



Pengelolaan Lahan Berkarakter Khusus

Sukarman

PENGELOLAAN LAHAN BERKARAKTER KHUSUS

Penyusun

Sukarman
Irsal Las
Muhammad Noor
Chendy Tafakresnanto

Penyunting

Widhya Adhy
Emo Tarma



Pengelolaan lahan berkarakter khusus,

Sukarman

@2021 IAARD PRESS

Hak cipta dilindungi Undang-undang ada pada Penerbit IAARD PRESS. Hak Penerbitan ada pada Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Dilarang menggandakan sebagian atau seluruh isi buku ini dengan cara apapun tanpa izin dari Penerbit.

Katalog dalam terbitan (KDT)

PENGELOLAAN Lahan Berkarakter Khusus/penyusun, Sukarman...[et al.]; penyunting, Widhya Adhy dan Emo Tarma. --- Jakarta: IAARD Press, 2021.

vi, 349 hlm.; ill, tab.; 25 cm.

ISBN: 978-602-344-311-6

1. Pengelolaan Lahan 2. Lahan Berkarakter Khusus

I. Judul

II. Sukarman

III. Adhy, Widhya

630*233

Penyusun:

Sukarman

Irsal Las

Muhammad Noor

Chendy Tafakresnanto

Penyunting:

Widhya Adhy

Emo Tarma

Perancang cover: Sukarman

Penerbit:

IAARD PRESS

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian,

Jln. Ragunan No. 29, Pasar Minggu, Jakarta 12540

E-mail: iaardpress@pertanian.go.id

Anggota IKAPI No. 445/DKI/2012

SAMBUTAN

Dengan mengucapkan Syukur Alhamdulillah Buku Bunga Rampai Pengelolaan Lahan Berkarakter Khusus 2021 ini dapat diterbitkan. Dengan selesainya buku ini diharapkan akan memberikan akselerasi penerapan teknologi yang dapat dilakukan pada berbagai tanah di Indonesia yang mempunyai beragam karakter karena perbedaan faktor pembentuk tanahnya.

Indonesia mempunyai daratan yang cukup luas, dan berada pada berbagai keadaan iklim, topografi, bahan induk, tutupan vegetasi yang beragam serta waktu pembentukan dan umur yang sangat beragam. Hal tersebut menyebabkan tanah/ lahan di Indonesia mempunyai karakter yang berbeda satu sama lainnya. Setiap tanah yang mempunyai karakter tertentu atau khusus tidak bisa diperlakukan sama pengelolaannya dengan tanah lainnya. Diperlukan pengelolaan spesifik, sehingga pemanfaatan suatu tanah untuk pengembangan pertanian, selain akan memberikan manfaat yang seluas-luasnya juga tidak akan menimbulkan dampak buruk terhadap lingkungan sekitarnya. Informasi ini diharapkan akan memberikan pemahaman kepada para pengambil kebijakan maupun kepada para praktisi pertanian bahwa setiap tanah harus diperlakukan berbeda sesuai dengan karakter masing-masing tanahnya.

Atas selesainya buku ini saya menyampaikan terima kasih kepada penyusun, penyunting, dan redaksi pelaksana atas kerja keras dalam penyelesaian buku ini. Kami berharap buku ini dapat menjadi pedoman dalam pembangunan pertanian jangka menengah maupun dalam jangka panjang.

Bogor, Juli 2021
Kepala Balai Besar Penelitian dan
Pengembangan Sumberdaya
Lahan Pertanian,

Dr. Husnain, M.P., M.Sc

PENGANTAR REDAKSI

Lahan berkarakter khusus dimaksud dalam buku ini adalah lahan yang mempunyai sifat-sifat tertentu dan spesifik yang disebabkan karena lahan tersebut mempunyai jenis tanah dengan karakteristik tertentu karena kondisi lingkungan yang berbeda. Perbedaan karakteristik tanah dapat berupa perbedaan sifat-sifat morfologi, kimia, fisika, mineralogi dan biologi tanah, sedangkan keadaan lingkungan dapat berupa keadaan relief atau lereng, iklim yang berupa curah hujan dan temperatur serta agroekologi lainnya. Lahan dengan karakter yang berbeda tersebut sangat berpengaruh terhadap kesesuaian lahannya, dan cara pengelolaannya untuk mendapatkan produksi pertanian yang optimum.

Berbagai komponen teknologi pengelolaan lahan telah banyak dihasilkan oleh balai-balai di lingkup Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian yang didasarkan kepada karakteristik lahannya. Secara garis besar teknologi pengelolaan lahan tersebut terbagi menjadi teknologi untuk lahan rawa (pasang surut, lebak, dan gambut), lahan kering masam, lahan sawah, lahan kering dataran tinggi, lahan kering beriklim basah, lahan kering beriklim kering.

Buku ini meskipun disajikan dalam format penulisan ilmiah, tetapi diharapkan akan memberikan gambaran tentang kesiapan komponen teknologi yang sudah dihasilkan untuk setiap lahan yang mempunyai karakter khusus. Pengelolaan lahan berkarakter khusus dimaksudkan agar setiap lahan dalam pemanfaatannya untuk menghasilkan produksi pertanian dikelola secara khusus dengan memperhatikan karakter dari masing-masing lahan tersebut. Harapannya agar komoditas yang dibudidayakan dapat menghasilkan produksi yang maksimum tanpa menurunkan kualitas lahan yang digunakannya.

Hasil kajian dalam buku ini diharapkan akan menjadi masukan dalam menyusun kebijakan maupun untuk para praktisi pertanian untuk mendorong mempercepat pembangunan pertanian pada berbagai agroekologi di seluruh wilayah Indonesia.

Bogor, Juli 2021

Penyusun,

DAFTAR ISI

	Halaman
SAMBUTAN	i
PENGANTAR REDAKSI	iii
DAFTAR ISI	v
KARAKTER KHUSUS LAHAN DI INDONESIA (<i>Sukarman</i>)	1
PENGEMBANGAN USAHATANI SAYURAN DI LAHAN GAMBUT TERDEGRADASI (<i>Muhammad Noor dan Ai Dariah</i>)	5
PENGELOLAAN LAHAN GAMBUT TERDEGRADASI DI PERKEBUNAN KELAPA SAWIT SWADAYA PETANI (<i>Hendri Sosiawan, Masganti, Ani Susilawati, dan Wiwik Hartatik</i>)	29
PENGELOLAAN LAHAN BERPIRIT DI RAWA PASANG SURUT UNTUK OPTIMASI PADI (<i>Khairil Anwar dan Masganti</i>)	43
PENGELOLAAN TERPADU INOVASI KESUBURAN LAHAN RAWA PASANG SURUT SULFAT MASAM TERDEGRADASI (<i>Mukhlis dan Wahida Annisa</i>)	67
BUDIDAYA PADI PADA LAHAN RAWA PANTAI TERDAMPAK SALINITAS (<i>Wahida Annisa, Hendri Sosiawan, dan Ani Susilawati</i>)	89
INOVASI TEKNOLOGI PENGELOLAAN LAHAN RAWA (<i>R. Smith Simatupang, Eva B.E. Pangaribuan, dan Eni Maftu'ah</i>)	101
PENGEMBANGAN LAHAN RAWA BERBASIS PENGUATAN SUMBERDAYA EKONOMI MENDUKUNG KESEJAHTERAAN PETANI (<i>Yanti Rina D. dan Muhammad Noor</i>)	125
PENGELOLAAN TANAH VULKANIK BERBASIS INOVASI TEKNOLOGI MENUJU PEMBANGUNAN PERTANIAN BERKELANJUTAN (<i>Sukarman dan Husnain</i>)	151
PENGELOLAAN LAHAN BERLERENG DI DAERAH BERIKLIM BASAH (<i>Ai Dariah</i>)	171
PERBAIKAN TANAH DAN PEMUPUKAN BERIMBANG SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN PRODUKTIVITAS LAHAN KERING MASAM (<i>Antonius Kasno dan Ladiyani Retno Widowati</i>)	191
PEMANFAATAN AGROMINERAL DALAM PENINGKATAN PRODUKSI TANAMAN PANGAN PADA LAHAN KERING MASAM (<i>Wiwik Hartatik dan Markus Anda</i>)	213

KARAKTERISTIK DAN PENGELOLAAN LAHAN SAWAH "ASAM-ASAMAN" DI JAWA TIMUR (Chendy Tafakresnanto, Moh Saeri, dan Zainal Arifin)	235
PERTANIAN KONSERVASI UNTUK LAHAN KERING IKLIM KERING (Umi Haryati)	247
MANAJEMEN SUMBERDAYA AIR UNTUK MENINGKATKAN PRODUKSI PERTANIAN LAHAN KERING BERIKLIM KERING (Nono Sutrisno dan Budi Kartiwa)	269
TEKNOLOGI PERBAIKAN KUALITAS TANAH DI LAHAN BEKAS TAMBANG TIMAH UNTUK PERTANIAN (Umi Haryati dan Irawan)	289
PENINGKATAN PRODUKTIVITAS TANAH BERPASIR (Yiyi Sulaeman dan Sukarman)	311
PERLUNYA KESESUAIAN INOVASI TEKNOLOGI UNTUK LAHAN BERKARAKTER KHUSUS (Chendy Tafakresnanto)	337
SEKILAS TENTANG PENULIS	339
SEKITAR PENYUSUN	343
INDEKS	347

KARAKTER KHUSUS LAHAN DI INDONESIA

Sukarman

Indonesia adalah negara yang luas, dengan berbagai variasi iklim, ketinggian tempat, bahan induk serta tutupan vegetasi yang sangat berpengaruh terhadap proses pembentukan tanahnya. Oleh karena itu tanah di Indonesia sangat bervariasi dengan karakter yang berbeda-beda. Untuk mendapatkan produktivitas tanah yang optimal jika tanah tersebut dimanfaatkan, maka diperlukan pengelolaan lahan yang sesuai dengan karakter masing-masing tanah tersebut.

Upaya untuk mencapai produktivitas tanah yang sangat beragam dan mempunyai karakter khusus, dikaitkan dengan teknologi yang dapat diaplikasikan serta strategi yang digunakan diperlukan upaya khusus penanganannya. Secara garis besar lahan di Indonesia dibagi menjadi lahan rawa, lahan kering, dan lahan sawah. Dalam buku ini dikemukakan berbagai teknologi pengelolaan lahan yang dikaitkan dengan karakter masing-masing tanah yang dijumpai di Indonesia, yaitu lahan rawa yang terdiri atas tanah gambut, tanah sulfat masam atau tanah berpirit dan budidaya sawah pada tanah terdampak salinitas; lahan kering terdiri atas tanah vulkanik, tanah berlereng di iklim basah, lahan kering masam, lahan sawah “asam-asam”, lahan bekas tambang, pengelolaan lahan dan air di lahan kering beriklim kering, peningkatan produktivitas lahan berpasir dan pengelolaan lahan tercemar pestisida.

Salah satu topik yang menarik di lahan gambut adalah mengenai pengembangan usahatani sayuran di lahan gambut. Teknologi budidaya sayuran di lahan gambut terbagi menurut jenis komoditas sayurannya. Secara umum, komponen teknologi budidaya sayuran di lahan gambut terdegradasi yang dilaksanakan petani meliputi antara lain (1) pengelolaan air, (2) penataan lahan, (3) penanaman, (4) pemupukan, dan (5) pengendalian hama dan penyakit, dan (6) pemanenan. Lahan gambut terdegradasi banyak juga digunakan perkebunan kelapa sawit swadaya petani. Namun rendahnya produktivitas kelapa sawit di lahan gambut ini tidak menjanjikan bagi kehidupan petani. Oleh karena itu diperlukan teknologi peningkatan produktivitas melalui pengelolaan air, ameliorasi, pemupukan, penggunaan dekomposer, dan sistem tanam.

Tanah sulfat masam banyak yang telah mengalami degradasi, yang perlu dikelola kesuburan tanahnya untuk mendapatkan produksi yang optimal. Masalah yang sering dijumpai di lahan rawa pasang surut adalah tanah berpirit. Oleh karena itu dalam buku ini dibahas mengenai optimasi lahan berpirit di lahan pasang surut terutama dalam budidaya tanaman padi. Optimasi lahan berpirit dapat dilakukan melalui dua kegiatan yaitu peningkatan IP (Indeks Pertanaman) dan peningkatan produktivitas.

Salah satu permasalahan pada lahan rawa pasang surut pantai yang dipengaruhi oleh air asin atau salinitas tinggi. Teknologi penanganan masalah ini dikemukakan sebagai upaya untuk mendapatkan produksi pertanian di lahan pantai terdampak salinitas. Pengembangan pertanian di lahan rawa juga perlu dikembangkan berbasis penguatan sumberdaya ekonomi. Hal ini dimaksudkan agar selain petani mendapatkan produksi yang tinggi juga dari sisi ekonomi mendapat keuntungan yang tinggi, yang pada gilirannya akan mensejahterakan petani.

Di lahan kering, karakteristik tanah juga sangat beragam, mulai dari tanah di lahan kering berlereng, tanah vulkanik yang berlereng, tanah masam, lahan bekas tambang yang saat ini banyak tersebar di berbagai tempat di Indonesia serta tanah berpasir. Salah satu masalah yang sering menimbulkan lahan terdegradasi di lahan kering adalah penurunan kualitas lahan akibat erosi yang terjadi pada lahan berlereng, baik pada non vulkanik maupun vulkanik. Oleh karena itu pengelolaan tanah vulkanik harus didasarkan kepada inovasi teknologi pengelolaan lahan yang ramah lingkungan. Pengelolaan lahan kering masam salah satunya adalah melalui pemanfaatan agromineral, perbaikan tanah dan pemupukan berimbang.

Areal lahan bekas tambang merupakan lahan yang potensial ditinjau dari segi luasan untuk dimanfaatkan sebagai lahan budidaya pertanian dalam menunjang peningkatan produksi komoditas pertanian mendukung swasembada pangan. Tanah pada lahan bekas tambang timah merupakan tanah yang sudah terdegradasi berat, sehingga pemanfaatannya untuk pertanian diperlukan inovasi teknologi perbaikan kualitas tanah agar dapat mendukung pertumbuhan dan produksi tanaman yang optimal.

Lahan kering beriklim kering di Indonesia mempunyai potensi yang besar sebagai penghasil bahan pangan. Tetapi dalam pengelolaannya dan dalam meningkatkan produksi pertanian banyak menemui kendala. Kendala utama peningkatan produktivitas lahan kering adalah ketersediaan air yang terbatas terutama pada musim kemarau, kesuburan tanah yang rendah khususnya kandungan bahan organik rendah. Dalam kaitannya dengan memposisikan lahan kering sebagai sumberdaya pertanian masa depan, maka pemanfaatan lahan kering perlu diperluas untuk pengembangan pertanian tanaman pangan.

Tanah berpasir yang dahulu tidak banyak dimanfaatkan untuk lahan pertanian, saat ini sudah banyak dilirik untuk perluasan areal pertanian di tengah semakin sulitnya untuk mendapatkan lahan pertanian baru. Secara garis besar tanah pasir dapat dipilah menjadi: (1) tanah pasir vulkanik, (2) tanah pasir endapan, (3) tanah pasir pantai, (4) tanah pasir bekas tambang, dan (5) tanah pasir dari batuan sedimen. Oleh karena itu, berbagai teknologi dan cara pemanfaatan tanah pasir dibahas dalam buku ini.

Dengan diterbitkannya buku **Pengelolaan Lahan Berkarakter Khusus**, yang merupakan buah pikiran para peneliti Badan Litbang Pertanian, khususnya yang

berkiprah di bidang sumberdaya lahan, dapat dijadikan rujukan tentang cara-cara pengelolaan lahan yang tepat dalam upaya untuk meningkatkan produktivitas tanpa menimbulkan kerusakan lahan dan lingkungannya.

PENGEMBANGAN USAHATANI SAYURAN DI LAHAN GAMBUT TERDEGRADASI

Muhammad Noor dan Ai Dariah

Sayuran termasuk tanaman penting bagi kesehatan dan pemenuhan gizi masyarakat. Beberapa komoditas sayuran seperti cabai, bawang merah, dan bawang putih juga merupakan komoditas strategis yang ditargetkan menjadi komoditas ekspor. Cabai dan bawang merah mempunyai pengaruh kuat terhadap inflasi, karena sering mengalami gejolak atau fluktuasi harga, baik akibat pangsa ketersediaan maupun kebutuhannya, sehingga harga komoditas ini sewaktu-waktu dapat meningkat tajam apabila proses produksi mengalami kendala. Fluktuasi harga dua komoditas ini sulit diprediksi. Seperti yang pernah terjadi pada bulan Desember 2014, harga cabai merah keriting mencapai Rp70 ribu/kg, cabai hijau keriting Rp20 ribu/kg, dan cabai rawit Rp25 ribu/kg. Pada bulan Juni 2019 harga cabai rawit mencapai Rp100 ribu/kg, cabai merah Rp100 ribu/kg bawang merah dan bawang putih mencapai Rp40 ribu/kg di pasar tradisional Banjarbaru, Kalimantan Selatan. Pada hari-hari biasa harga cabai rawit sekitar Rp50 ribu/kg, cabai merah Rp40-50 ribu/kg dan bawang merah Rp20-25 ribu/kg. Kenaikan harga cabai dan bawang merah/bawang putih dapat mencapai 100% (Maftuah 2017a).

Sejak tahun 2015 Kementerian Pertanian melakukan Gerakan Tanam Cabai dan Bawang Merah, baik pada musim kemarau maupun musim hujan. Namun, kebijakan tersebut belum bisa meredam gejolak harga kedua komoditas strategis ini. Produksi sayuran secara nasional masih tergolong rendah, rata-rata masih berada di bawah pangsa kebutuhan yang terus meningkat. Oleh karena itu menjadi perhatian pemerintah untuk meningkatkan produksi komoditas ini melalui berbagai upaya, baik melalui intensifikasi atau optimalisasi lahan maupun ekstensifikasi atau perluasan areal.

Lahan gambut sejak lama telah dimanfaatkan petani untuk pengembangan tanaman sayuran. Tanaman hortikultura termasuk sayuran merupakan kelompok tanaman yang menempati urutan ketiga setelah tanaman perkebunan dan tanaman pangan yang banyak dibudidayakan di lahan gambut terdegradasi di Provinsi Riau (Wahyunto dan Dariah 2013). Saat ini lahan gambut di Kelurahan Kelampangan, Kota Palangkaraya, Kalimantan Tengah juga merupakan pemasok sayuran bagi masyarakat Kota Palangkaraya.

Pemanfaatan lahan gambut untuk pertanian banyak menimbulkan perdebatan seiring dengan potensi ancaman dampak lingkungan, khususnya emisi gas rumah kaca (CO₂), degradasi lahan, serta hilangnya fungsi lingkungan dari lahan gambut. Kebakaran lahan gambut menjadi isu global yang sangat merugikan baik dari segi ekonomi, ekologi, maupun politik luar negeri (Noor 2016). Hasil penelitian

menunjukkan bahwa lahan gambut yang terdegradasi terbatas (pada kategori degradasi ringan sampai menengah) mempunyai peluang untuk dikembangkan dengan pengelolaan yang baik seperti pemberian bahan *amelioran* dan pemilihan varietas tanaman yang cocok. Pemahaman terhadap sifat dan perilaku gambut sangat penting dalam sistem pengelolaan dan budidaya pertanian di lahan gambut, terutama dalam memitigasi emisi gas rumah kaca, sehingga pengelolaan lahan gambut menjadi ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Pemanfaatan lahan gambut untuk pertanian mempunyai sejarah panjang, dimulai oleh masyarakat lokal yang menopangkan hidup dan kehidupannya dari sumberdaya alam di lahan gambut. Bagi mereka hanya terbuka alternatif untuk memanfaatkan lahan yang ada dihadapannya dengan segenap kemampuan dan keahliannya. Berpangkal dari pengalaman dan kearifan lokal, serta keberhasilan masyarakat setempat, pemerintah membuka lahan gambut untuk pengembangan pertanian dalam skala yang lebih luas untuk masyarakat. Budidaya tanaman sayuran pada lahan gambut berawal dari praktek budidaya transmigran yang didatangkan dari Jawa, Nusa Tenggara dan Bali. Praktek budidaya tersebut kemudian berkembang pesat di lahan gambut di Kalimantan, Sumatera, Sulawesi dan Papua. Berbagai tanaman sayuran yang dibudidayakan masyarakat transmigrasi antara lain sayuran daun seperti seledri, sawi, kucai; sayuran umbi seperti uwi, keladi, ubi jalar; sampai sayuran aneka biji-bijian seperti kacang panjang, cabai, dan buah seperti tomat, terung, mentimun (Noorginayuwati *et al.* 2006). Tulisan ini bertujuan membahas degradasi lahan gambut dan perbaikan lahan gambut yang terdegradasi serta pemanfaatannya untuk usahatani sayuran.

DEGRADASI LAHAN GAMBUT

Lahan gambut terbentuk akibat proses *paludifikasi*, yaitu proses akumulasi bahan organik dari tumpukan sisa tanaman yang mati (serasah) secara anaerob sehingga proses pengendapan lebih kuat dari pada perombakan (*decomposed*). Lahan gambut dikategorikan sebagai daerah rawa yang mempunyai ketebalan lapisan gambut minimal 50 cm dan kadar bahan organik minimal 20% (Noor 2001).

Indonesia mempunyai luas lahan gambut sekitar 13,43 juta hektar (BBSDL 2019). Luas lahan gambut yang dikategorikan sesuai untuk pengembangan pertanian sekitar 9-10 juta hektar, sekitar 4,40 juta hektar diantaranya dinyatakan terdegradasi akibat kebakaran lahan dan pengelolaan yang kurang tepat, sehingga mengalami kerusakan baik fisik, kimia, maupun biologi (BBSDL 2015). Luas lahan gambut yang dibudidayakan untuk tanaman pangan termasuk hortikultura baru sekitar 0,5-0,8 juta hektar (ICCTF-Bappenas 2013a; 2013b).

Degradasi lahan gambut dapat disebabkan kondisi alam seperti iklim ekstrem dan/atau kegiatan manusia. Lahan gambut yang terdegradasi mengalami

penurunan fungsi hidrologi, produksi dan ekologi. Menurut Tejoyuwono *dalam* Noor (2001) kerusakan pada lahan gambut disebabkan oleh persepsi atau anggapan yang keliru antara lain (1) menuntut balasan jasa atau produksi berlebihan dan segera, (2) kurangnya pemahaman terhadap hakekat gambut sebagai lahan basah, (3) perangkat hukum yang masih lemah, dan (4) miskinnya konsep pemanfaatan dan pengembangan yang komprehensif dan holistik.

Pengertian degradasi lahan gambut berbeda-beda diantara para pakar maupun lembaga. Pada sektor kehutanan, degradasi lahan gambut diartikan sebagai pergantian/perubahan vegetasi dari hutan primer menjadi hutan sekunder dan/atau dari hutan sekunder menjadi non hutan seperti semak belukar, termasuk penggunaan untuk pertanian. Pada sektor pertambangan, lahan yang dikeruk/digali untuk mengambil bahan tambang yang ada di bawah permukaan disebut lahan pasca tambang, bukan lahan terdegradasi, sekalipun kemudian terbentuk lubang atau kawah besar akibat penggalian. Pada sektor lingkungan hidup, degradasi lahan gambut adalah lahan yang mengalami: (1) amblesan >35 cm dalam lima tahun; (2) tersingkapnya lapisan pirit hingga didapati pada kedalaman <25 cm dan $\text{pH-H}_2\text{O}_2$ <2,5; serta (3) kedalaman air tanah >25 cm dinyatakan lahan terdegradasi, sebagaimana termaktub dalam PP. No. 150 tahun 2000. Pada sektor pertanian, didefinisikan sebagai lahan yang telah mengalami penurunan produktivitas secara signifikan, sehingga tidak lagi memberikan pendapatan yang memadai bagi petani akibat penurunan kualitas tanah (fisik, kimia, dan/atau biologi) disebut lahan terdegradasi. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 57 tahun 2016 tentang Perubahan atas PP Nomor 71 Tahun 2014 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Ekosistem Gambut; ekosistem gambut dengan fungsi budidaya dinyatakan rusak apabila memenuhi kriteria baku kerusakan sebagai berikut: (a) muka air tanah di lahan gambut lebih dari 0,4 meter di bawah permukaan gambut pada titik penataan; dan atau tereksposnya sedimen berpirit dan/atau kwarsa di bawah lapisan gambut.

Hasil diskusi berbagai pihak terkait bidang pertanian dan sumber daya lahan disepakati pengertian lahan gambut terdegradasi, yaitu apabila memenuhi salah satu atau lebih indikator berikut, yaitu: (1) terjadi penebangan pohon, (2) terdapat jalan pembalakan (*logging*), (3) pernah mengalami kebakaran; (4) kering/tidak tergenang, dan (5) bekas penambangan. Secara makro penentuan klasifikasi degradasi lahan gambut didasarkan pada tipe penutupan/penggunaan lahan dan kondisi *landcsape* dengan menggunakan citra satelit dan *ground check* di lapangan (ICCTF-Bappenas 2013a; 2013b). Berdasarkan penggunaan atau penutupan lahan (*existing landuse/land cover*), lahan gambut terdegradasi diklasifikasikan menjadi:

- 1). Lahan gambut **tidak terdegradasi** dengan penutupan berupa hutan alam/primer dan hutan sekunder termasuk hutan mangrove;

- 2). Lahan gambut **terdegradasi dan dimanfaatkan** menjadi lahan produktif, yang dibedakan menjadi dua yaitu: (a) lahan gambut yang dimanfaatkan menjadi perkebunan (kelapa sawit, karet) dan Hutan Tanaman Industri (HTI) dan (b) lahan gambut yang dimanfaatkan menjadi lahan pertanian (tanaman pangan/semusim, hortikultura dan tahunan);
- 3). Lahan gambut **terdegradasi tidak dimanfaatkan**, diterlantarkan dan ditumbuhi semak belukar dibedakan menjadi tiga ketebalan, yaitu: (a) lahan gambut dengan ketebalan >3 m; (b) lahan gambut dengan ketebalan 2-3 m dan (c) lahan gambut dengan ketebalan <2 m;
- 4). Lahan gambut **terdegradasi berat**, merupakan lahan gambut yang telah terbuka/tidak bervegetasi dan umumnya merupakan lahan bekas tambang.

Menurut hasil survei dan pemetaan dari Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSLPP) pada tahun 2013 terdapat sekitar 3,74 juta hektar lahan gambut terdegradasi atau 22,8%, diantaranya meliputi 2,03 juta hektar berada di Sumatera, 1,31 juta hektar di Kalimantan, dan 396 ribu hektar di Papua (Tabel 1).

Tabel 1. Luas dan sebaran lahan gambut terdegradasi di Indonesia

Provinsi	Potensi (ha)	Lahan Gambut Terdegradasi (ha)			
		Semak belukar	Bekas tambang	Total	Persen
Sumatera	6.484.537	2.030.491	491.825	2.522.363	38,90
Kalimantan	4.790.024	1.310.714	153.344	1.464.058	30,56
Papua	4.048.138	396.709	12.820	409.529	10,12
J u m l a h	15.312.699	3.737.914	657.989	4.395.903	28,71

Sumber: ICCTF-Bappenas (2013a; 2013b)

Berdasarkan klasifikasi di atas, luas dan sebaran lahan gambut yang belum mengalami degradasi berdasarkan tutupan lahan adalah sekitar 8,67 juta hektar berupa hutan primer, sekunder dan mangrove; sedangkan lahan gambut yang terdegradasi, tetapi dimanfaatkan menjadi lahan produktif untuk perkebunan (kelapa sawit, karet) dan HTI ada seluas 1,54 juta hektar dan untuk pertanian (tanaman pangan) seluas 0,71 juta hektar; lahan gambut terdegradasi tidak dimanfaatkan atau tepatnya disebut "lahan gambut bongkor" dengan ketebalan >3 m seluas 1,03 juta hektar, ketebalan 2-3 m seluas 1,02 juta hektar, dan ketebalan <2 m seluas 1,68 juta hektar; lahan gambut terdegradasi berat bekas atau pasca tambang seluas 0,66 juta hektar. Secara keseluruhan lahan gambut terdegradasi yang memerlukan perhatian adalah seluas 4,40 juta hektar, berupa semak belukar dan bekas tambang. Lahan gambut terdegradasi yang dimanfaatkan untuk tanaman pangan berdasarkan hasil pemetaan tersebut adalah lahan gambut yang ditanami tanaman pangan dan

hortikultura seluas 1,54 juta hektar. Sebaran lahan gambut terdegradasi berdasarkan klasifikasi kerusakan (tutupan lahan) disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Luas dan sebaran lahan gambut terdegradasi dan pemanfaatannya

Klasifikasi Degdarasi	Pulau (dalam hektar)			Jumlah
	Kalimantan	Sumatera	Papua	
Hutan (tidak terdegradasi):	2.780.694	2.283.657	3.611.150	8.675.501
Lahan gambut terdegradasi:				
1. Lahan perkebunan	288.042	1.252.565	3.823	1.544.430
2. Lahan tanaman pangan	257.121	427.998	23.636	708.755
3. Lahan semak belukar				
a. Ketebalan gambut >3 m	667.934	364.871	0	1.032.805
b. Ketebalan gambut 2-3 m	279.966	434.697	309.818	1.024.481
c. Ketebalan gambut <2 m	362.922	1.230.924	86.894	1.680.740
4. Lahan pasca tambang	153.344	491.825	12.820	657.989
Jumlah keseluruhan	4.790.024	6.486.537	4.048.138	15.324.701

Sumber: ICCTF-Bappenas (2013a; 2013b)

PERBAIKAN LAHAN GAMBUT TERDEGRADASI

Perbaikan lahan gambut terdegarasi dapat ditempuh secara biologis, kimia atau fisik. Berdasarkan tingkat kerusakan ringan, sedang atau berat, maka langkah dan upaya perbaikan dapat berbeda. Lahan gambut tebal yang terdegradasi seperti akibat kebakaran, tidak ada jalan lain kecuali melakukan penanaman kembali (reboisasi) dengan jenis-jenis tumbuhan atau pohon hutan yang adaptif atau sistem penghutanan kembali (*silvicultutue*). Lahan gambut dengan ketebalan sedang yang terdegradasi misalnya akibat kebakaran dan penggunaan lahan untuk pertanian dapat ditempuh dengan perbaikan sistem pengelolaan lahan dan perbaikan teknologi budidaya secara terbatas, termasuk peninjauan kembali komoditas yang dibudidayakan. Sedangkan reklamasi lahan gambut dangkal yang terdegradasi akibat kebakaran dan/atau penggunaan lahan yang intensif, dapat dilakukan dengan perbaikan sistem pengelolaan lahan dan teknologi budidaya, termasuk pemilihan komoditas.

Widjaya-Adhi (2000) menyarankan agar ekosistem lahan gambut dibagi menjadi dua kawasan yaitu kawasan non-budidaya dan budidaya. Kawasan non budidaya terdiri dari (1) jalur hijau, sepanjang pantai dan tanggul sungai dan (b) areal tampung hujan yang luasnya 1/3 dari seluruh kawasan. Senada dengan hal di atas dalam ketentuan PP. No. 71 Tahun 2014 dan/atau ketentuan perubahannya menjadi PP No 57 Tahun 2016 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Ekosistem Gambut menetapkan adanya pembagian fungsi ekosistem gambut menjadi (1) fungsi budidaya dan (2) fungsi lindung. Fungsi budidaya diarahkan pada pengembangan perkebunan, perikanan dan pertanian sehingga menjadi domainnya sektor pertanian, sedangkan fungsi lindung yang diarahkan pada konservasi

menjadi domainnya sektor lingkungan hidup dan kehutanan. Menurut Agus dan Subiksa (2008) konservasi lahan gambut dapat ditempuh dengan pendekatan: (1) penanggulangan kebakaran hutan dan lahan gambut, (2) penanaman kembali untuk penambatan karbon, (3) pengaturan tinggi muka air tanah, (4) pemanfaatan lahan semak belukar yang terlantar, (5) penguatan peraturan perundangan dalam pengawasan dan pengelolaan lahan gambut, dan (6) pemberian insentif pada konservasi gambut.

Dalam uraian di atas dikemukakan bahwa sebagian besar lahan gambut terdegradasi digunakan untuk pengembangan tanaman pangan dan hortikultura, maka cara-cara perbaikan yang digunakan sangat tergantung pada tingkat kerusakan lahan, ketebalan gambut, dan kapasitas atau kemampuan petani setempat. Dalam perspektif fungsi budidaya maka perbaikan lahan gambut merupakan sinergi antara pengembangan pengelolaan lahan gambut sendiri dengan mitigasi dan adaptasi terhadap perubahan iklim dapat dilakukan dalam bentuk.

Pengaturan Pola Tanam dan Pemilihan Jenis Tanaman untuk Mendukung Sistem Usahatani Rendah Emisi

Pola tanam yang berkembang di lahan gambut cukup bervariasi, baik antara tanaman pangan (padi/jagung/kedelai) dengan sayuran maupun antara sayuran dengan sayuran. Besaran emisi yang dihasilkan dari budidaya pertanian di lahan gambut sangat ditentukan oleh sistem pengaturan tinggi muka air tanah, penyiapan lahan, pemupukan, dan tindakan ameliorasi yang dilakukan. Dengan sistem pengelolaan yang demikian bervariasi, maka tingkat emisi yang dihasilkan dari lahan gambut yang dibudidayakan juga sangat bervariasi. Sementara menurut Maltby dan Immirzi (1996) emisi karbon hutan gambut alai dan tempat penggembalaan sekitar 0,3–2,0 t/ha/tahun; pertanian tanaman pangan antara 5-42 t/ha/tahun; ekstraksi untuk bahan bakar antara 50-66 t/ha/tahun, dan paling tinggi ekstraksi untuk tanaman hortikultura antara antara 50-81 t/ha/tahun. Selain itu tipe penggunaan lahan sangat berpengaruh terhadap nilai emisi. Misalnya, tanaman semusim dalam 25 tahun pemanfaatan di lahan gambut melepaskan emisi sekitar 2.050 t CO₂/ha, sedangkan tanaman perkebunan hanya melepaskan 1.453 t CO₂/ha (Nyaho dalam Radjagukguk 2010). Berdasarkan hasil-hasil penelitian yang dilakukan pada lahan gambut tropika termasuk di Indonesia, IPCC (2014) menunjukkan emisi GRK dari lahan gambut berdasarkan penggunaan lahan, misalnya untuk tanaman tahunan (*plantation*) dengan rotasi panjang rata-rata emisi yang terjadi adalah sekitar 56,1 t/ha/tahun CO₂-eq, sedangkan dengan rotasi pendek seperti akasia sekitar 74,8 t/ha/tahun CO₂-eq. Emisi dari tanaman perkebunan seperti sawit, *crop land*, dan padi berturut-turut adalah 41,4, 52,4 dan 35,2 t/ha/tahun CO₂-eq.

