuaian lahan untuk berbagai komoditas pertanian diolah secara komputerisasi dengan program *automated land evaluation system* (ALES) dari Roositer dan Van Wambeke (1997).

Melalui pengelolaan basisdata secara optimal dan proses *overlay* dapat dihasilkan peta-peta tematik yang dibutuhkan untuk perencanaan pembangunan daerah, seperti peta administrasi, peta satuan lahan, peta kesesuaian lahan, peta penggunaan lahan, dan peta arahan penggunaan lahan. Semua data/peta ini disimpan dan dikelola secara komputerisasi dalam suatu sistem informasi SDL yang selanjutnya dapat diperbanyak dalam bentuk *softcopy* atau *hardcopy*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa wilayah Kecamatan Jangkat seluas 176.600 ha, sebagian besar merupakan dataran tinggi (>700 m dpl) yang didominasi oleh *landform* vulkan (Gunung Masurai) dan tektonik dengan bentuk wilayah berbukit sampai bergunung. *Landform* lainnya berupa dataran aluvial, ditemui terbatas di sepanjang jalur aliran sungai dan pelembahan sempit di antara perbukitan dan pegunungan.

Keadaan iklim daerah penelitian termasuk tipe iklim Afa (Koppen) dan tipe hujan A (Schmidt & Ferguson, 1951) dengan curah hujan tahunan tinggi (>3.000 mm) yang merata sepanjang tahun dan suhu udara berkisar antara 18 hingga 22°C. Bahan induk tanahnya didominasi oleh batuan vulkanik tua dan muda bersusunan andesitik. Tanah-tanah yang terbentuk dari bahan vulkanik muda di lereng

tengah dan bawah Gunung Masurai diklasifikasikan sebagai Hapludans (Andosol), sedang di lereng lebih bawah yang bersentuhan dengan *landform* tektonik diklasifikasikan sebagai Dystrudepts (Latosol Coklat). Tanah umumnya dalam, bertekstur sedang, bereaksi masam, kandungan bahan organik relatif tinggi, P dan K-total tinggi, dengan P-tersedia umumnya rendah. Tanah di *landform* tektonik didominasi oleh Dystrudepts dan Hapludults (Latosol Merah Kekuningan dan Podsolik Merah Kuning) yang umumnya dalam, bertekstur halus, bereaksi sangat masam, mempunyai KTK dan kejenuhan basa rendah, kandungan P dan K-total rendah, serta kejenuhan aluminium tinggi.

Hasil analisis kesesuaian lahan pada daerah penelitian menunjukkan lahan yang sesuai untuk padi sawah dengan jaminan pengairan seluas 490 ha dan untuk tanaman pangan lain dan sayuran (padi gogo, jagung, kentang, wortel, bawang daun, cabai) seluas 40.707 ha. Lahan yang sesuai untuk tanaman buah-buahan (stroberi, markisa, pisang, jeruk) seluas 45.707 ha dan lahan yang sesuai untuk perkebunan (kayu manis dan kopi) seluas 99.078 ha. Faktor pembatas utama dalam penggunaan lahan pertanian adalah lereng dan faktor kesuburan tanah.

Berdasarkan hasil analisis kesesuaian lahan pertanian dan kondisi penggunaan lahan saat ini, maka arahan penggunaan lahan pertanian untuk wilayah ini adalah: (1) persawahan seluas 490 ha; (2) pertanian lahan kering termasuk sayuran 23.501 ha; (3) perkebunan (kayu manis

dan kopi) 12.390 ha; dan (4) kawasan hutan lindung/adat dan TNKS seluas 139.840 ha.

Data dasar dan sistem informasi SDL pertanian Kecamatan Jangkat yang telah disusun dapat digunakan oleh pemerintah Kabupaten Merangin sebagai modal dasar perencanaan fisik pengembangan wilayah yang berpotensi untuk pengembangan komoditas unggulan pertanian, seperti kentang, kayu manis, dan kopi.

2.4.4. Pengembangan soil test kit untuk mendukung penerapan pemupukan berimbang

Pemupukan berimbang pada lahan sawah intensifikasi merupakan salah satu bagian penting dari proses produksi agar pupuk yang diaplikasikan menjadi efektif dan efisien, karena disesuaikan dengan ketersediaan hara dalam tanah dan kebutuhan tanaman. Pelaksanaan program pemupukan berimbang memerlukan data analisis tanah khususnya P dan K sebagai dasar penentuan takaran pupuk. Namun demikian, sejauh ini penerapannya masih terkendala oleh terbatasnya laboratorium kimia tanah dan biaya analisis yang cukup mahal. Oleh karena itu diperlukan suatu terobosan teknologi untuk dapat menentukan kadar hara di lapangan secara cepat.

Untuk menjembatani kesenjangan pemanfaatan teknologi ini, telah dibuat suatu perangkat untuk analisis tanah di lapangan yang khusus dikembangkan untuk menganalisis kandungan hara N, P, K dan pH tanah sawah yang dinamakan perangkat uji tanah sawah

(*paddy soil test kit*) (PUTS). Hasil analisis dengan perangkat uji tanah sawah digolongkan menjadi status rendah (R), sedang (S) dan tinggi (T). *Paddy soil test kit* ini merupakan penyederhanaan dari pekerjaan analisis tanah di laboratorium yang didasarkan pada hasil penelitian uji tanah. Berdasarkan uraian tersebut, maka telah dilakukan penelitian yang bertujuan untuk: (1) menentukan jenis ekstraksi pH, P dan K yang sesuai untuk PUTS dan (2) mengembangkan PUTS untuk menentukan pH, P dan K tanah.

Prinsip kerja PUTS adalah mengukur hara P dan K yang terdapat dalam bentuk tersedia secara kuantitatif dengan metoda kolorimetri (pewarnaan). Kadar atau status hara dalam tanah ditentukan dengan cara: (1) mengekstrak bentuk hara tersedia dari tanah dan (2) mengukur kadar hara yang terekstrak. Oleh karena itu, pereaksi atau bahan kimia yang digunakan dalam alat uji tanah pada umumnya terdiri atas larutan pengeksrak dan pembangkit warna. Bentuk hara yang diekstrak dengan PUTS untuk fosfat dalam bentuk *orthophosphate* yaitu PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , dan H_2PO_4^- dan untuk kalium adalah K^+ . Hasil analisis P dan K dengan PUTS ini spesifik lokasi yang dilengkapi dengan rekomendasi pemupukan untuk tanaman padi sawah yang mempunyai produktivitas setara IR-64.

Penyusunan dan pengembangan PUTS untuk penetapan kadar N, P, K, dan pH tanah sawah telah dilakukan pada tahun 2004 dengan tahapan kegiatan: (1) seleksi pengeksrak P, K, pH dan N; (2) korelasi dan kalibrasi uji PUTS; dan (3) pengembangan *prototype* PUTS. Tahapan 1 dan 3 dilaksanakan di laboratorium, sedangkan tahap 2 dilaksanakan di

lapangan dan laboratorium. Contoh tanah sawah untuk pengujian berasal dari Provinsi Sumatera Utara (Sumut), Jabar, Jateng, dan Jatim dengan dominasi jenis tanah kategori subordo Aquepts, Aquults, Aquents, dan Aquerts.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa: pengekstrak terpilih untuk unsur P, K, dan pH untuk PUTS yang ditetapkan berdasarkan tingkat kesesuaiannya dengan hasil pengukuran di laboratorium terdiri atas dua pereaksi P (P-1 dan P-2), untuk tiga pereaksi K (K-1, K-2, dan K-3) dan 2 pereaksi pH (pH-1 dan pH-2). Berdasarkan tingkat kesesuaian antara hasil pengukuran dengan PUTS dan hasil laboratorium, disimpulkan bahwa secara umum PUTS ini dapat digunakan untuk penetapan kadar hara P, K, dan pH tanah sawah mineral. Persentase kesesuaian antara hasil pengukuran P, K, dan pH di laboratorium dan dengan PUTS berturut-turut sebesar: 90; 70; dan 78%. Selain itu penelitian ini menghasilkan satu paket atau satu unit PUTS terdiri atas: (a) satu set larutan ekstraksi untuk P, K dan pH; (b) peralatan pendukung; (c) bagan warna P, K, dan pH; (d) BWD; dan (e) buku petunjuk penggunaan. Apabila dipergunakan dengan benar, maka satu set PUTS dapat dipergunakan untuk mengukur contoh tanah sebanyak 50 sampel (P, K, dan pH). Batas kadaluwarsa pengekstrak adalah 1-1,5 tahun sejak kemasan dibuka dan ditutup kembali rapat-rapat.

Tahapan penting yang harus diperhatikan sebelum pengukuran adalah pengambilan contoh tanah, dimana contoh tanah harus diambil sesuai prosedur yang telah ditetapkan. Secara umum prosedur

kerja PUTS adalah sebagai berikut: (1) contoh tanah sebanyak $\pm 0,5$ g yang diambil dengan *syringe* atau spet kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi; (2) tambahkan larutan pengekstrak sesuai urutan, kemudian diaduk dengan pengaduk kaca hingga tanah dan larutan menyatu/homogen dengan pengaduk kaca; (3) didiamkan sekitar ± 10 menit hingga timbul warna dalam larutan; (4) warna yang muncul pada larutan jernih dibaca/dipadankan dengan bagan warna yang tersedia; dan (5) rekomendasi pemupukan P, K, dan pH ditentukan sesuai dengan hasil pembacaan status hara, yaitu rendah (R), sedang (S) atau tinggi (T).

PUTS ini dapat dioperasikan oleh penyuluh pertanian atau petani yang terlatih, sehingga penetapan takaran pupuk untuk padi sawah lebih tepat dan efisien. Bagi petani, penggunaan PUTS ini dapat meningkatkan efisiensi pemupukan dan menambah keuntungan ekonomi. Dari sisi lingkungan, pemakaian pupuk yang tepat dan efisien dapat menekan dampak pencemaran lingkungan di dalam tanah (logam berat dari pupuk). Penerapan takaran pemupukan berimbang berdasar uji tanah dapat menghemat pemakaian pupuk secara nasional.

2.4.5. Pengujian efektivitas penggunaan pupuk anorganik terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung

Pupuk merupakan salah satu faktor yang sangat penting untuk meningkatkan produktivitas lahan pertanian. Saat ini disinyalir banyak beredar pupuk yang tidak terjamin mutu dan efektivitasnya serta

tidak memenuhi standar kualitas yang ditentukan. Untuk menjamin kualitas pupuk yang beredar, Menteri Pertanian telah mengeluarkan SK Menteri Pertanian No. 09/Kpts/TP.260/1/2003 tentang syarat dan tata cara pendaftaran pupuk anorganik. Balai Penelitian Tanah adalah salah satu instansi yang ditunjuk oleh Menteri Pertanian sebagai salah satu lembaga penguji mutu dan efektivitas pupuk anorganik. Pada tahun 2004 Balittanah, Bogor bekerjasama dengan PT Rolimex Kimia Nusamas telah melakukan uji efektivitas pupuk anorganik. Pengujian ini dilakukan pada 10 jenis pupuk anorganik, yaitu: TSP Singa Laut, Kieserit 2 Panda, TSP Anjing Laut, CIRP-Ikan Paus, RP-Kuda Laut, MOP Canada-Golden Swan, MOP Rusia-Kancil, NPK Pacul 16-16-16, NPK Palem 15-15-6-4, dan NPK Palem 12-12-7-2.

Kegiatan pengujian dilakukan pada tanah Inceptisol dari Cibatok, Bogor dan Ultisol dari Jagang, Lampung Utara, pada MK 2004. Penelitiannya menggunakan RAK dengan tiga ulangan. Jagung varietas Lamuru digunakan sebagai tanaman indikator. Pupuk SP-36 digunakan sebagai standar untuk percobaan efektivitas pupuk TSP Singa Laut, TSP Anjing Laut, CIRP Ikan Paus dan RP-Kuda Laut. Pupuk KCl digunakan sebagai standar dalam pengujian pupuk MOP Golden Swan dan MOP Rusia Kancil. Pupuk Kieserit digunakan sebagai standar pengujian pupuk Kieserit 2 Panda. Pupuk urea, SP-36, KCl, dan kieserit digunakan sebagai standar untuk menguji pupuk NPK Pacul 16-16-16, NPK Palem 15-15-6-4 dan NPK Palem 12-12-17-2. Untuk membandingkan efektivitas pupuk yang diuji digunakan *relative agronomic effectiveness* (RAE) masing-masing pupuk yang diuji

terhadap pupuk standar. Analisis usaha tani dilakukan dengan pendekatan *incremental benefit cost ratio* (IBCR).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemupukan TSP Singa Laut di Ultisol, meningkatkan bobot biji jagung kering dari 0,36 menjadi 3,19 t ha⁻¹. Pada Inceptisol pemupukan P nyata meningkatkan bobot biji jagung kering dari 4,86 menjadi 6,38 t ha⁻¹. Pupuk TSP Singa Laut mempunyai efektivitas yang sama dengan SP-36 sebagai pupuk standar, yang ditunjukkan oleh nilai RAE yang sama pada takaran 40 kg P ha⁻¹. Nisbah BC (*benefit cost ratio*) terbaik adalah pada perlakuan TSP Singa Laut dengan takaran 40 kg P ha⁻¹ yaitu antara 1,5 –2,0 dan 0,5 – 1,0 masing-masing pada Inceptisol dan Ultisol (Tabel 43).