Tingkat emisi GRK pada lahan yang ditanami sangat tergantung pada jenis komoditas. Misalnya kelapa sawit disinyalir mempunyai potensi menghasilkan emisi GRK lebih besar dibandingkan padi, meskipun hal ini sangat ditentukan oleh tingkat pengelolaan yang dilakukan, misalnya sistem pengelolaan air, pemupukan, ameliorasi dan sebagainya. Tanaman sayuran mempunyai tingkat emisi GKR yang berbeda antara satu dengan lainnya, tergantung pada kapasitas penutupan (*canopy*). Menurut Maltby dan Immirzi (1996), laju emisi karbon hutan alami dan tempat penggembalaan dari lahan gambut antara 0,3–2,0 t/ha/tahun; pertanian tanaman pangan lahan gambut antara 5–42 t/ha/tahun. Sementara itu, ekstraksi untuk bahan bakar antara 50–66 t/ha/tahun sedangkan paling tinggi ekstraksi untuk tanaman hortikultura antara 50–81 t/ha/tahun. Selain emisi CO₂ khusus pada saat kering (*aerob*), pada kondisi anaerob atau tergenang akan mengemisikan gas CH₄. Gas CH₄ dapat bertahan di atmosfer selama 12 tahun dan nilai potensi pemanasan global (GWP) mencapai 23 kali gas CO₂. Menurut Ariani *et al.* (2008), emisi CH₄ dipengaruhi oleh sistem pengelolaan lahan dan hara. Namun demikian, laju dekomposisi bahan organik dalam kondisi an-aerob umumnya lebih rendah dibanding dalam kondisi aerob.

Jenis tanaman yang diusahakan sangat menentukan tingkat kedalaman muka air tanah. Tanaman semusim seperti tanaman hortikultura tidak memerlukan drainase yang dalam, mengingat sistem perakarannya yang dangkal. Petani yang biasa mengelola lahan gambut sebetulnya telah mempunyai kearifan lokal dalam sistem pengaturan muka air tanah. Hasil penelitian Dariah *et al.* (2011) di Kalimantan Barat menunjukkan rata-rata tinggi muka air tanah pada lahan sayuran di lahan gambut adalah sekitar 15-20 cm, jauh lebih dangkal dibanding rata-rata tinggi muka air tanah pada jagung, lahan sawit rakyat dan karet rakyat yang kedalaman muka air tanahnya adalah berturut-turut sekitar 37-80 cm, 40-80 cm, dan 35-45 cm. Hal ini berdampak terhadap Fluks CO₂ yang dihasilkan. Rata-rata fluks CO₂ pada lahan jagung 3 kali, sawit 2 kali dan karet 1,6 kali lebih besar dibanding fluks CO₂ pada lahan sayur. Artinya semakin dangkal drainase maka resiko terjadinya percepatan dekomposisi gambut menjadi lebih kecil.

Berbagai alternatif inovasi teknologi bisa diterapkan untuk mendukung sistem pengelolaan lahan gambut yang rendah emisi namun tanaman yang diusahakan tetap bisa berproduksi optimal. Wahyunto dan Dariah (2013) menyatakan bahwa keberlanjutan pengelolaan lahan gambut terdegradasi dan terlantar ditentukan oleh berapa lama lahan bisa dimanfaatkan dengan hasil memuaskan, optimal, dan secara ekonomi menguntungkan, serta apakah pemanfaatannya tidak merusak fungsi ekologis, yaitu sebagai penyimpan karbon dan penyangga hidrologi daerah sekitarnya.

Langkah utama dan penting adalah dengan perbaikan kesejahteraan masyarakat yang tinggal di sekitarnya. Pemberian insentif bagi masyarakat yang ikut terlibat dalam pemeliharaan atau melakukan pelestarian secara nyata dengan kata

lain tidak melakukan perusakan suatu kewajaran dan kebijakan yang patut diapresiasi. Dengan demikian, pelestarian dan sekaligus pemberdayaan masyarakat dapat ditempuh bersamaan. Oleh karena itu beberapa kegiatan perlu segera dilakukan antara lain (1) inventarisasi sumberdaya masyarakat, termasuk kearifan lokal dan adat istiadat setempat, (2) pelatihan dalam kelompok (organisasi), termasuk penyusunan rencana kegiatan; (3) pendampingan sekaligus pembelajaran, (4) pelatihan khusus, terkait lahan gambut dan pengembangannya, dan (5) bantuan sarana (Najiyati *et al.* 2005). Pemanfaatan lahan gambut yang telah terdegradasi salah satunya adalah untuk pengembangan usahatani hortikultura yang nilai ekonomisnya menjanjikan. Pemanfaatan lahan gambut terdegradasi untuk pengembangan hortikultura dapat dipadukan (*integrated*) sebagai kegiatan atau aksi adaptasi dan mitigasi perubahan iklim di lahan gambut, diantaranya penerapan sistem drainase dangkal, pemberian mulsa, pemberian amelioran dan penerapan sistem pemupukan berimbang.

SISTEM USAHATANI SAYURAN DI LAHAN GAMBUT

Penelitian sistem usahatani di lahan gambut secara umum banyak terkait dengan komoditas pangan antara lain padi dan palawija. Hal ini terkait dengan program utama pembukaan lahan rawa pada era 1969-1995 utamanya ditujukan untuk peningkatan produksi tanaman pangan, khususnya padi, sementara tanaman hortikultura, termasuk sayuran kurang mendapat perhatian (Noor 2001). Pemanfaatan lahan gambut untuk tanaman sayuran umumnya merupakan usaha sampingan petani yang menggunakan lahan pekarangan untuk ditanami berbagai tanaman sayuran sehingga terbatas hanya pada lahan yang sempit ($< 0,25$ ha). Namun beberapa petani secara khusus menerapkan budidaya sayuran pada lahan usahatani atau sawahnya (seluas 1-2 ha). Dari uraian di atas dikemukakan bahwa lahan gambut yang diperuntukan budidaya sayuran termasuk dalam kriteria lahan gambut terdegradasi.

Pola Tanam dan Ragam Komoditas Sayuran di Lahan Gambut

Usahatani di lahan gambut dapat dipilah berdasarkan tipologi lahan gambut yaitu gambut dangkal (tebal gambut < 1 m), gambut sedang (tebal gambut 1-2 m), dan gambut dalam (tebal gambut > 2 m). Selanjutnya juga dapat dibedakan antara pola tanam di lahan pekarangan dan pola tanam di lahan usahatani (Noorginayuwati *et al.*, 2006). Pola tanam dalam sistem usahatani di lahan gambut ini dapat dibedakan juga dengan tipologi lahan rawa lainnya seperti rawa pasang surut sulfat masam atau rawa lebak (Tabel 3 dan 4). Komoditas sayuran yang berkembang di lahan gambut umumnya antara lain kacang panjang, sawi, terong, mentimun, cabai, bawang merah, lobak, dan ubi jalar. Secara terbatas juga dapat ditemui seledri, kucai, dan lidah buaya. Pada lahan gambut dangkal pilihan pola tanam dan

komoditas lebih banyak antara lain padi, palawija (jagung, kedelai), sagu, tanaman perkebunan, dan tanaman industri, sedangkan untuk gambut sedang pola tanaman dan komoditas lebih terbatas, dan gambut dalam (> 3 m) diarahkan untuk konservasi atau kawasan lindung (Tabel 3).

Komponen Teknologi Budidaya Sayuran di Lahan Gambut

Teknologi budidaya sayuran di lahan gambut terbagi menurut jenis komoditas sayurannya. Secara umum, komponen teknologi budidaya sayuran di lahan gambut terdegradasi yang dilaksanakan petani meliputi antara lain (1) pengelolaan air, (2) penataan lahan, (3) penanaman, (4) pemupukan, (5) pengendalian hama dan penyakit, dan (6) pemanenan. Berkaitan dengan sifat gambut yang rapuh atau mudah rusak, maka dalam pengembangan tanaman sayuran di lahan gambut (terdegradasi) terdapat beberapa prinsip-prinsip yang perlu diperhatikan antara lain:

Tabel 3. Pola tanam dan ragam komoditas pada sistem usahatani di lahan rawa

No	Tipologi lahan	Pola tanam dan komoditas
I	Lahan Sulfat masam ¹⁾	
	- Tipe A	Jeruk, kelapa, padi lokal, sayuran (timun)
	- Tipe B	Jeruk, padi, nenas, tomat, cabai, kacang panjang
	- Tipe C	Padi, kacang tanah, kedelai
II.	Lahan rawa lebak ²⁾	
	- Dangkal	Padi, palawija, cabai
	- Sedang	Padi, palawija, semangka, sayuran (kacang panjang, labu kuning, terong, cabai, mentimun, gambas)
	- Dalam	Padi, ikan, kerbau rawa
III	Lahan Gambut ³⁾	
	- Dangkal (< 1 m)	Padi sawah, palawija, sagu, sayuran, perkebunan, tanaman industri
	- Sedang (1-2 m)	Sayuran, palawija, perkebunan, tanaman industri
	- Dalam (> 2 m)	Sayuran, perkebunan, tanaman industri

Sumber : ¹⁾Sutikno et al. (2002); ²⁾Rina et al. (2006); ³⁾Kristijono (2003)

Pengelolaan air

Pengelolaan air yang dimaksud adalah pengelolaan air ditingkat mikro yaitu pada lahan usahatani. Fungsi dari pengelolaan air adalah menjaga permukaan air tanah agar tidak terjadi drainase berlebihan (*over drainage*) dengan memasang pintu pintu sekat air atau pintu tabat (*dam overflow*).

Pada lahan rawa pasang surut tipe luapan B atau luapan C atau lebak dangkal dengan muka air tanah dangkal (30 cm dari permukaan tanah) sampai

sedang (30-60 cm dari permukaan tanah), khususnya pertanaman pada musim hujan maka diperlukan pembuatan saluran kemalir, yaitu saluran dangkal sekitar satu cangkul (kedalaman 20-30 cm) untuk mendrainase air hujan atau pasang yang meluap (Noor 2004). Pada lahan rawa pasang surut tipe luapan B atau lebak tengahan diperlukan pembuatan surjan agar tanaman hortikulturanya tidak terluapi air pasang. Tinggi surjan disesuaikan dengan ketinggian air pasang. Masalah surjan akan dikemukakan pada bagian penataan lahan berikut di bawah.

Tabel 4. Pola usahatani sayuran di lahan rawa Kalimantan Selatan dan Kalimantan Barat

Tipologi lahan	Pola Usahatani	
	Pekarangan	Lahan usaha
Lahan Sulfat masam ¹⁾		
- Tipe A	-	Padi+jeruk, kelapa, Padi+jeruk+sayur+pisang, Jeruk
- Tipe B	Jeruk+buah-buahan	Padi+jeruk+sayuran, Padi+jeruk+pisang+sayur, Jeruk
- Tipe C	Jeruk+buah-buahan	Padi, kacang tanah, kedelai
Lahan rawa lebak ²⁾		
- Dangkal	Ternak+buah-buahan	Padi-kedelai, Padi+palawija/ sayuran
- Sedang	Ternak+buah-buahan	Padi, semangka, Padi+palawija+sayuran
- Dalam	-	Ikan, kerbau rawa, padi-ikan, padi
Lahan Gambut ³⁾		
- Dangkal (< 1 m)	Ternak, sayuran	Palawija, sayuran, lidah buaya
- Sedang (1-2 m)	Palawija-sayuran	Palawija+sayuran, tanaman obat+sayuran
- Dalam (> 2 m)	-	-

Sumber: ¹⁾Antarlina *et.al.* (2005) ; ²⁾Rina *et.al.* (2006); ³⁾Noorinayuwati *et al.* (2006)

Pemberian mulsa

Dalam budidaya sayuran di lahan gambut umumnya dilakukan pemberian mulsa untuk mencegah pertumbuhan gulma dan kehilangan air yang besar pada saat musim kemarau. Penggunaan mulsa bisa menyebabkan kondisi tanah menjadi lebih lembab, sehingga mengurangi resiko kebakaran. Penelitian Lestari *et al.* (2013) menunjukkan bahwa pemberian mulsa baik dari jerami ataupun mulsa plastik pada tanaman hortikultura di lahan gambut dapat meningkatkan kadar air tanah 30-60%

dan hasil tanaman hingga 33%. Pemberian mulsa plastik memberikan hasil cabai varietas Hot Chili mencapai 7,5 t/ha sama dengan mulsa jerami padi sekitar 6 t/ha dengan hasil 7,5 t/ha. Pemberian mulsa serasah 6 t/ha dan olah tanah Minimum dan memberikan hasil tomat varietas permata sebesar 22,43 t/ha.

Mulsa memberikan efek samping antara lain (1) mengurangi penguapan sehingga tanah selalu basah, (2) menekan atau mengurangi pertumbuhan gulma, dan (3) menekan terjadinya limpasan permukaan (*run off*), pencucian serta erosi tanah. Mulsa jerami dapat diperoleh dari hasil panen padi. Mulsa plastik dapat digunakan sampai 3 kali tanam (Gambar 1).



Sumber : Noor dan Lestari (Balittra)

Gambar 1. Teknologi mulsa dan tanpa mulsa dalam budidaya sayuran di lahan gambut Kapuas Kalimantan Tengah

Penataan lahan

Menurut Nursyamsi *et al.* (2014) dalam mendukung diversifikasi tanaman di lahan rawa, sistem surjan merupakan model pilihan penataan lahan yang sesuai dan adaptif dengan perubahan iklim. Dalam sistem surjan, bagian bawah yang lebih rendah (*sunken bed*) ditanami padi sawah dan bagian atas yang ditinggikan disebut surjan (*raised bed*) dapat ditanami buah-buahan seperti jeruk, palawija (misalnya jagung, kedelai, kacang tanah) atau sayuran (misalnya cabai, tomat, kacang

panjang, terong, mentimun, kubis bunga dan lain sejenisnya) (Gambar 2). Lahan gambut dalam (tebal > 3 m) tidak dianjurkan untuk menerapkan sistem surjan karena mempunyai resiko kekeringan dan kebakaran. Pilihan komoditas yang ditanam pada surjan dapat menyesuaikan dengan tipe luapan. Misalnya pada lahan rawa pasang surut tipe luapan A daerah Tabunganen, Kabupaten Tanah Laut, Kalsel petani tanam kelapa, tipe luapan B daerah Terantang, Kabupaten Barito Kuala, Kalimantan Selatan petani tanam jeruk.

Sumber : Dokumentasi Noor (Balittra)



Gambar 2. Sistem surjan untuk budidaya sayuran di lahan rawa bergambut

Pembuatan surjan memerlukan banyak tenaga dalam 1 hektar diperlukan 500 Hari Orang Kerja (HOK) sehingga petani membuatnya secara bertahap dengan membuat tukang pada tahap pertama, kemudian setelah tanaman besar tukang diperlebar dan dapat disambung membentuk surjan. Jarak antar surjan sebaiknya minimal 14 meter agar operasional traktor dalam melakukan olah tanah sawah dapat leluasa, tetapi ada pendapat lain yaitu 8,5-9,0 m. Surjan dapat juga menjadi batas pemilikan lahan sehingga dibuat pada jarak 200 m. Lebar surjan bagian atas 3-5 m, lebar bawah 3,5-5,5 m dan tinggi 60-90 cm, tergantung pada tinggi muka air apabila terjadi luapan pasang, panjang surjan berkisar antara 25-50 m, tergantung pemilikan (Nursyamsi *et al.*, 2014).

Pada lahan rawa yang agak kering (tipe luapan C atau D) perlu dibuat guludan/bedengan dan saluran drainase dangkal bagian sisinya, sehingga tanaman tidak kebasahan pada saat hujan. Sistem ini disebut juga dengan sistem drainase dangkal atau teknologi budidaya basah. Oleh karena lahan gambut mempunyai kemampuan menyerap dan menyimpan air cukup tinggi sehingga saluran drainase dangkal tersebut berfungsi untuk meningkatkan aerasi tanah sehingga tanaman dapat tumbuh optimal (Noor 2001). Untuk tanaman hortikultura di lahan gambut bedengan dibuat memanjang berkisar 6-12 m, lebar antara 2-3 m, dan tinggi antara 20-25 cm (Balittra 2014).

Pemberian bahan amelioran dan pemupukan

Berdasarkan hasil-hasil penelitian Balittra bahwa pemberian bahan amelioran dan pupuk lengkap dalam budidaya hortikultura diperlukan agar pertumbuhan dan produksi optimal (Tabel 5). Penelitian di lahan gambut Desa Wono Agung, Kecamatan Maluku, Kabupaten Pulang Pisau, Kalimantan Tengah menunjukkan pemberian amelioran, pupuk lengkap (berupa kapur dolomit 2 t/ha; pupuk kandang sapi 5 t/ha; urea, SP-36 dan KCl masing-masing 150, 187,5 dan 125 kg/ha) memberikan hasil cabai merah besar tertinggi dan penambahan Cu dan Zn (masing-masing 5 kg $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ /ha) secara khusus meningkatkan hasil cabai hingga mencapai berkisar 5,5-6,0 ton/ha. Demikian juga untuk tanaman tomat pemberian input berupa dolomit sebanyak 2t/ha, pupuk kandang 5 t/ha, pupuk urea, SP-36 dan KCl masing-masing 150, 300 dan 200 kg/ha dapat meningkatkan hasil tomat sebanyak 9,84 sampai 25,22 t/ha (Noor dan Lestari 2010; Lestari *et al.*, 2013).

Tabel 5. Rekomendasi takaran amelioran dan pupuk dala budidaya sayuran di lahan gambut Kalimantan Tengah.

Jenis Hortikultura	Dolomit (t/ha)	Pukan (t/ha)	Pupuk Makro (kg/ha)			Pupuk Mikro (kg/ha)	
			Urea	SP-36	KCl	Cu ¹⁾	Zn ²⁾
Cabai merah	2	5	150	200	125	5	5
Tomat	2	5	150	300	200	5	5
Bawang merah		5					

¹⁾ Dalam bentuk $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; ²⁾ Dalam bentuk $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Sumber: Fahmi (2017); Maftuah (2017a).

Hasil penelitian di lahan gambut Desa Kelampangan, Kecamatan Sebangau, Kota Palangkaraya, Kalimantan Tengah menunjukkan hasil cabai terbaik diperoleh dengan pemberian amelioran pupuk kandang + abu dari gulma insitu (A4) disertai dengan pupuk lengkap NPK 1,5 kali rekomendasi (P3) dengan pemupukan 150 kg N, 300 kg P_2O_5 dan 180 kg K_2O /ha) dengan hasil mencapai 19,09 t/ha (Maftuah 2017a). Penelitian lainnya di lahan gambut Desa Kalampangan, Kec. Sebangau, Kota Palangkaraya, Kalimantan Tengah menunjukkan perlakuan amelioran abu sekam secara umum menghasilkan cabai lebih tinggi dibandingkan amelioran biochar dan tanpa amelioran dengan rata-rata hasil 17,64 t/ha berbanding dengan 12,91 dan 12,39 t/ha. Hasil tertinggi pada aplikasi abu sekam dan pupuk

anorganik tunggal yang dikocor dengan hasil cabai mencapai 19,32 t/ha (Fahmi 2017) seperti yang disajikan dalam Gambar 3.

Sumber : Dokumentasi Noor, Lestari dan Fahmi (Balittra).



Gambar 3. Pertumbuhan cabai dalam penelitian di lahan gambut, Desa Kanamit dan Desa Kelampangan, Kalimantan Tengah

Tinggi dan rendahnya hasil cabai di lahan gambut sangat dipengaruhi oleh status kesuburan tanah, varietas yang digunakan dan respon varietas terhadap bahan amelioran dan pupuk. Cabai varietas Tanjung 2 dan Tanjung 1 tanpa bahan amelioran dan tanpa pupuk memberikan hasil 0,59 dan 1,32 t/ha, sementara varietas Tombak, Hot Chili dan Prabu memberikan hasil masing-masing 1,47; 1,72; dan 4,02 t/ha. Apabila diberikan dolomit 2 t/ha; pukan 5 t/ha; urea 100 kg /ha, SP-36 189,5 kg/ha, dan KCl 125 kg/ha masing-masing varietas Tanjung 1, Tanjung 2, Tombak, Hot Chili, dan Prabu dapat menghasilkan 4,72; 3,44; 4,10; 5,92; dan 7,72. Tampak varietas Prabu memberikan hasil paling tinggi disusul Hot Chili (Lestari *et al.* 2013). Dari hasil penelitian selama ini menunjukkan dengan semakin tinggi dosis kapur (dolomit) yang diberikan, semakin meningkat hasil cabai. Dengan input yang cukup hasil cabai di lahan gambut dapat mencapai 15-17 t/ha dan terendah berkisar 8-10 t/ha (Balittra 2014).

Hal serupa juga diperoleh untuk komoditas bawang merah yang sekarang banyak diminati petani. Tinggi dan rendahnya hasil bawang di lahan gambut sangat dipengaruhi oleh status kesuburan tanah, varietas yang digunakan dan respon varietas terhadap bahan amelioran dan pupuk, termasuk pupuk kandang (pukan).

Hasil bawang terbaik diperoleh pada pemberian (1) 100% pukan sapi; (2) 50% biochar sekam padi + 50% pupuk kandang sapi; (3) 50% abu sekam padi + 50% pukan sapi; dan (4) kompos terdiri dari 40% gulma *insitu* + 40% pukan sapi + 20% dolomit diperoleh hasil rata-rata masing-masing 3,72; 4,39; 2,90; dan 4,17 kg/ha. Sedangkan varietas yang memberikan hasil tertinggi adalah Batu Ijo disusul Bauji dan Bima Arjuna dengan hasil rata-rata masing-masing 6,26; 2,84; dan 2,29 kg/ha (Maftuah 2017b).

Pilihan varietas adaptif

Jenis dan varietas hortikultura tertentu yang tumbuh dan berproduksi optimal di lahan gambut, karena lahan gambut bersifat spesifik dan setiap jenis atau varietas tanaman mempunyai tingkat adaptasi dan toleransi yang berbeda terhadap sifat spesifik gambut. Misalnya cabai varietas prabu lebih toleran dibandingkan jenis Tanjung 1, Tanjung 2, Tombak 1, dan Hot Chilli. Namun Hot Chili juga bisa dikembangkan di lahan gambut Desa Purwodadi, Maluku, Kabupaten Pulang Pisau, Kalimantan Tengah apabila menggunakan input dolomit, pukan dan pupuk NPK yang cukup dan lengkap (Gambar 4).

Demikian juga varietas bawang, yang sesuai ditanam di lahan gambut adalah vaietas Batu Ijo karena memberikan hasil lebih tinggi dibandingkan var Bima, Arjuna atau Bauji. Hasil penelitian di lahan gambut Kereng Bengkirai, Kota Palangkaraya, Kalimantan Tengah menunjukkan varietas Sembrani mencapai 8,7 t/ha lebih tinggi dibandingkan varietas Bima Brebes dan Maja Cipanas dengan hasil 7,2 dan 7,3 t/ha. Paling rendah dicapai varietas trisula dan manjung rata-rata hanya mencapai 4,7 dan 4,4 t/ha (Sinar Tani 2014). Varietas Ampenan memberikan hasil tinggi di lahan gambut. Hasil varietas Bauji, Super Philip, dan Thailand yang ditanam di lahan gambut lebih rendah daripada varietas Moujung, Sumenep, dan Bali Karet, serta hasil varietas Bauji, Super Philip, Bali Karet dan Thailand yang ditanam di lahan kering (Purbiati 2012). Penggunaan varietas dan pengelolaan air yang tepat diharapkan dapat memberikan hasil yang tinggi dan bisa menekan emisi di lahan gambut.

Sumber : Dokumentasi Noor & Fahmi (Balittra)



Gambar 4. Panen raya bawang oleh Wakil Gubernur Kalteng di Desa Kereng Bengkirai, Kota Palangkaraya dan keragaan pertumbuhan bawang merah dalam penelitian di lahan gambut, Kalampangan, Kota Palangkaraya, Kalimantan Tengah

Masing-masing varietas mempunyai karakteristik yang menentukan selera konsumen, sehingga pemilihan varietas juga perlu memperhatikan selera konsumen atau pasar. Tabel 6 menunjukkan jenis dan varietas komoditas sayuran yang adaptif di lahan rawa, termasuk gambut.

Cara tanam dan perawatan

Penanaman bawang merah di lahan gambut agak rumit dan sangat ditentukan juga oleh sifat dan kondisi lahan gambut yang dimanfaatkan. Menurut Firmansyah (2013) lahan gambut yang cocok untuk bawang merah adalah yang masih mentah atau mendekati setengah matang (hemik). Tanaman bawang memerlukan drainase dangkal, berkisar antara 20-30 cm. Selain untuk mengatur keperluan tanaman terhadap air, tinggi muka air juga berkorelasi dengan emisi karbon. Beberapa hasil penelitian menunjukkan beberapa varietas yang dapat beradaptasi dengan baik di lahan gambut, namun produktivitasnya rendah.

Tabel 6. Jenis dan varietas serta potensi hasil komoditas hortikultura yang sesuai dibudidayakan di lahan rawa, termasuk gambut

Jenis hortikultura	Nama varietas	Potensi hasil (t/ha)
Tomat	Intan, Permata, Berlian, Mirah, AV-22, Ratna	10-16
Cabai	Tanjung-1, Tanjung-2, Hot Chili, Barito, Bengkulu, Tampar, Keriting, Rawit Hijau dan Putih	9-18
Terong	Mustang, Kopek Ungu, Ungu Panjang, No. 4000	17-40
Kubis	KK Cross, KY Cross	20-32
Kac panjang	Super King, Pontianak, KP-1, KP-2, Lebat	15-28
Buncis	Horti-1, Horti-2, Lebat, Prosector, Farmer Early, Green Leaf	6-8
Timun	Saturnus, Mars, Pluto, Hercules, Venus	23-40
Sawi	Asveg#1, Sangihe, Talaud, Tosakan, Putih Jabung, Sawi Hijau, Sawi Huma, No. 82-157	10-20
Slada	New Grand Rapids	9-15
Bayam	Maestro, Giti Hijau dan Merah, Cimangkok, Kakap Hijau	10-12
Kangkung	LP-1, LP-2, Sutera	25-30
Lobak	Grand Long	50-85
Pare	Siam, Maya	17-18

Semangka	Agustina, New Dragon, Sugar Baby	10-25
Melon	Monami Red, Sky Rocket	14-18

Sumber : Diolah dari Alihamsyah *et al.* dan Hilman *et al.* (Noor 2007).

Analisis Biaya dan Pendapatan Usahatani

Pendapatan usahatani hortikultura di lahan gambut sangat tergantung pada nilai ekonomi dari komoditas dan efisien ekonomis. Hasil survei dan penelitian di lahan gambut Kalimantan Barat menunjukkan keuntungan tertinggi dicapai pada komoditas lidah buaya dibandingkan jagung manis. Komoditas sayuran yang paling mempunyai prospek bawang daun dengan R/C tertinggi (3,36) dibandingkan dengan sayuran lainnya, namun demikian semua jenis sayuran yang diusahakan cukup layak untuk dikembangkan karena menghasilkan R/C > 1 (Tabel 7).

Hasil analisis usahatani ke dua komoditas cabai dan bawang merah menunjukkan dengan hasil cabai 2 t/ha keuntungan yang dicapai Rp21 juta/ha/musim dan hasil bawang merah 5,4 t/ha keuntungan yang dicapai Rp121 juta/ha/musim (pada harga Rp30.000/kg) (Tabel 8). Secara rinci hasil analisis usahatani bawang merah di lahan gambut Desa Kereng Bengkirai, Kalteng disajikan pada Tabel 8.

Tabel 7. Analisis biaya dan pendapatan usahatani beberapa komoditas sayuran di lahan gambut Kalimantan Barat 2006

No	Komoditas	Penerimaan (Rp)	Biaya (Rp)	Keuntungan (Rp)	R/C
1	Lidah buaya ^{*)}	46.240.000	28.826.000	17.414.000	1,604
2	Jagung manis ^{*)}	4.245.000	3.441.000	804.000	1,230
3	Kangkung ^{**)}	150.000	102.357	47.643	1,46
4	Bayam ^{**)}	224.965	112.483	112.482	1,99
5	Sawi ^{**)}	112.482	56.241	56.241	2
6	Kucai ^{**)}	180.000	109.928,5	70.071,5	1,63
7	Seledri ^{**)}	400.000	141.071	258.929	2,835
8	Bawang daun ^{**)}	450.000	133.821	316.179	3,36

Keterangan: ^{*)} Dalam luasan 1 ha; ^{**)} Dalam luasan 18 m²

Sumber: Noorginayuwati *et al.* (2006)

Tabel 8. Analisis finansial usaha tani (per hektar) bawang merah, pepaya (per 2 tahun), dan cabai di lahan gambut, Kereng Bengkirai, Kalteng, 2014

Lahan/ Komoditas	Pro-du ksi (ton)	Penerimaan (Rp)	Biaya Total (Rp)	Keuntungan (Rp)	R/C
Bawang Merah	10,8	324.000.000	81.001.096	242.998.904	4,00
Cabai	2,0	30.000.000	9.000.000	21.000.000	2,33

Sumber: Sinar Tani : edisi 15-21; 22-28 Jan 2013; Sains Indonesia, edisi 26/Feb 2014

IMPLIKASI KEBIJAKAN PENGEMBANGAN SAYURAN DI LAHAN GAMBUT TERDEGRADASI

Dalam hal pengembangan sayuran di lahan gambut telah ditetapkan beberapa kebijakan, antara lain adalah (1) pemanfaatan lahan-lahan sub-optimal atau marjinal diantaranya adalah lahan gambut, khususnya yang terdegradasi melalui ekstensifikasi, (2) optimalisasi lahan-lahan yang ada, termasuk lahan gambut terdegradasi melalui kegiatan intensifikasi dan diversifikasi, (3) peningkatan pendapatan masyarakat petani di lahan gambut terdegradasi melalui integrasi tanaman-ternak dan/atau tanaman-ikan, integrasi hortikultura-sapi; sistem *careen* atau surjan integrasi hortikultura-ikan.

Pengembangan sayuran di lahan gambut terdegradasi memerlukan model atau sistem usahatani yang berkelanjutan dalam arti dapat *"memenuhi kebutuhan sekarang, tanpa mengurangi kesempatan generasi yang akan datang untuk memenuhi kebutuhan mereka"*. Pemahaman tentang pengelolaan lahan gambut berkelanjutan diartikan sebagai upaya pengelolaan yang didasarkan pada kaidah-kaidah konservasi dan pengembangan yang ramah lingkungan. Pengelolaan lahan gambut berkelanjutan adalah cara-cara pengelolaan yang menyeimbangkan antara kepentingan produksi pertanian/perkebunan, termasuk perikanan atau peternakan dengan kepentingan lingkungan, sehingga tidak berdampak negatif atau merusak sumberdaya lahan dan lingkungannya. Pengelolaan lahan gambut berkelanjutan juga dimaksudkan untuk pembatasan terhadap penggunaan atau pembukaan lahan gambut secara semena-mena atau tidak bertanggung jawab, mengingat sifat dan watak gambut yang rapuh (Widjaya-Adhi *et al.* 2000).

Menurut Sabiham (2009) yang dimaksudkan pengelolaan lahan gambut berkelanjutan adalah setiap pemanfaatan lahan gambut sesuai dengan tanaman terpilih yang akan ditanam atau pemanfaatan yang memberikan sumbangan nyata terhadap pendapatan secara ekonomi dalam jangka panjang terhadap

masyarakatnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa usahatani hortikultura di lahan gambut memiliki prospek yang cukup baik apabila sistem budidaya dan usahatani dilakukan secara baik. Namun karena keterbatasan petani baik dalam hal penguasaan teknologi, finansial, maupun pemasaran, maka belum memberikan tingkat penghasilan yg baik. Petani hanya dapat melaksanakan pertanian atau pengembangan pada luasan yang sempit dan pemasaran yang terbatas sehingga harga sangat tergantung pada pedagang. Justru yang banyak memperoleh keuntungan saat harga yang baik bukan petani, tetapi justru pedagang. Oleh karena itu pemanfaatan lahan gambut memerlukan komitmen yang kuat dengan berbasis kepada sains dan teknologi yang mumpuni, didasarkan kajian yang mendalam dan komprehensif, serta memerlukan penguasaan pengelolaan dari hulu sampai hilir. Berdasarkan sifat dan karakteristik lahan gambut, maka pengembangan usahatani sayuran di lahan gambut (terdegradasi) perlu memperhatikan beberapa hal dalam pengambilan kebijakan antara lain:

1. Diperlukan zonasi dan tata ruang daerah pengembangan yang jelas dengan dukungan data karakteristik hidrologi, tanah, air, dan lingkungannya
2. Perlu dilakukan Inventarisasi dan pemetaan wilayah pengembangan pada skala 1: 50.000 atau lebih besar.
3. Perlu dilakukan penyusunan model usahatani sayuran yang kompetitif dan efisien, sehingga menguntungkan dan mensejahterakan petani, dengan dukungan infrastruktur yang memadai, teknologi yang tepat dan spesifik lokasi yang didasarkan hasil penelitian, dan kelembagaan petani, serta kelembagaan pendukung yang baik.

PENUTUP

Lahan gambut terdegradasi dengan ketebalan sedang (<3 m) mempunyai potensi untuk pengembangan sistem usahatani sayuran yang bersifat berkelanjutan, karena secara ekonomi menguntungkan (nilai $R/C > 1$), dengan resiko lingkungan yang relatif lebih rendah, diantaranya karena dapat diusahakan pada kondisi muka air tanah dangkal (<40 cm).

Beberapa prinsip-prinsip yang perlu diperhatikan dalam pengembangan tanaman sayuran di lahan gambut (terdegradasi) antara lain: (1) pengelolaan air di tingkat mikro, yaitu menjaga permukaan air tanah agar tidak terjadi drainase berlebihan (*over drainage*) dengan memasang pintu sekat air atau pintu tabat (*dam overflow*), (2) Pemberian mulsa, untuk menjaga kelembaban tanah, selain untuk mendukung pertumbuhan dan produksi tanaman juga menekan resiko lingkungan, baik resiko emisi maupun kebakaran, (3) penataan lahan, sistem surjan dapat mendukung sistem usahatani yang bersifat adaptif terhadap sifat lahan gambut yang spesifik, (4) pemberian amelioran dan pemupukan berimbang

termasuk pemberian pupuk mikro (khususnya Cu dan Zn), (5) Pilihan varietas adaptif, setiap jenis atau varietas tanaman mempunyai tingkat adaptasi dan toleransi yang berbeda terhadap sifat spesifik gambut, sehingga diperlukan pengujian terlebih dahulu sebelum dikembangkan, (6) Cara tanam dan perawatan, setiap jenis tanaman sayuran memerlukan cara tanam dan perawatan yang spesifik.

Beberapa kebijakan dalam pengembangan sayuran di lahan gambu, antara lain adalah (1) pemanfaatan lahan gambut khususnya yang terdegradasi melalui ekstensifikasi, (2) optimalisasi lahan-lahan lahan gambut terdegradasi melalui kegiatan intensifikasi dan diversifikasi, (3) peningkatan pendapatan petani di lahan gambut terdegradasi melalui integrasi tanaman-ternak dan/atau tanaman-ikan, integrasi hortikultura-sapi; sistem *caren* atau surjan integrasi hortikultura-ikan.

Pengembangan usahatani sayuran di lahan gambut (terdegradasi) perlu memperhatikan beberapa hal dalam pengambilan kebijakan antara lain : (1) Zonasi dan tata ruang daerah pengembangan yang jelas dengan dukungan data karakteristik hidrologi, tanah, air, dan lingkungannya, (2) Perlu dilakukan inventarisasi dan pemetaan wilayah pengembangan pada skala 1:50.000 atau lebih besar, (3) perlu dilakukan penyusunan model usahatani sayuran yang kompetitif dan efisien yang menguntungkan dan mensejahterakan petani, dengan dukungan infrastruktur yang memadai, teknologi yang tepat dan spesifik lokasi yang didasarkan hasil penelitian, dan kelembagaan petani, dengan kelembagaan pendukung yang baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian dan Kepala Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa atas dukungan penyusunan naskah ini. Terima kasih disampaikan kepada teman sejawat peneliti yang telah membantu memberikan tambahan literatur. Ucapan senada disampaikan kepada Tim Penyunting atas saran dan masukannya, juga kepada Redaksi Pelaksana diucapkan terima kasih atas kerja kerasnya. Dalam naskah ini Muhammad Noor adalah sebagai kontributor utama dan Ai Dariah sebagai kontributor anggota.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F. dan Subiksa I.G.M. 2008. Lahan Gambut: Potensi untuk Pertanian dan Aspek Lingkungan. Balai Penelitian Tanah dan ICRAF, Bogor. 36 hlm.
- Antarlina, S.S., Noor I., Noor H.D.J, Raihan S., Achmadi J., Rina Y. dan Noorginayuwati. 2005. Teknologi peningkatan produktivitas lahan dan kualitas

- buah jeruk di lahan rawa pasang surut. Laporan Hasil Penelitian 2004. Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa (Balittra). Banjarbaru. *Tidak diterbitkan*
- Ariani, M., Susilawati H.I., dan Setyanto P. 2008. Mitigasi emisi metana (CH₄) dari tanah gambut dengan ameliorasi. Hlm. 319–325. *Dalam* Supriyo *et al.* (Eds.): Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Lahan Rawa, Banjarbaru 5 Agustus 2008. BBSDLP–Balitbangda Kalimantan Selatan.
- Balittra. 2014. Pedoman Umum Pengelolaan Lahan Gambut untuk Pertanian Berkelanjutan. Balitbangtan. Kementan IAARD Press. Bogor. 68 hlm.
- BBSDLP. 2012. Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan untuk Komoditas Pertanian. Edisi Revisi 2011. Balitbangtan. Jakarta. 159 hlm.
- BBSDLP. 2015. Sumberdaya Lahan Pertanian Indonesia. Balitbangtan. Kementan IAARD-Press. Bogor. 100 hlm.
- BBSDLP. 2019. Peta Lahan Gambut Indonesia. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan, Balitbang Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Dariah, A., Agus, F., Subiksa, I.G.M., Setyanto, P., dan Hanapiah, H. 2011. Emisi pada lahan gambut dengan berbagai jenis penggunaan lahan. *Dalam* Prosiding Seminar dan Kongres Himpunan Ilmu Tanah Indonesia X, 6-8 Maret 2011. Buku 2.
- Dariah, A., Marwanto, S., and Agus F. 2013. Root-and peat-based CO₂ emissions from oil palm plantations. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, DOI: 10.1007/s11027-013-9515-6.
- Fahmi, A. 2017. Penelitian perbaikan teknologi pengelolaan lahan gambut spesifik untuk tanaman cabai ramah lingkungan. Laporan Akhir Kegiatan Penelitian. Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa. BBSDLP, Balitbangtan, Kementan.
- Firmansyah, M,A. dan Manulu, J.P. 2013. Perilaku dan karakteristik gambut tertimbun. *Dalam* Prosiding Seminar pertanian ramah Lingkungan. Bogor. 29 Mei 2013. Hlm 541-554.
- Hadi A., Mriyana, Z.T., dan Londong, P. 2007. Pengelolaan penggunaan berdasarkan tipologi luapan pasang surut sebagai opsi mitigasi emisi gas CH₄ dan N₂O. *Dalam* Mukhlis *et al.* (Eds.): Prosiding Seminar Nasional Pertanian Lahan Rawa, Kuala Kapuas, 3-4 Agustus 2007. Badan Litbang dan Pemkab Kapuas Kalimantan Tengah. Hlm 301-316.
- Hooijer A., Page S., Canadel J.G., Silvius M., Kwadijk J., Wosten H., and Jauhiainen, J. 2010. "Current and Future CO₂ Emissions from Drainased Tropical Peatlands in South Asia". Biogeosciences 7: 1505-1514.
- ICCTF-Bappenas. 2013a. Atlas Lahan Gambut Terdegradasi Pulau Sumatera Skala 1:250.000. Indonesia Climate Change Trust Fund (ICCTF)-Bappenas. Balitbangtan. Kementerian Pertanian. 22 hlm.
- ICCTF-Bappenas. 2013b. ICCTF-Bappenas. 2013. Atlas Lahan Gambut Terdegradasi Pulau Kalimantan dan Papua. Skala 1:250.000. Indonesia Climate Change Trust Fund (ICCTF)-Bappenas. Balitbangtan. Kementerian Pertanian. 21 hlm.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2014. 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands

Methodological Guidance on Lands with Wet and Drained Soils, and Constructed Wetlands for Wastewater Treatment. (Eds. Hiraishi *et al.*). UNEP, WMO.

- Kristijono, A. 2003. Pemanfaatan lahan gambut untuk agro-industri: Tantangan dan peluang. Disampaikan pada Lokakarya Nasional Pertanian Lahan Gambut. Pontianak 15-16 Desember 2003. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Kalimantan Barat. Badanlitbang Pertanian. Departemen Pertanian. 11 hlm.
- Lestari, Y., Pangaribuan, E.B., dan Noor, M. 2013. Peningkatan produktivitas lahan bergambut untuk budidaya cabe merah (*Capsicum annum*) melalui paket ameliorasi dan pemupukan. Makalah untuk Seminar HGI 2013 di Kapuas, Kalteng.
- Maltby, E. and Immirzi, C.P. 1996. The sustainable utilization of tropical peatland. Dalam Maltby *et al.* (Eds.): Proceeding of a Workshop on Integrated Planning and Management of Tropical Lowland Peatland. IUCN. pp. 1–16.
- Maftuah, E. 2017a. Pengelolaan lahan gambut terdegradasi untuk tanaman cabai yang ramah lingkungan. *Laporan Akhir Kerjasama Penelitian, Pengkajian, dan Pengembangan Pertanian Strategis (K4S)*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian - Universitas Lambung Mangkurat. Banjarbaru. 76 hlm.
- Maftuah, E. 2017b. Penelitian pengelolaan lahan gambut spesifik untuk tanaman bawang merah ramah lingkungan. *Laporan Akhir Kegiatan Penelitian*. Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa. BBSDLP, Balitbangtan, Kementan (Belum Dipublikasi). 43 hlm.
- Marwanto, S, and Agus, F. 2013. Is CO₂ flux from oil palm plantations on peatlands controlled by soil moisture and/or soil and air temperatures? Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, DOI: 10.1007/s11027-013-9518-3.
- Najiyati, S., Muslihat, L, and Suryadiputra, I.N.N. 2005. Panduan Pengelolaan Lahan Gambut untuk Pertanian Berkelanjutan. Wetland Int.–Indo. Prog. & WHC. Bogor, Indonesia. 241 hlm.
- Noor, M. 2001. Pertanian Lahan Gambut: Potensi dan Kendala. Kanisius. Yogyakarta. 174 hlm.
- Noor, M. 2004. Lahan Rawa: Sifat dan Pengelolaan Tanah Bermasalah Sulfat Masam. PT Raja Grafindo Persada, Jakarta. 241 hlm.
- Noor, M. 2007. Rawa Lebak: Ekologi, Pemanfaatan, dan Pengembangannya. Rajawali Pers. Jakarta.
- Noor, M. 2010. Lahan Gambut: Pengembangan, Konservasi, dan Perubahan Iklim. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 212 hlm.
- Noor, M. 2016. Debat Gambut: Ekonomi, Ekologi, Politik dan Kebijakan. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Noor, M, and Lestari Y. 2010. Effect of ameliorants and micro nutrient on the productivity of selected crop of horticulture on peatlands of Central Kalimantan. 137-142 pp. In Proc. Of Palangkaraya Inten Symp & Workshop on The Tropic. Peatland Management Proper Use of Tropical Lands.

- Noorginayuwati, Rafiq, A., Rina, Y., dan Jumberi, A. 2006. Pengagalian kearifan lokal petani untuk pengembangan lahan gambut di Kalimantan. Laporan Hasil Penelitian 2006. Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa (Balittra). Banjarbaru. *Tidak Diterbitkan*.
- Nursyamsi, D., Noor, M., dan Haryono. 2014. Sistem Surjan: Model Pertanian Lahan Rawa Adaptif Perubahan Iklim. IAARD Press. Bogor/Jakarta. 135 hlm.
- Nurzakiah, Hairani, A., dan Noor, M. 2012. Emisi metan dari pertanaman padi pada beberapa dosis pemupukan NPK di Lahan Gambut. Hlm. 245–252. *Dalam* Edi Husen *et al.* (Eds.): Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Lahan Gambut Berkelanjutan. Balitbangtan. Jakarta.
- Purbianti, T. 2012. Potensi pengembangan bawang merah di lahan gambut. *Jurnal Litbang Pertanian*, 31(3): 133-118.
- Rina, Y., Sutikno, H., Nazemi, D. 2006. Analisis ekonomi dan keunggulan kompetitif komoditas pertanian di lahan lebak. Prosiding Seminar nasional Persatuan Agronomi Indoensia (PERAGI) Yogyakarta, 3 Agustus 2006.
- Sabiham, S. 2009. Pengelolaan Lahan Gambut Indonesia Berbasis Ekosistem. Orasi Ilmiah Guru Besar tetap Fak. Pertanian IPB, Bogor 16 September 2009.
- Sains Indonesia, edisi 26-Feb 2014. Cabai, Bonus Menggiurkan dari Lahan Rawa. Hlm 61-63. Majalah Bulanan Nasional. Jakarta.
- Sinar Tani. 2014. Panen bawang di lahan gambut; kalkulasi analisa usaha tani. *Tabloid Mingguan Edisi* 22-228 Januari 2014.
- Sutikno, H., Noorginayuwati, dan Rina, Y. 2002. Masalah sosial ekonomi dalam pengelolaan lahan pasang surut sulfat masam Kalimantan Selatan. Hlm 83-98. *Dalam* Isdijanto Ar-Riza *et al.* (Eds.): Pengelolaan Air dan Tanah di Lahan Pasang Surut. Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa. Banjarbaru.
- Subiksa, I,G,M., Hartatik, W., dan Agus, F. 2011. Pengelolaan gambut secara berkelanjutan. Hlm 73-88. *Dalam* Nurida *et al.* (Eds.): Pengelolaan Gambut Berkelanjutan. Balai Penelitian Tanah, Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Litbang Pertanian.
- Wahyunto dan Dariah, A. 2013. Pengelolaan lahan gambut terdegradasi dan terlantar untuk mendukung ketahanan pangan. Hlm 329-347. *Dalam* Haryono *et al.* (Eds.): Politik Pembangunan Pertanian Menghadapi Perubahan Iklim. IAARD-PRESS.
- Wakhid, N., Hirano, T., Okimoto, Y., Nurzakiah, S. and Nursyamsi, D. 2017. Soil carbon dioxide emissions from a rubber plantation on tropical peat. *Science of the Total Environment*, Vol. 581-582: 857–865. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.035>.
- Widjaja, Adhi, I.P.G., Nugroho, K., Suriadikarta, D.A. dan Karama, A.S. 2000. Sumberdaya lahan rawa: potensi, keterbatasan, dan pemanfaatan. *Dalam* Partohardjono dan Syam (Eds.): Pengembangan Terpadu Lahan Rawa Pasang Surut dan Lebak. SWAMPS II-Puslitbangtan. Bogor.

PENGELOLAAN LAHAN GAMBUT TERDEGRADASI DI PERKEBUNAN KELAPA SAWIT SWADAYA PETANI

Hendri Sosiawan, Masganti, Ani Susilawati, dan Wiwik Hartatik

Lahan gambut dikenal sebagai lahan yang rapuh, mudah mengalami perubahan sifat akibat perubahan lingkungan (Noor *et al.*, 2014). Pengelolaan dan pemanfaatan lahan gambut yang tidak benar seperti pembakaran, pembuatan drainase, penebangan pohon, dan penambangan menyebabkan terjadinya degradasi sifat kimia, sifat fisik dan biologi gambut (Masganti *et al.*, 2014a; 2017; Masganti & Susilawati 2018). Pengalihan fungsi lahan gambut untuk keperluan pertanian harus berdasarkan kesesuaian dan kemampuan lahan serta penggunaan teknologi yang sesuai harus menjadi dasar dalam pengembangan lahan gambut ke depan (Sabiham & Sukarman 2012). Perubahan tersebut tidak saja menyebabkan produktivitas rendah, tetapi juga pencemaran lingkungan meningkat akibat pelepasan GRK, pendapatan petani rendah, bahkan menyebabkan lahan terlantar (Las *et al.* 2012; Masganti *et al.*, 2017; Masganti & Susilawati 2018).

Diantara kesalahan pengelolaan dan pemanfaatan tersebut, kebakaran menjadi kontributor utama dalam mempercepat degradasi lahan gambut (Masganti *et al.*, 2017; Noor 2017; Masganti & Susilawati 2018). Selain sebagai kontributor degradasi lahan, kebakaran bahkan menyebabkan murid-murid sekolah harus diliburkan, penerbangan mengalami penundaan, dan roda perekonomian terganggu. Bahkan kebakaran gambut yang terjadi di Riau beberapa tahun yang lalu, sempat mengganggu penduduk Singapura sebagai “penerima” asap (Masganti *et al.*, 2015a; 2015b; Noor 2017). Kebakaran gambut tidak saja menyebabkan penurunan kesuburan tanah karena sebagian besar unsur N hilang ke udara, tetapi juga menyebabkan jasad renik yang ada dalam gambut menjadi musnah, padahal fungsi mikroorganisme tersebut sangat penting dalam siklus hara tanaman di lahan gambut (Hadi *et al.*, 2012; Andersen *et al.*, 2013; Istina *et al.*, 2015).

Kebakaran yang terjadi terus menerus menyebabkan luas lahan gambut yang terdegradasi semakin luas. Masganti dan Susilawati (2018) memperkirakan kecepatan degradasi lahan gambut mencapai 75.000-100.000 hektar per tahun, bahkan mungkin lebih tinggi. Luas lahan gambut yang terdegradasi diperkirakan sudah mencapai 7,0 juta hektar atau 47% dari luas total lahan gambut Indonesia.

Perkebunan kelapa sawit rakyat secara umum terdiri dari dua kelompok, yakni (1) perkebunan kelapa sawit yang dikelola oleh swadaya petani, dan (2) perkebunan kelapa sawit yang dikelola di bawah manajemen perkebunan swasta sebagai plasma. Produktivitas kelapa sawit di bawah pengelolaan perkebunan swasta jauh lebih tinggi dibandingkan perkebunan kelapa sawit yang dikelola petani secara swadaya. Produktivitas kelapa sawit swadaya petani di lahan gambut

terdegradasi tergolong rendah, rata-rata hanya 0,8-1,2 ton/ha/bulan. Berdasarkan hasil analisis ekonomi, produktivitas tersebut tidak menguntungkan petani (Nurhayati *et al.*, 2014; Salwati *et al.*, 2014; Setyanto *et al.*, 2014), sehingga ketika harga tandan buah segar (TBS) rendah, petani melakukan pembiaran atau tidak memanen, sehingga berakibat terhadap penurunan produktivitas dan lingkungan tumbuh kelapa sawit. Meski demikian, petani kelapa sawit atau perkebunan rakyat (PR) banyak memanfaatkan lahan gambut terdegradasi. Masganti & Susilawati (2018) memperkirakan luas lahan gambut terdegradasi yang dimanfaatkan untuk budidaya kelapa sawit mencapai 2,5 juta hektar dari 4,0-4,5 juta hektar kelapa sawit yang dibudidayakan di lahan gambut.

Tulisan ini bertujuan membahas perlunya teknologi pengelolaan lahan yang tepat pada lahan gambut terdegradasi untuk meningkatkan produktivitas dan pendapatan petani kelapa sawit swadaya petani, dan mengurangi resiko penurunan kualitas lingkungan

PENGERTIAN DAN LUAS LAHAN GAMBUT TERDEGRADASI

Pengertian Lahan Gambut Terdegradasi

Kapasitas multifungsi lahan gambut berkurang akibat degradasi. Penyebab degradasi lahan gambut umumnya oleh kegiatan manusia yaitu lahan gambut yang digunakan untuk budidaya pertanian dan atau perkebunan. Pembukaan lahan gambut dari kondisi vegetasi alami untuk budidaya pertanian dan atau perkebunan tersebut diawali dengan pembuatan saluran drainase yang seringkali menyebabkan terjadinya drainase yang berlebihan (*overdrainage*). Kondisi tersebut apabila terjadi pada periode yang lama akan menyebabkan terjadinya degradasi lahan gambut yang ditunjukkan oleh terjadinya amblesan (*subsidence*). Ada dua cara untuk mengetahui apakah lahan gambut sudah mengalami degradasi atau belum yakni melalui analisis dan penampakan lapang (Bappenas 2009; World Resources Institute 2012). Jika analisis laboratorium menunjukkan kandungan karbon (C) kurang dari 35 t ha⁻¹, dan biasanya vegetasi penutup tanahnya didominasi oleh semak-semak belukar, maka lahan gambut tersebut sudah terdegradasi. Pada musim kemarau yang panjang, vegetasi ini menjadi sumber emisi karena sangat rawan terbakar (Agus *et al.*, 2013; Noor 2017).

Degradasi lahan gambut juga terjadi jika hutan gambut alami dialihfungsikan untuk tujuan lain, sehingga mengalami kemunduran fungsi sebagai media tumbuh dan lingkungan hidup, dan akhirnya terlantar (Wahyunto *et al.*, 2013; Masganti *et al.*, 2017; Masganti & Susilawati 2018). Kerusakan ekosistem gambut seperti dijelaskan dalam PP 71 tahun 2014 terjadi jika muka air tanah atau kedalaman air tanah lebih dari 40 cm dan atau tersingkapnya sedimen berpirit dan atau pasir kuarsa di bawah lapisan gambut.

Degradasi gambut menyebabkan perubahan sifat fisika, biologi dan kimia gambut yang menyebabkan berkurangnya kapasitas fungsi ekologi gambut. Penurunan kapasitas tersebut berbahaya bagi lingkungan dan sosial ekonomi pembangunan. Terkait dengan fungsi gambut sebagai media tumbuh, degradasi lahan gambut dicirikan oleh salah satu sifat atau kombinasi dari beberapa sifat seperti menurunnya kemampuan memegang air atau hidrofobik (Masganti 2012), meningkatnya kemasaman tanah, menurunnya karbon organik total (TOC) dan semakin menurunnya kadar N-total (Hadi *et al.*, 2012; Andersen *et al.*, 2013) serta ketersediaan P yang rendah (Istina *et al.*, 2015). Degradasi lahan gambut seringkali disebabkan oleh drainase lahan (Masganti *et al.*, 2017; Masganti & Susilawati 2018).

Kriteria penentuan lahan gambut terdegradasi dapat mengacu pada: (1) kondisi penutupan lahan, (2) sifat lahan gambut dan kondisi lingkungan, (3) kondisi hidrologi, fisik, dan biologi tanah, dan (4) peraturan perundangan (Wahyunto *et al.*, 2013). Lebih lanjut dijelaskan bahwa indikator lahan gambut terdegradasi dari kondisi lahan dapat langsung diketahui Antara lain: sudah ada penebangan pohon; terdapat jalan *logging*, bekas kebakaran, kering/tidak tergenang. Degradasi lahan gambut di Indonesia selalu meningkat dari tahun ke tahun. Kebakaran hutan merupakan salah satu penyebab utama kerusakan tersebut. Penyebab degradasi yang lain adalah penebangan kayu (*illegal logging/over logging*), perambahan hutan, dan konversi lahan.

Penampakan lapang seperti jenis penutup lahan menurut Wahyunto *et al* (2013) dapat dijadikan dasar untuk menilai apakah lahan gambut sudah mengalami degradasi. Penampakan lapang tersebut dapat berupa (1) tanaman penutup tanahnya merupakan semak belukar, (2) lahan terbuka bekas tambang, (3) sudah adanya penebangan pohon, (4) adanya bekas kebakaran, (5) saluran drainase yang panjang, dalam dan airnya terbatas/kering, dan (6) ada jalan *logging*. Biasanya lahan tersebut tidak dimanfaatkan karena produktivitasnya rendah, kurangnya sarana pendukung, dan jauh dari pemukiman (Masganti *et al.*, 2015b; Masganti *et al.*, 2017) serta diperlukan input produksi yang lebih tinggi untuk menghasilkan TBS yang sama (Nurhayati *et al.*, 2014; Masganti & Susilawati 2018; Masganti *et al.*, 2019).

Luas Lahan Gambut Terdegradasi

Luas lahan gambut di Indonesia diperkirakan mencapai 14.929.415 ha, tersebar di tiga pulau besar yakni Sumatera 6.436.646 ha (43,11%), Kalimantan 4.778.004 ha (32,00%), Papua 3.690.921 ha (24,72%), sisanya di pulau Sulawesi sebesar 23.844 ha atau 0,17% (Ritung *et al.*, 2015; BBSDLP 2016). Hampir separuh dari luas tersebut mengalami degradasi, sebagian besar disebabkan kesalahan manusia dalam mengelola lahan gambut (Wahyunto *et al.*, 2013; Masganti & Susilawati 2018). Pada umumnya lahan gambut terdegradasi berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai areal pengembangan pertanian. Namun pemanfaatan lahan

gambut untuk pertanian dihadapkan banyak kendala baik teknis, sosial maupun aturan perundang-undangan (Las *et al.*, 2012; Agus *et al.*, 2013; 2014).

Memilih lahan gambut sebagai media tumbuh untuk budidaya kelapa sawit merupakan langkah yang cukup strategis (Agus *et al.*, 2013; Masganti *et al.*, 2015b; Masganti & Susilawati 2018). Beberapa alasan tersebut meliputi (1) produktivitas masih rendah, (2) lahan potensial masih luas, (3) lahan terdegradasi yang potensial masih luas, (4) jumlah petani yang terlibat atau memanfaatkan lahan gambut cukup banyak, dan (5) tersedianya teknologi produksi yang ramah lingkungan dan mampu meningkatkan produktivitas dan pendapatan petani kelapa sawit. Oleh karena itu untuk menjamin produktivitas, pendapatan petani dan keamanan lingkungan, pemanfaatan lahan gambut untuk budidaya kelapa sawit menjadi pilihan tersendiri.

Petani telah lama memanfaatkan lahan gambut sebagai penghasil bahan pangan (Masganti 2013; Masganti *et al.*, 2017) seperti padi (Setioko *et al.*, 2015), hortikultura (Masganti 2013; Masganti & Anwar 2018), serta kelapa sawit (Agus *et al.*, 2013; Wahyunto *et al.*, 2013; Masganti *et al.*, 2015b). Selain itu, lahan gambut juga menjadi tempat konservasi berbagai sumberdaya genetik, sumber penghasilan, dan pemukiman, bahkan sebagai tempat pemakaman. Lahan gambut sangat potensial dimanfaatkan untuk budidaya kelapa sawit (Wahyunto *et al.*, 2013; Masganti *et al.*, 2015b; Ditjenbun 2017).

Kebakaran menyebabkan berkurangnya luas lahan gambut karena tanah gambut yang awalnya dikategorikan sebagai gambut tipis (ketebalan > 50-100 cm) menjadi bergambut (ketebalan $\leq$ 50 cm), dan bertambah luasnya lahan gambut yang terdegradasi. Diperkirakan sekitar 7,0 juta hektar atau 47,00% lahan gambut telah terdegradasi. Meskipun lahan gambut yang terdegradasi mengalami penurunan kapasitas produksi, akan tetapi di lapangan, banyak petani yang memanfaatkan lahan ini untuk budidaya kelapa sawit (Masganti *et al.*, 2014a; 2015b; 2019). Luas kebun kelapa sawit yang ada di lahan gambut diperkirakan sekitar 4,0-4,5 juta hektar, dan sekitar 2,5 juta hektar dibudidayakan di lahan gambut terdegradasi.

Produktivitas Kelapa Sawit di Lahan Gambut Terdegradasi

Lahan gambut terdegradasi dicirikan oleh tingkat kesuburan tanah yang rendah, tingkat toksisitas yang tinggi, daya dukung fisik yang rendah, dan aktivitas biologi yang rendah (Masganti 2013; Masganti *et al.*, 2015b; 2019). Kondisi ini menyebabkan rendahnya produktivitas kelapa sawit swadaya petani (Masganti *et al.*, 2015b; Masganti dan Susilawati 2018; Masganti *et al.*, 2019). Dari berbagai diskusi dan pembicaraan dengan beberapa petani kelapa sawit swadaya petani di lahan gambut terdegradasi diketahui bahwa rata-rata produktivitas kelapa sawit hanya 0,8-1,2 ton/ha/bulan, padahal kelapa sawit yang diusahakan oleh swasta di lahan gambut produktivitasnya mencapai 2,8-3,2 ton/ha/bulan.

Petani lokal atau perkebunan rakyat (PR) banyak memanfaatkan lahan gambut terdegradasi untuk budidaya kelapa sawit (Masganti dan Susilawati 2018), bahkan sebagian lahan gambut terdegradasi yang digunakan merupakan lahan gambut berkategori gambut dalam, ketebalan > 3,0 m, dengan metode pengelolaan lahan dan tanaman yang masih perlu diperbaiki (Masganti *et al.*, 2014a; 2015a).

Menurut Ditjebun (2017) kelapa sawit diusahakan oleh tiga komponen penghasil tandan buah segar (TBS) yakni perkebunan rakyat (PR) swadaya petani, perkebunan besar nasional (PBN), dan perkebunan besar swasta (PBS), diantara pelaku budidaya kelapa sawit tersebut, produktivitas kelapa sawit yang diusahakan oleh PR adalah paling rendah, disusul oleh PBN dan tertinggi dihasilkan oleh PBS. Hal yang sama dilaporkan oleh Masganti *et al.* (2014a; 2015a), dan Masganti dan Susilawati (2018). Petani lokal hanya mampu menghasilkan 9,6-14,4 ton TBS/ha/tahun, jauh lebih rendah dari yang dihasilkan perusahaan besar swasta (PBS) yakni 33,6-38,4 ton TBS/ha/tahun.

PENGELOLAAN LAHAN GAMBUT BERKELANJUTAN BERBASIS KELAPA SAWIT

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas andalan Indonesia sebagai penghasil devisa Negara melalui ekspor. Selain itu, kelapa sawit juga dilaporkan menyerap banyak tenaga kerja (Ditjenbun 2017; Masganti & Susilawati 2018). Akan tetapi teknologi budidaya yang diterapkan petani perkebunan rakyat masih rendah, khususnya yang dibudidayakan di lahan gambut terdegradasi. Kondisi ini menyebabkan petani “tidak serius” mengelola kebun kelapa sawitnya, dibiarkan sedemikian rupa, sehingga tidak saja produktivitas dan pendapatan petani rendah, tetapi juga menjadi sumber pencemaran lingkungan pada saat kemarau panjang dan menyebabkan percepatan subsidensi gambut (Masganti & Susilawati 2018).

Pengembangan kelapa sawit perkebunan rakyat di lahan gambut terdegradasi perlu memperhatikan tiga aspek yakni peningkatan produktivitas, peningkatan pendapatan, dan penurunan resiko pencemaran lingkungan melalui intervensi teknologi. Apabila produktivitas kelapa sawit dan pendapatan petani tidak dapat ditingkatkan, dan resiko pencemaran lingkungan tidak bisa diminimalisir, maka akan semakin luas perkebunan kelapa sawit yang terlantar, pencemaran lingkungan meningkat, roda perekonomian terganggu, dan penciptaan luas lahan gambut semakin tinggi.

Teknologi Peningkatan Produktivitas Kelapa Sawit

Rendahnya produktivitas kelapa sawit di lahan gambut terdegradasi tidak menjanjikan bagi petani, sehingga petani jadi “salah investasi” dan menyebabkan

petani tidak bisa menggantungkan harapan keluarga dari budidaya kelapa sawit. Oleh karena itu diperlukan teknologi peningkatan produktivitas melalui pengelolaan air, ameliorasi, pemupukan, penggunaan dekomposer, dan sistem tanam.

Pengelolaan air

Pengelolaan air dalam budidaya kelapa sawit di lahan gambut terdegradasi lebih bermasalah dibandingkan dengan di lahan mineral karena jika mengalami kekeringan bersifat tidak balik (Ditjenbun 2014), sehingga kemampuannya menahan air menjadi berkurang (Masganti 2012). Pengelolaan air harus mampu menciptakan kondisi yang menguntungkan terhadap berbagai reaksi kimia dalam tanah, mencuci unsur-unsur beracun, dan memperlambat proses subsidensi gambut. Oleh karena itu pengelolaan air menjadi kunci utama peningkatan produktivitas kelapa sawit (Masganti *et al.*, 2015a; 2015b). Pertumbuhan dan produktivitas terbaik diperoleh jika ketinggian air dapat dipertahankan 60-80 cm dari permukaan tanah (Ditjenbun 2014). Pengelolaan air menggunakan kanal blok mampu meningkatkan produktivitas kelapa sawit yang dibudidayakan di lahan gambut terdegradasi sebesar 0,50 ton/ha/bulan atau 6,0 ton/ha selama setahun dari rata-rata produktivitas hanya 1,38 ton/ha/bulan (Masganti *et al.*, 2015a).

Kanal blok adalah kanal drainase dalam blok pertanaman kelapa sawit yang berfungsi untuk mengatur/mengendalikan tinggi muka air pada blok pertanaman yang secara tidak langsung akan mengatur oksidasi yang terjadi pada lahan gambut pada blok pertanaman kelapa sawit. Pada perkebunan kelapa sawit kanal blok disebut sebagai Field drain atau pada blok sebelum replanting disebut parit tersier adalah drainase dalam blok dan bermuara ke parit tengah atau parit sekunder. Ukuran field drain ialah 1 m x 0,8 m x 0,8 m. Rasio *field drain* terhadap baris tanaman adalah 1:4. Artinya setiap empat baris tanaman terdapat satu field drain. Ruang oksidasi menentukan kecepatan dekomposisi bahan organik gambut (Hirano *et al.*, 2014). Semakin luas ruang oksidasi yang ditandai dengan semakin jauhnya posisi air tanah dari permukaan tanah menyebabkan dekomposisi bahan organik gambut berlangsung lebih intensif, sehingga emisi GRK lebih tinggi dan kecepatan subsidensi gambut lebih cepat (Hoijer *et al.*, 2012; Page *et al.*, 2012; Husnain *et al.*, 2014) dan menyebabkan gambut lebih mudah terbakar (Noor 2017; Masganti dan Susilawati 2018). Berdasarkan pengalaman lapang diketahui bahwa petani kelapa sawit rakyat menggunakan saluran yang lebih sempit, sehingga permukaan air lebih tinggi (Masganti *et al.*, 2015b; Masganti & Susilawati 2018).

Ameliorasi

Rendahnya produktivitas kelapa sawit di lahan gambut terdegradasi disebabkan tingkat kesuburan tanah yang rendah dan sifat biologi tanah yang tidak menguntungkan pertumbuhan tanaman (Masganti *et al.*, 2014a; Salwati *et al.*, 2014;

Nurhayati *et al.*, 2015). Oleh karena itu diperlukan tindakan untuk memperbaiki sifat kimia dan biologi tanah melalui ameliorasi. Amelioran mengandung kadar hara yang lebih tinggi dibandingkan dalam gambut terdegradasi, sehingga aplikasi bahan ini mampu meningkatkan produktivitas kelapa sawit sebesar 0,34-0,61 ton/ha/bulan (Masganti *et al.*, 2019). Secara langsung, amelioran mempengaruhi ketersediaan hara dalam tanah, dan secara tidak langsung memperbaiki sifat fisik dan biologi tanah (Hartatik dan Sarmah 2013), sehingga ketersediaan hara meningkat (Andersen *et al.*, 2013; Melling *et al.*, 2013), dan pertumbuhan kelapa sawit lebih baik dan menghasilkan tandan buah segar (TBS) yang lebih banyak.

Keampuan amelioran dalam meningkatkan produktivitas kelapa sawit di lahan gambut terdegradasi ditentukan oleh sumber amelioran yang digunakan (Masganti *et al.*, 2014b; Salwati *et al.*, 2014). Setiap amelioran mempunyai komposisi senyawa atau unsur hara yang berbeda, sehingga khasiatnya juga berbeda. Kemampuan amelioran yang berasal dari kotoran ayam (Pukan) lebih baik dibandingkan amelioran yang bersumber dari pupuk gambut (Pugam) dan pupuk tandan kosong (Tankos). Pukan mengandung kadar hara K yang lebih tinggi, dan kadar Al yang lebih rendah, sehingga pertumbuhan dan produktivitas kelapa sawit lebih baik. Selain itu, kualitas amelioran juga ditentukan oleh kecepatan pelepasan hara ke dalam tanah.

Pupuk cair urin sapi juga dapat digunakan sebagai bahan amelioran dalam budidaya kelapa sawit di lahan gambut terdegradasi. Hasil penelitian Masganti *et al.* (2016) menginformasikan bahwa penggunaan urin sapi sebagai bahan amelioran mampu meningkatkan produktivitas kelapa sawit, meskipun tidak berbeda nyata. Kotoran sapi merupakan sumber pupuk organik yang potensial dalam sistem integrasi sawit-sapi (Husnain & Nursyamsi 2015). Penggunaan pupuk organik ini akan mampu memperbaiki sifat kimia, fisika, dan biologi tanah (Andersen *et al.*, 2013; Melling *et al.*, 2013), sehingga kelapa sawit tumbuh lebih baik dan menghasilkan TBS yang lebih banyak dan lebih berat (Masganti *et al.*, 2016). Namun demikian perlu dipikirkan aspek logistik penyediaan urin dan kotoran sapi, mengingat volume tonase yang diperlukan sangat besar apabila semua luas lahan gambut yang terdegradasi tersebut harus ditingkatkan produktivitasnya.