Tabel 43. Pengaruh pupuk TSP Singa Laut terhadap bobot biji jagung kering di tanah Inceptisol dari Cibatok, Bogor dan tanah Ultisol dari Jagang, Lampung, MK 2004

Perlakuan	Inceptisol Bogor			Ultisol Lampung		
	Biji jagung	RAE	B/C	Biji jagung	RAE	B/C
Kontrol	4,86 d*	-	0,85	0,36 c	-	- 0,27
SP-36 40	7,13 a	100	1,04	2,80 ab	100	0,27
TSP Singa Laut 20	5,06 d	25	0,78	2,96 a	72	0,32
TSP Singa Laut 40	5,57 cd	92	1,05	2,77 ab	106	0,48
TSP Singa Laut 60	6,08 bc	88	0,97	1,68 b	61	0,24
TSP Singa Laut 80	6,38 ab	103	0,98	3,19 a	107	0,48

Keterangan:

* Angka-angka dalam kolom yang sama yang diikuti huruf sama, tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMLT pada taraf 5%

RAE = *relatif agronomic effectiveness*, B C = *benefit cost ratio*

Pemupukan Kieserite 2 Panda pada Inceptisol dengan takaran 80 kg ha⁻¹ (20 kg ha⁻¹ MgO) nyata meningkatkan bobot biji jagung kering (6,3 t ha⁻¹) dibandingkan kontrol (4,0 t ha⁻¹). Pupuk Kieserit 2 Panda mempunyai efektivitas yang sama dengan pupuk Kieserite standar dalam peningkatan bobot biji jagung. Takaran optimum dari kurva respon tersebut berkisar antara 80 – 120 kg ha⁻¹ Kieserit 2 Panda. Pupuk Kieserit 2 Panda lebih menguntungkan dibandingkan dengan perlakuan pupuk Kieserite standar, yang ditunjukkan oleh nilai IBCR yang lebih tinggi yaitu 1,51. Pada Ultisol pemupukan Kieserite meningkatkan bobot biji jagung dibandingkan dengan kontrol. Pupuk Kieserit 2 Panda menunjukkan efektivitas yang sama dengan pupuk Kieserit standar. Takaran optimum pupuk Kieserit 2 Panda adalah 20 kg MgO ha⁻¹. Secara umum perlakuan pupuk Kieserit 2 Panda memberi keuntungan lebih tinggi 43 - 77% dibandingkan dengan perlakuan pupuk Kieserit standar, nilai IBCR yang lebih tinggi yaitu 1,80.

Pemupukan TSP Anjing Laut pada Inceptisol meningkatkan bobot biji jagung kering dari 5,01 menjadi 6,44 t ha⁻¹. Bobot biji jagung kering pada perlakuan pupuk TSP Anjing Laut sama dengan perlakuan SP-36. Hal ini menunjukkan bahwa efektivitas pupuk TSP Anjing Laut sama dengan SP-36. Takaran pupuk P untuk mencapai bobot biji jagung kering maksimum pada tanah Inceptisol adalah 80 kg P ha⁻¹. Nilai RAE pupuk TSP Anjing Laut lebih rendah dibandingkan dengan pupuk SP-36 standar. Berdasarkan perhitungan IBCR, penggunaan pupuk TSP Anjing Laut menguntungkan dan setara dengan penggunaan pupuk SP-36 standar. Pada Ultisol pemupukan P

terlihat nyata meningkatkan bobot biji jagung kering dari 1,44 menjadi 2,96 t ha⁻¹. Pemupukan TSP Anjing Laut menunjukkan efektivitas yang sama dengan SP-36 dengan takaran optimum adalah 20 P kg ha⁻¹. Nilai RAE pupuk TSP Anjing Laut lebih tinggi dibandingkan dengan pupuk SP-36. Nilai IBCR pada usaha tani jagung dengan menggunakan pupuk P cukup tinggi yaitu berkisar antara 1,92 – 4,21 (Tabel 44).

Tabel 44. Pengaruh pupuk TSP Anjing Laut terhadap bobot biji jagung kering di tanah Inceptisol Cibatok, Bogor dan tanah Ultisol dari Jagang, Lampung, MK 2004

Perlakuan	Inceptisol Bogor		Ultisol Lampung	
	Biji jagung	RAE	Biji jagung	RAE
Kontrol	5,01 b*		1,44 b	
SP-36 40	7,13 a	100	2,54 a	100
TSP Anjing Laut 20	5,84 ab	39	2,75 a	119
TSP Anjing Laut 40	5,55 ab	25	2,82 a	125
TSP Anjing Laut 60	6,44 ab	67	2,75 a	119
TSP Anjing Laut 80	6,20 ab	56	2,96 a	138
KK (%)	14,3		15,5	

Keterangan:

- Angka-angka dalam kolom yang sama yang diikuti huruf sama, tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%

RAE = *relatif agronomic effectiveness*

Pada Inceptisol Cibatok, Bogor, pemupukan CIRP Ikan Paus nyata meningkatkan bobot biji kering jagung dari 0,60 menjadi 5,53 t ha⁻¹. Bobot biji kering jagung pada pupuk CIRP Ikan Paus lebih tinggi daripada SP-36, sehingga dapat disimpulkan bahwa pupuk CIRP-Ikan Paus cukup efektif sebagai sumber P untuk tanaman jagung. Nilai RAE tertinggi didapat dari perlakuan 40 kg P ha⁻¹ yaitu 133. Pada Ultisol pemupukan CIRP-Ikan Paus nyata meningkatkan bobot biji jagung

kering dari 0,60 menjadi 2,05 t ha⁻¹. Bobot biji kering jagung dengan perlakuan SP-36 tidak berbeda nyata dengan perlakuan P-alam CIRP-Ikan Paus takaran 80 dan 100 kg P ha⁻¹. Ini menunjukkan bahwa P-alam CIRP-Ikan Paus mulai dengan takaran 80 kg P ha⁻¹ mempunyai efektivitas yang sama dengan pupuk SP-36 dalam peningkatan bobot biji kering. Nilai RAE tertinggi diperoleh pada takaran 80 kg P ha⁻¹ yaitu 121 (Tabel 45). Dengan demikian pupuk CIRP-Ikan Paus dapat dijadikan sebagai salah satu sumber P yang baik. Analisis usaha tani jagung menunjukkan bahwa penggunaan CIRP-Ikan Paus memberikan keuntungan ekonomi yang cukup baik dibandingkan dengan tanpa pemberian P-alam, yang ditunjukkan oleh nilai IBCR >1.

Pemupukan RP-Kuda Laut pada tanah Inceptisol nyata meningkatkan bobot biji kering jagung. Bobot biji kering jagung pada perlakuan RP-Kuda Laut (5,39 t ha⁻¹) tidak berbeda nyata dengan perlakuan SP-36 (4,71 t ha⁻¹). Hal ini menunjukkan bahwa RP-Kuda Laut mempunyai efektivitas yang sama dengan SP-36. Nilai IBCR pemupukan RP-Kuda Laut dengan takaran 20–40 kg P ha⁻¹ yaitu 8,98 dan 8,42 memberikan tingkat keuntungan yang tinggi. Pada Ultisol pemupukan RP-Kuda Laut meningkatkan bobot biji kering jagung. Pupuk RP-Kuda Laut mempunyai efektivitas yang sama dengan SP-36. Pemupukan RP-Kuda Laut memberikan bobot biji kering jagung 1,96 t ha⁻¹ yang tidak berbeda nyata dengan pemupukan SP-36 yaitu 2,80 t ha⁻¹. Nilai IBCR pemupukan RP-Kuda Laut dengan takaran 20–40 kg P ha⁻¹ memberikan tingkat keuntungan yang tinggi yaitu 15,02 dan 7,27.

Tabel 45. Pengaruh CIRP-Ikan Paus terhadap bobot biji kering jagung di tanah Inceptisol dari Cibatok, Bogor dan tanah Ultisol dari Jagang, Lampung, MK 2004

Perlakuan	Inceptisol dari Bogor		Ultisol dari Lampung	
	Biji jagung	RAE	Biji jagung	RAE
	t ha ⁻¹		t ha ⁻¹	
Kontrol (-NPK)	0,60 d*		0,60 a	
CIRP-Ikan Paus 20	4,09 abc	125	1,13 ab	16
CIRP-Ikan Paus 40	5,53 a	133	1,20 ab	89
CIRP-Ikan Paus 60	5,36 ab	127	1,34 ab	91
CIRP-Ikan Paus 80	4,57 abc	126	2,05 bc	121
CIRP-Ikan Paus 100	3,80 c	107	1,73 bc	60
SP-36 40	4,71 abc	100	2,14 bc	100
RP Maroko 40	4,94 abc		1,27 ab	
RP Ciamis 40	4,01 bc			

Keterangan:

* Angka-angka dalam kolom yang sama yang diikuti huruf sama, tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%.

Nilai RAE fosfat alam Ikan Paus (CIRP) terhadap pupuk SP-36, RP = fosfat alam

Pemupukan MOP Rusia Kancil pada tanah Inceptisol, nyata meningkatkan bobot biji kering jagung dari 5,24 menjadi 6,20 t ha⁻¹ pada takaran 100 kg MOP ha⁻¹. Bobot biji kering jagung pada pemupukan MOP lebih tinggi dari pupuk KCl. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa pupuk MOP Kancil mempunyai efektivitas yang sama dengan pupuk KCl. Penggunaan pupuk MOP Rusia Kancil menguntungkan, hal ini dapat dilihat nilai IBCR pupuk MOP Kancil (10,37) yang lebih tinggi dibandingkan dengan pupuk KCl (5,04). Pada Ultisol pemberian pupuk MOP Rusia Kancil nyata meningkatkan bobot biji kering dari 2,91 menjadi 3,98 t ha⁻¹ pada takaran 100 kg MOP ha⁻¹.

Pada tanah Inceptisol dari Bogor, bobot biji kering jagung pada pemupukan MOP lebih tinggi dari pupuk KCl. Hal ini menunjukkan bahwa pupuk MOP Kancil mempunyai efektivitas yang melebihi pupuk KCl. Penggunaan pupuk MOP Rusia Kancil menguntungkan, hal ini dapat dilihat nilai IBCR pupuk MOP Kancil (3,41) yang lebih tinggi dibandingkan dengan pupuk KCl (1,19). Takaran optimum pupuk MOP Rusia Kancil adalah 100 kg ha⁻¹ (Tabel 46).

Tabel 46. Pengaruh MOP Rusia Kancil terhadap bobot biji kering jagung di tanah Inceptisol dari Cibatok, Bogor dan tanah Ultisol dari Jagang, Lampung, MK 2004

Perlakuan	Takaran K	Inceptisol dari Bogor		Ultisol dari Lampung	
		Biji jagung	RAE	Biji jagung	RAE
		t ha ⁻¹		t ha ⁻¹	
Kontrol	0,0	5,24 b*		2,91 b	
MOP Kancil 25	12,5	5,66 ab	61	3,04 b	39
MOP Kancil 50	25,0	5,89 ab	94	3,20 ab	84
MOP Kancil 100	50,0	6,20 a	138	3,98 a	314
MOP Kancil 200	100,0	6,03 a	115	3,17 ab	77
KCl 100	50,0	5,93 ab	100	3,25 ab	100

* Angka-angka dalam kolom yang sama yang diikuti huruf sama, tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%.

Pada tanah Inceptisol pemupukan K tidak nyata meningkatkan bobot biji kering jagung. Nilai RAE meningkat 13% dibanding dengan pupuk KCl standar. Takaran pupuk MOP Golden Swan untuk mencapai hasil optimum adalah 50 kg ha⁻¹. Usaha tani jagung dengan pupuk MOP Golden Swan sangat menguntungkan dengan nilai IBCR 10,6 dicapai pada takaran 50 kg MOP Golden Swan ha⁻¹. Pada tanah Ultisol

pemupukan MOP Golden Swan meningkatkan bobot biji kering jagung dari 2,49 menjadi 3,03 t ha⁻¹. Nilai RAE meningkat 45% dibanding pupuk KCl sebagai standar. Takaran pupuk MOP Golden Swan untuk mencapai bobot biji kering jagung optimum adalah 75 kg ha⁻¹. Usaha tani jagung dengan MOP Golden Swan menguntungkan dengan nilai IBCR >1.

Pemupukan NPK Pacul 16-16-16 pada tanah Inceptisols nyata meningkatkan bobot biji kering jagung dari 3,97 menjadi t ha⁻¹. Bobot biji kering jagung pada pemupukan NPK Pacul 16-16-16 sama dengan NPK tunggal, hal ini berarti pupuk NPK Pacul 16-16-16 mempunyai efektivitas yang sama dengan pupuk NPK tunggal (Tabel 45). Nilai IBCR tertinggi diperoleh pada takaran 225 kg NPK Pacul 16-16-16 ha⁻¹ ditambah 220 kg urea ha⁻¹. Pada tanah Ultisols pemupukan NPK Pacul 16-16-16 nyata meningkatkan hasil jagung dari 1,55 menjadi 3,70 t ha⁻¹. Hasil jagung pada pemupukan NPK Pacul 16-16-16 sama dengan hasil jagung pada NPK tunggal, nilai RAE penggunaan NPK Pacul >100. Dengan demikian NPK Pacul 16-16-16 mempunyai efektivitas yang sama dengan NPK tunggal (Tabel 47). Usaha tani jagung dengan pupuk NPK Pacul 16-16-16 menguntungkan, hal ini ditunjukkan oleh nilai IBCR >1.

Tabel 47. Pengaruh pupuk NPK Pacul 16-16-16 terhadap bobot biji jagung kering di tanah Inceptisol dari Cibatok, Bogor dan tanah Ultisol dari Jagang, Lampung, MK 2004

Perlakuan	Bobot biji kering jagung	
	Inceptisol Bogor	Ultisol Lampung
		t ha ⁻¹

Kontrol	1,55 b*	3,97 b
NPK Pacul 16-16-16 (112,5)	3,07 a	5,88 a
NPK Pacul 16-16-16 (225)	3,35 a	6,89 a
NPK Pacul 16-16-16 (450)	3,67 a	6,63 a
NPK Pacul 16-16-16 (675)	3,07 a	7,08 a
NPK Pacul 16-16-16 (900)	3,70 a	7,82 a
NPK tunggal uji tanah	3,0 a	7,72 a
KK (%)	13	9,6

* Angka-angka dalam kolom yang sama yang diikuti huruf sama, tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT pada taraf 5%.

Pemupukan NPK Palem 15-15-6-4 pada tanah Inceptisol cenderung meningkatkan bobot biji kering jagung dibanding pupuk NPK tunggal. Penggunaan NPK Palem 15-15-6-4 meningkatkan nilai RAE antara 20 – 84%, hal ini menunjukkan bahwa penggunaan pupuk NPK Palem 15-15-6-4 cukup efektif. Nilai IBCR penggunaan pupuk NPK Palem 15-15-6-4 >1, hal ini berarti penggunaan pupuk tersebut untuk usaha tani jagung menguntungkan. Pada tanah Ultisol pemupukan NPK Palem 15-15-6-4 cenderung meningkatkan hasil jagung (Tabel 48). Hal ini disebabkan penelitian dilaksanakan pada musim kering sehingga berpengaruh pada kelarutan pupuk yang tidak optimal. Bobot biji kering jagung dengan NPK tunggal cenderung lebih baik, nilai RAE <100 dan nilai IBCR <1.

Tabel 48. Pengaruh pupuk NPK Palem 15-15-6-4 terhadap bobot biji jagung kering pada tanah Inceptisol dari Cibatok, Bogor dan tanah Ultisol dari Jagang, Lampung, MK 2004

Perlakuan	Bobot biji kering jagung	
	Inceptisol	Ultisol
	t ha ⁻¹	
Kontrol lengkap	3,97 a*	1,02 bc

NPKMg tunggal uji tanah	4,82 a	1,55 ab
NPK Palem 15-15-6-4, 305	4,99 a	1,20 bc
NPK Palem 15-15-6-4, 460	5,15 a	1,06 bc
NPK Palem 15-15-6-4, 610	5,41 a	1,13 bc
NPK Palem 15-15-6-4, 760	5,53 a	0,81 c
NPK tunggal setara Palem, 460	5,58 a	2,01 a
KK (%)	17,0	23,7

* Angka-angka dalam kolom yang sama yang diikuti huruf sama, tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf 5%.

Pemupukan NPK Palem 12-12-17-2 pada tanah Inceptisol nyata meningkatkan bobot biji kering jagung, dan cenderung lebih tinggi dibanding pada pupuk NPK tunggal. Nilai RAE >100 dan nilai IBCR >1, hal ini berarti penggunaan pupuk NPK Palem 12-12-17-2 mempunyai efektivitas yang sama dengan NPK tunggal dan menguntungkan untuk usaha tani jagung. Pada tanah Ultisol pemupukan NPK Palem 12-12-17-2 cenderung meningkatkan hasil jagung dibanding kontrol dan sama dengan pupuk NPK tunggal, sehingga pupuk tersebut mempunyai efektivitas sama dengan pupuk tunggal (Tabel 49), dengan nilai IBCR <1.

Tabel 49. Pengaruh pemupukan NPK Palem 12-12-17-2 terhadap bobot biji kering jagung pada tanah Inceptisol dari Cibatok, Bogor dan tanah Ultisol dari Jagang, Lampung, MK 2004

Perlakuan	Bobot biji kering jagung	
	Inceptisol	Ultisol
	t ha ⁻¹	

Kontrol lengkap	3,97 c*	1,21 b
NPKMg tunggal uji tanah (850)	4,82 bc	1,78 ab
NPK Palem 12-12-17-2 (380)	4,32 c	1,44 b
NPK Palem 12-12-17-2 (570)	6,36 ab	1,61 ab
NPK Palem 12-12-17-2 (760)	6,17 ab	1,32 b
NPK Palem 12-12-17-2 (950)	6,66 a	1,01 b
NPKMg tunggal setara NPK Palem (760)	5,37 abc	2,41 a

* Angka-angka dalam kolom yang sama yang diikuti huruf sama, tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf 5%.

Sumber pupuk tunggal N= urea, P= SP-36, K= KCl, dan Mg = MgO

2.4.6. Pengembangan teknologi pupuk mikroba pemacu tumbuh dan pengendali hama penyakit terbawa tanah untuk keberlanjutan sistem produksi pertanian

Tanah merupakan sumber daya alam yang sangat penting untuk dilindungi kualitas dan produktivitasnya. Perlindungan terhadap komunitas mikroba dalam ekosistem pertanian erat hubungannya dengan keberlanjutan sistem produksi pertanian dan sangat tergantung pada pengaturan pertumbuhan dan perlindungan tanaman.

Pemanfaatan aktivitas mikroorganisme penghasil senyawa aromatik yang berfungsi sebagai zat pengatur tumbuh dan zat anti patogen dapat menggiatkan proses fisiologis dan biokemis, dan ketahanan tanaman sehingga unsur hara dan hasil serapan dapat dimanfaatkan secara optimal dan seimbang oleh tanaman. Di antara

mikroorganisme terdapat nematoda patogen serangga (NPS) yang merupakan agen pengendali hayati berpotensi, ramah lingkungan dan tidak berbahaya bagi manusia dan organisme nontarget lainnya. Nematoda bekerjasama dengan bakteri simbiotiknya membunuh serangga hama dalam waktu 24-48 jam.

Dalam upaya menghasilkan paket teknologi yang ramah lingkungan untuk mengatasi penggunaan pupuk kimia dan pestisida sintetik yang berlebihan dalam sistem pertanian, Balittanah bekerjasama dengan (PT Inti Cipta Biotek Bijana) mitra swasta melakukan penelitian dengan pendekatan baru, memperbaiki pertumbuhan dan kesehatan tanah. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan (1) formula dan teknologi produksi pupuk mikroba pemacu tumbuh dan pengendali hama penyakit tanaman dan (2) produk berpotensi paten dan agroindustri untuk membantu ketahanan pangan nasional. Penelitian yang dilaksanakan pada TA 2004 bertujuan untuk memperoleh informasi seberapa jauh kemampuan pupuk mikroba pemacu tumbuh dan pengendali hama penyakit terbawa tanah meningkatkan kesuburan dan kesehatan tanah, serta mengurangi kerusakan tanaman. Penelitian terdiri atas dua kegiatan (1) formulasi pupuk mikroba pemacu tumbuh dan pengendali hama penyakit terbawa tanah dan (2) efektivitas pupuk mikroba pemacu tumbuh dan pengendali hama penyakit tanaman terhadap peningkatan kesuburan tanah kering masam dan kerusakan tanaman.

Penelitian dilaksanakan di laboratorium, rumah kaca, dan lapangan. Mikroba yang digunakan berpotensi memacu pertumbuhan tanaman dan mensekresikan senyawa anti serangga hama dan penyakit tanaman.

Aktivitas antagonistik berasal dari sel bakteri dan protein/senyawa toksin yang disekresikannya. Mikroorganisme terpilih diformulasikan sebagai pupuk mikroba pemacu tumbuh dan pengendali hama penyakit dan dikembangkan sebagai inokulan efektif untuk menyehatkan tanah, mendukung pertumbuhan dan perlindungan tanaman di tanah kering masam.

Dari hasil kajian formulasi bahan pembawa, formula gambut merupakan bahan pembawa yang paling cocok untuk pupuk mikroba pemacu tumbuh dan pengendali hama penyakit sampai masa penyimpanan 2 bulan (Tabel 50).

Setelah masa penyimpanan 2 bulan, populasi bakteri *diazotrof endofit* dan NPS mengalami penurunan, namun tidak demikian halnya dengan bakteri pelarut P dapat tahan hidup hingga 4 bulan penyimpanan. Tampaknya penambahan NPS pada kemasan pupuk mikroba menurunkan jumlah populasi bakteri *diazotrof endofit*, meskipun tidak demikian bagi bakteri pelarut P. Ketahanan hidup NPS dalam bahan pembawa gambut terformulasi dan spons tidak menunjukkan perbedaan, namun tidak mampu hidup dalam granul dan mikrokapsul. Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa untuk meningkatkan masa penyimpanan pupuk mikroba pemacu tumbuh dan pengendali hama penyakit, formula bakteri penambat N₂ udara, pemacu tumbuh, dan pelarut hara sebaiknya disimpan dalam kemasan yang berbeda dengan NPS.

Tabel 50. Populasi mikroba komponen mikroba pemacu tumbuh dan pengendali hama penyakit dalam berbagai bahan pembawa selama penyimpanan 2 bulan dalam suhu kamar

Bahan pembawa	Jenis mikroba	Bulan ke 1	Bulan ke 2	Bulan ke 3	Bulan ke 4
Gambut	<i>Diazotrof endofit</i>	2,4 x10 ⁸ sel g ⁻¹	2,4x10 ⁸ sel g ⁻¹	0,00	0,00
	Bakteri P	4,5 x 10 ⁸ sel g ⁻¹	3 x10 ⁸ sel g ⁻¹	3,75 x 10 ⁶ sel g ⁻¹	3 x10 ⁸ sel g ⁻¹
	NPS (JI)	48,35 %	28,35 %		
Granul	<i>Diazotrof endofit</i>	4,3 x10 ⁴ sel g ⁻¹	9,3x10 ³ sel g ⁻¹	0,00	0,00
	Bakteri P	3,5 x10 ⁴ sel g ⁻¹	3,5 x10 ⁴ sel g ⁻¹	3,15 x10 ⁴ sel g ⁻¹	0,00
	NPS (JI)	0,00 %	0,00 %		
Spons	<i>Diazotrof endofit</i>	2,4x10 ⁷ sel ml ⁻¹	0,00	0,00	0,00
	Bakteri P	6,5 x10 ⁴ sel ml ⁻¹	2,6x10 ⁵ sel ml ⁻¹	0,00	0,00
	NPS (JI)	33,35 %	31,65 %		
Mikrokapsul	<i>Diazotrof endofit</i>	2,4 x10 ⁸ sel/ml	9,3x10 ⁷ sel ml ⁻¹	0,00	0,00
	Bakteri P	3,6 x10 ⁶ sel/ml	6,3 x10 ⁶ sel ml ⁻¹	3,9 x10 ⁶ sel ml ⁻¹	3,0 x10 ⁶ sel ml ⁻¹
	NPS (JI)	0,00 %	0,00 %		

Keterangan: NPS yang diinokulasikan dalam bahan pembawa gambut (40 g) ialah sebanyak 2 ml yang mengandung 10³ JI ml⁻¹, yang artinya dalam 40 g bahan pembawa gambut mengandung 2 x 10³ JI NPS

Hasil uji lapangan yang dilaksanakan di Tegineneng, Lampung menunjukkan bahwa aplikasi pupuk mikroba pemacu tumbuh dan pengendali hama penyakit pada tanaman kedelai dapat menekan kerusakan polong kedelai yang disebabkan oleh penggerek polong. penggunaan pupuk mikroba pemacu tumbuh dan pengendali hama penyakit meningkatkan jumlah polong yang sehat dan tidak berbeda dengan penggunaan pestisida sintetik (Tabel 51).