Dekomposer

Langkah lain yang diperlukan untuk meningkatkan produktivitas kelapa sawit di lahan gambut terdegradasi adalah pemilihan dekomposer dalam proses pembuatan amelioran. Penambahan dekomposer meningkatkan produktivitas kelapa sawit setara dengan 0,21 ton/ha/bulan atau 2,52 ton/ha/tahun (Masganti *et al.*, 2019). Penggunaan dekomposer Biomicro dalam pembuatan amelioran menghasilkan produktivitas kelapa sawit tertinggi (1,78 ton/ha/bulan) dibandingkan amelioran yang diberi dekomposer Stardec, Orligno, Tasma Puja dan EM-4

(Masganti *et al.*, 2019). Kelapa sawit yang diameliorasi menggunakan dekomposer Biomicro mempunyai pelepah yang lebih banyak, penambahan berat pelepah yang lebih berat, dan TBS yang lebih berat sehingga menghasilkan produktivitas yang lebih tinggi. Dibandingkan amelioran yang tidak diberi dekomposer, maka amelioran yang diberi dekomposer Biomicro, Stardec, Origno, Tasma Puja dan EM-4 masing-masing meningkatkan produktivitas kelapa sawit berturut-turut 0,62; 0,51; 0,17; 0,15; dan 0,08 ton/ha/bulan.

Pemupukan

Pemupukan tanaman kelapa sawit merupakan langkah penting untuk memperbaiki sifat kimia tanah dan meningkatkan produktivitas. Pemupukan yang tepat dapat meningkatkan produktivitas dan efisiensi biaya. Hal ini penting karena pemupukan menyerap 40-50% biaya pemeliharaan (Ditjenbun 2014). Menurut Masganti *et al.* (2014a) dan Nurhayati *et al.* (2015) sifat kimia lahan gambut terdegradasi kurang mendukung pertumbuhan kelapa sawit. Ketersediaan hara dalam tanah gambut terdegradasi tidak mampu mendukung pertumbuhan kelapa sawit, sehingga diperlukan pemupukan, terutama unsur-unsur makro seperti N, P, dan K (Ditjenbun 2014). Kelapa sawit yang hanya diberi pupuk dasar produktivitasnya lebih rendah dibanding yang diberi pupuk lengkap. Masganti & Susilawati (2018) melaporkan bahwa produktivitas kelapa sawit yang dibudidayakan di lahan gambut terdegradasi di Kabupaten Pelalawan mengalami peningkatan produktivitas masing-masing 0,49 ton/ha/bulan pada tahun 2015 dan 0,77 ton/ha/bulan pada tahun 2016 jika diberi pupuk lengkap.

Sistem tanam tumpangsari

Perbaikan sistem tanam dari monokultur menjadi tumpangsari dilaporkan meningkatkan produktivitas kelapa sawit (Masganti *et al.*, 2014b; Masganti & Susilawati 2018). Beberapa komoditas seperti nanas dan kacang tanah sebagai tanaman tumpangsari berpengaruh baik terhadap produktivitas kelapa sawit swadaya petani. Tanaman tumpangsari menyebabkan iklim mikro tanaman lebih baik melalui terjaganya kelembaban tanah, sehingga reaksi kimia berlangsung lebih baik, tanaman tidak mengalami cekaman air serta efisiensi penggunaan pupuk lebih baik (Masganti *et al.*, 2014b). Kondisi iklim mikro demikian menyebabkan tanaman menghasilkan pelepah yang lebih banyak, sehingga proses fotosintesis berlangsung lebih intensif. Akibatnya kelapa sawit menghasilkan TBS yang lebih berat. Menurut Nurhayati *et al.* (2015; 2016) dan Masganti & Susilawati (2018) total produksi kelapa sawit yang dibudidayakan dengan sistem tumpangsari 5,05 ton/ha/tahun lebih tinggi dibandingkan sistem tanam monokultur.

Peningkatan Pendapatan Petani

Usahatani kelapa sawit swadaya petani di lahan gambut terdegradasi akan berkelanjutan jika pendapatan yang diperoleh mampu menjamin kebutuhan pokok petani. Banyaknya kebun kelapa sawit yang dibiarkan atau ditelantarkan disebabkan produktivitas kelapa sawit yang dihasilkan tidak cukup untuk mendukung usahatani, bahkan petani menjadi rugi.

Pengelolaan air dengan kanal blok selain meningkatkan produktivitas kelapa sawit yang dibudidayakan di lahan gambut terdegradasi, juga meningkatkan pendapatan petani (Masganti *et al.*, 2015a). Penggunaan teknologi ini mampu meningkatkan pendapatan petani sebesar Rp 8.504.611/ha/tahun.

Menurut hasil penelitian Setyanto *et al.* (2014) di Provinsi Jambi, pemberian amelioran di lahan gambut terdegradasi meningkatkan pendapatan petani kelapa sawit sebesar Rp 8.533.440 per hektar per tahun. Sedangkan jumlah yang lebih besar yakni Rp 11.279.629 di laporkan oleh Nurhayati *et al.* (2014) di Provinsi Riau. Penggunaan jenis amelioran yang berbeda juga menyebabkan perbedaan dalam meningkatkan pendapatan petani kelapa sawit di lahan gambut terdegradasi. Hasil penelitian Salwati *et al.* (2014) dan Nurhayati *et al.* (2014) menyimpulkan bahwa penggunaan pupuk kandang memberikan peningkatan pendapatan yang paling tinggi, masing-masing Rp5.062.210/ha/tahun di Provinsi Jambi, dan Rp5.400.643/ha/tahun di Provinsi Riau.

Dekomposer digunakan dalam proses pembuatan amelioran untuk meningkatkan kinerjanya dalam memperbaiki pertumbuhan dan meningkatkan produktivitas kelapa sawit. Kemampuan tersebut berbeda menurut jenis dekomposer yang digunakan (Masganti *et al.*, 2015c). Amelioran yang menggunakan dekomposer Biomicro meningkatkan pendapatan petani kelapa sawit sebesar Rp5.504.217/ha/tahun.

Peningkatan pendapatan petani kelapa sawit di lahan gambut terdegradasi juga terjadi dengan pemupukan. Pendapatan petani yang kelapa sawitnya hanya dipupuk dengan pupuk dasar meningkat jika ditambah dengan pupuk mikro. Dari hasil penelitian Masganti *et al.* (2015d) dan Masganti *et al.* (2016) yang masing-masing dilakukan di Kabupaten Siak dan Pelalawan diperoleh peningkatan pendapatan Rp8.475.781/ha/tahun dan Rp8.923.603/ha/tahun. Teknologi lain yang dapat meningkatkan pendapatan petani kelapa sawit di lahan gambut terdegradasi adalah sistem tanam tumpangsari (Masganti *et al.*, 2015b). Tumpangsari kelapa sawit dengan nanas mampu meningkatkan pendapatan petani sebesar Rp6.467.297/ha/tahun.

Penurunan Resiko Lingkungan

Dukungan teknologi budidaya kelapa sawit swadaya petani di lahan gambut terdegradasi bertujuan untuk meningkatkan produktivitas dan pendapatan petani,

serta mengurangi resiko penurunan kualitas lingkungan melalui penggunaan teknologi yang mampu menurunkan emisi GRK (Wahyuni *et al.*, 2014; Masganti *et al.*, 2015b), dan laju subsidensi gambut (Masganti *et al.*, 2015a). Dengan demikian pemanfaatan lahan gambut terdegradasi untuk budidaya kelapa sawit swadaya petani harus mampu meningkatkan produktivitas dan pendapatan petani, dan menurunkan resiko pencemaran lingkungan.

Pengelolaan air merupakan salah satu teknologi pengelolaan lahan gambut terdegradasi untuk kelapa sawit yang paling ampuh menurunkan emisi GRK (Masganti *et al.*, 2015a). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan kanal blok mampu menurunkan emisi GRK sebesar 32,6 ton CO₂/ha/tahun. Kehandalan teknologi ini dalam mengurangi resiko penurunan kualitas lingkungan juga tergambar dari kemampuannya menurunkan laju subsidensi gambut sebesar 1,1 cm/tahun. Penurunan laju subsidensi gambut sangat berarti dalam meminimumkan luas lahan gambut yang terdegradasi akibat kebakaran.

Pemberian amelioran, selain meningkatkan produktivitas dan pendapatan petani kelapa sawit di lahan gambut terdegradasi, juga menurunkan emisi GRK masing-masing 6,1 ton CO₂/ha/tahun di Provinsi Jambi dan 3,7 ton CO₂/ha/tahun di Provinsi Riau (Wahyuni *et al.*, 2014). Penurunan emisi GRK masing-masing sebesar 4,7 ton CO₂/ha/tahun untuk Provinsi Jambi, dan 6,0 ton CO₂/ha/tahun untuk Provinsi Riau juga dapat dilakukan dengan menggunakan pupuk kandang.

Dekomposer tidak hanya berpengaruh terhadap produktivitas dan pendapatan petani, tetapi juga mengurangi emisi GRK (Masganti *et al.* 2015c). Hasil penelitian penggunaan jenis dekomposer menunjukkan bahwa dekomposer Biomicro mampu menurunkan emisi GRK sebesar 3,8 ton CO₂/ha/tahun.

Perubahan sistem tanam dari monokultur kelapa sawit menjadi tumpangsari kelapa sawit dengan nanas mampu menurunkan emisi GRK sebesar 4,6 ton CO₂/ha/tahun (Masganti *et al.*, 2015b). Tumpangsari kelapa sawit dengan nanas mampu meningkatkan efisiensi pemupukan, sehingga tidak menimbulkan emisi yang lebih banyak. Tanaman yang tumbuh baik juga menambah penyerapan atau mengurangi pelepasan emisi GRK.

PENUTUP

Perubahan lingkungan akibat pengelolaan air yang tidak tepat dan kebakaran menyebabkan gambut terdegradasi, sehingga mengalami perubahan sifat fisika, kimia, dan biologi, sehingga kapasitas produksinya berkurang. Luas lahan gambut terdegradasi selalu bertambah, diperkirakan luas lahan gambut terdegradasi mencapai 7,0 juta hektar.

Lahan gambut banyak dimanfaatkan untuk pertanaman kelapa sawit. Diperkirakan 4,0-4,5 juta hektar kelapa sawit dibudidayakan di lahan gambut, sekitar 2,5 juta hektar dibudidayakan di lahan gambut terdegradasi atas swadaya petani.

Pemanfaatan lahan gambut terdegradasi untuk budidaya kelapa sawit swadaya petani kurang menjanjikan karena produktivitas dan pendapatan petani rendah, dan pencemaran lingkungan tinggi. Teknologi peningkatan produktivitas dan pendapatan petani serta penurunan resiko pencemaran lingkungan dapat dilakukan melalui pengelolaan air, ameliorasi, dekomposer, pemupukan, dan sistem tanam tumpangsari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Pak Zaenudin dan Pak Pansa yang sudah membantu dalam mengkompilasi bahan-bahan untuk penulisan paper ini dan kawan-kawan peneliti Balittra yang sudah memberikan masukan dan saran untuk perbaikan naskah paper ini. Semua penulis yang tercantum pada naskah ini yaitu Hendri Sosiawan, Masganti, Ani Susilawati dan Wiwik Hartatik adalah sebagai kontributor utama yang secara bersama-sama telah memberikan kontribusi dalam penyusunan draft, perbaikan naskah sampai dengan penyusunan naskah final.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F., Dariah, A. dan Jamil, A. 2013. Kontroversi pengembangan perkebunan sawit pada lahan gambut. Hlm: 454-473. *Dalam Haryono et al. (Eds.): Politik Pengembangan Pertanian Menghadapi Perubahan Iklim*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian. IAARD, Jakarta.
- Agus, F., Wahyunto, Sosiawan, H., Subiksa, I.G.M., Setyanto, P., Dariah A, Maswar, Nurida NL, Mamat, Las I. 2014. Pengelolaan berkelanjutan lahan gambut terdegradasi: Trade-off keuntungan ekonomi dan aspek lingkungan. *Dalam Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Berkelanjutan Lahan Gambut Terdegradasi untuk Mitigasi Emisi GRK dan Peningkatan Nilai Ekonomi*. BBSDLP. Bogor.
- Andersen, R., Wells, C., Macrae, M., and Price, J. 2013. Nutrient mineralisation and microbial functional diversity in a restored bog approach natural conditions 10 years post restoration. *Soil Biology & Biochemistry* 64: 37-47.
- Bappenas. 2009. Reducing Carbon Emission for Indonesian Peatland. Intern Report of Multi Diciplinary Study. Indonesian National Development Planning-Bappenas Republic of Indonesia.
- BBSDLP. 2016. Peta Arahan Penggunaan Lahan. Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor. 116 hlm.

- Ditjenbun. 2014. Pedoman Budidaya Kelapa Sawit (*Elais guineensis*) yang Baik. Dalam Astuti, M., Hafiza, E. Yuningsih, I. M. Nasution, D. Mustikawati, dan A. R. Wasingun. Dirjen Perkebunan, Kementan. Jakarta. 174 Hlm.
- Ditjenbun. 2017. Statistik Perkebunan Indonesia 2015-2017: Kelapa Sawit. Dalam Herawati, D.D., Arianto, Y. (Eds.): Sekretariat Dirjen Perkebunan, Dirjen Perkebunan, Kementan. Jakarta. 69 hlm.
- Hadi, A., Affandi, D.N., Bakar, R.A., and Inubushi K. 2012. Population and genetic diversities of bacteria related to nitrous oxide and methane in peat soils of South Kalimantan, Indonesia. *Malaysian Journal of Soil Science* 16: 121-135.
- Hartatik, W., dan Sarmah. 2013. Pengaruh pemberian pupuk organik terhadap kadar asam humat dan asam fulvat tanah. *Jurnal Tanah dan Iklim* 38(2): 79-86.
- Hirano, T., Kusin, K., Limin, S., and Osaki, M. 2014. Carbon dioxide emissions through oxidative peat decomposition on a burn tropical peatland. *Glob. Chang. Biol.* 20: 555–565.
- Hooijer, A., Page, S.E., Jauhiainen, J., Lee, Idris, and Anshari, G. 2012. Subsidence and carbon loss in drained tropical peatlands. *Biogeosciences* 9: 1053–1071.
- Husnain, H., Wigena, I.G.P., Dariah, A., Marwanto, S., Setyanto, P., and Agus, F.. 2014. CO₂ emissions from tropical drained peat in Sumatra, Indonesia. *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Chang* 19: 845–862.
- Husnain, dan Nursyamsi, D. 2015. Peranan bahan organik dalam sistem integrasi sawit-sapi. *Jurnal Sumberdaya Lahan* 9(1): 27-36.
- Istina, I.N., Widiastuti, H.W., Joy, B., and Antralina, M. 2015. Phosphate Solubilizing Microbe from Saprist Peat Soils and their potency to enhance oil palm growth and P. uptake. *Procedia Food Science* 3: 426-435.
- Las, I., Sarwani, M., Mulyani, A., dan Saragih, M.F. 2012. Dilema dan rasionalisasi kebijakan pemanfaatan lahan gambut untuk areal pertanian. Hlm: 17-29. Dalam Husen *et al.* (Eds.): Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Lahan Gambut Berkelanjutan. Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian.
- Masganti. 2012. Sample preparation for peat material analysis. Hlm: 179-184. Dalam Husein *et al.* (Eds.): Prosiding Workshop on Sustainable Management Lowland for Rice Production.
- Masganti. 2013. Teknologi inovatif pengelolaan lahan suboptimal gambut dan sulfat masam untuk peningkatan produksi tanaman pangan. *Pengembangan Inovasi Pertanian* 6(4): 187-197.
- Masganti, Wahyunto, Dariah, A., Nurhayati, dan Rachmiwati. 2014a. Karakteristik dan potensi pemanfaatan lahan gambut terdegradasi di Provinsi Riau. *Jurnal Sumberdaya Lahan* 8(1): 47-54.
- Masganti, Subiksa, I.G.M., Nurhayati, dan Syafitri W. 2014b. Respon tanaman tumpangsari (sawit+nanas) terhadap ameliorasi dan pemupukan di lahan gambut terdegradasi. Hlm: 117-132. Dalam Wihardjaka *et al.* (Eds.): Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Berkelanjutan Lahan Gambut Terdegradasi untuk Mitigasi GRK dan Peningkatan Nilai Ekonomi. Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian. Jakarta, 18-19 Agustus 2014.
- Masganti, Alwi, M., dan Nurhayati. 2015a. Pengelolaan air untuk budidaya pertanian di lahan gambut: kasus Riau. Hlm: 62-87. Dalam Noor *et al* (Eds.):

- Pengelolaan Air di Lahan Rawa Pasang Surut: Optimasi Lahan Mendukung Swasembada Pangan. IAARD Press. Badan Litbang, Jakarta.
- Masganti, Nurhayati, Rachmiwati, Yusuf, dan Hery, Widyanto. 2015b. Teknologi ramah lingkungan dalam budidaya kelapa sawit di lahan gambut terdegradasi. *Jurnal Sumberdaya Lahan* 9(2): 99-108.
- Masganti, Sisriyeni, D., Nurhayati, Swastika, S., Widyanto, H., Safitri, W., Saputra, S., Sipahutar, D., Agussalim, Yusuf, R., Novdiandeni, E., Jalil, A., dan Joni, N. 2015c. Laporan Akhir Model Pertanian Bioindustri Sawit-Sapi di Kabupaten Kampar, Riau. BPTP Riau, Pekanbaru. 40 hlm.
- Masganti, Nurhayati, Widyanto, H., Syuryati, Nirwan, Hamdan, S., dan Jalil A. 2015d. Laporan Akhir Monitoring Sifat Fisik dan Kimia Tanah Gambut serta Emisi Gas Rumah Kaca (Lokasi Riau). BPTP Riau, Pekanbaru. 15 hlm.
- Masganti, Sisriyeni, D., Nurhayati, Swastika, S., Widyanto, H., Safitri, W., Saputra, S., Sipahutar, D., Agussalim, Yusuf, R., Novdiandeni, E., Jalil, A., dan Joni, N. 2016. Laporan Akhir Model Pertanian Bioindustri Sawit-Sapi di Kabupaten Kampar, Riau. BPTP Riau, Pekanbaru. 40 hlm.
- Masganti, Maftu'ah, E., dan Wakhid N. 2017. Degradasi lahan gambut. Hlm: 439-469. *Dalam Masganti et al. (Eds.): Agroekologi Rawa*. IAARD Press, Badan Litbang Pertanian, Jakarta.
- Masganti, dan Anwar, K. 2018. Teknologi peningkatan produksi tanaman hortikultura di lahan gambut. Hlm: 323-346 *Dalam Masganti et al. (Eds.): Inovasi Teknologi Lahan Rawa Mendukung Kedaulatan Pangan*. IAARD Press. Jakarta.
- Masganti, dan Susilawati, A. 2018. Remediasi lahan gambut terdegradasi untuk meningkatkan produktivitas kelapa sawit. Hlm: 391-410. *Dalam Masganti et al. (Eds.): Inovasi Teknologi Lahan Rawa Mendukung Kedaulatan Pangan*. IAARD Press. Jakarta.
- Masganti, Nurhayati, dan Widyanto, H. 2019. Peningkatan produktivitas kelapa sawit di lahan gambut melalui pemanfaatan kompos tandan buah kosong dan berbagai dekomposer. *Jurnal Tanah dan Iklim* 43(1): 13-20.
- Melling, L., Yun, Tan C.S., Goh, K.J., Hatano, R. 2013. Soil microbial and root respirations from three ecosystems in tropical peatland of Sarawak, Malaysia. *J. Oil Palm Res* 25: 44–57.
- Noor, M., Masganti, dan Agus, F. 2014. Pembentukan dan karakteristik gambut tropika Indonesia. Halaman: 7-32. *Dalam Agus et al. (Eds.): Lahan Gambut Indonesia: Pembentukan, Karakteristik, dan Potensi Mendukung Ketahanan Pangan*. IAARD Press. Badan Litbang Pertanian.
- Noor, M. 2017. Kebakaran Lahan Gambut: dari Asap sampai Kanalisasi. Penerbit Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Nurhayati, Saputra, S., Putra, A.D., Istiana, I.N., dan Jamil A. 2014. Pengelolaan kesuburan tanah, produktivitas, dan keuntungan sistem tumpangsari (kelapa sawit + Nanas) di lahan gambut Provinsi Riau. Hlm 133-145. *Dalam Wihardjaka et al. (Eds.): Prosiding Seminar Nasional: Pengelolaan Berkelanjutan Lahan Gambut Terdegradasi untuk Mitigasi Emisi GRK dan Peningkatan Nilai Ekonomi*. Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian. Jakarta.

- Nurhayati, Masganti, Widyanto, H., Syuryati, dan Nirwan, A. 2015. Laporan Akhir Peningkatan Produktivitas Lahan Gambut Terdegradasi yang Ditanami Kelapa Sawit. BPTP Riau, Pekanbaru. 32 hlm.
- Nurhayati, Masganti, Widyanto H., Syuryati, dan Nirwan, A. 2016. Laporan Akhir Peningkatan Produktivitas Lahan Gambut Terdegradasi yang Ditanami Kelapa Sawit. BPTP Riau, Pekanbaru. 41 hlm.
- Page, S.E., Siegert, F., Rieley, J.O., Boehm, H.D.V., Jaya, A., and Limin, S. 2012. The amount of carbon released from peat and forest fires in Indonesia during 1997. *Nature* 420: 61–65.
- Ritung, S., Wahyunto, Nugroho, K., Sukarman, Hikmatullah, Suparto, dan Tafakresnanto, C. 2015. Sumberdaya Lahan Pertanian Indonesia: Luas, Penyebaran dan Potensi Ketersediaan. Indonesian Agency for Agricultural Research and Development (IAARD) Press. 100 hlm.
- Sabiham, S. dan Sukarman. 2012. Pengelolaan lahan gambut untuk pengembangan kelapa sawit di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 6(2): 55-66.
- Salwati, Purnamayani, R., Firdaus, dan Endrizal. 2014. Respon tanaman kelapa sawit di lahan gambut terhadap berbagai amelioran (studi kasus Desa Arang-arang Provinsi Jambi). Hlm:161-176. *Dalam Wihardjaka et al. (Eds.): Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Berkelanjutan Lahan Gambut Terdegradasi untuk Mitigasi GRK dan Peningkatan Nilai Ekonomi*. Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian. Jakarta.
- Setioko, Suwarno, P.H., Hartono, A. 2015. Pengaruh residu terak baja terhadap sifat kimia tanah gambut dan hasil padi sawah. *Jurnal Tanah dan Iklim* 39(2): 127-136.
- Setyanto, P., Sopiawati, T., Adriani, T.A., Pramono, A., Hervani, A., Wahyuni, S., dan Wihardjaka A. 2014. Emisi gas rumah kaca dari penggunaan lahan gambut dan pemberian bahan amelioran: sintesis lima lokasi penelitian. Hlm:45-62. *Dalam Wihardjaka et al. (Eds.): Prosiding Seminar Nasional: Pengelolaan Berkelanjutan Lahan Gambut Terdegradasi untuk Mitigasi Emisi GRK dan Peningkatan Nilai Ekonomi*. Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian. Jakarta.
- Wahyuni, S., Nurhayati, Widyanto, H., Wihardjaka, A., dan Setyanto, P. 2014. Emisi Gas CO₂ dari tanah gambut yang ditanami kelapa sawit (*Elaeis guinensis*) dan nanas (*Ananas cumocus*) dengan beberapa perlakuan amelioran. Hlm: 237-248. *Dalam Wihardjaka et al. (Eds.): Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Berkelanjutan Lahan Gambut Terdegradasi untuk Mitigasi GRK dan Peningkatan Nilai Ekonomi*. Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian. Jakarta.
- Wahyunto, Dariah, A., Pitono, D., dan Sarwani, M. 2013. Prospek pemanfaatan lahan gambut untuk perkebunan kelapa sawit di Indonesia. *Perspektif* 12(1): 11-22.
- World Resources Institute. 2012. How to Indetify Degraded Land for Sustainable Palm Oil in Indonesia. WRI-Sekala Working Paper, April 2012. World Resources Institute. Washington DC-USA.

PENGELOLAAN LAHAN BERPIRIT DI RAWA PASANG SURUT UNTUK OPTIMASI PADI

Khairil Anwar dan Masganti

Jumlah penduduk Indonesia yang terus meningkat membutuhkan bahan pangan yang semakin banyak, di sisi lain terjadi penyusutan luas lahan sawah dan menurunnya animo pemuda dalam bertani. Mulyani dan Hidayat (2010); Suyamto dan Zaini (2010); dan Mulyani *et al.* (2011) menyebutkan bahwa di Indonesia telah terjadi penyusutan lahan subur setiap tahun, pelandaian produksi, dan penurunan produktivitas serta tidak seimbangny produksi dengan kebutuhan pangan. Kondisi ini menyebabkan timpangnya neraca antara kebutuhan dengan produksi pangan dalam negeri, akibatnya terjadi impor pangan yang terus meningkat untuk menutupi kekurangan tersebut Ketergantungan pangan melalui impor sangat berbahaya bagi keamanan dan pertahanan negara, karena itu dibutuhkan kemandirian pangan secara berkelanjutan. Upaya yang dapat dilakukan untuk peningkatan produksi pangan secara berkelanjutan adalah melalui perluasan areal (cetak sawah), peningkatan indeks pertanaman (IP), dan peningkatan produktivitas tanaman pangan.

Kemandirian pangan secara berkelanjutan membutuhkan upaya khusus, karena itu sejak tahun 2014 telah dimunculkan program upaya khusus padi, jagung dan kedelai yang dikenal dengan istilah UPSUS PAJALE, dan pada akhir tahun 2018 telah dicanangkan program SERASI (Selamatkan Rawa dan Sejahterakan Petani) seluas 500.000 hektar di Provinsi Kalimantan Selatan dan Sumatera Selatan. Program serasi dilaksanakan di lahan rawa pasang surut dan rawa lebak, yaitu pada lahan sawah yang sudah terbentuk, namun produktivitasnya masih rendah dan IP-nya masih bisa ditingkatkan. Di antara lahan rawa pasang surut yang dijadikan area program SERASI, sebagian merupakan lahan-lahan sawah yang mengandung senyawa pirit, dan biasa disebut sebagai tanah sulfat masam.

Senyawa pirit sebagai penciri tanah tersebut, menjadi sumber utama masalah tanah dan air yang dapat menurunkan produktivitas padi. Senyawa pirit yang teroksidasi saat musim kemarau akan menghasilkan asam, meningkatkan kelarutan unsur meracun dan mengikat hara tanaman sehingga terjadi kahat hara pada tanaman padi. Saat musim hujan, asam-asam yang terbentuk selama musim kemarau akan tercuci ke saluran air, sehingga terjadi pemasaman air di saluran drainase. Dengan kondisi sistem tata air yang kurang baik, air asam tersebut dapat masuk lagi ke persawahan akibat dorongan air pasang sehingga menghambat pertumbuhan tanaman dan menurunkan produktivitas padi.

Keunikan karakteristik tanah berpirit tersebut membutuhkan pengelolaan lahan yang bersifat khusus. Tulisan ini menyajikan pengelolaan lahan rawa pasang

surut berpirit agar dapat dioptimalkan sesuai karakteristik lahan tersebut untuk pengembangan tanaman padi.

SEBARAN DAN POTENSI LAHAN BERPIRIT

Luas total lahan rawa di Indonesia sebesar 34,93 juta ha (BBSDLP 2014), dimana 42,84% diantaranya berupa tanah mineral, sisanya berupa tanah gambut (Tabel 1). Tanah mineral terdiri dari lahan salin, lahan sulfat masam dan lahan potensial. Dari luasan lahan rawa tersebut, menurut Nugroho & Suriadikarta (2010), terdapat 20,12 juta lahan rawa pasang surut, dan diantaranya terdapat lahan sulfat masam sekitar 4,23 juta hektar.

Tabel 1. Luas lahan rawa (pasang surut dan lebak) di Indonesia

Pulau besar	Tanah gambut (ha)	Tanah mineral (ha)	Total luas (ha)
Sumatera	6.490.188	6.436.649	12.926.837
Kalimantan	5.245.494	4.778.004	10.023.499
Sulawesi	1.024.249	23.844	1.048.093
Maluku	162.555		162.555
Papua	6.178.524	3.690.921	9.869.445
Total luar Jawa	19.101.001	14.963.601	34.030.429
Jawa	896.122	0,000	896.122
INDONESIA	19.997.133	14.963.601	34.926.552

Sumber : BBSDLP (2014)

Lahan berpirit dominan terdapat di lahan pasang surut yang tersebar di sepanjang pantai (Subagyo 2006). Di Pulau Sumatera terdapat di sepanjang pantai timur, terutama di Provinsi Riau, Sumatera Selatan, dan Jambi, serta dijumpai dalam luasan lebih sempit di Provinsi Sumatera Utara dan Lampung. Di pantai barat dalam luasan sempit juga dijumpai di Provinsi Aceh, Sumatera Barat dan Bengkulu. Di Kalimantan terdapat di pantai barat Provinsi Kalimantan Barat, pantai selatan Provinsi Kalimantan Tengah dan Kalimantan Selatan dan pantai timur Provinsi Kalimantan Timur. Lahan rawa pasang surut di Papua dan Papua Barat terdapat di sepanjang pantai selatan Kabupaten Fakfak, pantai tenggara Kabupaten Merauke, kemudian daerah Kepala Burung, di sekeliling Teluk Berau-Bintuni, dalam wilayah Kabupaten Manokwari dan Sorong serta pantai selatan Kabupaten Kaimana.

Lahan rawa pasang surut telah banyak direklamasi dan dikembangkan dengan tanaman padi sebagai tanaman utama. Menurut Nugroho dan Suriadikarta (2010), ada sekitar 2,83 juta hektar yang telah direklamasi, namun menurut Ritung (2011) dari lahan yang telah direklamasi tersebut, hanya sekitar 407.594 hektar yang sudah dijadikan sawah. Reklamasi tersebut tersebar di beberapa provinsi, antara

lain: Nanggro Aceh Darussalam, Sumatera Utara, Jambi, Riau, Sumatera Selatan, Lampung, Kalimantan Selatan, Kalimantan Tengah, Kalimantan Barat, Sulawesi Tengah, Sulawesi Utara, dan Sulawesi Selatan.

Lahan berpirit yang terdapat pada lahan pasang surut sebagian besar lahan tersebut dimanfaatkan untuk pertanaman padi melalui program transmigrasi, dan belakangan ini dimanfaatkan untuk tanaman sawit oleh para pengusaha. Berbagai tanaman palawija dan sayur-sayuran, buah-buahan dapat dikembangkan pada lahan tersebut (Masganti & Anwar 2018). Potensi lahan rawa pasang surut untuk pengembangan tanaman padi ditentukan oleh aspek hidrologi, tanah, ketersediaan tenaga kerja, pemasaran, dan teknologi yang digunakan. Selain itu lahan pasang surut berpirit juga berpotensi untuk pengembangan perikanan (tambak dan karamba) dan ternak (ayam, itik, sapi dan kambing).

KARAKTERISTIK DAN PERMASALAHAN LAHAN BERPIRIT

Karakteristik lahan rawa pasang surut berpirit bersifat khas, baik ditinjau dari aspek tanah maupun aspek hidrologi. Kedua aspek tersebut mempengaruhi permasalahan yang muncul sehingga menentukan potensi lahan tersebut.

Aspek Tanah. Lahan rawa berpirit dapat masuk kriteria tipologi lahan sulfat masam (tanah sulfat masam aktual) atau lahan potensial (tanah sulfat masam potensial), tergantung karakteristik lahan yang mencakup kedalaman lapisan sulfidik atau horizon sulfurik, dan pH tanah. Bila pada lapisan 0-50 cm terdapat lapisan minimal setebal 15 cm yang memiliki pH tanah $\geq 4,0$ dan kedalaman lapisan sulfidik > 50 cm maka termasuk lahan potensial, sedangkan bila kedalaman lapisan sulfidik < 50 cm atau memiliki horizon sulfurik dan atau pH $< 4,0$ cm pada kedalaman 0-100 cm maka dimasukkan kedalam tipologi lahan sulfat masam. Lapisan sulfidik merupakan lapisan pirit yang belum teroksidasi, sedangkan horizon sulfurik merupakan lapisan pirit yang telah teroksidasi sehingga kemasaman meningkat hingga pH $\leq 4,0$. Beberapa kelompok lahan berpirit yang terdapat di lahan rawa disajikan dalam Tabel 2.

Lahan berpirit juga terdapat pada zona rawa lebak, namun umumnya memiliki kedalaman lapisan pirit > 50 cm dari permukaan tanah, sehingga kecil pengaruhnya terhadap tanaman bila tidak terjadi pengangkatan lapisan tersebut ke permukaan lahan. Namun bila terjadi pengangkatan lapisan tersebut dalam pembuatan saluran atau tanggul, maka akan terjadi pemasaman air.

Tabel 2. Tipologi lahan, karakteristik dan klasifikasi tanah lahan rawa berpirit

Tipologi lahan	Karakteristik lahan	Klasifikasi tanah (Soil Taxonomy 2014*)
Lahan potensial		
Lahan potensial-1	Bahan sulfidik >100 cm, pH>4,0	Typic Hydraquents/ Endoaquents
Lahan potensial-2	Bahan sulfidik 50-100 cm, pH>4,0	Sulfic Hydraquents/ Endoaquents
Lahan sulfat masam		
Lahan sulfat masam potensial	Bahan sulfidik 0-50 cm, pH>4,0	Typic Sulfaquents
Lahan sulfat masam potensial bergambut	Bahan sulfidik 0-50 cm, pH>4,0; gambut 20-50 cm.	Histic Sulfaquents
Lahan sulfat masam aktual-1	Horison sulfurik 0-100 cm, pH 3,5-4,0	Sulfic Endoaquepts
Lahan sulfat masam aktual-2	Horison sulfurik 0-50 cm, pH<3.5	Typic Sulfaquepts

Sumber : Subagyo (2006); Soil Survey Staff (2014).

Tanah mineral di lahan rawa yang mempunyai kedalaman lapisan pirit >50 cm dari muka tanah dan mempunyai pH >4,0 disebut sebagai lahan potensial. **Lahan potensial** adalah lahan mineral yang mempunyai kemampuan berproduksi optimal dengan tanpa atau sangat sedikit pembatas dalam pemanfaatannya dengan pH > 4,0. Berdasarkan karakteristiknya, dapat dibedakan atas lahan potensial-1 dan lahan potensial-2. Lahan potensial-1 merupakan lahan potensial yang mempunyai lapisan sulfidik dengan kedalaman 101-150 cm, sedangkan lahan potensial-2 adalah lahan potensial yang mempunyai lapisan sulfidik > 51-100 cm (Subagyo, 2006). Sebagian besar lahan tersebut merupakan endapan sungai atau endapan marin yang dilapisi endapan sungai pada lapisan atasnya sehingga lapisan pirit/sulfurik berada > 50 cm dari permukaan tanah. Lahan tersebut umumnya berada di sepanjang aliran sungai alam yang sering mengalami luapan air pasang, dan termasuk tipe luapan A (selalu terluapi air pasang) atau A/B. Adanya luapan air sungai yang membawa unsur-unsur hara mengakibatkan lahan tersebut relatif subur akan garam-garam, tetapi adanya pencucian karena gerakan pasang surut mengakibatkan lahan tersebut miskin hara yang mudah tercuci seperti Nitrogen dan Kalium.

Lahan potensial bisa juga berasal dari lahan sulfat masam yang telah mengalami pencucian intensif cukup lama sehingga lapisan 0-50 cm mempunyai pH > 4,0. Lahan ini umumnya mempunyai tipe luapan B (lahan yang hanya terluapi air pasang besar) atau C (lahan yang tidak terluapi air pasang), dengan drainase yang lancar. Pencucian yang intensif mengakibatkan asam-asam dan ion toksik tercuci

dari lahan, tetapi hara-hara juga ikut tercuci, karena itu lahan tersebut kahat hara, terutama N dan K.

Lahan sulfat masam aktual tersebut umumnya kahat hara makro (P, K, Ca, dan Mg) dan mikro (Zn, Cu dan Mo), serta mempunyai kelarutan H^+ , SO_4^{2-} , Al^{3+} dan Fe^{2+} , yang tinggi sehingga dapat meracuni tanaman. Lahan sulfat masam aktual umumnya berada pada tipe luapan C dan D yang tidak terluapi air pasang, akibatnya pada musim kemarau terjadi oksidasi senyawa pirit. Lahan tipe luapan C dan D mempunyai topografi yang lebih tinggi, jauh dari bibir pantai atau muara sungai besar sehingga air pasang besar tidak mampu menjangkau daerah tersebut.

Lahan sulfat masam dapat dibagi menjadi lahan sulfat masam potensial dan lahan sulfat masam potensial bergambut, lahan sulfat masam aktual-1, dan lahan sulfat masam aktual-2 (Tabel 2). Lahan sulfat masam potensial merupakan lahan yang memiliki bahan sulfidik pada kedalaman < 50 cm dan mempunyai pH $> 4,0$; sedangkan lahan sulfat masam potensial bergambut merupakan lahan sulfat masam potensial yang mempunyai lapisan gambut atau horizon histik dengan tebal 20-50 cm di atas lapisan mineralnya. Horizon histik merupakan lapisan yang didominasi bahan organik. Nilai pH tanah $> 4,0$ mengakibatkan kelarutan Al, Fe dan Mn menjadi lebih rendah dibanding lahan sulfat masam aktual, tetapi tetap mempunyai potensi meracuni tanaman padi, sedangkan hara umumnya tetap berada dalam kategori kahat. Lahan sulfat masam aktual tipe 1 atau 2 merupakan lahan yang lapisan piritnya (0-50 cm) telah teroksidasi sehingga memiliki horizon sulfurik, dan mengalami penurunan pH tanah, bila pH nya berada 3,5-4,0 dan kedalaman lapisan pirit 0-100 cm maka termasuk lahan sulfat masam aktual tipe 1, sedangkan bila nilai pH nya $< 3,5$ dan kedalaman lapisan pirit 50-100 cm maka termasuk lahan sulfat masam aktual tipe 2 (Subagyo 2006).

Ditinjau dari karakteristik kimia, maka tanah sulfat masam termasuk kriteria kesuburan tanah rendah, dimana ketersediaan fosfat rendah karena diikat oleh besi atau aluminium. Kemasaman tanah yang tinggi memicu larutnya unsur beracun dan kahat hara makro dan mikro tertentu. Sumber kemasaman tanah sulfat masam berasal dari senyawa pirit (FeS_2) yang teroksidasi, melepaskan ion-ion hidrogen dan sulfat yang diikuti oleh penurunan pH menjadi kurang dari 3. Perbedaan yang mendasar antara tanah sulfat masam aktual dengan lahan sulfat masam potensial terletak pada nilai pH, P, Kejenuhan Al, K dan Na, dimana pada lahan sulfat masam aktual, nilai pH dan P lebih rendah, tetapi nilai kejenuhan Al, K, dan Na lebih tinggi (Subagyo dan Widjaja-Adhi 1998). Karakteristik kimia tersebut berkaitan dengan adanya oksidasi pirit yang berdampak terhadap nilai kimia tersebut (Tabel 3 dan 4).

Tabel 3. Karakteristik fisika dan kimia tanah pada lahan sulfat masam di Kalimantan

Sifat-sifat tanah*)	Lahan Sulfat Masam Potensial		Lahan Sulfat Masam Aktual	
	Lap. atas (0-50 cm)	Lap. bawah (50-200 cm)	Lap. atas (0-50 cm)	Lap. bawah (50-200 cm)
Tekstur tanah	Liat berdebu (SiC)	Liat (C)	Liat berdebu (SiC)	Liat (C)
pH H ₂ O (1:5)	4,3	3,5	3,6	2,8
DHL (1:5) (dS/m)	7,25	7,32	5,69	4,34
C-organik (%)	9,16	6,61	10,93	7,51
N-total (%)	0,59	0,28	0,49	0,22
P ₂ O ₅ HCl (mg/100 g)	115	33	45	17
K ₂ O HCl(mg/100 g)	32	29	81	73
P ₂ O ₅ Bray II (ppm)	17,7	15,2	19,3	12,6
Ca tertukar (cmol/kg tanah)	5,11	4,61	4,12	3,49
Mg tertukar (cmol/kg tanah)	7,05	8,02	9,25	8,30
K tertukar (cmol/kg tanah)	0,56	0,43	0,89	0,37
Na tertukar (cmol/kg tanah)	6,01	4,91	14,87	9,70
KTK pH 7 (cmol/kg tanah)	31,5	28,9	37,2	33,5
Kejenuhan basa (%)	49	55	42	40
Kejenuhan Al (%)	35	47	71	67
Pirit (%)	1,12	1,35	1,07	2,38

*) Nilai rata-rata dari 27 contoh tanah

Sumber : Subagyo (2006)

Karakteristik tanah sulfat masam dari Sumatera terlihat lebih baik dibandingkan dari Kalimantan, terutama kandungan Ca dan Mg-nya. Hal ini karena lahan sulfat masam di Sumatera mendapatkan pengkayaan oleh sisa-sisa vulkanik (Tabel 4).

Tabel 4. Karakteristik fisika dan kimia tanah pada lahan sulfat masam potensial di Sumatera

Sifat-sifat tanah	Sulfat Masam Potensial	
	Lap. Atas (0-50 cm)	Lap. Bawah (50-200 cm)
Tekstur tanah	Liat berdebu (SiC)	Liat berdebu (SiC)
pH H ₂ O (1:5)	4,0	3,8
DHL (1:5) (dS/m)	-	-
C-organik (%)	20,54	6,31
N-total (%)	0,70	0,17
P ₂ O ₅ HCl (mg/100 g)	58	20
K ₂ O HCl(mg/100 g)	35	60
P ₂ O ₅ Bray II (ppm)	32,3	17,0
Ca tertukar (cmol/kg tanah)	7,84	7,95
Mg tertukar (cmol/kg tanah)	10,89	14,19
K tertukar (cmol/kg tanah)	0,64	0,55
Na tertukar (cmol/kg tanah)	2,34	5,61
KTK pH 7 (cmol/kg tanah)	62,5	32,7
Kejenuhan basa (%)	35	84
Kejenuhan Al (%)	32	30
Pirit (%)	1,12	1,35

Sumber: Subagyo (2006)

Tanah sulfat masam umumnya mempunyai tekstur tanah liat, lempung, dan sebagian berpasir, kerapatan lindak (BV) tergolong rendah yaitu berkisar 0,52–0,95 g/cm³, dan porositas antara 64,2–80,4%. Kondisi ini mengakibatkan daya dukung tanah tergolong rendah. Selain itu, permeabilitas di lapisan atas (0-20 cm) antara 0,34–1,59 cm/jam yang digolongkan lambat sampai agak lambat tergantung kematangan dan ketebalan dari lapisan yang teroksidasi (*brown layer*). Pada lapisan kedalaman 0–50 cm, ditemukan pori-pori besar, bekas lubang akar, retakan tanah, dan bahan organik sehingga kadang-kadang mudah meloloskan air. Pada kondisi tertentu daya hantar hidrolik secara horizontal dan vertikal sangat lambat sehingga pencucian terhambat dan lapisan permukaan tanah mudah menjadi kering (Widjaja-Adhi 1995).

Mikroorganisme yang banyak ditemui di lahan sulfat masam adalah genus *Desulfovibrio* yang berperan dalam pereduksi sulfat yang bersifat *obligat anaerob* yaitu hanya mampu hidup dan giat berkembang dalam suasana anaerob. Mikroorganisme yang berperan dalam oksidasi besi dan pirit di lahan sulfat masam adalah genus *Thiobacillus*. terdiri atas 3 jenis, yaitu (1) *Thiobacillus ferrooxidans*

yang mengoksidasi Fe (II) dan pirit (FeS_2), (2) *Thiobacillus acidophilus*, berperan mengoksidasi pirit hanya pada keadaan tertentu, dan (3) *Thiobacillus thiooxidans* yang hanya mengoksidasi sulfur dan pirit, dan *T. ferroxidans* secara cepat menghasilkan Fe^{3+} dari Fe^{2+} dalam suasana masam (Subba-Rao 1994).

Aspek Air. Air sangat mempengaruhi oksidasi dan reduksi senyawa pirit dan dampaknya terhadap tanah, tanaman dan lingkungan. Adanya dinamika gerakan air pasang surut air laut yang dipengaruhi tarik menarik gravitasi bumi terhadap bulan dan matahari. Beberapa pola pasang, antara lain: pasang besar/pasang tunggal terjadi sekitar bulan purnama dan awal bulan/bulan mati; pasang kecil/pasang ganda terjadi diantara dua pasang tunggal tersebut; dan pasang campuran merupakan pasang pada periode transisi antara pasang besar ke pasang kecil atau sebaliknya.

Peningkatan topografi lahan ke arah hulu sungai yang mengakibatkan terjadinya penurunan jangkauan luapan air pasang ke arah hulu sungai. Dampak kedua aspek tersebut menyebabkan tipe luapan air pada lahan rawa pasang surut dapat dibagi menjadi; (a) lahan yang selalu terluapi air pasang, baik pasang besar maupun pasang kecil, disebut sebagai lahan bertipe luapan A; (b) lahan yang hanya terluapi pada saat pasang besar, disebut sebagai lahan bertipe luapan B; (c) lahan yang tidak terluapi air pasang tetapi mendapat rembesan air pasang, dan kedalaman muka air tanah kurang dari 50 cm dari muka tanah, disebut sebagai lahan bertipe luapan C, bila kedalaman muka air tanahnya lebih dari 50 cm disebut sebagai lahan bertipe luapan D.

Air sungai besar yang bermuara ke laut umumnya mempunyai kualitas air yang cukup baik karena adanya pengkayaan garam dari air laut saat air pasang dan pengkayaan air hujan kawasan hulu yang membawa hara dari proses erosi lahan kering di bagian hulunya. Pada kawasan lahan sulfat masam, hasil penelitian Anwar & Mawardi (2011) menunjukkan bahwa semakin jauh dari bibir pantai/muara sungai air semakin masam, dan pada saluran sekunder, semakin jauh dari muara saluran air semakin masam.

Kemasaman air dapat dijadikan indikator kualitas air, karena ion-ion dalam air saling keterkaitan satu sama lain, membentuk keseimbangan. Tipologi lahan mempengaruhi kualitas air, demikian juga kualitas air kawasan hulu yang mengalir ke badan air kawasan pasang surut turut mempengaruhi.

Tingginya kandungan asam pada air di kawasan sulfat masam menyebabkan terjadinya koagulasi (penggumpalan) butir-butir liat yang larut dalam air, karena bertambah berat, gumpalan tersebut akhirnya jatuh ke dasar saluran, air menjadi bening dan saluran menjadi dangkal. Bila drainase kurang lancar, maka ion besi yang larut ke badan air terus meningkat dan dapat mengalami oksidasi sehingga terbentuk banyak karat. Warna air dua kondisi tersebut disajikan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Warna air bening tanda air masam (foto kiri) dan warna merah bila terjadi besi di air teroksidasi (foto kanan)

Permasalahan pada tanah berpirit adalah: (a) teroksidasinya senyawa pirit sehingga tanah menjadi sangat masam; dan (b) tereduksinya besi ferri (Fe^{3+}) menjadi besi ferro (Fe^{2+}). Lahan yang teroksidasi tersebut bila tergenang cukup lama, akan terjadi proses reduksi. Menurut Reddy dan Delaune (2008), reduksi menyebabkan meningkatnya kelarutan besi ferro (Fe^{2+}) dan H_2S sehingga dapat meracuni tanaman padi, dan kahat hara. Tingginya kemasaman tanah menyebabkan kelarutan beberapa unsur hara menurun, menghambat fiksasi N dari udara, dan hara lebih mudah tercuci atau karena kualitas air yang rendah, asam dan ion toksik lainnya yang terbentuk akan larut ke air permukaan, baik di petakan sawah maupun saluran sehingga dapat mematikan tanaman padi dan biota lainnya, dan adanya peluang banjir dan genangan bila tata airnya kurang baik.

TEKNOLOGI PENGELOLAAN LAHAN UNTUK OPTIMASI PADI

Optimasi lahan berpirit dapat dilakukan melalui dua kegiatan yaitu peningkatan IP (Indeks Pertanaman) dan peningkatan produktivitas.

Peningkatan IP

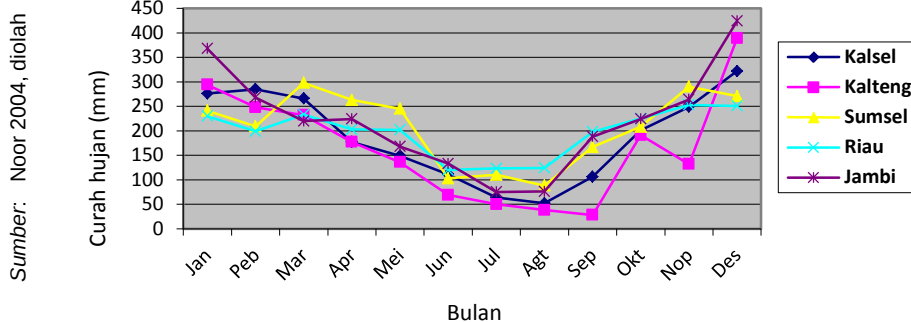
Indeks pertanaman padi di lahan berpirit umumnya hanya 100% yaitu bertanam sekali setahun menggunakan padi lokal, dengan waktu tanam mengikuti pola alami ketersediaan air, terutama di Kalimantan, sedangkan di Sumatera Selatan banyak yang sudah menerapkan IP-200. Petani menerapkan IP-100 karena menganggap pola tersebut mempunyai risiko kegagalan relatif kecil dan biaya input modal, serta tenaga kerja yang relatif rendah dibanding bertanam padi unggul, sehingga tersedia waktu yang lebih banyak untuk mencari nafkah disektor lain. Bagi

petani kegagalan satu kali panen, membutuhkan pemulihan ekonomi selama tiga musim tanam.

Padi lokal yang ditanam umumnya merupakan padi varietas yang toleran dengan kondisi kemasaman tanah dan air, toleran keracunan ion toksik dan hama penyakit serta cekaman lingkungan lainnya. Namun varietas lokal tersebut umumnya mempunyai produktivitas yang rendah, sekitar 2,0-4,0 ton/ha, serta kurang responsif terhadap ameliorasi dan pemupukan.

Peningkatan IP dapat dilakukan dengan pola Unggul-Lokal (pola sawit dupa) dan pola Unggul-Unggul. Pola sawit dupa dilakukan dengan memanfaatkan waktu kosong dalam pola pertanaman Lokal-Bera. Periode pertanaman padi lokal umumnya berada pada bulan Februari-Agustus, namun periode tersebut dapat digeser menjadi Maret-Agustus atau April-Agustus, karena padi lokal umumnya bersifat photo period sehingga walau ditanam bulan Maret atau April, panennya tetap sekitar bulan Agustus. Waktu yang luang antara September sampai Pebruari dapat dimanfaatkan untuk bertanam padi unggul, namun luas pertanaman hanya sekitar 80%, sisanya seluas 20% untuk penyiapan bibit padi lokal dengan sistem berjenjang, sebanyak 3 kali yaitu dengan istilah taradak-ampak-lacak (semai-pindah I- pindah II). Bertanam padi unggul umumnya dilakukan pada periode Oktober-Pebruari dilanjutkan dengan tanam padi lokal pada bulan Maret-Agustus.

Pemilihan pola tanam pada lahan berpirit disesuaikan dengan potensi ketersediaan air dan adanya penurunan kualitas air. Penyusunan pola tanam sebaiknya menghindari dari peluang banjir dan kekeringan, cekaman kemasaman air dan intrusi air asin. Berdasarkan pola curah hujan di lahan rawa pasang surut, maka pola tanam dapat disusun berdasarkan Gambar 2. Gambar tersebut menjelaskan bahwa curah hujan yang rendah umumnya terjadi pada bulan Juni, Juli, dan Agustus. Kondisi ini menunjukkan bahwa pada 3 bulan tersebut rentan terjadinya kekeringan, terutama pada lahan tipe luapan C dan D yang sumber air utamanya dari curah hujan, sedangkan pada lahan tipe luapan A dan B ketersediaan air tidak masalah, karena masih bisa memanfaatkan air pasang, namun pada tiga bulan tersebut rentan terjadinya intrusi air asin terutama pada lahan tipe luapan A yang umumnya berada pada kawasan rawa air payau dan sepanjang sempadan sungai besar.



Gambar 2. Dinamika curah hujan bulanan pada berbagai provinsi yang memiliki lahan rawa

Lahan berpirit yang berada pada kawasan pasang surut air asin/payau, yang setiap tahunnya mengalami intrusi air asin terutama pada bulan Juni-September, maka pemilihan jadwal tanam harus menghindari bulan-bulan tersebut, agar saat periode vegetatif hingga fase masak susu tidak mengalami intrusi air asin. Adanya intrusi air asin menyebabkan tanaman mati karena terjadinya plasmolisis dinding sel tanaman padi, akibat terjadinya perbedaan konsentrasi kadar garam pada sel tanaman dengan di larutan tanah. Tipe luapan lahan pada kawasan tersebut umumnya termasuk tipe luapan A. Jadi selain masalah intrusi air asin pada puncak musim kemarau, juga cekaman banjir pada puncak musim hujan. Periode yang lebih aman untuk pertanaman padi adalah bulan Maret-Juni.

Tanah berpirit yang berada di lahan tipe luapan B, pemilihan jadwal tanam lebih bebas karena air tersedia sepanjang bulan. Pada musim kemarau, sumber air tetap ada di saluran sehingga dapat dilakukan pompanisasi atau dilakukan rekayasa pengaturan air dengan *sistem aliran satu arah dan tabat bertingkat (Sistak)*. Jadwal tanam bisa diatur untuk musim tanam I pada bulan Oktober-Februari dan untuk musim tanam II pada bulan Mei-Agustus. Pada tipe luapan B masih berpeluang untuk menerapkan IP-300 dengan bantuan pengaturan air yang baik dan penggunaan alsintan untuk mempercepat penanaman.

Pada lahan tipe luapan C, penanaman padi yang paling aman pada musim hujan, yaitu Nopember-Pebruari. Peningkatan IP dapat dilakukan menjadi IP-200 melalui bantuan pengaturan air dengan jadwal tanam MT I pada bulan Nopember-Pebruari dan MT II pada bulan Maret-Juni. Pada MT II dapat ditanam padi lokal dengan jadwal tanam Maret-Agustus (pola sawit dupa).

Peningkatan Produktivitas Padi

Masalah lahan tanah berpirit yang sering ditemui dalam meningkatkan produktivitas padi adalah banjir, kekeringan, kemasaman, keracunan Fe dan Al, dan kahat hara makro dan mikro. Untuk meningkatkan produktivitas padi, ada dua pendekatan yang dapat dilakukan, yaitu melalui: (a) penggunaan varietas toleran/adaptif dan berdaya hasil tinggi, dan (b) perbaikan pengelolaan lahan agar masalah lahan seperti keracunan besi dan aluminium serta kemasaman yang tinggi tidak muncul. Dalam pelaksanaan lapangan kedua pendekatan tersebut idealnya dilakukan secara terpadu.

Banjir dan kekeringan

Banjir umumnya terjadi di lahan berpirit tipe luapan A dan tipe luapan B yang berdrainase buruk. Dalam kondisi curah hujan di atas normal (biasanya terjadi pada bulan Desember-Pebruari), terjadi peningkatan ketinggian muka air saluran. Apabila drainase kurang baik, maka tanaman padi akan tenggelam. Sedangkan kekeringan umumnya terjadi di lahan berpirit tipe luapan C pada musim kemarau, akibatnya tanaman padi mengalami stagnasi pertumbuhan (Gambar 3), dan gabah menjadi hampa.



Gambar 3. Banjir pada lahan pasang surut tipe luapan B (foto kiri) dan kekeringan pada lahan berpirit rawa pasang surut tipe luapan C (foto kanan)

Antisipasi terhadap banjir tersebut, dapat dilakukan melalui: (a) perbaikan sistem tata air agar drainase air berjalan lancar, dan (b) penggunaan varietas padi yang adaptif dengan kondisi rendaman.

Perbaikan sistem tata air bersifat terpadu antara tata air mikro (di dalam area persawahan) dan tata air makro (area sistem tata air kawasan) agar gerakan air

drainase/irigasi lancar, dilakukan dengan menormalisasi saluran-saluran sekunder, tersier dan kuarter, dan membuat tanggul penahan gerakan air di sawah, penerapan sistem pintu tabat bertingkat sesuai topografi pada lahan tipe luapan C, penerapan sistem pintu kombinasi (pintu ayun dan pintu tabat) pada lahan tipe luapan B, dan penerapan sistem pintu stoplog (pintu ulir) pada lahan tipe luapan A. Contoh model pintu tabat limpas, pintu ulir, dan pintu sistak disajikan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Contoh model pintu tabat/dam bertingkat (tabat limpas) pada tipe luapan C, pintu sistak pada lahan tipe luapan B, dan pintu ulir untuk lahan tipe luapan A.

Antisipasi terhadap gangguan pertumbuhan tanaman padi akibat genangan, dapat dilakukan dengan menanam padi yang toleran terhadap genangan hingga 6-14 hari pada fase vegetatif, yaitu varietas Inpara 3, 4, dan 5, dikombinasikan dengan penerapan sistim tata air (mikro dan makro) dan pengaturan jadwal tanam, yang tepat sesuai dinamika tinggi muka air hamparan persawahan. Saat ini varietas toleran kekeringan khusus untuk lahan rawa belum tersedia, namun beberapa varietas toleran kekeringan di lahan kering seperti Inpago 5, 8, 9, 10. Lipigo 4, 11 Agritan dapat diuji coba di lahan rawa pasang surut yang sering mengalami kekeringan. Deskripsi varietas padi gogo toleran kekeringan disajikan dalam Tabel 5, sedangkan varietas toleran rendaman disajikan dalam Tabel 6.

Tabel 5. Deskripsi varietas padi gogo toleran kekeringan

Nama Varietas	Umur (hari)	Potensi Hasil (t/ha)	Toleran Terhadap Cekaman	
			Abiotik	Biotik
Inpago 5	118	6,2	Kekeringan, Al	Blas
Inpago 8	122	8,1	Kekeringan Al, Fe	Blas
Inpago 9	115	8,4	Kekeringan, Al	Blas, hawar daun
Inpago 10	115	7,3	Kekeringan, Al	Blas
Inpago Lipigo 4	113	7,1	Kekeringan	Blas
Inpago 11 Agritan	111	6,0	Kekeringan, Al	Blas, hawar daun bakteri

Sumber : Balitbangtan (2016)

Tabel 6. Deskripsi varietas padi Inpara

Nama Varietas	Umur (hari)	Potensi Hasil (t/ha)	Toleran Terhadap Cekaman	
			Abiotik	Biotik
Inpara 1	131	6,47	Fe dan Al	Wereng, hawar daun, blas
Inpara 2	128	6,08	Fe dan Al	Wereng, hawar daun, blas
Inpara 3	127	5,6	Fe dan Al, rendaman	Wereng, blas
Inpara 4	135	7,6	rendaman	Wereng, hawar daun
Inpara 5	115	7,2	rendaman	Hawar
Inpara 6	117	6,0	Fe	Blast dan hawar daun
Inpara 7	114	5,1	Fe dan Al	Tungro, blas
Inpara 8 Agritan	115	6,0	Fe	Hawar, blas
Inpara 9 Agritan	107	5,6	Fe	Hawar daun, tungro
Inpara 10 BLB	126	6,8	Fe	Hawar daun, blas

Sumber: Balitbangtan (2014; 2016)

Kemasaman dan keracunan Al

Senyawa pirit (FeS_2) bersifat stabil jika berada dalam kondisi tergenang alami seperti di hutan rawa, namun bila ada kegiatan pembuatan saluran/tanggul dalam pembukaan lahan sehingga senyawa pirit tersebut terangkat ke permukaan, akan terjadi oksidasi oleh oksigen yang menghasilkan asam sulfat, dan tanah menjadi sangat masam, dapat mencapai pH <3,5. Kemasaman yang tinggi mengakibatkan meningkatnya kelarutan ion toksik Al sehingga banyak ion fosfat yang diikat oleh ion Al membentuk ikatan Al-P yang tidak tersedia bagi tanaman. Menurut Enio *et al.* (2011), bila senyawa pirit teroksidasi akan menghasilkan ion H^+ sehingga sangat masam, meningkatkan kelarutan Al sehingga dapat meracuni tanaman, meningkatkan kelarutan Mn dan Fe, defisiensi P karena terikat oleh Al dan

Fe, serta menurunkan kation-kation basa tanah karena tercuci. Creeper *et al.* (2012) berpendapat bahwa keracunan Al terjadi karena tingginya serapan Al dalam tanaman akibat tingginya kelarutan ion tersebut dalam tanah. Konsentrasi 120 ppm Al sudah dapat meracuni tanaman padi, ditunjukkan dengan makin tertekannya pertumbuhan akar.

Menurut Cho *et al.* (2002), bila konsentrasi mencapai 240 ppm Al maka akan muncul gejala klorosis pada daun. Menurut Shamsuddin *et al.* (2013), bagian tanaman yang pertama kontak dengan ion Al adalah akar, dan bagian ini yang sensitif terhadap keracunan Al. Roslim *et al.* (2011) menyebutkan bahwa tanaman yang mengalami keracunan Al, sistem perakarannya tidak berkembang akibat perpanjangan sel akar terganggu. Bila cekaman Al lebih lama, akar tanaman akan menebal, menggulung dan pendek (Matsumoto 2000). Ryan dan Delhaize (2010) menyebutkan kerusakan akar dimulai pada saat ion Al masih berada di dinding sel, tanpa harus masuk ke dalam sel akar. Penelitian pengaruh konsentrasi Al dengan panjang akar telah dibuktikan oleh Harahap (2014), dimana semakin tinggi konsentrasi Al, semakin pendek akar tanaman.

Pencegahan terhadap terbentuknya kemasaman tanah, perlu dilakukan hal-hal sebagai berikut: (a) kegiatan pembuatan saluran/tanggul harus memperhatikan kedalaman lapisan pirit tersebut, jangan menggali mencapai lapisan pirit, dan (b) mengatur tinggi muka air agar lapisan pirit tetap dalam kondisi reduktif (tergenang).

Lahan yang sudah mengalami oksidasi sehingga tanah menjadi masam (pH <4,0), usaha untuk mengatasinya dalam budidaya padi adalah dengan (a) penggunaan padi toleran kemasaman dan keracunan Al, seperti padi varietas Inpara, (b) mencuci asam-asam dengan luapan air pasang atau air hujan, (c) pemberian bahan amelioran seperti kapur kalsit dan kapur dolomit, dan bahan organik, dan (d) pengolahan tanah minimum untuk menghindari terangkatnya lapisan pirit.

Berdasarkan deskripsi varietas padi Inpara, varietas padi yang toleran keracunan Al, yang identik dengan toleran terhadap kemasaman adalah Inpara 1, 2, 3 dan 7, namun hasil observasi lapangan umumnya hanya toleran pada tanah dengan pH sekitar 4,0-4,2. Pada pH yang lebih rendah dibutuhkan pemberian kapur yang cukup dan didukung tata air yang baik agar bisa tumbuh baik. Menurut Koesrini *et al.* (2014), beberapa varietas sebelumnya yang toleran kemasaman antara lain: Banyuasin, Dandang, Indragiri, Punggur, Siak Raya, Lambur dan Mendawak.

Mencuci asam-asam dari sawah berpirit dilakukan intensif sebelum tanam. Pada lahan tipe luapan B, pencucian menggunakan luapan air pasang, asam dikeluarkan saat air surut. Intensitas pencucian disesuaikan dengan tingkat kemasaman, semakin masam maka pencucian semakin intensif. Setelah dilakukan pengolahan tanah, dilakukan pencucian intensif, setiap hari saat air pasang, agar ion-ion toksik yang terangkat ke permukaan lahan saat pengolahan tanah ikut tercuci

saat air surut. Pada periode setelah tanam hingga akhir fase vegetatif, pencucian tetap dilakukan agar asam yang terbentuk ikut tercuci, namun pencucian selama periode tersebut memperhatikan kebutuhan tinggi muka air sawah yang diperlukan untuk mendukung aplikasi komponen teknologi lainnya, yang umumnya membutuhkan kondisi macak-macam beberapa hari agar aplikasi komponen teknologi tersebut efektif, seperti pemupukan dan penyemprotan herbisida. Tercucinya asam-asam dari tanah sulfat masam telah banyak dilaporkan oleh peneliti. Hasil penelitian Anwar (2006), selama periode pencucian, yang tercuci tidak hanya asam-asam tetapi juga hara yang diperlukan tanaman seperti N, K, Ca dan Mg, namun kekurangan hara tersebut dapat diatasi dengan memberikan pemupukan, seperti yang diungkapkan oleh Rachim *et al.* (2000), bahwa pencucian pada tanah sulfat masam merupakan upaya membuang ion-ion yang bersifat toksik dari lahan, seperti Al^{3+} , SO_4^{2-} , Mn^{2+} , Fe-bebas. Untuk mengatasi kemasaman dengan pengelolaan air telah banyak diungkapkan oleh para ahli, salah satunya oleh Dang *et al.* (2015).

Pencucian asam-asam di lahan berpirit tipe luapan C, dilakukan dengan air hujan pada awal musim hujan, yaitu bulan Oktober-Nopember, tanam mulai bulan Desember. Selama periode musim kemarau, antara bulan April-September, lahan atau tanggul yang terbentuk akan mengalami kekeringan. Kondisi ini akan memacu terjadinya oksidasi senyawa pirit sehingga terbentuk asam. Adanya guyuran air hujan pada awal musim hujan, menyebabkan asam yang terbentuk di lahan sawah dan tanggul melarut sehingga tanah sawah menjadi sangat masam, karena itu lahan dibiarkan tercuci selama 2-4 minggu agar asam-asam tercuci dari lahan. Agar pencucian asam berjalan lancar, maka perlu dibuatkan parit cacing dalam hamparan petak sawah dengan jarak antar parit 3-9 m, disertai saluran pengumpul berupa saluran keliling petak sawah. Semakin masam tanah, maka semakin rapat jarak antar parit cacing tersebut. Lahan yang mempunyai kedalaman lapisan pirit < 50 cm, maka jarak antar parit cacing 3m, sedangkan lahan yang mempunyai lapisan pirit antara 50-100 cm digunakan jarak 6 m, dan lahan sawah yang mempunyai lapisan pirit > 100 cm menggunakan jarak 9 m.

Selain penggunaan varietas toleran kemasaman dan pencucian asam-asam, pada lahan yang sangat masam ($\text{pH} < 4,0$), kapur perlu diberikan antara 0-3.000 kg/ha, dalam bentuk dolomit atau kalsit. Pemberian kapur ditujukan bukan untuk menaikkan pH tanah mencapai pH ideal pertumbuhan tanaman padi ($\text{pH} 6,0-6,5$), tetapi untuk memperbaiki kondisi kimia tanah disekitar perakaran dan memberikan tambahan unsur Ca dan Mg. Hasil pengkajian Anwar (2019) disebutkan pada lahan berpirit tipe luapan A tidak perlu diberikan kapur, karena gerakan pencucian asam berjalan intensif setiap hari sehingga asam tidak sempat menumpuk pada lapisan olah tanah; pada lahan berpirit tipe luapan B dengan berdrainase lancar dan $\text{pH} > 4,0$ cukup diberikan 500-1.000 kg/ha, karena asam-asam masih bisa tercuci saat pasang besar meluapi lahan; sedangkan pada lahan sawah berpirit yang

berdrainase kurang lancar dan pH tanah berada 3,5-4,0 sebaiknya diberikan dolomit sebanyak 1.500-2.000 kg/ha. Pada lahan berpirit tipe luapan C dengan drainase lancar diberikan kapur 2.000 kg/ha, sedangkan pada lahan tipe luapan C dengan drainase kurang lancar atau lahan bukaan baru diberikan kapur 3.000 kg/ha. Untuk menaikkan pH tanah menjadi pH ideal (pH 6,5) tanaman padi membutuhkan jumlah kapur yang sangat tinggi, bisa mencapai 15-20 ton per hektar, sehingga tidak ekonomis bagi petani. Tingginya kebutuhan kapur tersebut berkaitan dengan tingginya nilai ion Al dan H yang harus dinetralkan serta tingginya daya sangga tanah akibat tingginya kandungan bahan organik dalam tanah rawa. Beberapa hasil penelitian menunjukkan pemberian yang lebih besar dari yang dianjurkan, seperti hasil penelitian Suswanto *et al.* (2007) pemberian 4 ton/ha meningkatkan produktivitas padi di lahan sulfat masam. Namun pemberian dosis tinggi bersifat tidak aplikatif terkait biaya yang tinggi dan kebutuhan tenaga kerja yang besar dalam aplikasi kapur.

Keracunan besi

Syarat terjadinya keracunan besi pada tanaman padi memerlukan tiga kondisi, yaitu (1) sumber besi yang cukup untuk menciptakan keracunan, (2) rendahnya daya toleransi padi terhadap ion besi, dan (3) terciptanya kondisi reduktif pada sawah sebagai pemacu peningkatan kelarutan besi ferro (Fe^{2+}).