Tabel 51. Pengaruh aplikasi pupuk mikroba pemacu tumbuh dan pengendali hama penyakit terhadap kerusakan tanaman kedelai di Tegineneng, Lampung, MK 2004

Perlakuan	Jumlah polong sehat	Jumlah polong rusak	Penggerek polong	Pengisap Polong
Pupuk rekomendasi (50 kg urea, 100 kg SP-36, 75 kg KCl ha ⁻¹) + pestisida kimia	221,7	228,0	208,0	12,7
Nodulin (tanpa urea, 50 kg SP-36, 37,5 kg KCl ha ⁻¹ + pupuk mikroba pemacu tumbuh dan pengendali hama penyakit	246,3	197,3	184,3	13,0
Nodulin (tanpa urea) + batuan P + pupuk mikroba pelarut fosfat + kompos jerami MTM + pupuk mikroba pemacu tumbuh dan pengendali hama penyakit	222,3	234,0	224,0	10,7
Koef. variasi (%)	13,07	10,74	11,6	42,56

Aplikasi pupuk mikroba pemacu tumbuh dan pengendali hama penyakit dikombinasikan dengan Nodulin (tanpa pupuk N) dengan perlakuan pemupukan setengah rekomendasi P dan K (50 kg SP-36 dan 37,5 kg KCl ha⁻¹), tidak menunjukkan perbedaan pada hasil kedelai dibandingkan dengan perlakuan pupuk rekomendasi (50 kg urea, 100 kg SP-36, 75 kg KCl ha⁻¹) plus pestisida sintetik (Tabel 52). Bahkan aplikasi pupuk mikroba pemacu tumbuh dan pengendali hama penyakit pada perlakuan Nodulin (tanpa pupuk N) dengan setengah takaran pupuk rekomendasi P dan K (50 kg pupuk P baik dalam bentuk SP-36 maupun P-alam dan 50 kg pupuk KCl) dan kombinasinya dengan pupuk mikroba pelarut fosfat dan kompos jerami MTM, dapat meningkatkan hasil kedelai sekitar 13%

dibandingkan dengan perlakuan takaran rekomendasi pupuk kimia dan pestisida sintetis. Tampak bahwa perlakuan tersebut dapat menggantikan pupuk N hingga 100% dan pupuk P dan K hingga 50%, dan pestisida sintetis di Tegineneng, Lampung.

Tabel 52. Pengaruh pupuk mikroba pemacu tumbuh dan pengendali hama penyakit terhadap hasil kedelai di tanah kering masam, Tegineneng, Lampung, MK 2004

Perlakuan	Bobot kering brangkas g tan ⁻¹	Hasil biji kering t ha ⁻¹	Serapan hara		
			N	P	K
mg N tanaman ⁻¹					
Pupuk rekomendasi (50 kg urea, 100 kg SP-36, 75 kg KCl ha ⁻¹) + pestisida kimia	5,43	1,45	60,79 b*	5,19 cd	50,16 a
Pupuk rekomendasi + pupuk mikroba pemacu tumbuh	6,03	1,32	58,70 bc	4,28 d	37,78 b
Pupuk rekomendasi + pupuk mikroba pemacu tumbuh dan pengendali hama penyakit	6,92	1,57	87,99 a	6,80 ab	57,59 a
Nodulin (tanpa urea, 50 kg SP-36, 37,5 kg KCl ha ⁻¹ + pupuk mikroba pemacu tumbuh dan pengendali hama penyakit	5,55	1,64	48,29 d	6,04 bc	49,50 a
Nodulin (tanpa urea) + P-alam + pupuk mikroba pelarut fosfat + kompos jerami MTM + pupuk mikroba pemacu tumbuh dan pengendali hama penyakit	7,01	1,61	50,66 cd	7,16 a	41,30 b
Koef. Variasi (%)	19,03	14,48	8,91	10,34	10,10

* Angka-angka dalam kolom yang sama yang diikuti huruf sama, tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf nyata 5%.

Diharapkan nantinya pupuk mikroba pemacu tumbuh dan pengendali hama penyakit dapat mengurangi penggunaan pestisida

sintetik, selain meningkatkan efisiensi pemupukan kimia. Formula produk yang dihasilkan dari penelitian ini sangat bermanfaat dalam meningkatkan kesehatan tanah dari berbagai sistem pertanian, produktivitas pertanian, keuntungan sistem usaha tani. Untuk meningkatkan manfaatnya bagi industri pertanian dan dampaknya dalam memperbesar keuntungan usaha tani, teknologi ini dapat dipatenkan dan dialih teknologikan kepada pengguna yaitu mitra swasta dan petani.

2.4.7. Pengendalian erosi pada berbagai penggunaan lahan pada skala daerah aliran sungai (DAS) mikro

Erosi merupakan salah satu penyebab utama degradasi lahan. Pada umumnya kegiatan penelitian erosi dipelajari pada skala petak kecil, yang menghasilkan data berharga dalam membandingkan erosi dari berbagai jenis tanah serta tanaman penutupnya. Akan tetapi pengukuran erosi pada skala petak yang dibatasi penyekat tersebut tidak bisa diekstrapolasi pada skala DAS. Angka erosi yang didapatkan sering melebihi nilai yang sebenarnya jika diaplikasikan pada skala DAS. Hal ini menyebabkan rekomendasi yang diberikan terlalu berat bagi petani sehingga rekomendasi konservasi dan pengelolaan tanah sulit diterapkan. Dengan menggunakan skala DAS mikro atau tampungan mikro (TM) diharapkan gambaran proses erosi yang didapatkan lebih mendekati keadaan di lapangan.

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk mensintesis metode pengelolaan lahan yang berkelanjutan, agar dapat diterima

petani setempat, aman dari aspek lingkungan dan menguntungkan bagi petani. Selain itu penelitian ini juga ditujukan untuk memvalidasi model pendugaan erosi yang nantinya berguna dalam perencanaan tindakan pengelolaan lahan pada skala DAS.

Penelitian ini dimulai dari tahun 2000 dalam kerangka kerjasama antara Puslittanak dengan *International Board of Soil Research and Management* (IBSRAM) (sekarang IBSRAM bergabung dengan *International Water Management Institute*, IWMI). Penelitian dilaksanakan di Ungaran, Jateng dengan menggunakan tiga: TM Tegalan (1,1 ha) yang ditanami dengan sistem tumpang sari tanaman pangan, TM Rambutan (0,9 ha) yang digunakan sebagai kebun rambutan sejak 14 tahun yang lalu, dan TM Kalisidi (11 ha) yang penggunaannya sama dengan TM Rambutan dengan semak belukar dibawahnya. Perbedaan ukuran antara kedua TM yang terakhir ini memungkinkan perbandingan pengaruh ukuran TM.

Masing-masing TM sudah diinstrumentasi dengan *automatic water level recorder* (AWLR) yang mengukur ketinggian permukaan air yang melalui *V-notch weir* setiap lima menit. Setiap TM juga dilengkapi dengan *sediment trap* untuk menampung tanah yang tererosi. Selain itu telah dipasang pula penakar curah hujan manual dan otomatis yang memungkinkan analisis data hidrologi. Penelitian ini mencakup tiga kegiatan yaitu: (1) dinamika pengelolaan lahan dan hubungannya dengan erosi dan aliran permukaan pada skala tangkapan mikro; (2) penelitian neraca hara pada berbagai penggunaan lahan pada skala tangkapan mikro; dan (3) penelitian

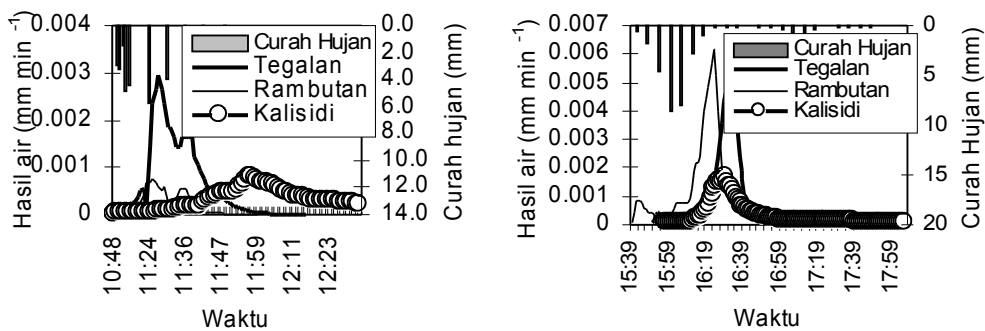
validasi model pendugaan aliran permukaan dan erosi pada skala tangkapan mikro. Pada tahun anggaran 2004 dimampatkan menjadi dua kegiatan utama namun masih mencakup ketiga aspek tersebut, yaitu (1) kuantifikasi dan pemodelan erosi dan aliran permukaan pada berbagai penggunaan lahan pada skala DAS mikro dan (2) dinamika neraca hara pada berbagai penggunaan lahan pada skala DAS mikro.

Dari tahun 2003 - 2004 monitoring proses erosi dan perpindahan hara telah dilanjutkan dan model pendugaan erosi yang divalidasi diharapkan akan lebih cocok untuk keadaan TM di Jawa. Perubahan penting dalam sistem pengelolaan lahan pada DAS mikro ini adalah bahwa pada awal tahun 2002 petani dengan difasilitasi peneliti dan penyuluh sudah merakit dan mengimplemantasikan sistem pengelolaan lahan untuk tegalan berupa penanaman rumput pakan pada bibir teras dan bidang olah teras. Sistem ini merupakan bagian yang integral dari praktek penggemukan sapi yang juga dicoba petani kooperator pada tahun 2002. Sementara itu pada TM Kalisidi terjadi "penjarahan" terhadap lahan yang sebenarnya konservasinya sudah cukup baik (berupa kebun rambutan yang pohonnya sudah berumur 10 tahun). Penjarahan pada sekitar 25% pada TM ini terjadi karena petani lokal juga merasa punya hak atas tanah yang sekarang dikuasai oleh pengusaha.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil air (*water yield*) dan hasil sedimen (*sediment yield*) yang disajikan pada Gambar 21 pada suatu DAS sangat ditentukan oleh macam penggunaan lahan dan ukuran DAS (*catchment size*). Penggunaan lahan untuk tanaman

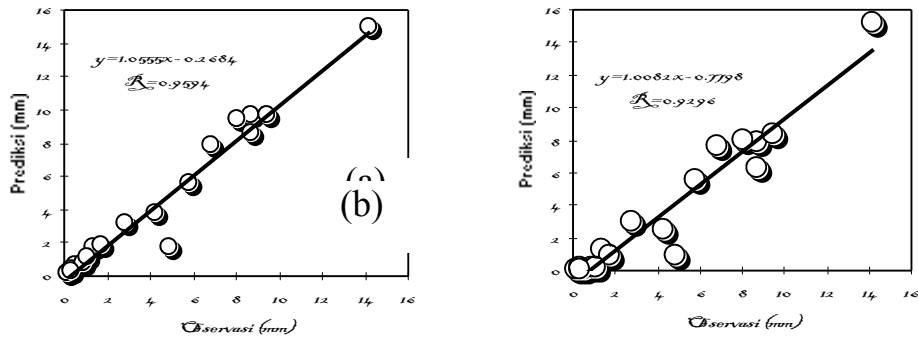
semusim perlu diintegrasikan dengan teknik konservasi lain seperti penanaman rumput untuk mengurangi erosi dan *runoff*. Selain penggunaan lahan pengelolaan lahan juga sangat menentukan hasil air (*runoff*) dan hasil sedimen (erosi).