Sumber besi utama di lahan berpirit adalah pirit itu sendiri (FeS_2). Pada musim kemarau senyawa pirit teroksidasi sehingga terbentuk besi ferri (Fe^{3+}), namun saat adanya genangan pada musim hujan, bila tercipta kondisi reduktif maka besi ferri akan tereduksi menjadi besi ferro. Bila kelarutan besi ferro tersebut konsentrasinya melebihi daya toleransi tanaman padi maka akan muncul gejala keracunan besi. Hasil penelitian Lubis *et al.* (2011) menggunakan larutan Yoshida menunjukkan bahwa dengan konsentrasi 325 ppm, padi varietas Inpara 2 mengalami gejala keracunan besi. Namun banyak penelitian lain menemukan konsentrasi yang berbeda, hal ini menunjukkan bahwa batas toksisitas konsentrasi besi dalam tanah sangat bervariasi, umumnya ditentukan oleh daya toleransi varietas, tingkat pertumbuhan tanaman, dan tingkat kemasaman tanah. Dent (1986) menyebutkan bahwa kadar 500 ppm Fe^{2+} dalam tanah sudah membuat tanaman padi mengalami gejala keracunan Fe, sedangkan Nozoe *et al.* (2008) mendapatkan angka 500-2.000 ppm Fe. Penelitian lain, Sahrawat (2004) menyebutkan tanaman padi keracunan pada tanah dengan konsentrasi 100 ppm Fe pada pH 3,7; dan 300 ppm Fe pada pH 5,0; dan konsentrasi Fe dalam jaringan tanaman yang mengalami keracunan besi berkisar 300-500 ppm.

Keracunan besi pada tanaman padi, diantisipasi dengan memperlancar drainase air persawahan. Ion besi pada persawahan bisa dicuci dengan baik sehingga tidak tercapai konsentrasi besi yang dapat meracuni tanaman padi. Selain

itu, pemicu kondisi reduktif lainnya adalah adanya dekomposisi bahan organik mentah seperti jerami padi. Dalam proses dekomposisi akan dihasilkan elektron sehingga tanah menjadi lebih reduktif dan mendorong terjadinya reduksi besi ferri menjadi besi ferro. Untuk mempercepat proses dekomposisi jerami padi atau gulma lainnya menggunakan mikroba dekomposer agar saat tanam, bahan organik tersebut sudah berada dalam kategori sudah masak (matang) dan dapat berfungsi sebagai pengikat besi ferro melalui mekanisme khelatisasi. Hal ini sejalan dengan pendapat Ye *et al.* (2009) bahwa bahan organik seperti jerami padi merupakan sumber energi utama bagi bakteri pereduksi besi, dan keberadaan bahan organik menentukan laju reduksi Fe^{3+} , bahan organik dapat berperan sebagai pemicu reduksi dan sebagai pengkhelat besi, dan De-Yin *et al.* (2010) berpendapat bahwa peran bahan organik menurun seiring proses dekomposisi bahan organik. Menurut Davranche *et al.* (2013) dan Chen *et al.* (2014) adanya pengkhelatan Fe oleh bahan organik akan menurunkan reaktivitas Fe serta menurunkan readopsi Fe dan laju pelarutan Fe.

Antisipasi munculnya gejala keracunan besi pada persawahan juga perlu dilakukan melalui penggunaan varietas padi toleran keracunan besi. Hasil deskripsi varietas padi Inpara 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9 dan 10 yang dilakukan oleh Balitbangtan (2014; 2016) menunjukkan bahwa varietas-varietas tersebut toleran terhadap keracunan besi. Deskripsi varietas Inpara dapat dilihat dalam Tabel 5. Hasil penelitian Lubis *et al.* (2011) dan Koesrini *et al.* (2018), menunjukkan bahwa varietas Inpara 1 dan 4 paling toleran terhadap keracunan besi (kadar Fe 325 ppm) dibanding varietas Inpara 2. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa varietas Inpara 1 dan 4 lebih cocok ditanam pada lahan sawah berpirit yang drainasenya kurang lancar atau pada lahan sawah bukaan baru. Beberapa varietas lama juga toleran terhadap keracunan Fe, menyebutkan varietas tersebut adalah Margasari, Indragiri, Tenggulang, Lambur, dan Banyuasin (Noor *et al.*, 2007), Mahakam, Lematang, Batanghari, Dendang, Punggur, Martapura, Siak Raya, dan Mendawak. (Koesrini *et al.*, 2014).

Kekurangan hara

Hara makro (N, P, K, Ca, Mg, dan S) dan hara mikro (Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, B) diperlukan oleh tanaman padi untuk berbagai aktivitas dalam rangka mendukung pertumbuhan tanaman. Secara umum, lahan berpirit mempunyai kandungan hara makro dan beberapa hara mikro yang rendah. Adanya kemasaman tanah akibat oksidasi senyawa pirit mengakibatkan kelarutan P menurun karena terikat dalam bentuk Al-P dan menurunnya kelarutan Ca, Mg, Mo, dan terhambatnya fiksasi Nitrogen, serta hara lebih mudah tercuci. Namun terjadi peningkatan kelarutan Al, Mn, dan Zn pada lahan kondisi kering (oksidasi) dan kadar S dan Fe^{2+} pada kondisi tergenang (reduktif) sehingga dapat meracuni tanaman padi. Kelarutan ion besi yang tinggi dapat menyelimuti permukaan akar sehingga ion hara lain sulit diserap oleh akar, akibatnya terjadi kahat multi hara.

Pemupukan merupakan cara untuk mengatasi kekurangan hara. Anwar (2019) menyimpulkan bahwa diantara hara tanaman padi, maka (a) pupuk N yang paling jelas pengaruhnya terhadap produktivitas padi; (b) pengaruh pemberian pupuk fosfat sangat tergantung kandungan cadangan P-tanah, (c) pengaruh pemberian pupuk K terhadap produktivitas lebih terlihat pada sawah kekurangan hara K dan rawan keracunan besi, (d) pemberian Ca dan Mg dapat dilakukan sebagai bahan amelioran, diberikan sebelum tanam, (e) pemberian pupuk mikro dan silika tergantung status hara tersebut dalam tanah, dan pemberian pupuk mikro majemuk ZnO_2 dan CuO dapat meningkatkan produktivitas padi dan menurunkan kadar besi tanah, dan (f) pengembalian jerami ke sawah akan menyumbangkan hara N, P, K, S, Si dan C.

Pendekatan takaran pemberian dapat dilakukan melalui tiga cara, yaitu (a) berdasarkan hasil penelitian tiap zona agroekologi rawa (tipologi lahan dan tipe luapan air), (b) berdasarkan hasil analisis tanah kemudian ditentukan takarannya dengan aplikasi DSS (*Decision Support System*), dan (c) berdasarkan alat perangkat uji tanah rawa (PUTR). Berdasarkan hasil penelitian yang dirangkum oleh Balittra (2011), takaran pemupukan N, P, K di lahan sulfat masam 150-250 kg Urea/ha (67,5-112,5 kg N/ha); 150-200 kg SP36/ha (54-72 kg P_2O_5 /ha); 50-100 kg KCl/ha (30-60 K_2O per ha); sedangkan di lahan potensial 100-150 kg Urea/ha (45-67,5kg N/ha); 75-125 kg SP36/ha (27-45kg P_2O_5 /ha); 50 kg KCl/ha (30 K_2O /ha). Sedangkan berdasarkan aplikasi DSS sangat tergantung hasil analisis tanah area persawahan yang akan dilakukan pemupukan. Untuk aplikasi yang lebih praktis dapat digunakan alat PUTR, merupakan suatu alat analisis kandungan N, P dan K tanah secara kualitatif berdasarkan warna sehingga bisa menentukan status hara: rendah, sedang dan tinggi, kemudian diberikan pupuk sesuai rekomendasi berdasarkan status hara tersebut. Hasil penelitian Anwar (2019) mendapatkan pemberian pupuk majemuk mikro dalam bentuk oksida (ZnO_2 dan CuO) dapat menurunkan kelarutan Fe dan meningkatkan produktivitas padi Inpari 30 dan Inpara 2 pada lahan berpirit rawan keracunan besi.

Pengelolaan air

Para ahli rawa telah lama menyimpulkan bahwa pengelolaan air merupakan kunci sukses pengembangan lahan rawa. Pengelolaan air dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu tata air makro dan mikro. Tata air makro merupakan tata air yang mengatur ketersediaan pada skala saluran primer, sekunder dan tersier, yang selama ini ditangani oleh Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR), sedangkan tata air mikro merupakan tata air skala pada hamparan persawahan yang selama ini ditangani oleh Dinas Pertanian Tanaman Pangan dan Horikultura (Distanhor). Namun belakangan, saluran tersier juga ditangani oleh Distanhor.

Pengelolaan air pada sistem tata air makro adalah bagaimana membuat saluran beserta bangunan pintu pengaturnya agar air sungai yang berkualitas baik bisa masuk sampai ke saluran tersier/kuarter dan racun-racun yang keluar dari sawah bisa tercuci dan larut ke saluran primer atau sungai, tersedia air berkualitas baik (tidak masam dan tidak asin) untuk memenuhi kebutuhan tanaman padi, serta tidak menyebabkan banjir dan kekeringan. Untuk mendukung tujuan tersebut dibutuhkan penataan saluran dalam satuan kawasan hidrologi. Selama ini dikenal dua sistem tata air makro, yaitu sistem garpu dan handil di pulau Kalimantan dan sistem sisir di pulau Sumatera. Hasil observasi lapangan pada kedua sistem tata air tersebut, terlihat bahwa sistem sisir lebih baik daripada sistem garpu. Bila dilihat kondisi lapangan, dimana sirkulasi air pasang belum berjalan dengan baik, maka sistem tata air makro yang ada sekarang perlu dibenahi agar berfungsi kembali dengan cara melakukan normalisasi saluran beserta bangunan pintunya.

Tata air mikro merupakan tata air yang ada di persawahan, dengan sarana pengaturan berupa saluran keliling, saluran kemalir/parit cacing, dan pipa paralon pengatur inlet/outlet. Tata air mikro berfungsi untuk mengatur air agar ketinggian muka air sawah bisa diatur sesuai kebutuhan aplikasi komponen teknologi. Setiap komponen teknologi budidaya memerlukan pengaturan air, sebagian menghendaki kondisi macak-macam saat aplikasi komponen teknologi tersebut, seperti penyemaian, tanam, pemupukan dan ameliorasi, penyiangan gulma dan penyemprotan pestisida. Sedangkan saat pengolahan tanah membutuhkan adanya genangan 5-15 cm dari muka tanah, dan saat memasuki fase masak kuning hingga panen membutuhkan kondisi lahan dalam keadaan kering agar cepat matang.

PENUTUP

Lahan berpirit yang dicirikan oleh senyawa pirit umumnya terdapat di lahan rawa pasang surut, tersebar di sepanjang kawasan pantai pulau Sumatera, Kalimantan, Papua dan Sulawesi. Sebagian lahan tersebut telah dimanfaatkan untuk pengembangan tanaman padi, namun produktivitasnya masih rendah.

Senyawa pirit jika dalam kondisi teroksidasi (kering) akan menghasilkan asam, sehingga tanah menjadi sangat masam, kelarutan ion meracun meningkat, sedangkan kelarutan unsur-unsur hara menurun, akibatnya produktivitas padi menjadi rendah. Asam-asam yang tercuci ke saluran air mengakibatkan terjadinya pencemaran lingkungan, air menjadi sangat masam, terbentuk banyak karat besi dan kehidupan biota perairan terganggu.

Masalah tanah dan air di lahan berpirit dapat diatasi melalui penerapan teknologi secara simultan agar terjadi peningkatan produktivitas padi, antara lain: (a) pemilihan lahan pengembangan dengan kedalaman lapisan pirit > 50 cm, (b) penerapan sistem tata air; (c) pengolahan tanah minimum; (d) pengaturan air; (e)

penggunaan padi rawa toleran kemasaman, keracunan Al dan Fe; dan (f) ameliorasi dan pemupukan berimbang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian atas dukungan penyusunan naskah ini. Terima kasih disampaikan kepada teman peneliti yang telah memberikan masukan untuk perbaikan naskah ini, juga terima kasih kepada Tim Penyunting dan Redaksi Pelaksana yang dengan gigih melakukan pekerjaannya hingga naskah ini bisa diterbitkan. Dalam naskah ini Khairil Anwar adalah sebagai kontributor utama, dan Masganti sebagai kontributor anggota.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, K. 2006. Peningkatan Kualitas Tanah Sawah dan Air Buangan di Saluran Drainase Pada Tanah Sulfat Masam. Disertasi. Institut Pertanian Bogor. 186 hlm.
- Anwar, K. dan Mawardi. 2012. Dinamika tinggi muka air dan kemasaman air pasang surut saluran sekunder sepanjang sungai Barito. *Jurnal Tanah dan Iklim*. Edisi Khusus: 1-12.
- Anwar, K. 2019. Pengelolaan lahan di lahan rawa lebak dan pasang surut. Disampaikan pada Focus Group Discussion Tata Kelola Infrastruktur Pertanian, pada tanggal 23 Juli 2019 di Banjarbaru.
- Balittra. 2011. Setengah Abad Balittra: Rawa Lumbung Pangan Menghadapi Perubahan Iklim. Banjarbaru: Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa. 71 hlm.
- Balitbangtan. 2014. Deskripsi Varietas Unggul Tanaman Pangan 2009-2014. Balitbangtan, Puslitbangtan, Kementerian Pertanian. Jakarta. 150 hlm.
- Balitbangtan. 2016. Deskripsi Varietas Unggul Baru Padi. Inbrida Padi Sawah (INPARI), Hibrida Padi (HIPA), Inbrida Padi Gogo (INPAGO), Inbrida Padi Rawa (INPARA) Balitbangtan, Kementerian Pertanian, Jakarta. 90 hlm.
- BBSDLP. 2014. Sumberdaya Lahan Pertanian Indonesia: Luas, Penyebaran dan Potensi. Edisi 1. Badan Litbang Pertanian. Jakarta. 62 hlm.
- Chen, C.J., Dynes, J., Wang, J., and Sparks, D.L. 2014. Properties of Fe-organik matter associations via coprecipitation versus adsorption. *Environ. Sci. Technol.* 8(23): 13751-13759.
- Cho, K.M., Ranamukhaarachchi, and Zoebisich, M.A. 2002. Cropping system on acid sulphate soil in the Central Plains of Thailand constraints and remedies. *In: Acid Sulphate Soil Management in Tropical Environment*. 17th WCSS. Thailand, August 2002. Paper No. 812: 1-10.
- Creepier, N.L., Shand, P., Fitzpatrick, R.W., and Hutson, J. 2012. Behaviour of iron, aluminium and other selected metals following the rewetting of Inland Acid Sulfate Soil containing sulfuric material. *In Osterholm et al. (Eds.): 7th International Acid Sulfate Soils Conference in Vassa, Finland. Towards*

Harmony between Land Use and the Environment, Geological Survey of Finland, Guide 56: 26-28.

- Dang, T., Mosley, L.M., Fitzpatrick, R., and Marschner P. 2015. Organik material differ in ability to remove protons, Iron and aluminium from acid sulfate soil drainage water. *Water, Air and Soil Pollutions*. p. 357.
- Davranche, M., Dia, V., Fakih, M., Nowack, B., Gruau, G., Ona-nguema, G., Petitjean, P., Martin, S., and Hochreutener, R. 2013. Organic matter control on the reactivity of Fe (III) oxyhydroxides and associated as in wetland soils: A kinetic modeling study. *Chemical Geology* 335: 24-35.
- Dent, D. 1986. Acid Sulphate Soils. A Baseline for Research and Development. International Land Reclamation Institute. Wageningen Publ. No.39. The Netherlands. 204 Hlm.
- De-Yin, Zhuang, H.L., Wei-Dong, C., Xu, W., Shun-Gui, Z, and Fang-Bai, L. 2010. Comparison of dissolved organik matter from sewage sludge dan sludge compost as electron shuttles for enchancing Fe (III) bioreduction. *J. Soil Sediments* 10: 722-729.
- Enio, M.S.K., Shamshuddin, J., Fauziah, C.I., and Husni, M.H.A. 2011. Pyritization of the coastal sediments in the Kelantan Plains in the Malay Peninsula during the Holocene. *Amer J Agric Bio Sci*. 6(3): 393-402.
- Harahap, S.M. 2014. Mekanisme adaptasi dan penekanan akumulasi Fe dan Al untuk meningkatkan produktivitas padi di lahan pasang surut. Disertasi. Institut Pertanian Bogor. 93 hlm.
- Koesrini, William, E., dan Khairullah, I. 2014. Varietas padi adaptif lahan rawa pasang surut. Hlm. 97-119. *Dalam Nursyamsi et al. (Eds.): Teknologi Inovasi Lahan Rawa Pasang Surut Mendukung Kedaulatan Pangan Nasional*. Balitbangtan. BBSDLP. Bogor.
- Koesrini, Saleh, M., Thamrin, M. 2018. Adaptasi agronomi padi unggul varietas Inpara pada lahan rawa pasang surut. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 2(2): 77-83. Doi: 10.21082/jpptp.v2n2.2018.p77-83
- Lubis, I., Noor, A., Ghulamahdi, M., Chozin, M.A., Anwar, K., and Wirnas, D. 2011. Screening method for iron tolerant ricesuttet for tidal swamps area. *J. ISSAAS* 22 (1): 30-41.
- Masganti dan Anwar, K. 2018. Teknologi peningkatan produksi tanaman hortikultura di lahan gambut. Hlm 323-347. *Dalam Masganti et al. (Eds.): Inovasi Teknologi Lahan Rawa: mendukung kedaulatan pangan*. IAARD Press.
- Matsumoto, H. 2000. Cell biology of aluminium toxicity and tolerance in higher plant. *Int Rev Cytol* 200: 1-46.
- Mulyani, A. dan Hidayat A. 2010. Kapasitas produksi bahan pangan di lahan kering. *Dalam Sumarno dan Nata Suharta (Eds.): Analisis Sumberdaya Lahan Menuju Ketahanan Pangan Berkelanjutan*. Badan Litbang Pertanian, Jakarta. Hlm. 53-69.
- Mulyani, A., Ritung, S. dan Las, I. 2011. Potensi dan ketersediaan sumberdaya lahan untuk mendukung ketahanan pangan. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 30(2): 73-80.

- Noor, M. 2004. Lahan Rawa: Sifat dan Pengelolaan Tanah Bermasalah Sulfat Masam. PT Raja Grafindo Persada, Jakarta. 241 hlm.
- Noor, A., Saderi, D.I., and Khairuddin. 2007. Keragaan beberapa varietas unggul padi di lahan rawa pasang surut sulfat masam. Hlm 67-84. *Dalam Sabran et al. (Ed.): Prosiding Seminar Nasional Pertanian Lahan Rawa: Revitalisasi Kawasan PLG dan Lahan Rawa Lainnya untuk Membangun Lumbung Pangan Nasional, Kuala Kapuas 3-4 Agustus 2007. Balitbangtan-Pemda Kab. Kapuas, Kalimantan Tengah.*
- Nozoe, T., Fukuta, Y., Agbisiti, R., Rodriquez, R., and Yanagihara, S. 2008. Characteristics of iron tolerance rice lines developed at IRRI under field condition. *JARQ*, 42:187-192.
- Nugroho, K. dan Suriadikarta, D.A. 2010. Kapasitas produksi bahan pangan lahan rawa. Hlm. 71-87. *Dalam Sumarno dan Suharta (Eds.) Analisis Sumberdaya Lahan Menuju Ketahanan Pangan Berkelanjutan. Balitbangtan, Jakarta.*
- Rachim, A., Murtillaksono, K., Sastiono, A., and Sudradjat. 2000. Peningkatan produktivitas tanah sulfat masam untuk budidaya tanaman palawija melalui pencucian dan penggunaan amelioran. Laporan Hasil Penelitian Hibah Bersaing Perguruan Tinggi T.A. 1997-2000. Fakultas Pertanian IPB. Bogor. 232 Hlm.
- Reddy, K.R., and Delaune, R.D. 2008. The Biogeochemistry of Wetlands: Science and Applications. CRC Press, New York, USA. 779p.
- Ritung, S. 2011. Karakteristik dan sebaran lahan sawah di Indonesia. Hlm 83-98. *Dalam Adhi et al. (Eds.): Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pemupukan dan Pemulihan Lahan Terdegradasi. BBSDLP, Bogor.*
- Roslim, D.I., Alex, H., Aswidinoor, H., Miftahudin, dan Suharsono, U. 2008. Karakter root re-growth sebagai parameter toleransi Aluminium pada tanaman padi. *J. Natur Indo* 13: 82-88.
- Ryan, P.R. and Delhaize E. 2010. The convergent evolution of aluminium resistance in plants exploits a convenient currency. *Functional Plant Biology*, 37: 275-284.
- Sahrawat, K.L. 2004. Iron toxicity in wetland rice and the roel of other nutrients. *J. of Plant Nutrition*. 27: 147-154.
- Shamshuddin, J., Elisa, A.A., Shazana, M.A.R.S., and Fauziah, I.C. 2013. Rice defense meachanisms againts the presence of excess amount of Al^{3+} and Fe^{2+} in the water. *Australian Journal Crop Science*, 7: 314-320.
- Soil Survey Staff. 2014. Keys to Soil Taxonomy. 12th Edition. Washington DC: Natural Resources Conservation Service-United States Department of Agricultural. 359 p.
- Subagjo, H. dan Widjaja-Adhi I.P.G. 1998. Peluang dan kendala penggunaan lahan rawa untuk pengembangan pertanian di Indonesia: kasus Sumatera Selatan dan Kalimantan Tengah. Makalah Utama Pertemuan Pembahasan dan Komunikasi Hasil Penelitian Tanah dan Agroklimat, 10 Pebruari 1998 di Bogor.
- Subagyo, H. 2006. Lahan rawa pasang surut. Hlm. 23-88. *Dalam Suriadikarta, D.A., Kurnia, U., Mamat, H.S., Hartatik, W., dan Setyorini D. (Eds.): Karakterisitk dan Pengelolaan Rawa. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Litbang Pertanian, Departemen Pertanian.*

- Subba, Rao N.S. 1994. *Soil Microorganism and Plant Growth*. Oxford and IBH Publ. C, New Delhi.
- Suswanto, T., Shamsuddin, J., Omar, S.R.S., Mat, P., and The, C.B.S. 2007. Effects of lime and fertilizer application in combination with water management on rice (*Oryza sativa*) cultivated on an acid sulfate soil. *Malaysian Journal of Soil Science*, 11: 1-16.
- Suyanto, Zaini Z. 2010. Kapasitas produksi bahan pangan pada lahan sawah irigasi dan tadah hujan. Hlm. 25-52. *Dalam* Sumarno dan Nata Suharta (Eds.): *Analisis Sumberdaya Lahan Menuju Ketahanan Pangan Berkelanjutan*. Badan Litbang Pertanian, Jakarta.
- Widjaja-Adhi I.P.G. 1995. Potensi, Peluang dan Kendala Perluasan Areal Pertanaman di Lahan Rawa Kalimantan dan Irian Jaya. Seminar Perluasan Areal Pertanian di KTI, PII, Serpong 7-8 November 1995.
- Ye Y., Volker, C., and Wolf-Gladrow, D.A. 2009. A model of Fe speciation and biogeochemistry at the Tropical Eastern North Atlantic Eastern North Atlantic Time Series Observatory Site. *Biogeosciences* 6: 2041-2061.

PENGELOLAAN TERPADU INOVASI KESUBURAN LAHAN RAWA PASANG SURUT SULFAT MASAM TERDEGRADASI

Mukhlis dan Wahida Annisa

Sejak 20 tahun terakhir, masalah serius yang dihadapi dalam sistem produksi tanaman pangan terutama padi antara lain pelandaian peningkatan produktivitas (*levelling off*) pada lahan subur, masih rendahnya produktivitas lahan-lahan suboptimal, dan alih fungsi lahan sawah beririgasi teknis yang produktivitasnya tinggi ke lahan non pertanian. Oleh karena itu, untuk mendukung peningkatan produksi pangan nasional ditempuh melalui program intensifikasi dan ekstensifikasi ke lahan suboptimal terutama lahan rawa. Pada tahun 2018, ekstensifikasi dilakukan melalui program Perluasan Areal Tanam Baru (PATB) di lahan rawa seluas 1 juta ha. Disamping itu, juga dilakukan program #SERASI (Selamatkan Rawa Sejahterakan Rakyat) seluas 500.000 ha di beberapa provinsi yang mempunyai lahan rawa baik pasang surut maupun lebak cukup luas dan bertujuan untuk meningkatkan Indeks Pertanaman dan produktivitas padi.

Masalah yang dominan dalam pengembangan lahan rawa terutama rawa pasang surut adalah terdapatnya lahan sulfat masam potensial dan aktual yang luasnya masing-masing mencapai 4,34 juta ha dan 2,37 juta ha (Ritung *et al.*, 2011). Luasan lahan sulfat masam ini semakin bertambah seiring dengan terjadinya degradasi lahan gambut yang memiliki lapisan bahan sulfidik di bawahnya. Pengalaman menunjukkan bahwa pembukaan lahan sulfat masam selalu dibarengi dengan pembuatan saluran air untuk kepentingan transportasi dan drainase atau irigasi pada kawasan tersebut. Namun pada kenyataannya, pengelolaan air tidak dapat terkendali dengan baik, sehingga permukaan air tanah turun di bawah permukaan lapisan pirit terutama pada musim kemarau. Hal ini mengakibatkan senyawa pirit teroksidasi yang menghasilkan asam sulfat yang membuat pH tanah menjadi sangat rendah. Kemasaman yang tinggi tersebut berdampak negatif terhadap sifat kimia dan aktivitas mikroba tanah (van Breemen 1993). Permasalahan yang timbul akibat proses pemasaman tersebut adalah apabila senyawa atau unsur yang beracun tidak terbuang dari lingkungan perakaran, maka pertumbuhan tanaman terhambat.

Sampai sekarang, tanaman padi merupakan komoditas paling luas dibudidayakan di lahan rawa pasang surut sulfat masam. Meskipun demikian, produktivitasnya sangat beragam dan sangat tergantung pada kondisi tanah, tata air dan penerapan teknologi terutama pengelolaan lahan dan varietas tanaman. Berdasarkan tipologi lahan, produktivitas padi sawah eksisting di lahan sulfat masam potensial berkisar antara 3,2 – 4,0 t GKG/ha dan di lahan sulfat masam aktual berkisar 2,6 – 3,5 t GKG/ha. Melalui optimalisasi lahan, potensi produktivitas

padi masing-masing tipologi lahan berkisar 6,3 – 7,0 t GKG/ha pada lahan sulfat masam potensial dan 4,5 – 6,0 t GKG/ha pada lahan sulfat masam aktual (BBSLDP 2011). Kondisi tersebut, umumnya disebabkan petani masih mengandalkan masukan teknologi yang tradisional, sehingga potensi lahan yang ada belum dapat memberikan hasil yang optimal. Dalam hal penggunaan pupuk, petani belum menerapkan pemupukan berimbang karena berbagai hal, antara lain mahalnnya harga atau kelangkaan pupuk tertentu seperti KCl dan SP-36. Sebagian besar petani padi di lahan rawa hanya menggunakan pupuk Urea sebagai sumber hara N karena harganya lebih murah dan pengaruhnya bisa langsung dilihat pada pertumbuhan vegetatif tanaman, sedangkan pupuk P dan K tidak banyak digunakan karena mahalnnya harga atau kelangkaan pupuk SP-36 dan KCl (Mukhlis et al. 2009). Menurut Saraswati (2007) bahwa penggunaan pupuk anorganik yang terus menerus telah meningkatkan konsentrasi garam dalam larutan tanah sehingga menyebabkan ketidakseimbangan hara tanah. Sedangkan Las *et al.* (2006) menyatakan bahwa ketergantungan yang besar terhadap pupuk anorganik sebagai sumber hara berpotensi menimbulkan efek negatif terhadap sumberdaya lahan, air, dan lingkungan.

Sesuai dengan sifatnya yang suboptimal, dan selaras dengan konsep dan tuntutan pembangunan pertanian berkelanjutan, maka pengembangan dan optimalisasi lahan rawa pasang surut sulfat masam seharusnya diarahkan pada beberapa aspek, yaitu produktivitas, efisiensi produksi, kelestarian sumberdaya dan lingkungan serta kesejahteraan petani. Untuk mencapai hal tersebut maka semua faktor pertumbuhan dan perkembangan tanaman harus dalam kondisi ideal dan dikelola dengan baik. Khusus berkaitan dengan kesuburan tanah harus dikelola intensif diantaranya melalui pengelolaan terpadu inovasi kesuburan lahan rawa pasang surut sulfat masam.

Tulisan ini mengemukakan pentingnya pengelolaan terpadu inovasi kesuburan untuk meningkatkan produktivitas lahan pasang surut sulfat masam terdegradasi.

DEGRADASI LAHAN SULFAT MASAM

Pengembangan lahan rawa pasang surut dilaksanakan pemerintah sejak tahun 1970, berupa pembangunan sistem drainase terbuka berdimensi besar. Pada mulanya lahan ini menunjukkan produksi padi di sawah yang cukup tinggi, namun dalam perkembangan selanjutnya sistem drainase yang sudah ada tidak segera diikuti dengan pembuatan pintu pengatur air, sehingga degradasi lahan mulai berjalan. Terjadinya drainase berlebihan, tidak hanya membawa toksik tetapi juga membawa hara dan mineral lainnya. Pengolahan tanah yang terlalu dalam dan

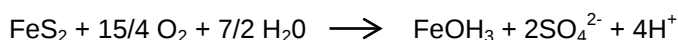
intensif juga dapat menyebabkan tereksposnya pirit ke lapisan permukaan tanah, sehingga terjadi proses oksidasi pirit yang menyebabkan tanah menjadi sangat masam. Akhirnya lahan menjadi bongkor dan ditinggalkan petani, karena sawahnya memberikan hasil sangat rendah atau sama sekali tidak menghasilkan. Selain lahan tidak produktif, atau sistem tata air tidak mendukung, ada beberapa petani yang meninggalkan lahannya, karena hasil produksi pertaniannya tidak mendatangkan keuntungan yang cukup. Menurut Maria *et al.* (2012) proses oksidasi pirit akan menyebabkan: (a) peningkatan nilai potensial redok (Eh) tanah dan kemasaman tanah serta air, (b) kelarutan aluminium (Al^{3+}), sulfat (SO_4^{2-}), hidrogen (H^+) dan besi II (Fe^{2+}) meningkat, (c) ketersediaan (fosfor) P menurun akibat terbentuknya aluminium-fosfat yang tidak larut, (d) kadar basa-basa tertukar menurun, (e) terjadi defisiensi hara, dan (f) pencemaran lingkungan pertanian di sekitarnya.

Reklamasi lahan dengan pembuatan saluran drainase akan merubah kondisi alami yang reduktif ke oksidatif. Kondisi tersebut memungkinkan terjadinya oksidasi pirit yang kemudian menghasilkan senyawa asam sulfat yang sangat masam. Pemasaman akibat oksidasi pirit menjadi kendala utama dalam pengelolaan lahan pasang surut sulfat masam. Pada kondisi tergenang keracunan Fe lebih sering terjadi dibandingkan keracunan Al (Dobermann dan Faihurst 2000). Hal ini disebabkan karena pada keadaan tergenang Al^{3+} mempunyai hubungan erat dengan proses reduksi Fe^{3+} . Ion OH^- yang dilepaskan dalam proses reduksi akan bereaksi dengan Al terlarut menjadi Al hidroksida yang sukar larut, sehingga tanah sawah jarang mengalami keracunan Al kecuali bila proses reduksi berlangsung lambat.

Kekahatan hara pada tanah di lahan sulfat masam umumnya disebabkan oleh rendahnya pH larutan tanah, sehingga lingkungan menjadi masam. Hal tersebut mengakibatkan terganggunya transformasi unsur hara seperti hara N dan P dari bentuk organik menjadi bentuk inorganik, selain itu juga penyematan N bebas secara simbiotik maupun non simbiotik terganggu. Hal ini disebabkan karena pergantian populasi mikroorganisme, begitu kemasaman tanah meningkat. Kekahatan P terutama disebabkan karena tersematnya P pada fraksi Al dan Fe terlarut dalam suasana masam. Dalam keadaan reduktif bentuk P dalam ikatan Fe-P mungkin juga Al-P lepas, menjadi bentuk tersedia setelah penggenangan bertahap. Banyaknya kendala-kendala kimia yang dihadapi pada tanah di lahan sulfat masam mengakibatkan produktivitas tanah menjadi rendah. Andersen *et al.* (2013) menyatakan bahwa kemasaman tanah yang tinggi setelah reklamasi mengimbas terhadap peningkatan kelarutan unsur-unsur meracun seperti: Al, Fe dan Mn. Peningkatan kelarutan unsur meracun tersebut diiringi dengan kahat hara makro (P, Ca, Mg, K) dan hara mikro (Cu dan Zn) (Notohadiprawiro 2000).

Bahan sulfidik tanah sulfat masam yang mengalami oksidasi hingga kondisi Eh + 400 mV akan menyebabkan pirit teroksidasi dan menghasilkan ion-ion Fe^{3+} , Al^{3+} , H^+ dan SO_4^{2-} . Menurut Sudjianto *et al.* (2011) pada tahap awal, oksigen larut lambat bereaksi dengan pirit menghasilkan empat molekul H^+ untuk setiap molekul pirit yang teroksidasi. Jika pH mengalami penurunan hingga di bawah 4, maka kecepatan oksidasi pirit akan berjalan lebih cepat. Pada reaksi ini setiap molekul pirit yang teroksidasi menghasilkan 16 molekul H^+ . Sulfat yang dihasilkan dari oksidasi pirit sangat sedikit dijerap oleh permukaan koloid tanah, sebagian besar hilang bersama air drainase atau terdifusi ke lapisan bawah yang kemudian direduksi kembali menjadi sulfida. Ion H^+ yang dihasilkan dari oksidasi pirit dapat menyebabkan tanah menjadi sangat masam. Enio *et al.* (2011) menyatakan bahwa di lapang pH 3,2 hingga 3,8 dapat menyebabkan hancurnya kisi-kisi mineral liat sehingga silikat dan Al^{3+} terlepas. Aktivitas Al^{3+} berkorelasi dengan pH, bila pH meningkat maka Al^{3+} akan diendapkan sebagai hidroksida. Sekali pirit teroksidasi, oksigen akan masuk ke dalam tanah dan pirit bereaksi dengan oksigen. Inilah awal rusaknya lahan rawa pasang surut sulfat masam akibatnya kemasaman tanah dan air yang meningkat dan munculnya unsur-unsur yang bersifat racun ke lingkungan perairan. Kandungan besi (Fe^{2+}), aluminium (Al^{3+}), ion hidrogen (H^+), dan sulfat (SO_4^{2-}) pada lahan yang didrainase lebih tinggi dibandingkan yang tidak didrainase (Claff *et al.* 2010). Hal ini memberikan implikasi bahwa setelah lahan direklamasi dengan membangun sistem dan jaringan drainase akan mengakibatkan turunnya kualitas lingkungan tanah dan air.

Proses utama yang terjadi bila tanah di lahan rawa teroksidasi adalah oksidasi pirit yang berkaitan dengan kadar aluminium. Kelarutan aluminium akan meningkat drastis pada kondisi yang sangat masam (pH <4). Peningkatan kadar Al^{3+} beberapa kali lipat setiap penurunan satu unit pH. Kadar Al yang cukup rendah berkisar antara 1-2 mg kg^{-1} sudah dapat meracuni tanaman. Keracunan Al akan menghambat pertumbuhan akar, akar akan menebal, tidak dapat memanjang dan tidak bercabang normal. Besi (Fe) yang sering menimbulkan masalah dalam bentuk *ferro* (Fe^{2+}) yang menyebabkan keracunan bagi tanaman, khususnya dalam kondisi tergenang (Noor 2004). Hal ini disebabkan karena beberapa minggu setelah tergenang, konsentrasi Fe^{2+} pada tanah sulfat masam meningkat karena reduksi senyawa *ferri* (Fe^{3+}) menjadi *ferro* (Fe^{2+}) oleh bakteri *Thiobacillus* sebagai akibat dari over drainage yang ditunjukkan dengan persamaan sebagai berikut:



Menurut Clarkson & Peters (2010) oksidasi pirit akan menghasilkan $\text{Fe}(\text{OH})_3$ (s), SO_4^{2-} (aq), dan H^+ (aq). Oksidasi pirit secara kimia berlangsung lambat, tetapi reaksi yang dimediasi oleh bakteri pengoksidasi besi, khususnya *Thiobacillus ferrooxidans* menjadikan kondisi optimum untuk oksidasi pirit dengan konsentrasi oksigen 1%,

temperatur (30°C), dan pH (3,2). Sedangkan proses reduksi pada tanah sulfat masam akan menghasilkan $\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}$ dan $\text{H}_2\text{S}_{(\text{aq, g})}$. Reduksi besi (Fe III menjadi Fe II) terjadi pada potensial redoks (Eh) -180 mV dan reduksi sulfat ($\text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$ menjadi $\text{H}_2\text{S}_{(\text{aq, g})}$) terjadi pada Eh -220 mV. Keberadaan mineral pirit pada kondisi oksidasi kuat (Eh lebih besar dari + 400 mV) dapat menyebabkan tanah menjadi sangat masam (pH < 3,7).

KEBUTUHAN DAN KESEIMBANGAN HARA TANAH

Tanaman untuk dapat tumbuh dan berkembang secara normal memerlukan jenis dan jumlah unsur hara tertentu. Menurut Mengel dan Kirby (1987), tanaman memerlukan 16 unsur hara esensial yang terdiri atas hara makro (C,H,O,N,P,K,S,Ca,Mg) dan mikro (Fe, Mn, Cu, Zn,Mo,B,Cl). Pengertian hara esensial adalah: (1) tanpa hara tersebut tanaman tidak dapat tumbuh normal, (2) hara terlibat langsung dalam proses metabolisme, (3) bila hara kurang, siklus hidup tanaman tidak lengkap dan menunjukkan gejala defisiensi yang spesifik, dan (4) hara esensial tidak dapat digantikan fungsinya oleh hara lain. Setiap hara esensial memiliki peran dan fungsi masing-masing secara spesifik, baik langsung maupun tidak langsung, dalam proses metabolisme tanaman, seperti fotosintesis dan respirasi.

Kebutuhan hara tanaman sangat terkait dengan varietas dan umur tanaman. Varietas unggul padi misalnya memerlukan unsur hara lebih banyak dibandingkan varietas lokal. Varietas unggul mempunyai potensi hasil tinggi dan berumur pendek, sehingga membutuhkan hara tanaman lebih banyak dan kecepatan penyerapannya juga lebih cepat karena umur tanaman lebih pendek dibandingkan varietas lokal. Penggunaan padi hibrida membutuhkan hara yang lebih banyak dibandingkan varietas unggul. Total hara yang diperlukan tanaman padi untuk hasil tinggi (unggul) masing-masing sebesar 135 kg N, 15 kg P, dan 81 kg K/ha selama empat bulan, sehingga kecepatan penyerapan hara N, P, dan K oleh tanaman padi rata-rata 1,1 kg N/ha/hari, 0,12 kg P/ha/hari dan 0,7 kg K/ha/hari, dua kali lebih cepat dibandingkan dengan penyerapan hara padi varietas lokal (Makarim & Suhartatik 2006; Dierolf 2000).

Pengelolaan lahan rawa pasang surut sulfat masam terdegradasi sebagai lahan sawah untuk budidaya tanaman sangat terkait dengan ketersediaan dan keseimbangan hara dalam tanah. Ketersediaan dan keseimbangan hara di lahan rawa pasang surut sulfat masam terdegradasi dihadapkan pada beberapa masalah antara lain : (1) kemasaman tanah yang tinggi dapat mempengaruhi keseimbangan reaksi kimia dalam tanah dan ketersediaan unsur hara makro primer (N,P,K), hara makro sekunder (Ca dan Mg) dan unsur hara mikro seperti B menjadi berkurang; (2)

keracunan Al biasanya terjadi pada kondisi tanah aerob disertai dengan kahat P, karena P diikat oleh Al menjadi Al-P yang tidak tersedia bagi tanaman; (3) keracunan Fe^{2+} dan H_2S umumnya terjadi pada kondisi tanah anaerob dan banyak mengandung bahan organik; (3) salinitas yang tinggi akibat intrusi air laut pada musim kemarau menyebabkan penyerapan hara dan air terhambat; (4) pada lahan sulfat masam potensial yang kemasamannya relatif rendah, kahat hara terutama N dan K tetap terjadi akibat adanya pencucian baik oleh luapan pasang maupun oleh curah hujan.

Tanaman pada dasarnya menyerap hara pada rasio tertentu yang definitif. Tanaman akan tumbuh normal apabila kandungan hara esensial berada dalam kondisi cukup dan berimbang sesuai dengan kebutuhannya. Kekurangan atau kelebihan salah satu unsur hara esensial menyebabkan pertumbuhan tanaman tidak normal. Hukum minimum Leibig menyatakan bahwa hasil tanaman ditentukan oleh ketersediaan hara yang paling minimum. Hukum ini menunjukkan bahwa untuk memperbaiki pertumbuhan dan hasil tanaman yang kahat salah satu hara cukup dengan menambahkan hara yang kurang tersebut dan tidak perlu menambah hara yang lain karena tidak akan bermanfaat. Dengan menambah satu unsur yang kurang saja maka kondisi hara dalam tanah telah menjadi berimbang sesuai kebutuhan tanaman, dan cara ini dapat disebut dengan pemupukan berimbang. Penggunaan pupuk yang berlebihan selain tidak efektif juga dapat merugikan bagi tanaman, tanah dan lingkungan serta tidak ekonomis. Menurut Dobermann & Fairhurst (2000) bahwa pengelolaan hara yang tidak berimbang akan menurunkan hasil padi hingga 40% dan apabila disertai dengan pengelolaan tanaman yang tidak baik maka kehilangan hasil padi dapat mencapai 60% dari potensi hasilnya.

PRINSIP PENGELOLAAN TERPADU INOVASI KESUBURAN LAHAN

Tanah merupakan media tumbuh dan tempat berlangsungnya berbagai proses biologis, reaksi biokimia dan aliran energi untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Jika proses diatas dapat berlangsung dengan baik, maka tanaman tumbuh dengan baik sehingga mampu memproduksi mendekati potensi hasilnya. Organisme tanah dari yang berukuran paling kecil (mikroba) sampai yang berukuran besar (meso dan mega fauna) berinteraksi satu sama lain membentuk suatu jaringan makanan (*food web*) yang mempengaruhi kualitas lahan secara signifikan.

Ekosistem tanah yang sehat dan subur (*healthy soils*) mencerminkan adanya interaksi harmonis, baik antara komponen abiotik dengan biotik, maupun sesama komponen biotik membentuk suatu rangkaian aliran energi. Komponen biotik dari ekosistem dapat dibagi menjadi 3 kelompok: (1) produsen, yaitu organisme (tumbuhan dan mikroba) yang mampu memanfaatkan sinar matahari

sebagai sumber energi dan CO₂ sebagai sumber karbon melalui proses fotosintesis untuk menghasilkan biomassa organik; (2) konsumen, yaitu organisme yang mengkonsumsi senyawa organik untuk memenuhi kebutuhannya; dan (3) dekomposer, yaitu mikroba yang merombak senyawa organik yang sudah mati (tanaman, hewan, limbah organik dari perkotaan maupun industri) untuk mendapatkan energi dan nutrisi melalui proses respirasi atau fermentasi. Melalui proses fermentasi ini dihasilkan energi, berbagai produk antara (metabolit) dan mineral (hara makro dan hara mikro).

Tanah yang sehat akan didominasi organisme tanah yang menguntungkan dan berperan penting dalam dekomposisi bahan organik, daur hara, agregasi, dan memperbaiki struktur tanah serta menghasilkan berbagai fitohormon untuk merangsang pertumbuhan dan regenerasi akar. Penggunaan bahan kimia (pupuk kimia dan pestisida kimia) yang berlebihan dapat menyebabkan terputusnya aliran energi dan keseimbangan ekosistem alami yang menguntungkan tanaman. Akibatnya dalam waktu relatif singkat tanah menjadi lebih tidak produktif. Oleh karena itu, manajemen input dalam budidaya tanaman di lahan rawa pasang surut sulfat masam terdegradasi diarahkan untuk memperbaiki kimia, fisik, dan biologi tanah.

Konsep dasar pengelolaan terpadu inovasi kesuburan lahan adalah melakukan pemupukan sesuai yang diperlukan tanaman baik dalam jumlah maupun komposisi yang tepat untuk mencapai tingkat hasil yang diinginkan. Pola pemupukan yang diterapkan adalah terpadu, yaitu menggunakan perpaduan pupuk organik, pupuk hayati, dan pupuk anorganik (kimia). Dalam konteks ini, pemupukan berimbang mencakup hara makro, mikro, dan pupuk organik. Kombinasi antara pupuk anorganik, pupuk organik, dan pupuk hayati secara terintegrasi dan berimbang akan saling mendukung terhadap kesehatan tanah, kualitas tanah, produktivitas tanah dan tanaman secara berkelanjutan. Pupuk anorganik berfungsi sebagai nutrisi tanaman, pupuk organik sebagai pembenah tanah dan pupuk hayati sangat berguna sekali untuk dekomposer dan nutrisi tanaman karena mengandung mikroorganisme yang berfungsi sangat luar biasa.

Efektivitas pemupukan dapat ditingkatkan dengan memperhitungkan sifat asli tanah dan faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhinya seperti pemanfaatan bahan organik *insitu*, dinamika hidrologi lahan yang berpotensi menjadi sumber hara atau sebaliknya berperan sebagai agen pelindi hara. Secara umum konsep di atas dapat dikategorikan sebagai “konsep pemupukan spesifik lokasi”, yang memperhitungkan segala sumberdaya alam yang terdapat disekitar lahan dan kebutuhan tanaman akan unsur hara. Konsep pemupukan demikian dilakukan dengan pendekatan terhadap target hasil, yaitu pemberian pupuk dengan mengacu pada keseimbangan hara yang diperlukan tanaman berdasarkan target

hasil yang ingin dicapai dan kemampuan tanah menyediakan hara tersebut (Alwi & Fahmi 2016).

Kebutuhan tanaman akan tambahan hara melalui pupuk dihitung dari selisih antara kebutuhan hara total tanaman untuk mencapai hasil tinggi yang diharapkan dikurangi dengan kemampuan penyediaan hara dari sumber alami yang berasal dari tanah, sisa tanaman, pupuk hijau, dan sebagainya (Dobermann *et al.*, 2004). Semakin tinggi hasil yang diharapkan, semakin tinggi pula kebutuhan hara. Semakin tinggi penyediaan hara dari sumber alami di dalam tanah, semakin rendah tambahan hara dari pupuk yang harus ditambahkan. Jenis dan jumlah hara yang ditambahkan dari pupuk bergantung pada keberadaan, jumlah, dan keseimbangan hara dari sumber alami di tanah tersebut. Saat ini telah tersedia *Decision Support System* (DSS) pemupukan padi lahan rawa yang ramah pengguna dan dapat diakses melalui website Balittra dan Perangkat Uji Tanah Rawa (PUTR). Perbaikan hasil tanaman padi yang diperoleh dari perlakuan dosis pupuk berdasarkan DSS dan PUTR ini didukung oleh perbaikan sifat kimia tanah seperti kadar hara dan kemasaman tanah maupun sifat tanah lainnya seperti kadar Fe, Al dan potensial redoks tanah (Alwi & Fahmi 2016).

INOVASI KESUBURAN LAHAN SULFAT MASAM TERDEGRADASI

Ameliorasi

Bahan organik sebagai amelioran memiliki pengaruh penting dalam menciptakan kesuburan tanah, baik secara fisika, kimia maupun dari segi biologi tanah. Bahan organik adalah bahan pemantap agregat yang sangat baik. Disamping itu, sekitar lebih dari setengah kapasitas tukar kation (KTK) berasal dari bahan organik; merupakan sumber hara tanaman; dan sumber anergi dari sebagian besar organisme tanah. Oleh karena itu bahan organik merupakan indikator kunci bagi kualitas tanah, dan kualitas lingkungan. Dalam memainkan peranan tersebut bahan organik sangat ditentukan oleh sumber dan susunannya, kelancaran dekomposisinya, serta hasil dekomposisi itu sendiri. Pemberian bahan organik dalam jangka panjang tidak saja mampu mempertahankan lahan dari proses degradasi, tetapi juga memperbaiki kualitasnya.

Jerami padi merupakan salah satu sumber utama bahan organik pada tanah sawah di lahan sulfat masam. Pemberian jerami padi dapat berdampak positif atau negatif bagi pertumbuhan tanaman padi. Hal tersebut sangat tergantung pada cara pengelolaannya, kualitas dan kuantitas bahan organik tersebut. Jerami padi dapat menjadi salah satu sumber unsur hara utama di tanah sulfat masam karena mengandung 0,6 % N, 0,1 % P dan S, 1,5 % K, 5 % Si, dan 40 % C (Ponnamperuma

1984), serta mengandung unsur mikro seperti Zn, Si maupun Fe bagi tanaman padi (Dobermann & Fairhurst 2000). Aplikasi atau pengembalian bahan organik secara terus menerus dalam jangka waktu yang lama mampu mengurangi percepatan kerusakan lahan. Jerami padi yang diberikan ke lahan harus dalam kondisi yang sudah relatif terdekomposisi (dikomposkan sebelumnya), karena pada kondisi tersebut jerami padi sudah dapat menjadi sumber hara dan memiliki pengaruh reduksi yang lebih kecil, sebaliknya pada kondisi tersebut bahan organik jerami telah memiliki kemampuan khelasi terhadap Fe yang lebih tinggi. Walaupun Nett *et al.* (2011) menyimpulkan bahwa pengaruh yang kecil dari ameliorasi organik secara terus menerus ke lahan terhadap laju mineralisasi dan menurutnya tidak relevan jika dikaitkan dengan upaya efisiensi pemupukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian jerami sisa panen, ataupun pemberian campuran jerami dan pupuk kandang mampu meningkatkan hasil padi (Bhattacharyya *et al.*, 2012). Meningkatnya hasil padi akibat upaya pengelolaan jerami padi yang tepat sebenarnya disebabkan oleh meningkatnya kualitas tanah melalui peningkatan ketersediaan hara dan membaiknya lingkungan fisik tumbuh tanaman. Berdasarkan jumlahnya, maka jerami padi yang diberikan haruslah efektif karena jumlah berlebih tidak akan memberikan dampak yang nyata terhadap peningkatan output produksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian 5 t/ha jerami yang berasal sisa panen sebelumnya memberikan hasil yang tidak berbeda dibandingkan perlakuan dengan dosis yang lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa pengembalian residu jerami sisa panen sekitar 5 t/ha hasil dari pertanaman sebelumnya telah cukup untuk memperbaiki kondisi pertumbuhan tanaman padi. (Jumberi *et al.*, 2007).

Penggunaan bahan organik dalam ameliorasi lahan sulfat masam juga dapat menurunkan gejala keracunan besi pada tanaman. Hal ini disebabkan kemampuan bahan organik dalam mengikat logam Fe dalam bentuk yang tidak dapat diserap oleh tanaman. Menurut Jumberi & Alihamsyah (2004) pemberian kompos jerami dapat mengurangi kadar besi dan sulfat serta meningkatkan hasil padi di lahan pasang surut sulfat masam. Bahan organik selain sebagai sumber hara juga meningkatkan daya pegang tanah terhadap pupuk yang diberikan, sehingga meningkatkan efisiensi pemupukan.

Penggunaan Pupuk Anorganik

Pemupukan anorganik memegang peranan penting dalam rangka meningkatkan kualitas dan produktivitas lahan sulfat masam terdegradasi, mengingat kondisi lahannya yang masam dengan tingkat kesuburan tanah alami rendah. Tanaman yang ditanam di lahan tersebut sangat tanggap terhadap pemupukan N, P, dan K. Oleh karena itu, pemupukan pupuk anorganik seperti Urea, SP36, dan KCl harus diberikan. Hasil-hasil penelitian pemupukan di lahan sulfat masam telah menemukan dosis-dosis anjuran untuk beberapa komoditas sesuai

dengan tipologi lahannya. Untuk tanaman padi pada lahan sulfat masam adalah 67,5-135 kg N/ha, 45-70 kg P_2O_5 /ha, dan 50-75 kg K_2O /ha. Untuk tanaman jagung secara umum yang dianjurkan adalah: 90 kg N/ha, 45-90 kg P_2O_5 /ha, 50 kg K_2O /ha. Pemupukan untuk tanaman kedelai dan kacang hijau yang dianjurkan adalah 22,5 kg N/ha, 45 kg P_2O_5 /ha, dan 50 kg K_2O /ha, sedangkan untuk kacang tanah adalah 22,5 kg N/ha, 60 kg P_2O_5 /ha, dan 50 kg K_2O /ha. Namun untuk tanaman kedelai perlu ditambahkan *Rhizobium* (legin/nitrigen) sebanyak 15 g/kg benih. Untuk tanaman sayuran diperlukan bahan amelioran sebelum dilakukan pemupukan seperti kapur, dolomit, dan kompos. Takaran bahan amelioran dan pupuk sangat bervariasi tergantung jenis tanaman sayuran yang ditanam (Balittra 2011).

Penggunaan Pupuk Organik

Pupuk organik mempunyai peranan penting sebagai bahan penyubur tanah baik secara langsung sebagai pemasok hara maupun sebagai sumber energi bagi fauna dan mikroba tanah serta memperbaiki sifat-sifat fisik tanah. Pupuk organik juga dapat berfungsi mempertahankan suasana reduktif dan menekan oksidasi pirit di lahan sulfat masam terdegradasi. Proses reduksi ditentukan oleh bahan organik tanah sebagai sumber proton. Kadar bahan organik mempunyai korelasi positif dengan produktivitas tanah (Prihatini *et al.*, 1996). Di lahan sulfat masam terdegradasi bahan organik berfungsi untuk mempertahankan kondisi reduksi tanah karena bahan organik merupakan substrat bagi mikroorganisme tanah dalam mereduksi besi ferri menjadi besi ferro, sehingga oksidasi pirit dapat ditekan. Siklus bahan organik merupakan proses yang sangat penting bagi dinamika dan keseimbangan hara yang diperlukan tanaman yang dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu: kondisi iklim, jenis tanah, jenis tanaman pangan dan pengelolannya. Oleh karena itu pengelolaan bahan organik tanah dengan pengembalian sisa panen ataupun penambahan pupuk organik berupa kotoran ternak maupun kompos tanaman dapat meningkatkan dan mempertahankan produktivitas lahan.

Pada tanah tergenang, pupuk organik berperan tidak hanya sebagai sumber hara bagi tanaman tetapi juga merupakan substrat bagi mikroorganisme anaerob. Annisa & Nursyamsi (2016) mengatakan bahwa bahan organik memiliki fungsi untuk mempertahankan kondisi reduktif dan untuk mengkelat unsur-unsur beracun dalam tanah asam sulfat yang diperkuat dengan hasil penelitian yang menunjukkan ada korelasi negatif antara nilai Eh dengan konsentrasi Fe dengan nilai korelasi $r = -0.856$ (Annisa 2014). Baldwin dan Fraser (2009); Dear *et al.* (2002); Fitzpatrick *et al.* (2009) mengatakan bahwa bahan organik dapat menstimulasi bakteri pereduksi sulfat atau memperlambat oksidasi pirit. Sumber bahan organik ada dua yaitu sumber bahan organik primer berupa jaringan organik tanaman seperti: daun, ranting, cabang, buah, dan akar dan sumber bahan organik sekunder seperti jaringan organik fauna berupa kotoran dan mikrofauna. Di lahan rawa bahan organik yang umum digunakan digunakan oleh petani seperti: jerami padi, gulma lokal/purun (*Eleocharis*

dulcis) dan kotoran sapi. Annisa (2014) melaporkan bahwa karakterisasi dari ketiga jenis bahan organik tersebut ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat kimia beberapa jenis bahan organik

Parameter	Jenis bahan organik					
	J _S	P _S	K _{SS}	K _J	K _P	KK _S
C-org (%)	50,62	47,13	33,13	41,15	41,20	32,93
N-tot (%)	0,546	0,714	0,910	1,456	1,288	1,582
Ratio C/N	92,71	66,01	36,47	28,26	31,99	20,81
P (%)	0,093	0,197	0,114	0,214	0,207	0,590
K (%)	0,899	0,689	0,432	1,390	1,131	0,588
Fe (%)	0,228	1,385	0,278	0,707	3,409	0,549

Sumber: Annisa (2014)

Keterangan: J_S = jerami segar; P_S = purun (*Eleocharis dulcis*) segar; K_S = kotoran sapi segar; K_J = kompos jerami; K_P = kompos purun; KK_S = kompos kotoran sapi.

Pengomposan bahan organik akan meningkatkan kandungan hara seperti P, K, Ca dan Mg tanah. Ada beberapa cara pengomposan antara lain: (1) ditimbun pada permukaan tanah yang telah dipadatkan (*kraal methode*), (2) ditimbun pada galian tanah (50-75 cm), separo di dalam tanah (50-75 cm) dan separo di atas permukaan (*Heat & trench methode*), (3) langsung pada bak penampungan kotoran ternak (*Bengalore methode*), (4) menggunakan kotak pengomposan dari pagar beton yang tertutup (*anaerob*) selama 18 hari dan seterusnya diberikan aerasi dari lobang-lobang bagian dasar kotak (*Baccari-Italia methode*). Proses pengomposan dapat dipercepat dengan menggunakan bioaktivator perombak bahan organik, seperti bakteri, actomycetes, dan jamur pengurai selulosa yang dapat membantu proses dekomposisi (Husna 2014).

Untuk mengoksidasi bahan organik mikroorganisme menggunakan akseptor elektron yang tersedia. Dilihat dari perbedaan energi akseptor elektron yang digunakan mengikuti urutan: $O_2 > NO_3^- > Mn^{4+} > Fe^{3+} > SO_4^{2-} > CO_2$ dan oksidan (elektron akseptor) serta reduktan (elektron donor) membatasi terhadap proses oksidasi reduksi pada tanah tergenang. Apabila elektron akseptor lebih banyak dibanding reduktan maka potensial redoks cenderung meningkat (positif), tetapi apabila reduktan (elektron donor) lebih banyak dibanding oksidan maka potensial redoks cenderung menurun (negatif). Kematangan kompos dapat dilihat dari karakteristik fisik (bau, warna, dan tekstur yang telah menyerupai tanah, penyusutan berat mencapai 60%, pH netral, suhu stabil), perubahan kandungan hara (mencapai rasio C/N 10-20), dan tingkat fitotoksisitas rendah (Sulistyawati 2008).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian bahan organik berasal dari jerami padi dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara dalam tanah, meningkatkan hasil padi, dan memperbaiki sifat kimia tanah ditandai dengan menurunnya konsentrasi Al, Fe dan SO_4 (Indrayati & Jumberi 2001). Disamping itu,

pupuk organik juga mengurangi penggunaan pupuk anorganik. Hasil analisa tanah setelah pemberian kompos menunjukkan peningkatan C organik, N-total dan Ca-dd dibandingkan tanpa kompos (Mukhlis *et al.*, 2009).

Gulma yang tumbuh melimpah di lahan rawa dapat dimanfaatkan sebagai sumber unsur hara terutama N, P, dan K setelah dikomposkan. Hasil penelitian menunjukkan pemberian kompos gulma *E. acutangula*, *P. repens*, *R. corymbosa* L sebagai sumber NPK sebanyak 6,0 t/ha dapat meningkatkan kandungan C-organik dari 7,55 menjadi 9,38%, P-tersedia dari 8,80 menjadi 43,41 ppm P dan K_{dd} dari 0,41 menjadi 0,59 me/100 g dan hasil padi sebesar 3,85 t/ha gabah kering panen pada lahan sulfat masam. Kompos campuran jerami padi dan enceng gondok dengan takaran 2 t/ha dapat meningkatkan hasil padi sebesar 51,93 – 52,79 % (2,33 menjadi 3,54 – 3,58 t/ha) dan 14,89 – 22,22 % (4,50 menjadi 5,17 – 5,50 t/ha) di lahan rawa sulfat masam. Kombinasi jerami padi + enceng gondok yang dikomposkan menggunakan mikroba dekomposer (*M-dec* atau *Trichoderma* sp) dengan takaran 2 t/ha dapat meningkatkan hasil padi sebesar 51,93 – 52,79 % (2,33 menjadi 3,54 – 3,58 t/ha) dan 14,89 – 22,22 % (4,50 menjadi 5,17 – 5,50 t/ha) masing-masing untuk lokasi lahan sulfat masam Desa Karang buah (Kabupaten Batola, Kalimantan Selatan) dan Dadahup (Kabupaten Kapuas, Kalimantan Tengah) (Mukhlis *et al.*, 2009).

Penggunaan Pupuk Hayati

Pupuk hayati adalah inokulan berbahan aktif organisme hidup atau laten dalam bentuk cair atau padat yang memiliki kemampuan untuk memobilisasi, memfasilitasi dan meningkatkan ketersediaan hara dari tidak tersedia menjadi bentuk tersedia melalui proses biologis. Prinsip aplikasi pupuk hayati pada tanah dan tanaman ialah memperbanyak populasi mikroba terpilih sehingga mampu bersaing dengan mikroba asli (*indigenous*). Invasi dan kolonisasi awal dari pupuk hayati yang di introduksi dalam jumlah banyak dan bermutu unggul akan memenangkan kompetisi dengan mikroba asli, sehingga mempunyai kesempatan untuk membantu penyediaan hara dan pertumbuhan tanaman. Penyediaan hara ini berlangsung melalui hubungan simbiotis atau nonsimbiotis. Secara simbiotis berlangsung dengan kelompok tanaman tertentu atau dengan kebanyakan tanaman, sedangkan nonsimbiotis berlangsung melalui penyerapan hara hasil pelarutan oleh kelompok mikroba pelarut fosfat, dan hasil perombakan bahan organik oleh kelompok organisme perombak (Suriadikarta & Simanungkalit 2006). Pemanfaatan pupuk hayati yang sesuai dengan kondisi tanah dan target peruntukannya merupakan alternatif untuk meningkatkan kesuburan tanah dan produktivitas tanaman, mengefisienkan penggunaan pupuk anorganik, dan mengurangi bahaya pencemaran lingkungan.

Saat ini aplikasi pupuk hayati merupakan alternatif ramah lingkungan yang sedang berkembang diaplikasikan di dunia pertanian. Pengaplikasian pupuk hayati dapat menjadikan unsur-unsur yang tidak tersedia karena terikat dalam koloid tanah, menjadi tersedia. Hal ini disebabkan karena aktivitas mikroba dalam pupuk hayati yang dapat melepas khelat unsur-unsur yang terikat dalam koloid tanah. Pupuk hayati sebagai kegiatan mikrobiologis bukanlah pupuk biasa (kimia anorganik) yang secara langsung meningkatkan kesuburan tanah dengan menambahkan nutrisi ke dalam tanah. Pupuk hayati atau mikrobiologis menambahkan nutrisi melalui proses alami, yaitu fiksasi nitrogen atmosfer, menjadikan fosfor bahan yang terlarut, dan merangsang pertumbuhan tanaman melalui sintesis zat-zat yang mendukung pertumbuhan tanaman. Mikroorganisme dalam pupuk hayati mengembalikan siklus nutrisi alami tanah dan membentuk material organik tanah. Melalui penggunaan pupuk hayati, tanaman yang sehat dapat ditumbuhkan sambil meningkatkan keberlanjutan dan kesehatan tanah.

Pupuk hayati memberi manfaat bagi pertumbuhan tanaman dan meningkatkan hasil panen melalui perannya memfiksasi N pada tanah yang kaya jenis mikro dan makro-nutrisi, melarutkan P dan K atau mineralisasi, melepaskan zat pengatur tumbuh tanaman, dan memproduksi antibiotik serta merombak bahan organik (Sinha *et al.*, 2014). Ketika pupuk hayati diaplikasikan pada benih atau tanah, mikroorganisme yang terkandung di dalamnya akan berkembang biak dan berperan aktif dalam pemberian nutrisi dan meningkatkan produktivitas tanaman (Singh *et al.*, 2011). Pemanfaatan pupuk hayati yang sesuai dengan kondisi tanah dan target peruntukannya merupakan alternatif untuk meningkatkan kesuburan tanah, efisiensi pemupukan anorganik, produktivitas tanaman dan mengurangi bahaya pencemaran lingkungan. Pupuk hayati fungsinya antara lain untuk membantu penyediaan hara bagi tanaman, mempermudah penyerapan hara bagi tanaman, membantu dekomposisi bahan organik, menyediakan lingkungan rhizosfer yang lebih baik sehingga pada akhirnya mendukung pertumbuhan dan meningkatkan produksi tanaman (Saraswati 2012).

Mikroorganisme yang umum digunakan sebagai bahan aktif pupuk hayati ialah mikroorganisme penambat N, pelarut P, dan mikroorganisme penghasil zat pengatur tumbuh (ZPT). Mikroorganisme yang teridentifikasi sebagai penyedia unsur nitrogen antara lain: *Azotobacter chroococcum*, *Azomonas agilis*, *Azotobacter beijerinckii*, *Azospirillum lipoperum*, *Azospirillum brasilense*, *Blue Green Algae*, *Rhizobium japonicum*, *Rhizobium lupine*, dan *Rhizobium leguminosarum*. Kelompok mikroorganisme pelarut fosfat antara lain *Aspergillus niger*, *Bacillus megaterium*, *Lolium multiflorum*, *Bacillus cereus*, *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas diminuta*, dan *Penicillium* (Syarifudin 2002). Mikroorganisme pelarut fosfat mampu mengubah bentuk P terfiksasi menjadi P yang lebih larut dan mudah diambil tanaman (Rodriguest & Fraga dalam Mittal *et al.* 2008). Selain itu, mikroorganisme

ini juga meningkatkan pertumbuhan dengan mekanisme memproduksi fitohormon seperti IAA yang merupakan pemacu tumbuh tanaman (Mittal *et al.*, 2008).

Bakteri *Azotobacter* dan *Azospirillum* dapat memacu pertumbuhan tanaman melalui fiksasi nitrogen, dan menghasilkan hormon pertumbuhan seperti auksin, giberelin, dan sitokinin (Nasahi 2010). Auksin berperan sebagai hormon pemacu tumbuh pada tanaman dan biasanya ditemukan pada jaringan meristem. Sitokinin dan giberelin berperan dalam perkembangan dan pembelahan sel. IAA yang dihasilkan oleh bakteri dalam tanaman berperan meningkatkan jumlah rambut akar dan akar lateral tanaman. Hormon IAA mampu mensintesis unsur hara yang secara biologis dapat meningkatkan perkecambahan biji, tinggi dan pertumbuhan tanaman. Menurut Pan *et al.* (1999), hormon yang dihasilkan oleh bakteri tanah dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman baik secara langsung maupun tidak langsung. Pengaruh secara langsung dengan cara meningkatkan pertumbuhan tanaman, dan sebagai fasilitator dalam penyerapan beberapa unsur hara dari lingkungan. Sedangkan secara tidak langsung, melalui mekanisme penghambatan organisme patogen pada tanaman oleh fitohormon yang dihasilkan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa berbagai mikroba yang diisolasi dari lahan pasang surut sangat berpotensi sebagai komponen pupuk hayati melalui perannya sebagai perombak bahan organik, penambat N, dan pelarut P, sehingga hara-hara yang ada dalam tanah menjadi lebih tersedia bagi tanaman. Pupuk hayati Biotara merupakan pupuk hayati yang adaptif tanah masam di lahan pasang surut dan efektif meningkatkan produktivitas tanaman. Komposisi terdiri dari konsorsia mikroba dekomposer (*Trichoderma* sp.), pelarut-P (*Bacillus* sp.), dan penambat N (*Azospirillum* sp.). Penggunaan pupuk hayati Biotara 25 kg/ha yang dikombinasikan dengan pupuk NPK Pelangi 150 - 300 kg/ha mampu meningkatkan hasil padi sampai 9,92% dan menghemat penggunaan urea sebesar 100 kg/ha (100%). Bakteri penambat N (*Azotobacter* sp.) mampu mengurangi takaran pemupukan urea yang dianjurkan hingga 75%. Isolat-isolat bakteri pelarut fosfat yang diisolasi dari beberapa lokasi di lahan pasang surut diketahui mempunyai kemampuan dalam melarutkan P di lahan pasang surut sulfat masam.

Teknologi *Bioleaching*

Pencucian dengan mikrob (*bioleaching*) merupakan salah satu cara untuk mengurangi kemasaman tanah di lahan pasang surut sulfat masam terdegradasi. Teknologi ini terbukti mempunyai potensi untuk menyelesaikan masalah dalam pengolahan mineral berkadar logam rendah maupun tinggi. Mikroorganisme yang mempunyai potensi untuk dikembangkan dan memegang peranan penting dalam proses-proses *bioleaching* adalah *Thiobacillus ferrooxidans* dan *Thiobacillus thiooxidans*. Bakteri ini menggunakan beberapa bentuk sulfur sebagai energi dan mereduksi CO₂ dari sumber karbon sehingga dikenal bersifat chemoautotrophic,

yaitu bakteri yang kegiatan atau pengambilan energinya berasal secara kimiawi dalam proses reaksi-reaksi kimiawi. Penggunaan kombinasi kedua bakteri ini ditujukan untuk lebih mengoptimalkan desulfurisasi. *T. ferrooxidans* memiliki kemampuan untuk mengoksidasi besi dan sulfur, sedangkan *T. thiooxidans* tidak mampu mengoksidasi sulfur dengan sendirinya, namun tumbuh pada sulfur yang dilepaskan setelah besi teroksidasi (Evangelou & Chang 1995).