Model erosi dan aliran permukaan GUEST dapat digunakan untuk memprediksi erosi pada skala DAS mikro. Validasi erosi dan aliran permukaan menunjukkan hasil yang cukup signifikan. Hubungan antara erosi terukur dengan erosi hasil prediksi GUEST sangat erat sebagaimana ditunjukkan nilai koefisien diterminasi yang relatif tinggi dengan R^2 : 0,99 untuk penggunaan lahan tegalan dan R^2 : 0,99 untuk penggunaan lahan campuran rambutan dengan semak belukar (Gambar 22). Sedangkan hubungan antara aliran permukaan terukur dengan prediksi GUEST adalah R^2 : 0,96 untuk penggunaan lahan tegalan dan R^2 : 0,93 untuk penggunaan lahan campuran rambutan dengan semak belukar.



a

Gambar 21. Hasil air (*water yield*) pada berbagai penggunaan lahan pada kejadian hujan tanggal 29 Januari 2004 (a) dan 30 Januari 2004 (b)



Gambar 22. Hubungan antara aliran permukaan terukur (observasi) dengan prediksi di (a) TM Tegalana dan (b) TM Kalisidi

Perbaikan penutupan tanah dan peningkatan laju infiltrasi di kebun kopi rakyat dengan menghutankan semak belukar, alang-alang dan kaliandra telah membentuk struktur tajuk bertingkat melalui sistem *agroforestry* yang mampu meningkatkan intersepsi hujan. Serasah dan sisa tanaman di permukaan tanah akan memperbaiki sifat fisik tanah yang pada gilirannya akan meningkatkan infiltrasi air ke dalam tanah, memperlambat laju aliran permukaan dan menurunkan erosi yang ditimbulkannya. Pengubahan penggunaan lahan pada simulasi 5 juga akan meningkatkan waktu debit puncak dari 5 jam

menjadi 6,67 jam dan menurunkan waktu dasar dari 31 jam menjadi 27,67 jam (Tabel 53).

Tabel 53. Keluaran model hasil simulasi pada curah hujan 50,31 mm di lanskap Kalisidi

Rancangan	Tebal aliran permukaan		Debit puncak		Kehilangan tanah *	
	Mm	%	m ³ dtk ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	%
Simulasi						
Aktual	2,134	100,00	57,16	100,00	3.057	100,00
1	2,103	98,55	56,62	99,06	2.228	72,88
2	2.093	98,08	56,43	98,71	2.028	66,34
3	1.226	57,45	27,23	47,64	1.245	40,73
4	1,235	57,87	27,39	47,91	956	31,27
5	2,115	99,11	56,80	99,36	1.610	52,67
6	0,647	30,32	6,52	11,40	93	3,04

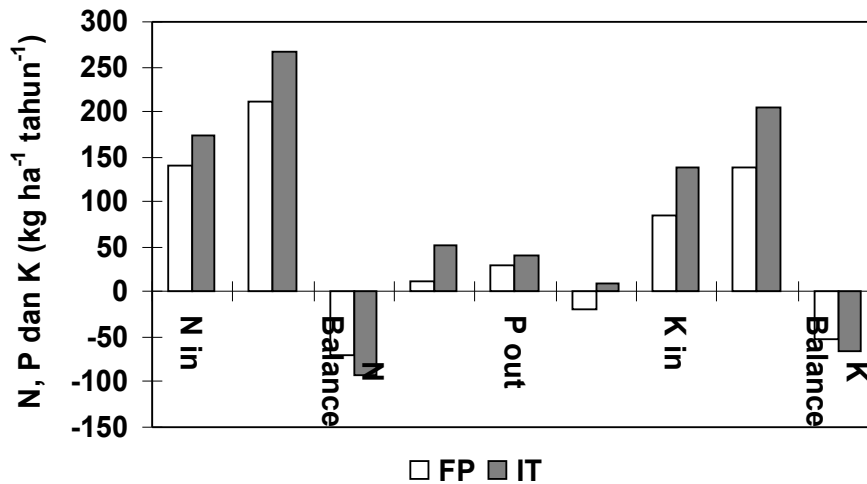
%; Perbandingan terhadap kondisi aktual dalam prosen

* Nilai TSL = 1.154,7 kg ha⁻¹

Secara umum hara N, P, dan K yang masuk ke lahan sawah lebih rendah dibanding dengan hara yang hilang, terutama pada model pengelolaan petani sebagaimana ditunjukkan dengan keseimbangan hara yang negatif (Gambar 23). Dengan introduksi teknologi pemupukan, penambahan hara P ke lahan sawah dapat ditingkatkan. Sementara kehilangannya dapat ditekan sehingga terjadi pengkayaan P di lahan sawah sebagaimana ditunjukkan oleh nilai keseimbangan hara P yang positif, yaitu sebesar 10,4 ke ha⁻¹ tahun⁻¹.

Karena sifatnya yang mobil, hara N dan K relatif sangat mudah hilang. Keseimbangan kedua hara tersebut masing-masing adalah -71,0 dan -93,0 kg ha⁻¹ tahun⁻¹ dan -53,0 dan -65,0 kg ha⁻¹ tahun⁻¹

pada model petani dan model introduksi teknologi pemupukan. Melalui pengembalian jerami ke lahan sawah, konsentrasi hara khususnya N dan K dapat ditingkatkan kurang lebih dua kali. Kenaikan hara tersebut akan lebih tinggi jika introduksi pemupukan (IT) dilakukan. Hal ini menunjukkan bahwa pengembalian jerami padi sangat penting untuk peningkatan hara dan efisiensi penggunaan pupuk.

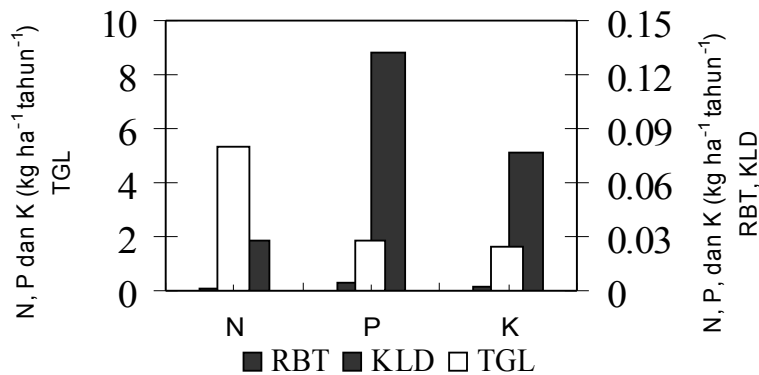


Gambar 23. Keseimbangan (*balance*) hara N, P, dan K pada lahan sawah model petani (*farmer practices*/FP) dan pada lahan sawah dengan introduksi teknologi (IT)

Kehilangan hara N, P dan K pada lahan tegalan lebih tinggi dibanding pada lahan rambutan dan campuran antara rambutan dan

semak belukar dan sawah. Secara umum keseimbangan hara pada lahan tegalan adalah negatif, yang menunjukkan bahwa pada lahan ini cenderung terjadi degradasi tanah akibat hilangnya hara. Sebaliknya lahan yang digunakan untuk tanaman tahunan umumnya memiliki keseimbangan hara positif yang menunjukkan adanya proses pengkayaan (*enrichment*) di dalam tanah.

Pada penggunaan lahan tegalan kehilangan hara N, P, dan K masing-masing sebesar 5,34; 1,82; dan 1,65 kg ha⁻¹ tahun⁻¹, lebih tinggi dibanding pada rambutan (0,001; 0,004; dan 0,002 kg ha⁻¹ tahun⁻¹) dan campuran rambutan dengan semak belukar (0,028; 0,132; dan 0,077 kg ha⁻¹ tahun⁻¹) (Gambar 24). Tingginya kehilangan hara N, P dan K pada lahan tegalan disebabkan oleh relatif tingginya erosi dan limpasan permukaan.



Gambar 24. Kehilangan hara N, P, dan K pada berbagai penggunaan lahan (RBT: Rambutan; KLD: Rambutan + semak belukar; TGL: Tegalan)

Dalam implementasinya, penggunaan lahan untuk tanaman tahunan lebih baik pengaruhnya terhadap kerusakan lingkungan akibat erosi dibanding dengan penggunaan lahan untuk tanaman semusim. Jika lahan digunakan untuk tanaman semusim tindakan konservasi tanah harus dilakukan, agar erosi dapat dikendalikan dan kerusakan lingkungan dapat diminimalkan.

2.4.8. Analisis biofisik dan sosial ekonomi fungsi lahan pertanian sebagai mitigasi banjir

Sawah yang selama ini dipandang hanya sebagai penghasil pangan saja, ternyata mempunyai fungsi lain yang belum banyak dikenal atau diabaikan oleh berbagai kalangan. Peran sawah ini sejak dulu tidak pernah berubah. Meskipun memberikan manfaat lingkungan dalam hal pengendalian banjir dan erosi tanah, tetapi keberadaan lahan sawah terus menyusut tertekan oleh perkembangan permukiman dan industri. Salah satu fungsi lain lahan sawah adalah sebagai penyedia jasa lingkungan yang antara lain dapat membantu mengurangi banjir yang merupakan masalah lingkungan yang paling merisaukan. Di daerah-daerah dengan tingkat curah hujan tinggi, fungsi sawah ini menjadi sangat penting karena mampu mencegah atau mengurangi terjadinya debit air maksimum penyebab banjir di bagian hilir suatu kawasan DAS.

Penelitian mengenai multifungsi lahan pertanian di Indonesia di bawah koordinasi Puslitbangtanak dan Sekretariat ASEAN yang dibiayai dana *grant* dari Jepang telah berlangsung selama 4 tahun.

Penelitian ini telah menghasilkan data kualitatif dan kuantitatif tentang multifungsi lahan pertanian. Pada tahun anggaran 2004 penelitian difokuskan pada analisis biofisik dan sosial ekonomi pada fungsi lahan pertanian sebagai mitigasi banjir. Penelitian tahun ketiga ini terdiri atas dua kegiatan utama: (1) analisis biofisik fungsi lahan pertanian sebagai mitigasi banjir dan (2) analisis biaya dan ekonomi teknologi pertanian yang berprospek untuk mitigasi banjir. Penelitian dilakukan di sub-DAS Citarum Hulu, Jabar dan DAS Kaligarang, Jateng dengan kegiatan survei lapangan. Data primer dikumpulkan melalui wawancara dengan responden dan observasi lapangan yang dilakukan pada bulan Mei - Juli 2004.

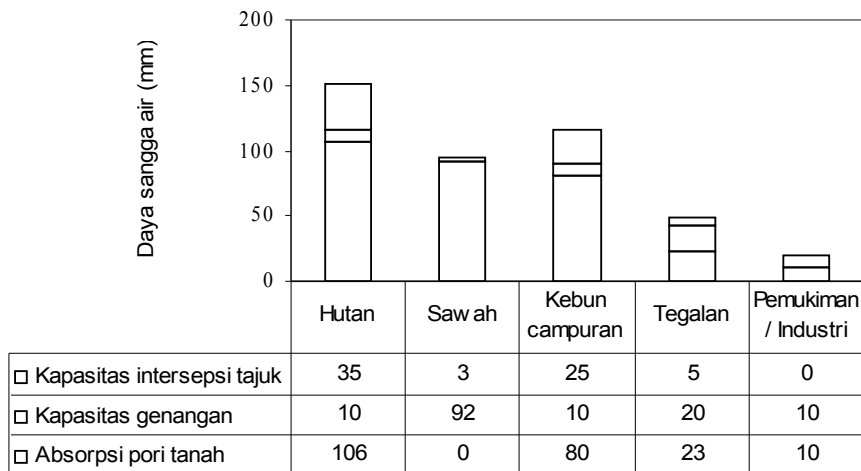
Analisis biofisik fungsi lahan pertanian sebagai mitigasi banjir

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari DAS Citarum Hulu yang berukuran besar (167.450 ha) dengan ketersediaan data yang berhasil dikumpulkan, sangat sulit membedakan pengaruh perubahan pola curah hujan dan sistem pengelolaan lahan. Sedangkan pada DAS Kaligarang dengan ukuran kecil (18.980 ha) memperlihatkan pengaruh yang lebih jelas pada sistem penggunaan lahan terhadap hasil air, seperti tanaman pangan mempunyai hasil air lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman tahunan, dimana hal tersebut mengindikasikan lahan yang ditanami tanaman pangan berfungsi sebagai mitigasi banjir lebih tinggi.

Banjir cenderung meningkat di kedua DAS terutama sebagai akibat perubahan cepat penggunaan lahan walaupun ada sedikit

peningkatan jumlah curah hujan. Banyak data hidrologi maupun curah hujan jangka panjang tidak tersedia untuk cakupan wilayah di kedua DAS yang relatif luas ini, namun dengan asumsi dan prediksi dari data hidrologi yang ada serta hasil pengukuran beberapa karakteristik tanah, hasil penelitian menunjukkan adanya keterkaitan antara penggunaan lahan, hujan, dan banjir. Di kedua DAS, luas areal sawah dan hutan yang berperan penting dalam mitigasi banjir terus menurun. Penurunan luas lahan sawah mencapai 0,2-0,3% tiap tahun, sementara itu daerah permukiman dan industri yang hampir tidak mampu meretensi air hujan justru berkembang 2-4,5% setiap tahun.

Daya sangga air beberapa macam penggunaan lahan disajikan pada Gambar 25. Secara umum dapat dilihat bahwa daya mitigasi banjir lahan hutan paling tinggi, kemudian diikuti oleh lahan pertanian berbasis pohon-pohonan dan lahan sawah. Sedangkan areal perumahan dan industri mempunyai daya mitigasi banjir paling rendah. Dengan demikian, mempertahankan areal persawahan dan hutan, berarti dapat mengurangi kemungkinan terjadi banjir di daerah hilir suatu DAS.



Gambar 25. Daya sangga air (daya mitigasi banjir) berbagai tipe penggunaan lahan

Analisis ekonomi teknologi pertanian yang berprospek untuk mitigasi banjir

Wawancara dilakukan kepada 101 responden di DAS Citarum dan 70 responden di DAS Kaligarang yang berusia dari 32 – 60 tahun. Responden penelitian terdiri atas para petani pemilik penggarap usaha tani sawah irigasi teknis (38 responden), sawah tadah hujan (30 responden), lahan kering berbasis tanaman pangan (31 responden), lahan kering berbasis tanaman sayuran (26 responden), dan kebun

campuran atau agroforestri (46 responden). Responden lainnya, sejumlah 45 orang adalah pengambil kebijakan, yakni pegawai pemerintah yang mempunyai wewenang atau akses terhadap pengambilan keputusan, khususnya di bidang pertanian.

Analisis sosial ekonomi menunjukkan bahwa dari hasil survei yang dilakukan terhadap responden, hanya 50% pegawai negeri yang prihatin terhadap dampak negatif yang ditimbulkan dari alih fungsi lahan sawah ke penggunaan nonpertanian. Sekitar 50% dari responden yakin bahwa alih fungsi lahan tersebut potensial meningkatkan perekonomian. Hanya 20 – 23% responden setuju bahwa alih fungsi lahan bisa memberikan lapangan pekerjaan dan selebihnya tidak setuju. Lebih dari 50% dari responden mengkhawatirkan akibat negatif dari alih fungsi lahan sawah terhadap kerusakan lingkungan. Secara lebih detail hasil survei tersebut disajikan pada Tabel 54.

Kebanyakan sistem pertanian pada kedua lokasi layak secara finansial, meskipun sistem pertanian lahan kering tersebut hanya memberikan keuntungan yang kecil. Lahan kering berbasis tanaman sayuran dan kebun campuran/agroforestri memberikan net rasio B/C yang paling tinggi. Secara keseluruhan analisis biaya dari beberapa sistem pertanian di DAS Citarum dan Kaligarang disajikan pada Tabel 55.

Tabel 54. Persepsi responden kebijakan mengenai alih fungsi lahan sawah di DAS Citarum dan Kaligarang

Uraian	Proporsi responden
--------	--------------------

	DAS Citarum	DAS Kaligarang
	%	
Persepsi mengenai tingkat atau proses alih fungsi lahan sawah ke penggunaan lahan nonpertanian		
- Skala besar	42,9	70,6
- Skala lokal	46,4	29,4
- Tidak tahu	10,7	0,0
Jenis dampak negatif akibat alih fungsi lahan sawah		
- Ketahanan pangan melemah (terganggu)	53,1	42,9
- Polusi/pencemaran lingkungan	28,1	47,6
- Lainnya	18,8	9,5
Jenis dampak positif akibat alih fungsi lahan sawah		
- Pertumbuhan ekonomi daerah meningkat	50,0	54,2
- Tersedianya lapangan pekerjaan nonpertanian	23,3	20,8
- Pembangunan infrastruktur meningkat	26,7	25,0

Secara finansial usaha tani lahan sawah dan lahan kering di lokasi penelitian adalah layak, tetapi hasil usaha tani tersebut tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan hidup petani dan keluarganya karena luas lahan garapan terbatas (<0,5 ha). Ketergantungan para petani lahan sawah terhadap sektor nonpertanian cukup tinggi dan sekitar 30% dari petani ini cenderung akan menjual lahan sawahnya manakala ada kesempatan. Apabila manfaat dari lahan sawah, khususnya dalam hal pengendalian banjir diikutkan dalam perhitungan ekonomi, nilai tersebut adalah sebesar 33,4% dari pendapatan usaha taninya. Nilai ini bisa lebih tinggi bila jasa multifungsi lainnya diperhitungkan dan, dengan perhitungan ini, minat atau gairah petani untuk terus mengelola usaha taninya dapat meningkat. Kemauan untuk menjual lahan sawah tersebut akan berkurang jika ditawarkan insentif kepada petani. Insentif yang

diharapkan oleh sekitar 67% petani responden adalah biaya sarana produksi (saprodi) yang 25% lebih rendah daripada harga pasar saat ini. Secara lebih detail hasil survei disajikan pada Tabel 56.

Tabel 55. Analisis finansial beberapa sistem pertanian di DAS Citarum dan Kaligarang

Uraian	Sawah	Sawah tadah hujan	Lahan kering berbasis tanaman pangan	Lahan kering berbasis tanaman sayuran	Kebun campuran atau agroforestri
USD ha ⁻¹ thn ⁻¹					
DAS Citarum					
1. Biaya produksi	424,3	222,3	846,7	3.492,5	110,0
2. Nilai produksi	793,7	583,5	899,3	7.928,3	383,6
3. Keuntungan	359,4	361,2	52,6	4.435,8	273,6
4. Rasio B/C [(3)/ (1)]	0,85 1,08	1,62 0,69	0,06 1,23	1,27 0,78	2,49 0,48
5. Luas lahan (ha)	388,2	249,2	64,7	3.459,9	131,3
6. Pendapatan petani					
DAS Kaligarang					
1. Biaya produksi	449,8	389,6	402,0	4.886,5	44,3
2. Nilai produksi	793,6	480,3	738,9	19.118,5	516,8
3. Keuntungan	343,8	90,7	336,9	14.232,0	472,5
4. Rasio B/C [(3)/ (1)]	0,76 0,37	0,23 0,68	0,84 0,38	2,91 0,10	10,66 0,24
5. Luas lahan (ha)	127,2	61,7	128,0	1.423,2	113,4
6. Pendapatan petani					

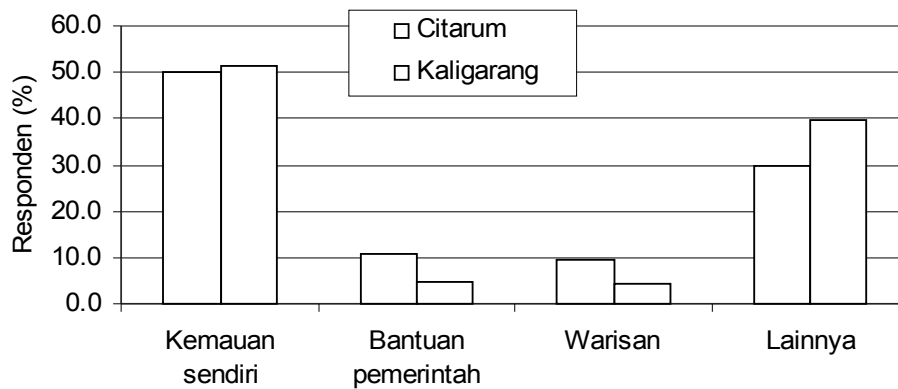
Catatan: Berdasarkan pada analisis saat ini (tanaman tahunan, karet, atau buah-buahan yang berumur kurang dari 6 tahun)

Pada usaha tani lahan kering sebagian besar petani telah menerapkan konservasi tanah dan air, karena baik secara penuh ataupun sebagian telah dibantu dari berbagai proyek pengembangan

yang didanai oleh pemerintah. Mereka berkemauan untuk melanjutkan usaha konservasi tanah dan air tersebut jika dibantu baik hanya sebagian atau secara penuh. Grafik Motivasi petani untuk menerapkan konservasi tanah dan air di DAS Citarum Hulu dan Kaligarang disajikan pada Gambar 26.

Tabel 56. Persepsi petani mengenai potensi keuntungan jenis insentif yang diinginkan, dan kemauan untuk tetap bertani di DAS Citarum dan Kaligarang

Uraian	DAS Citarum		DAS Kaligarang		Rata-rata	
	Sawah irigasi	Sawah tadah hujan	Sawah irigasi	Sawah tadah hujan	Sawah irigasi	Sawah tadah hujan
	%					
Potensi keuntungan:						
- Menguntungkan	57,1	78,6	72,7	40,0	64,9	59,3
- Tidak menguntungkan	42,9	21,4	27,3	60,0	35,1	40,7
Jenis insentif yang diinginkan:						
- Saprodi	83,3	81,8	66,7	75,0	75,0	78,4
- Peningkatan harga dasar	16,7	18,2	33,3	25,0	25,0	21,6
Kemauan untuk:						
- Tetap bertani	62,9	71,4	81,8	70,0	72,4	70,7
- Menjual lahannya	37,1	28,6	18,2	30,0	27,6	29,3



Gambar 26. Motivasi petani untuk menerapkan konservasi tanah dan air di DAS Citarum Hulu dan Kaligarang

2.4.9. Perbaikan tindakan konservasi tanah/agroforestri pada sistem usaha tani berbasis kopi di Sumberjaya, Lampung Barat

Delineasi wilayah rawan erosi

Dalam beberapa kegiatan perencanaan konservasi tanah, penentuan daerah rawan erosi didasarkan pada kemiringan lahan dan tanaman penutup tanah. Para peneliti juga telah memahami bahwa sifat-sifat fisika tanah merupakan faktor yang berpengaruh pada kemudahan tanah tererosi. Model prediksi erosi yang saat ini populer telah memasukkan faktor tersebut, namun pengamatan secara maksimal tidak sepenuhnya dapat dilakukan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menyediakan informasi spasial tentang daerah rawan erosi yang perlu dilakukan tindakan konservasi tanah. Daerah rawan erosi didelineasi berdasarkan data yang terkumpul dan peta-peta tematik (peta topografi, *landform*, tanah, dan penggunaan lahan) yang ada. Dengan cara ini diperoleh informasi pengelolaan lahan yang bermanfaat dan memperhatikan tindakan konservasi tanah. Hasil penelitian terdahulu di Sumberjaya menunjukkan bahwa kehilangan tanah berkorelasi nyata dengan sifat-sifat fisik tanah, seperti pori drainase cepat dan hidrolis konduktivitas jenuh (K-sat). Ini memberikan pengertian bahwa bahaya erosi dapat diprediksi melalui sifat fisika tanah. Setiap satuan lahan didelineasi dengan bantuan peta topografi, peta bentuk lahan dan peta tanah. Pada setiap satuan lahan dilakukan pengamatan mini pits dan karakterisasi sifat-sifat fisik tanah. Data yang terkumpul diolah untuk menyusun peta rawan erosi pada setiap satuan lahan.

Daerah penelitian mempunyai luas 47.800 ha dan merupakan bagian dari sub-DAS Way Besay dengan kisaran ketinggian tempat antara 700 – 1.700 m dpl. Daerah ini beriklim tipe A dalam klasifikasi iklim menurut Schmidt-Ferguson (1951) atau zone B1 menurut Oldeman *et al.* (1979), mempunyai rata-rata curah hujan tahunan sebesar 2.614 mm tahun⁻¹, dengan tujuh bulan basah (>200 mm bulan⁻¹) dan hanya satu bulan kering (<100 mm bulan⁻¹). Suhu udara harian rata-rata 21,2°C dan berkisar antara 20,2 - 21,7°C.

Sebagian besar (95%) tanah-tanah di daerah penelitian berkembang dari bahan vulkanik (tufa, lava, abu vulkanik, basalt) dan

hanya sebagian kecil dari bahan aluvium dan granit. Tanah berasal dari abu vulkanik umumnya mempunyai tingkat bahaya erosi rendah, sementara itu tanah dari tufa yang paling mudah tererosi. Tanah dari abu vulkanik mempunyai C-organik tinggi (6,06%) dengan berat isi rendah ($0,72 \text{ g cm}^{-3}$) dan struktur sangat stabil (*index stabilitas agregat* 104,5). Tanah dari tufa dan lava serta tanah dari basalt dan granit mempunyai indeks stabilitas agregat yang lebih rendah (Tabel 57). Kandungan bahan organik tanah merupakan sifat tanah yang sangat berpengaruh terhadap kerawanan erosi. Hasil analisis komponen (*principle component analysis* = PCA) terhadap data berat volume, total pori, pori drainase cepat, permeabilitas dan bahan organik menunjukkan bahwa sifat-sifat fisik dan bahan organik tanah berpengaruh pada laju erosi di Sumberjaya.

Daerah rawan erosi telah didelineasi menjadi empat kelas yaitu sangat rendah, rendah ($2 \text{ t ha}^{-1} \text{ tahun}^{-1}$), sedang ($2-10 \text{ t ha}^{-1} \text{ tahun}^{-1}$) dan tinggi ($>10 \text{ t ha}^{-1} \text{ tahun}^{-1}$) (Tabel 58). Kelas rendah, sedang dan tinggi diperoleh dari analisis menggunakan PCA dan kelas sangat rendah diperoleh dari analisis dan interpretasi bentuk wilayah (*landform*). Sebagian besar wilayah Sumberjaya peka terhadap erosi. Sasaran utama penerapan teknologi konservasi terletak di daerah yang mempunyai kelas sedang sampai tinggi dengan prioritas utama di daerah dengan kelas laju erosi tinggi (Gambar 27).

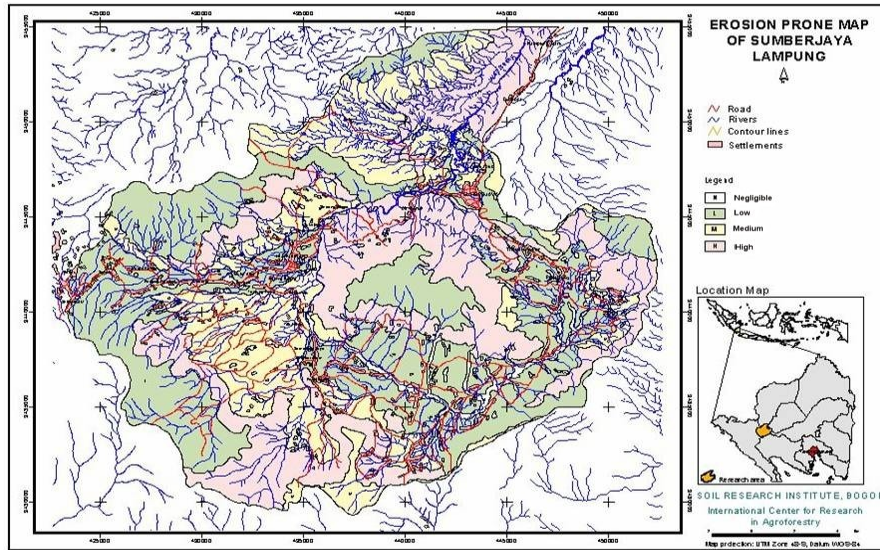
Tabel 57. Sifat-sifat fisik tanah pada bahan induk berbeda

Bahan induk	Berat isi	Indeks	Permeabilitas	C-organik
-------------	-----------	--------	---------------	-----------

	g cm ⁻³	stabilitas agregat	jam	%
Abu vulkanik	0,72	104,50	12,42	6,06
Tufa dan lava	0,93	101,12	7,40	3,27
Basalt	1,04	102,00	8,0	2,23
Granit	0,95	86,33	6,23	2,56

Tabel 58. Daerah rawan erosi di Sumberjaya, Kabupaten Lampung Barat

Laju erosi	Keterangan	Luas	%
t ha ⁻¹ tahun ⁻¹		ha	%
0	Sedikit	1.839,69	4,1
< 2	Rendah	13.08,14	30,8
2 – 10	Sedang	12.838,33	28,68
> 10	Tinggi	16.578,29	37,03
Total		44.764,45	100,00



Gambar 27. Peta kelas laju erosi di Sumberjaya, Lampung Barat

Pengujian alternatif konservasi tanah/sistem agroforestri

Perubahan hutan menjadi lahan pertanian di daerah tropik dan intensifikasi serta penggunaan lahan pertanian yang tidak memperhatikan daya dukung lahan dapat mengakibatkan degradasi tanah. Hasil penelitian tahun 2002/2003 menunjukkan bahwa perubahan hutan menjadi lahan pertanian menyebabkan peningkatan jumlah aliran permukaan dan kehilangan tanah, perubahan nyata pada bahan organik tanah, pengurangan kation Ca^{2+} , Mg^{2+} , dan K^+ yang dapat dipertukarkan dan naiknya suhu udara.

Dengan meningkatnya populasi penduduk di sekitar hutan, perubahan penggunaan lahan hutan menjadi lahan usaha tani tidak

dapat hindarkan. Perubahan tersebut perlu dikendalikan agar kondisi lahan dan DAS Way Besai tetap lestari dengan menganjurkan dan mengharuskan penduduk untuk menerapkan teknik-teknik konservasi lahan yang berbasis agroforestri agar kerusakan lahan dapat dicegah. Praktek konservasi tanah seperti pembuatan rorak (lubang pengendapan erosi dan penampungan sampah), penggunaan tanaman pelindung dan tanaman sela pada kopi, telah dilakukan petani setempat di daerah Sumberjaya, Lampung Barat.

Penelitian diarahkan untuk menyediakan pilihan teknik pengelolaan lahan pada sistem pertanian berbasis kopi untuk meningkatkan partisipasi petani pemilik dan penggarap lahan dalam melestarikan lahan pertanian dan DAS Way Besai. Dua aspek penting yang perlu diperhatikan adalah (1) pada dua tahun terakhir petani di Sumberjaya telah menanam *Arachis pinto* sebagai legum penutup tanah dan (2) banyak petani tidak mampu melakukan pemupukan terhadap kopinya, khususnya pada waktu harga kopi rendah. Karena itu petani perlu diberi pengetahuan dan kemampuan untuk mengamati dan mencoba mengembangkan tindakan konservasi tanah pada lahan miliknya.

Tujuan dari penelitian ini adalah: (1) mengevaluasi pengaruh pilihan teknologi agroforestri dalam sistem pertanian berbasis kopi terhadap kehilangan tanah, perubahan kesuburan tanah, produksi kopi dan keuntungan petani kopi dan (2) menduga metode petani dalam mengevaluasi kualitas tanah dan kepekaan tanah tererosi. Metode penelitiannya mencakup pemilihan teknologi untuk dipakai

oleh 50 petani peserta dalam penggunaan *Arachis pinto* sebagai tanaman penutup tanah pada sistem pertanian kopi, pengecekan kesuburan tanah, analisis modal petani, hasil kopi, dan kehilangan tanah.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa setelah dua setengah tahun *Arachis pinto* ditanam oleh 50 petani peserta, sebanyak 22 orang memperoleh pertumbuhan yang baik (penutupan >75%), 3 petani dengan pertumbuhan sedang (penutupan 50-74%) dan sebanyak 17 orang kurang baik (penutupan <50%). Pertumbuhan *Arachis pinto* yang baik dan sedang, terjadi pada tanah milik petani dengan kesuburan lebih baik. Hasil biomassa segar berkisar antara 13,76 - 59,04 t ha⁻¹ tahun⁻¹ atau setara dengan 3,08 t ha⁻¹ - 3,20 t ha⁻¹ biomassa kering tahun⁻¹. Jika biomassa ini digunakan sebagai kompos akan memberikan sumbangan N, P, dan K setara dengan 120-508 kg urea, 24-108 kg SP-36 dan 60-252 kg KCl ha⁻¹ setiap tahun dan dapat mengurangi belanja pupuk atau mampu menabung per tahun antara Rp 286.800,- sampai Rp 1.221.600,-. (Tabel 59). Penanaman *Arachis pinto* juga berpengaruh pada peningkatan status hara C, N, Ca, dan Mg.

Tabel 59. Potensi produksi hara yang setara dengan pupuk urea, SP-36, dan KCl dari biomassa *Arachis pinto*

Keadaan pertumbuhan	Produksi hara			Nilai rupiah
	Urea	SP-36	KCl	
	kg ha ⁻¹ tahun ⁻¹			Rp

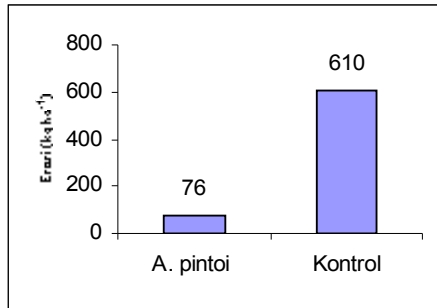
Jelek	120	24	60	286.800
Baik	508	108	252	1.221.600
Rata-rata	276	60	136	663.600

Arachis pintoi juga mampu memperbaiki sifat-sifat fisik tanah, yaitu menurunkan berat volume tanah, meningkatkan jumlah pori makro, pori air tersedia, dan permeabilitas tanah berturut-turut 74% vol; 1,62% vol; dan 3,99 cm jam⁻¹ (Tabel 60). Adanya *Arachis pintoi* pada sistem pertanian berbasis kopi juga menekan kehilangan tanah karena erosi. Pada petak dengan tanaman *Arachis pintoi* kehilangan tanah sebesar 76 kg ha⁻¹, sedang pada petak kontrol sebesar 610 kg ha⁻¹(Gambar 28). Produksi dan kualitas kopi pada petak dengan *Arachis pintoi* juga lebih baik daripada petak kontrol. Persentase produksi biji kopi isi dan biji kopi bersih dari petak *Arachis pintoi* berturut-turut 14,5% dan 33,4% lebih besar dari petak kontrol (Gambar 29).

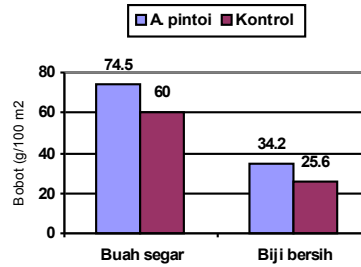
Tabel 60. Sifat-sifat fisik tanah sebelum dan sesudah ditanami *Arachis pintoi*

Parameter	Sebelum tanam			Setelah dua tahun tanam			Setelah dua tahun tanpa tanam		
	Min	Mak	Rata-rata	Min	Mak	Rata-rata	Min	Mak	Rata-rata
BD (g cm ⁻³)	0,68	1,00	0,91	0,75	0,97	0,88	0,85	1,03	0,96
Mac.P (%v/v)	11,40	31,10	16,13	13,02	22,86	19,87	12,02	29,93	18,42
Mic.P (%v/v)	4,90	5,40	5,11	4,41	5,12	4,68	4,35	5,00	4,75
AW (%v/v)	8,33	20,85	15,24	16,58	21,79	17,86	11,68	18,83	16,01
Perm. cm jam ⁻¹	0,08	6,87	1,91	1,52	12,61	5,72	1,67	7,95	4,85

Keterangan: BD = berat isi; Mac. P = pori makro; Mic. P = pori mikro; AW = pori air tersedia; Perm = permeabilitas



Gambar 28. Jumlah tanah tererosi (kg ha⁻¹ th⁻¹) setelah 2 tahun penanaman *A. pintoi* pada usaha tani berbasis kopi



Gambar 29. Hasil biji kopi bersih setelah 2 tahun penanaman *Arachis pinto*

2.5. Publikasi dan Komunikasi Hasil Penelitian

Balai Penelitian Tanah adalah lembaga penelitian tingkat nasional yang mempunyai mandat melaksanakan penelitian di bidang tanah untuk mendukung peningkatan pemanfaatan SDL untuk pertanian dan menjaga kelestariannya. Salah satu tugas dan fungsi dari lembaga ini adalah membina dan mengembangkan data dan informasi serta pengelolaan teknologi tanah guna mendukung program pertanian, khususnya untuk mengembangkan usaha agribisnis. Setiap tahun anggaran, banyak hasil-hasil penelitian Balittanah yang dapat dipublikasikan dan disebarluaskan kepada pengguna, baik kalangan akademisi, ilmuwan, instansi pemerintah dan swasta maupun petani.

Kegiatan ini meliputi penerbitan publikasi ilmiah maupun ilmiah populer, pendokumentasian hasil-hasil kegiatan penelitian, dan diseminasi hasil. Tujuan dari kegiatan publikasi dan penyebaran hasil ini adalah mempublikasikan hasil-hasil penelitian guna meningkatkan dan menyebar-luaskan penerapan hasil-hasil penelitian. Metode yang digunakan dalam pelaksanaan kegiatan ini adalah: diskusi, pembentukan tim penyusun, pengumpulan bahan, seleksi bahan, pembahasan dan konsultasi, *editing*, *setting*, pencetakan, dan penyebaran hasil. Sedangkan bahan-bahan yang digunakan dalam pelaksanaan kegiatan adalah tulisan ilmiah, ilmiah populer, maupun tulisan populer dari hasil-hasil penelitian oleh para peneliti lingkup Balittanah maupun dari luar Balittanah.

Dalam TA 2004 kegiatan publikasi dan penyebaran hasil penelitian Balittanah telah menghasilkan publikasi yang dikemas dalam bentuk buku Laporan Tahunan Hasil Penelitian tahun 2003, sepuluh judul leaflet, Petunjuk Teknis (Juknis) Pengamatan Tanah, Juknis Pengujian Pupuk Alternatif Anorganik, buku Teknologi Pengelolaan Lahan Sawah, dan buku Teknologi Konservasi Tanah pada Lahan Pertanian Berlereng.

Informasi dan teknologi hasil penelitian yang dilakukan Balittanah telah cukup tersedia dan siap disebarluaskan. Hasil kegiatan penelitian sampai TA 2003, baik hasil karakterisasi sumber daya tanah maupun teknologi pengelolaannya selalu bertambah sesuai dengan program-program penelitian yang dilaksanakan. Data hasil penelitian tersebut sebagian besar disimpan dalam bentuk publikasi, laporan

hasil penelitian dan lain-lain, perlu segera disampaikan kepada pengguna.

Kegiatan komunikasi hasil penelitian tanah, yang bertujuan menyiapkan dan menyusun bahan komunikasi dan informasi hasil penelitian tanah, menyebarluaskan hasil penelitian tanah, menghimpun umpan balik dari para pengguna hasil penelitian untuk meningkatkan kinerja Balittanah disampaikan dalam bentuk: (1) kegiatan seminar rutin; (2) pameran/ekspose; (3) pembuatan video Balittanah; (4) pembuatan kaca makromonolit di museum tanah; dan (5) pembuatan *website* Balittanah.

Diharapkan kegiatan komunikasi hasil penelitian tanah ini dapat memperlancar dan meningkatkan kinerja penelitian dalam hal pelayanan kepada para pengguna hasil penelitian, sehingga dapat terwujudnya kerjasama yang baik dengan pengguna secara luas dan berkesinambungan.

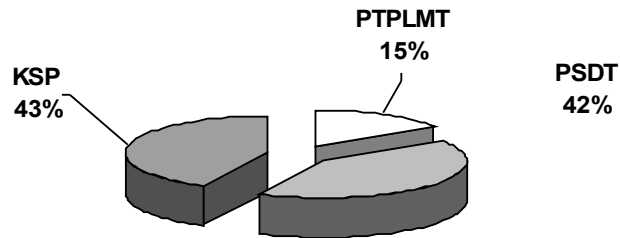
III. ANGGARAN DAN SUMBER DAYA

3.1. Anggaran Penelitian

Anggaran penelitian Balittanah pada TA 2004 tertuang dalam DIP Bagpro Penelitian Sumber daya Tanah (PSDT), Bagpro Penelitian Tanaman Pangan Lahan Masam Tamanbogo (PTPLMT), dan Kerjasama Penelitian (KSP) dalam dan luar negeri. Proporsi dari masing-masing sumber dana disajikan dalam Gambar 30 dan alokasi pembiayaan untuk TA 2003 dan 2004 disajikan pada Tabel 61.

Tabel 61. Alokasi anggaran untuk Balittanah pada TA 2003 dan 2004

Sumber dana	Pagu		Realisasi	
	2003	2004	2003	2004
	Rp			
Bagpro PSDT	2.590.928.000	2.463.731.000	2.552.299.624	2.439.333.679
Bagpro PTPLM	1.135.096.000	906.506.000	1.012.859.387	880.083.619
KSP Balittanah	1.578.366.500	2.498.321.250	1.228.439.420	2.498.321.250



Gambar 30. Proporsi masing-masing sumber dana penelitian Balittanah

Anggaran kerjasama penelitian (KSP) sebagian besar merupakan hibah dari lembaga penelitian luar negeri, swasta dalam negeri, dan pemerintah negara sahabat. Pada tahun 2004 seluruhnya mencapai Rp 2.132.151.250,-. Tingginya perolehan kerjasama penelitian menunjukkan bahwa Balittanah dipercaya untuk melakukan penelitian-penelitian di bidang tanah.

3.1.1. Penerimaan bukan pajak

Penerimaan bukan pajak berasal dari Pelayanan Jasa Umum. Selama periode Januari - Desember 2004, contoh tanah, air, pupuk, dan tanaman yang diterima Pelayanan Jasa Umum untuk dianalisis jumlahnya 12.538 dengan rincian disajikan pada Gambar 32b, dan pesanan reproduksi peta serta hasil penjualan peta dan buku cetakan (Tabel 62).

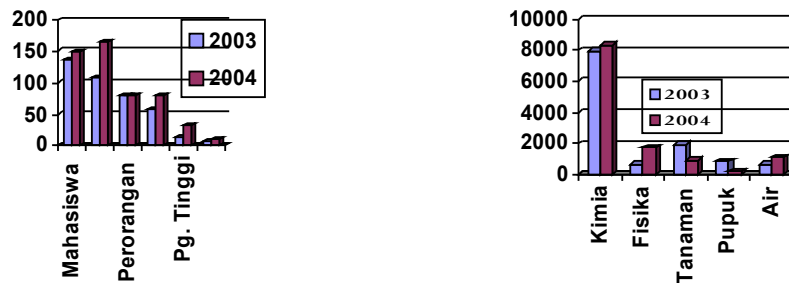
Tabel 62. Jumlah reproduksi peta, pembelian peta digital, dan buku serta peta cetakan

No.	Jenis produk	Jumlah pesanan/pembelian
1.	Reproduksi peta blanko	56
2.	Reproduksi peta berwarna	59
3.	Reproduksi peta digital	25
4.	Peta cetakan	26
5.	Buku	6
6.	Copy file peta digital	3.514 KB

Untuk peta cetakan, yang banyak terjual adalah peta-peta satuan lahan dan tanah Sumatera, skala 1:250.000. Sedangkan untuk

peta-peta hasil reproduksi yang diminta pengguna selain peta tanah dari berbagai skala, juga peta-peta kesesuaian lahan untuk komoditas tertentu dan peta arahan penggunaan lahan untuk pertanian.

Pengguna produk-produk pelayanan jasa umum berasal dari berbagai instansi pemerintahan, swasta, perguruan tinggi, mahasiswa maupun perorangan. Pengguna dari kalangan swasta dan instansi pemerintah peningkatannya lebih banyak dibandingkan pengguna lainnya (Gambar 31). Hal ini menunjukkan bahwa Balittanah sudah semakin dikenal peranannya baik untuk layanan jasa laboratorium maupun pemanfaatan hasil-hasil penelitian yang sudah ada.



Gambar 31. Pengguna produk-produk Balittanah (a) dan jumlah pelayanan jasa umum yang diterima (b) tahun 2004

Sumber keuangan Pelayanan Jasa Umum diperoleh dari jasa analisis kimia tanah, air, pupuk, tanaman, fisika dan mineral, serta reproduksi peta. Harga analisis tanah dan reproduksi peta yang

diberlakukan di Pelayanan Jasa Umum mengacu kepada PP. Tarif No. 49 tahun 2002.

Pengelolaan uang di Pelayanan Jasa Umum mengacu kepada Surat Memorandum Kepala Balittanah No. 92/KU.330/J.6.2/I/2004, Balittanah menyetorkan Penerimaan Negara Bukan Pajak (PNBP) ke Kas Negara sebesar 30%. Selama tahun 2004, jasa analisis, reproduksi dan pembelian peta, serta penjualan buku cetakan adalah sebesar Rp 698.055.243,- (Enam ratus sembilan puluh delapan juta lima puluh lima ribu dua ratus empat puluh tiga rupiah). PNBP yang disetorkan ke Kas Negara selama tahun 2004 adalah sebesar Rp 216.391.063,90 (Dua ratus enam belas juta tiga ratus sembilan puluh satu ribu enam puluh tiga rupiah sembilan puluh sen) (Tabel 63). PNBP yang disetorkan berasal dari analisis dan reproduksi peta sebesar Rp 206.626.563,90 (Dua ratus enam juta enam ratus dua puluh enam ribu lima ratus enam puluh tiga rupiah sembilan puluh sen) dan hasil penjualan buku serta peta cetakan sebesar Rp 9.764.500,- (Sembilan juta tujuh ratus enam puluh empat ribu lima ratus rupiah).

Tabel 63. Perbandingan penerimaan negara bukan pajak (PNBP) tahun 2003 dan tahun 2004

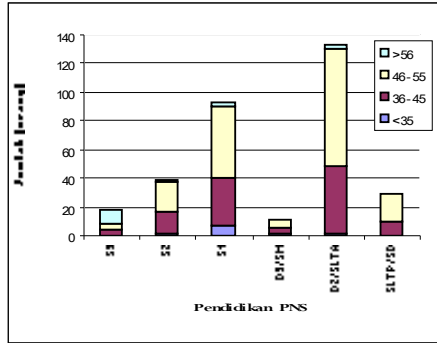
Bulan	Jumlah PNBP yang disetorkan	
	Tahun 2003	Tahun 2004
	Rp	
Januari	9.176.044,00	16.538.850,00
Februari	7.931.862,50	19.469.010,20
Maret	8.677.093,75	22.663.117,50
April	8.007.853,75	20.616.600,00
Mei	6.173.825,00	24.321.875,00
Juni	14.146.456,75	7.819.335,00
Juli	14.810.156,25	14.275.478,50

Agustus	21.270.037,50	20.923.872,50
September	11.398.656,25	22.289.647,70
Oktober	22.975.645,00	19.012.257,50
November	13.100.760,00	10.134.405,00
Desember	42.573.863,50	18.326.615,00
Total	180.242.254,25	216.391.063,90

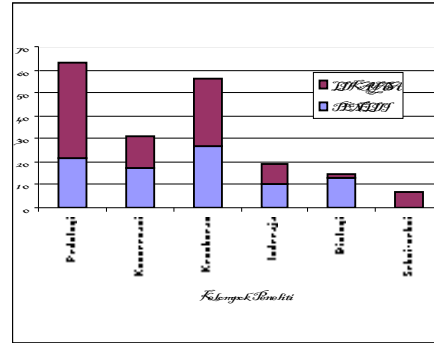
Jika dibandingkan dengan tahun 2003 maka total PNBPN yang di setor oleh Balittanah pada tahun 2004 ini mengalami peningkatan sebesar Rp 36.148.809,65 (Tiga puluh enam juta seratus empat puluh delapan ribu delapan ratus sembilan rupiah enam puluh lima sen) atau 20,06%.

3.2. Sumber Daya Manusia

Jumlah pegawai negeri sipil (PNS) yang bekerja di Balittanah mencapai 322 orang dengan latar belakang pendidikan SLTA (133 orang), S1 (93 orang), S2 (39 orang), S3 (18 orang) sisanya adalah sarjana muda/D3 dan SMP/SD (Gambar 32). Jumlah pejabat fungsional litkayasa (102 orang) lebih banyak dibandingkan dengan jumlah pejabat fungsional peneliti (89 orang) (Gambar 33), sedangkan pegawai struktural berjumlah 131 orang. Komposisi ini kurang seimbang, karena pejabat fungsional peneliti terlalu sedikit.



Gambar 32. Pendidikan dan umur PNS pada Desember 2004 di Balittanah



Gambar 33. PNS pejabat fungsional peneliti dan litkayasa pada Desember 2004 di Balittanah

Pada tahun 2004 PNS yang berusia 46 – 55 tahun berjumlah 198 orang, hal ini memberikan indikasi bahwa 10 tahun yang akan datang pegawai Balittanah diperkirakan tersisa antara 125–150 orang. Jika pejabat fungsional peneliti tidak mampu mencapai jabatan peneliti tertentu maka jumlah PNS di Balittanah berjumlah 125 orang. Jika hal ini terjadi maka akan terjadi kekurangan tenaga terutama tenaga peneliti, litkayasa, dan petugas laboratorium.