Prosedur penerapan teknologi bioleaching adalah lahan dibersihkan dari gulma dan sisa-sisa perakaran tanaman yang masih ada di lahan. Kemudian tanah dicangkul/rotari dan bongkahan tanah di pecah-pecah hingga dapat memberi kondisi yang baik untuk memungkinkan akar tanaman dapat tumbuh dan berkembang dengan optimum. Pengolahan tanah dilakukan dengan menggunakan cangkul atau traktor sedalam 30-35 cm. Formula mikroba (*T. ferrooxidans* dan *T. thiooxidans*) dilarutkan dengan air dengan dosis 20 kg/ha. Kemudian formula tersebut diinokulasikan dengan cara menyiramkannya merata ke lahan yang sudah diolah tersebut. Pencucian dilakukan 15 hari setelah aplikasi formula mikroba dan diulang sebanyak 8 kali dengan selang pencucian 6 hari. Pencucian menggunakan air di sekitar saluran tersier yang dipompa menggunakan menggunakan mesin penyedot (genset) dan dialirkan ke petakan sampai menggenang sekitar 1-2 cm. Kemudian air tersebut dikeluarkan lagi untuk mencuci unsur beracun yang terkandung pada lahan sulfat masam (Mukhlis 2012). Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi *bioleaching* dapat meningkatkan pH dan kandungan hara tanah, dan produktivitas tanaman padi di lahan sulfat masam bongkor (Mukhlis dan Lestari 2019).

STRATEGI IMPLEMENTASI

Meskipun konsep pemupukan berimbang telah diperkenalkan sebelum tahun 1990, namun hingga kini penerapannya masih kurang sesuai. Pemupukan berimbang seharusnya dapat membuat kondisi hara dalam tanah menjadi berimbang melalui penambahan jenis dan jumlah pupuk tertentu sesuai kebutuhan tanaman. Namun terdapat pengertian yang salah hingga saat ini, diantaranya dengan diproduksi pupuk majemuk NPK dengan kandungan N, P, dan K yang sama dan diberikan dalam dosis yang relative sama di semua lokasi. Saat ini, pemerintah telah mensubsidi pupuk NPK majemuk dan masuk sebagai paket bantuan dalam program peningkatan produksi padi. Pengertian yang kurang tepat terhadap penerapan pemupukan berimbang dan cenderung identik dengan pemberian pupuk majemuk berakibat pemborosan penggunaan pupuk. Disamping itu, pemahaman dan pola pikir Dinas Pertanian Kabupaten/Kota dan Provinsi terhadap pemupukan berimbang sangat minim. Dalam aplikasi pupuk berimbang

diperlukan data hasil analisis tanah dan kebutuhan hara tanaman selama masa pertumbuhannya. Namun pentingnya data analisis tanah ini tidak dijadikan dasar oleh para aparat untuk menentukan dosis pemupukan berimbang yang spesifik lokasi. Disamping itu, kebijakan yang ada belum mampu mendorong dan menciptakan kondisi pembangunan pertanian berbasis sumberdaya lokal, kearifan dan pengetahuan lokal. Padahal, kebanggaan petani akan pengetahuan lokal dan implementasinya dalam melakukan kegiatan usahatani merupakan celah masuk dalam strategi peningkatan ketangguhan petani dalam menerapkan pemupukan berimbang. Berbagai jerami, gulma, kotoran hewan, dan pembuatan mikroorganisme lokal (MOL) merupakan sumber hara yang berpotensi besar dalam menunjang penerapan pemupukan berimbang.

Sejalan dengan hal tersebut, kontribusi pupuk hayati di lahan pasang surut sulfat masam terdegradasi masih rendah dibandingkan potensinya. Potensi bakteri penambat N dapat dimanfaatkan untuk mensuplai kebutuhan N tanaman hingga 75%, mikroba pelarut P berperan penting dalam meningkatkan ketersediaan P hingga 50%. Sedangkan potensi pangsa pasar pupuk hayati di lahan pasang surut relatif besar. Estimasi potensi permintaan pupuk hayati untuk padi saja sekitar 3.000 – 5.000 t/tahun dan kebutuhan dekomposer 15.000 – 30.000 t/tahun. Perkiraan ini didasarkan potensi lahan pertanian atau luas areal lahan pertanian di lahan pasang surut dan potensi limbah pertanian (jerami, jagung, dan lainnya). Bila dibandingkan dengan potensi permintaan pupuk hayati dengan kondisi eksis saat ini penggunaan pupuk hayati maupun dekomposer, peluang untuk mengembangkan pupuk hayati masih terbuka lebar.

Berdasarkan hal-hal tersebut, maka strategi implementasi pengelolaan terpadu inovasi kesuburan lahan dapat dilakukan melalui (1) pengembangan pemupukan berimbang spesifik lokasi dengan memanfaatkan pupuk anorganik, yang disenergikan dengan pupuk organik dan atau pupuk hayati; (2) teknologi pemupukan perlu difokuskan pada aspek penyediaan bahan baku lokal pupuk anorganik untuk mengurangi ketergantungan impor, teknik produksi yang efisien, dan pemanfaatan bahan alami untuk pupuk organik dan hayati termasuk produksi yang bersifat lokal (non pabrikasi); (3) rekomendasi pemupukan padi lahan rawa spesifik lokasi dapat didekati dengan penggunaan alat bantu seperti Perangkat Uji Tanah Rawa dan perangkat lunak Decision Support System (DSS) yang sudah teruji dapat menentukan dosis pupuk yang lebih efektif dan efisien; (4) fasilitasi pemberian subsidi pupuk melalui bantuan langsung (BLP) dan tidak langsung (bantuan alat pengolah pupuk organik); (5) revitalisasi penyuluhan inovasi teknik pupuk dan pemupukan; dan (6) meningkatkan pengawasan ketersediaan dan penggunaan pupuk.

PENUTUP

Pengelolaan kesuburan lahan merupakan salah satu faktor terpenting dalam mencapai hasil yang optimal dan berkelanjutan. Oleh karena itu, pengelolaan kesuburan lahan (tanah) harus diupayakan tanpa menyebabkan kerusakan terhadap lingkungan maupun menurunkan kualitas sumberdaya lahan, dan sebaiknya diarahkan pada perbaikan sifat fisika, kimia, dan aktivitas biologi tanah yang optimum bagi tanaman. Dengan demikian, interaksi antara komponen-komponen biotik dan abiotik tanah pada lahan memberikan keseimbangan yang optimal bagi ketersediaan hara dalam tanah, yang selanjutnya menjamin keberlangsungan produktivitas lahan, dan keberhasilan usaha tani.

Prinsip pengelolaan terpadu inovasi kesuburan lahan adalah (a) memperbaiki kesuburan kimia tanah dengan memberikan unsur mikro dan makro, enzyme, hormon, asam-asam amino yang cukup; (b) memperbaiki kesuburan fisik tanah dengan meningkatkan nilai Kapasitas Tukar Kation (KTK) tanah dan memperbaiki keseimbangan pori mikro dan makro tanah (kegemburan tanah); dan (c) memperbaiki kesuburan biologi tanah dengan memberikan lingkungan yang sesuai untuk pertumbuhan mikroorganisme yang berguna bagi tanaman. Dengan demikian, pengelolaan terpadu inovasi kesuburan lahan yang berupa kombinasi antara pupuk anorganik, pupuk organik, dan pupuk hayati secara terintegrasi dan berimbang akan saling mendukung terhadap kesehatan tanah, kualitas tanah, produktivitas tanah dan tanaman secara berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian dan Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa atas dukungan penyusunan naskah ini. Terima kasih disampaikan kepada Tim Penyunting yang telah memberikan saran yang konstruktif terhadap naskah yang kami susun. Dalam naskah ini Mukhlis adalah sebagai kontributor utama dan Wahida Annisa sebagai kontributor anggota.

DAFTAR PUSTAKA

- Alwi, M. dan Fahmi, A. 2016. Decision support system (DSS) pemupukan padi lahan rawa. Hlm 366-374. Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian. Banjarbaru, 20 Juli 2016.
- Andersen, R., Wells C., Macrae, M., and Price, J. 2013. Nutrient mineralisation and microbial functional diversity in a restored bog approach natural conditions 10 years post restoration. *Soil Biology & Biochemistry* 64: 37-47.

- Annisa, W. 2014. Peran Bahan Organik dan Tata Air Mikro Terhadap Kelarutan Besi, Emisi CH₄, Emisi CO₂ dan Produktivitas Padi di Lahan Sulfat Masam. Disertasi. Universitas Gadjah Mada (tidak dipublikasikan).
- Annisa, W. dan Nursyamsi, D. 2016. Iron dynamics and its relation to soil redox potential and plant growth in acid sulphate soil of South Kalimantan, Indonesia. *Indonesian Journal of Agricultural Science*, 17(1): 1-8.
- Balittra. 2011. Setengah Abad Balittra: Rawa Lumbung Pangan Menghadapi Perubahan Iklim. Banjarbaru: Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa. 71 Hlm.
- Baldwin, D.S. dan Fraser, M. 2009. Rehabilitation options for inland waterways impacted by sulfidic sediments - A synthesis. *Journal of Environmental Management*, 91: 311-319.
- BBSDLP. 2011. Laporan Tahunan. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor. 113 Hlm.
- Bhattacharyya, P., Roy, K.S., Neogi, S., Chakravorti, S.P., Behera, K.S., Das, K.M., Bardhan, S., and Rao, K.S. 2012. Effect of long-term application of organic amendment on C storage in relation to global warming potential and biological activities in tropical flooded soil planted to rice. *Nutrient Cycling Agroecosystem*, 94: 273–285.
- Claff, S.R., Sullivan, L.A., Burton, E.D., and Bush, R.T. 2010. A sequential extraction procedure for acid sulfate soils: Partitioning of iron. *Geoderma*, 155: 224–230.
- Clarkson, B. and Peters M. 2010. Wetland types. *In*. B. Clarkson and M. Peters (Eds.): *Wetland Restoration: A Handbook for Nz Freshwater System*. Manaaki Whenua Press, New Zealand. pp. 26–37.
- Dear, S.E., Moore, N.G., Dobos, S.K., Watling, K.M., and Ahern, C.R. 2002. Soil Management Guidelines. *In* Queensland Acid Sulfate Soil Technical Manual. Department of Natural Resources and Mines, Indooroopilly, Queensland, Australia.
- Dierolf, T., Fairhurst, T., and Mutert, E. 2000. Soil Fertility Kit: A Toolkit for Acid, Upland Soil Fertility Management in Southeast Asia. Handbook Series. 149p.
- Dobermann, A. and Fairhurst, T. 2000. Rice: Nutrient Disorders and Nutrient Management. IRRI. Makati City, The Philippines. 191 p.
- Dobermann, A., Witt, C., and Dawe, D. 2004. Increasing the Productivity of Intensive Rice Systems Through Side-Specific Nutrient Management. Science Publishers Inc. and International Rice Research Institute (IRRI).
- Enio, M.S.K., Shamshuddin, J., Fauziah, C.I., and Husni, M.H.A. 2011. Pyritization of the coastal sediments in the Kelantan Plains in the Malay Peninsula during the Holocene. *Amer J Agric Bio Sci*. 6(3): 393-402.

- Evangelou, V.P. and Zhang, Y.L. 1995. A Review: Pyrite oxidation mechanisms and acid mine drainage prevention. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 25(2): 141-199.
- Fitzpatrick, R.W., Shand, P., and Merry, R.H. 2009. Acid sulfate soils. In "Natural History of the Riverland and Murraylands". In Jennings JT, (Eds.), pp. 65-111. Royal Society of South Australia Inc., Adelaide, South Australia.
- Husna, N. 2014. Pengelolaan bahan organik di tanah sulfat masam. Hlm 821-827. *Dalam* Herlinda S et al. (Eds): Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal 2014. Palembang 26-27 September 2014.
- Jumberi, A. dan Alihamsyah, T. 2004. Pengembangan lahan rawa berbasis inovasi teknologi. Hlm 11-42. *Dalam* Isdijanto AR et al. (Eds): Prosiding Seminar Nasional: Inovasi Teknologi Pengelolaan Sumberdaya Lahan Rawa dan Pengendalian Pencemaran Lingkungan. Banjarbaru, 6-7 Oktober 2004. Badan Litbang Pertanian.
- Jumberi, A., Fahmi, A., dan Susilawati, A. 2007. Potensi pengelolaan jerami dan penggunaan varietas unggul adaptif sebagai komponen teknologi peningkatan produktivitas tanah sulfat masam. Hlm. 305 – 314. *Dalam* Subarja DS et al. (Eds): Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor, 14 – 15 September 2006. Buku III. Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Litbang Pertanian.
- Las. I., Subagyo, K., dan Setiyono, A.P. 2006. Isu dan pengelolaan lingkungan dalam revitalisasi pertanian. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 25(3): 106-114.
- Makarim, A.K. dan Suhartatik, E. 2006. Budidaya padi dengan masukan in situ menuju perpaduan masa depan. *Iptek Tanaman Pangan*, 1(1): 19-29.
- Maria, E., Freeman, C., and David R. 2012. Impact of pH and redox potential changes on acidic sulphate soils. *Annual Conference of the Canadian Society for Civil Engineering*. Montreal, Quebec, Canada June 5-8 2002. 23 p.
- Mengel, K. and Kirby, E.A. 1987. *Principles of Plant Nutrition*. International Potash Institute, Bern, Switzerland. 335p
- Mittal, V., Singh, O., Nayyar, H., Kaur, J., and Tewari R. 2008. Stimulatory effect of phosphate-solubilizing fungal strains (*Aspergillus awamori* and *Penicillium citrinum*) on the yield of chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. GPF2). *Soil Biology & Biochemistry*, 40: 718-727.
- Mukhlis, Indrayati, L., Saleh, M., Fauziati, N., Maftu'ah, E., dan Umar, S. 2009. Percepatan penerapan teknologi pemanfaatan bahan organik dan pemupukan berimbang di lahan rawa. Laporan Hasil Penelitian. Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa. Banjarbaru.
- Mukhlis. 2012. Efektivitas pupuk hayati biotara mengurangi penggunaan pupuk anorganik dan meningkatkan produktivitas padi di lahan rawa pasang surut. *Agroscientiae*. 19(3): 170-177.

- Mukhlis dan Lestari, Y. 2019. Teknologi Bioleaching untuk mengurangi kemasaman tanah di lahan rawa pasang surut. Hlm 172-196. Dalam Masganti et al. (Eds.): Sumberdaya Lahan Rawa Dukungan Teknologi Menuju Lumbung Pangan Dunia Tahun 2045. IAARD Press. Jakarta.
- Nasahi, C. 2010. Peran Mikroorganisme Dalam Pertanian Organik. UNPAD. Bandung.
- Nett, L., Ruppel, S., Ruehlmann, J., George, E., and Fink, M. 2011. Influence of soil amendment history on decomposition of recently applied organic amendments. *Soil Science Society of America Journal*, 76: 1290–1300.
- Notohadiprawiro, T. 2000. Tanah dan Lingkungan. Cetakan ke-2. Pusat Studi Sumberdaya Lahan (PPSL) univ. Gadjah Mada. Yogyakarta. 187 hlm.
- Pan, B., Bai, Y.M., Leibovitch, S., and Smith, D.L. 1999. Plant growth promoting rhizobacteria and kinetin as way to promote corn growth and yield in a short growing season area. *Agronomy Journal*, 11: 179 – 186.
- Ponnamperuma, F.N. 1984. Straw as a source of nutrients for wetland rice. Hlm. 117 – 136. *In*. Organic Matter and Rice. International Rice Research Institute. Los Banos Laguna, Philippines.
- Prihatini, T., Kentjanasari, A., dan Subowo. 1996. Pemanfaatan biofertilizer untuk peningkatan produktivitas lahan pertanian. *Jurnal Litbang Pertanian*, 15(1).
- Ritung, S., Wahyunto, Nugroho, K., Sukarman, Hikmatullah, Suparto, dan Tafakresnanto, C. 2011. Peta Lahan Gambut Indonesia, skala 1:250.000. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Saraswati, R. 2007. Peran pupuk hayati dalam meningkatkan efisiensi pemupukan menunjang keberlanjutan produktivitas tanah. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 1(4): 51-56.
- Saraswati, R. 2012. Teknologi pupuk hayati untuk efisiensi pemupukan dan keberlanjutan sistem produksi. Hlm. 727-738. *Dalam* Wigena IGP et al. (Eds.): Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pemupukan dan Pemulihan Lahan Terdegradasi. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Kementerian Pertanian. Bogor. 29-30 Juni 2012.
- Sinha, R.K., Valani, D., Chauhan, K., and Agarwal, S. 2014. Embarking on a second green revolution for sustainable agriculture by vermiculture biotechnology using earthworms: reviving the dreams of Sir Charles Darwin. *Int J Agric Health Saf*, 1: 50–64.
- Singh, J.S., Pandey, V.C., and Singh, D.P. 2011. Efficient soil microorganisms: a new dimension for sustainable agriculture and environmental development. *Agric Ecosyst Environ*, 140: 339–353.

- Sudjianto, A.T., Suryolelono, K.B., Rifa'i, A., and Mochtar, B. 2011. The effect of water content change and variation suction in behavior swelling of expansive soil. *Int J Civil Environ Eng*, 11(3): 11-17.
- Sulistyawati, E., Mashita, N., and Choesin, D.N. 2008. Pengaruh Agen Dekomposer Terhadap Kualitas Hasil Pengomposan Sampah Organik Rumah Tangga. Seminar nasional Penelitian Lingkungan. Universitas Trisakti. Jakarta.
- Suriadikarta, D.A. dan Simanungkalit, R.D.M. 2006. Pendahuluan. *Dalam* Simanungkalit, R.D.M. *et al. (Eds.): Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.
- Syarifudin, A. 2002. Teknik identifikasi mikroorganisme penyedia unsur hara tanaman pada Ultisols pulau Buru. *Bulletin Teknik Pertanian*, 7(1): 21-24.
- Van Breemen N. 1993. Environmental aspects of acid sulfate soils. p. 391–402. *In* Dent DL, and Van Mensvoort MEF (*Eds.*): *Selected Papers of the Ho Chi Minh City Symposium on Acid Sulfate Soils*. ILRI Publ. 53. Wageningen.

BUDIDAYA PADI PADA LAHAN RAWA PANTAI TERDAMPAK SALINITAS

Wahida Annisa, Hendri Sosiawan, dan Ani Susilawati

Tanah salin adalah tanah-tanah yang mempunyai nilai ESP (*Exchangeable Sodium Percentage*) 15 % atau lebih atau mempunyai SAR (*Sodium Adsorption Ratio*) 13 atau lebih dan seringkali mempunyai pH 8,5 atau lebih (Soil Survey Staff 2014). Tanah salin ini di jumpai di daerah rawa pasang surut yang berbatasan dengan garis pantai. Suasana salin akibat pengaruh air asin/air laut menyebabkan terbentuknya tanah pirit pada tanah mineral atau tanah gambut yang relatif tidak matang atau suasana tawar. Masalah salinitas terjadi ketika jumlah garam terlarut dalam tanah cukup tinggi. Penimbunan garam di daerah perakaran mempengaruhi terhadap kemampuan tanaman untuk menyerap air. Garam mempengaruhi pertumbuhan tanaman umumnya melalui: (a) keracunan yang diakibatkan penyerapan unsur penyusun garam secara berlebihan, seperti sodium, (b) penurunan penyerapan air, dikenal sebagai cekaman air dan (c) penurunan dalam penyerapan unsur-unsur penting bagi tanaman khususnya potasium. Gejala awal munculnya kerusakan tanaman oleh salinitas adalah: (a) warna daun yang menjadi lebih gelap daripada warna normal yang hijau-kebiruan, (b) ukuran daun yang lebih kecil dan (c) batang dengan jarak tangkai daun yang lebih pendek. Jika permasalahannya menjadi lebih parah, daun akan menjadi kuning (klorosis) dan tepi daun mati mengering terkena "*burning*" (terbakar, menjadi kecoklatan). Menurut FAO (2005) bahwa kisaran nilai salinitas (EC) tanah pada budidaya padi dan tingkat kehilangan hasil adalah: (1) $EC < 4 \text{ dS/m}$, maka perkiraan kehilangan hasil tanaman $< 10\%$, (2) $EC > 4 \text{ dS/m}$, maka perkiraan kehilangan hasil tanaman 10-20%, (3) $EC > 6 \text{ dS/m}$, maka perkiraan kehilangan hasil tanaman 20-50%, (4) $EC > 10 \text{ dS/m}$, maka perkiraan kehilangan hasil tanaman $> 50\%$.

Lahan rawa apabila dikelola dengan baik dan benar mempunyai peluang dalam meningkatkan produksi tanaman pangan khususnya padi. Selain lahan sulfat masam dan gambut, lahan salin merupakan bagian dari lahan rawa yang mempunyai penyebaran di daerah pesisir pantai. Rawa pantai terbentuk dari endapan alluvial mineral mentah atau gambut dengan suasana tawar atau asin baik di dataran rendah maupun dataran tinggi yang berdrainase buruk. Kondisi salinitas yang tinggi dengan tata air yang buruk dapat menyebabkan hilangnya kesuburan tanah secara permanen. Pemanfaatan lahan tersebut, masih sangat terbatas akibat keterbatasan teknologi dan varietas (Sabiham & Ismangun 1996; Rusnetty 2000; Munir *et al.* 2004). Untuk memanfaatkan lahan rawa tersebut, diperlukan teknologi yang dapat mengatasi cekaman lingkungan seperti kadar garam tinggi yang

seringkali merupakan masalah serius yang ditemui pada lahan salin. Keracunan Na^+ menyebabkan kerusakan sel tanaman (Harjadi & Yahya 1988), dan defisit air (Marschner 1995; Rengel 2000) yang pada akhirnya menyebabkan terhambatnya pertumbuhan. Hambatan pertumbuhan di lahan tersebut meningkat pada kondisi air pasang terutama musim kemarau, dan disertai oleh rendahnya kelarutan hara esensial sehingga terjadi kekahatan hara.

Dalam pengembangan pertanian di lahan rawa harus menyesuaikan dengan tipologi lahan dan tipologi luapan karena kedua faktor ini sangat menentukan keberhasilan budidaya tanaman. Selain itu juga perlu penggunaan varietas tanaman yang toleran terhadap kondisi salinitasnya. Di masa akan datang lahan rawa termasuk lahan salin menjadi sangat strategis dan penting bagi pengembangan pertanian sekaligus mendukung ketahanan pangan dan usaha agribisnis, karena selain untuk pertanian, lahan salin juga dapat dimanfaatkan untuk tambak dan hal lainnya sesuai kebutuhan masyarakat sekitar.

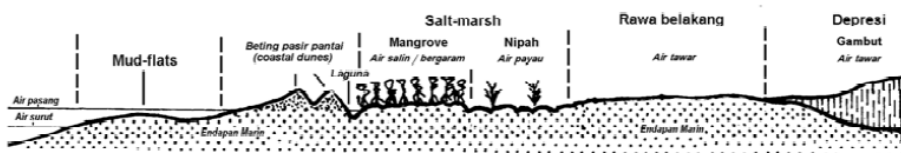
Tulisan ini bertujuan untuk membahas budidaya padi pada lahan rawa yang terdampak salinitas, terutama dari sisi pengelolaan air, penggunaan varietas toleran, pengaturan waktu tanam, dan penerapan komponen teknologi pengelolaan hara.

KARAKTERISTIK LAHAN RAWA PANTAI

Rawa pantai merupakan lahan basah yang dikategorikan ke dalam zona 1 lahan rawa karena pengaruh pasang surut air asin/laut sangat kuat dan seringkali disebut sebagai *tidal wetlands*. Lahan pada zona ini dipengaruhi oleh masuknya air asin/payau ke arah hulu dari muara sungai, tergantung dari bentuk estuari. Estuari adalah bagian muara sungai yang melebar berbentuk huruf V ke arah laut, dimana gerakan pasang dan surut terjadi. Secara garis besar intrusi air laut berkisar <10 km dari garis pantai sampai menjorok cukup jauh ke pedalaman sehingga dapat mencapai 60 km ke daerah hulu sungai. Jika estuari berbentuk lebar dan lurus pengaruh air asin/salin mencapai 10-20 km dari muara sungai besar, namun apabila relatif sempit dan berkelok, pengaruhnya hanya mencapai jarak 5-10 km. Di bagian muara sungai, pada saat air sungai yang memiliki pH 5-6 bertemu dengan air laut yang memiliki pH alkalis sekitar 7-9 mengakibatkan terjadinya penggumpalan (*penjojotan*) muatan sedimen sungai berupa bahan halus, liat sampai debu halus membentuk gumpalan-gumpalan kecil dan mengendap di dasar laut. Proses pengendapan ini berlangsung terus-menerus membentuk dataran lumpur (*mudflats*) yang muncul sewaktu air surut dan tenggelam di bawah air sewaktu air pasang. Tumbuhan yang toleran air asin yang dapat tumbuh dan berkembang pada dataran lumpur tersebut seperti bakau (*mangrove*), api-api (*Avicennia* sp.) dapat mengakibatkan semakin bertambahnya sedimen, sehingga dataran lumpur

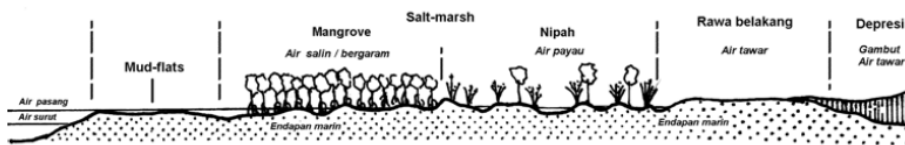
terbangun secara vertikal semakin tinggi sehingga pada akhirnya terbentuk s dataran rawa pasang surut/*tidal swamp* atau *tidal salt swamp*.

Berdasarkan posisi fisiografinya, rawa pantai merupakan bagian dari wilayah rawa pasang surut terdepan, yang berhubungan langsung dengan laut dan menempati bagian terdepan dan pinggiran pulau-pulau wilayah delta serta bagian tepi estuari dan dipengaruhi langsung oleh pasang surut air laut/salin. Sebagian besar daerah ini termasuk ke dalam *landform marin* yang diilustrasikan pada gambar 1a dan 1b.



Gambar 1a. Penampang skematis Zona I Wilayah Rawa Pantai

Sumber: Subagyo (2006)



Gambar 1b. Penampang skematis Zona I Wilayah Rawa Pantai pada bagian yang terlindungi dalam estuari atau teluk

Menurut Hardjowigeno dan Rayes (2005), tanah-tanah pantai yang salin umumnya tidak termasuk jenis tanah Halaquept karena kadar garamnya tidak menurun. Rawa pantai memiliki tanah yang terdiri atas bahan endapan mineral bersuasana marin dan gambut pantai. Mengingat suasana endapan yang bersifat marin, kaya bahan organik dengan iklim tropis mengakibatkan terbentuknya tanah yang mengandung bahan sulfidik dan mentah. Tanah-tanah yang ditemukan di rawa pantai dengan bahan endapan mineral secara umum tergolong ke dalam jenis tanah Halaquent, dan Sulfaquent, sedangkan apabila endapannya adalah gambut disebut Sulfahemist (Maas 2014d). Proses salinisasi tidak hanya terjadi sebagai akibat curah hujan yang kurang untuk melarutkan dan mencuci garam, tetapi juga karena penguapan (evaporasi) yang cepat sehingga mempercepat terjadinya penumpukan garam di dalam tanah. Drainase buruk mengakibatkan evaporasi lebih besar daripada perkolasi sehingga juga berkontribusi dalam proses salinisasi.

Ditinjau dari kematangan tanah (*soil ripeness*) (), tanah di lahan rawa pantai umumnya bervariasi dari mentah (*unripe*) sampai setengah matang (*half ripe*) karena merupakan tanah yang terbentuk dari bahan endapan dataran lumpur, yang secara periodik terbuka di udara mengalami proses pematangan awal. Tanah yang tingkat perkembangannya masih muda ini mempunyai sifat hidrik yaitu memiliki kandungan air yang relatif tinggi dengan kandungan liat $\geq 8\%$. Pada bagian atas profil tanah (*upper layers*) umumnya menunjukkan bahwa tanah telah mengalami oksidasi setebal 25-50 cm dengan tekstur liat berdebu dan berwarna kelabu sampai coklat kekelabuan tua. Ciri khas tanah yang terbentuk dari endapan marin adalah keberadaan mineral besi-sulfida yang berukuran halus yang disebut pirit. Sedangkan lapisan tanah bawah (*subsoil*) yang selalu tereduksi dengan tingkat kematangan mentah sampai setengah matang dan tekstur liat berdebu serta berwarna kelabu gelap sampai sangat gelap. Tanah berpirit terbentuk pada daerah yang bersuasana salin (pengaruh air laut).

Pirit menjadi tidak stabil dengan kehadiran O_2 , sehingga merubah kelarutan Fe^{3+} dan SO_4^{2-} menjadi jarosit atau goethite, tetapi bagaimanapun juga hasil akhir dari oksidasi pirit ini adalah terbentuknya ion H^+ yang akan menurunkan pH tanah (Breemen dan Buurman 2002). Muharam dan Saefudin (2016) melaporkan bahwa permasalahan yang dihadapi pada tanah salin meliputi: (1) tekanan osmotik tanaman yang rendah, (2) unsur hara N dan K rendah, (3) Kandungan Na^+ tinggi dan (4) nilai pH tanah tinggi. Pada daerah yang dipengaruhi air payau, reaksi tanah umumnya mendekati netral (pH 6,5 sampai 7,5) karena pengaruh air tawar dengan kandungan garam lebih rendah dan merupakan wilayah tipologi lahan agak-salin.

Salinitas didefinisikan sebagai adanya garam terlarut dalam konsentrasi yang berlebihan di larutan tanah. Batas toleransi tanaman terhadap nilai DHL berkisar 4000 μS . Salah satu penyebab tingginya nilai DHL air adalah terjadinya penyusupan (intrusi) air laut, tetapi tidak diikuti dengan penurunan nilai pH. Suasana kahat oksigen dengan ketersediaan sumber karbon (energi) menyebabkan kegiatan jasad renik mampu mereduksi komponen tanah dalam proses respirasinya. Muharram (2011) melaporkan bahwa pengaruh salinitas (NaCl) terhadap tanaman mencakup tiga aspek yaitu: mempengaruhi tekanan osmosis, keseimbangan hara dan bersifat racun. Selain itu juga keberadaan NaCl dengan konsentrasi tinggi berpengaruh terhadap sifat tanah, yang selanjutnya berdampak terhadap pertumbuhan tanaman. Hal ini disebabkan kepekatan larutan yang cukup pekat mengakibatkan terjadinya plasmolisis. Banyaknya Na^+ di dalam tanah menyebabkan menurunnya ketersediaan unsur Ca^{2+} , Mg^{2+} dan K^+ yang diserap tanaman. Salinitas ini juga mengakibatkan penurunan serapan P dan meningkatnya kandungan Cl^- serta menurunnya kandungan NO_3^- dalam tajuk. Salah satu kendala pengembangan padi di lahan salin adalah salinitas yang tinggi pada musim kemarau di wilayah

pesisir mencapai 18 dS/m, sedangkan batas toleransi tanaman padi pada saat tanam terhadap kegaraman adalah sekitar 4 dS/m.

CEKAMAN SALINITAS DAN TANAMAN PADI

Tanaman yang hidup di lahan salin menghadapi dua masalah utama, yaitu (1) dalam hal memperoleh air tanah yang potensial airnya lebih negatif, seperti diketahui potensial air tanah yang lebih negatif akan memacu air keluar dari jaringan sehingga tumbuhan kehilangan tekanan turgor; dan (2) dalam mengatasi konsentrasi tinggi ion natrium (Na⁺) dan klorida (Cl⁻) yang beracun bagi tanaman. Berlimpahnya Na⁺ dan Cl⁻ juga dapat mengakibatkan ketidakseimbangan ion sehingga aktivitas metabolisme dalam tubuh tanaman menjadi terganggu (Djukri 2009).

Selain itu tanaman yang tumbuh di tanah bergaram akan mengalami dua tekanan fisiologis yang berbeda. Pertama, pengaruh racun dari beberapa ion tertentu seperti sodium dan klorida, yang lazim terdapat dalam tanah bergaram, yang akan menghancurkan struktur enzim dan makromolekul lainnya, merusak organel sel, mengganggu fotosintesis dan respirasi, akan menghambat sintesis protein dan mendorong kekurangan ion (Marschner 1995; Ashraf dan Harris 2004; Bartels dan Sunkar 2005). Kedua, tanaman yang dihadapkan pada potensial osmotik yang rendah dari larutan bergaram akan terkena risiko *physiological drought* karena tanaman-tanaman tersebut harus mempertahankan potensial osmotik internal rendah, namun hal ini akan menyebabkan kelebihan ion yang pada akhirnya mengakibatkan terjadinya penurunan pertumbuhan pada beberapa tanaman (Delvian 2004). Sebagai tambahan, tingginya konsentrasi garam akan menyebabkan penurunan permeabilitas akar terhadap air dan mengakibatkan penurunan laju masuknya air ke dalam tanaman (Marschner 1995).

Berdasarkan kemampuan untuk tumbuh pada keadaan salin, tanaman digolongkan menjadi glikofita dan halofita. Tanaman yang digolongkan sebagai halofita adalah tanaman yang tahan terhadap konsentrasi NaCl yang tinggi. Padi merupakan tanaman yang tergolong rentan terhadap lingkungan bersalinitas. Tanaman padi termasuk salah satu tanaman yang peka terhadap salinitas tanah sebesar 2 dS/m dianggap optimal, tetapi jika 4 – 6 dS/m tergolong marginal (rendah) (Muliawan 2016). Tanaman glikofita adalah tanaman yang tidak dapat mentolerir salinitas yang tinggi. Sebagian besar tanaman pertanian digolongkan sebagai tanaman glikofita (Haryadi dan Yahya 1988), termasuk kebanyakan varietas padi tidak toleran terhadap salinitas terutama pada fase perkecambahan akibat masuknya ion garam hingga tingkat toksik ke dalam embrio (Kronzucker *et al.*, 2013).

Kandungan ion garam yang tinggi dalam sel tanaman juga dapat menyebabkan perubahan dalam hidrasi dan presipitasi protein (Swapna 2003).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa selama fase perkecambahan, padi paling sensitif terhadap cekaman salinitas dibandingkan dengan fase lainnya. Tingkat toleransi padi meningkat pada fase vegetatif, dan menjadi sensitif kembali pada fase reproduktif (Rad *et al.*, 2013). Kepekaan padi pada cekaman salinitas tergantung varietas tanaman padi. Penurunan laju pertumbuhan akan diikuti oleh penurunan produktivitas tanaman (Shereen *et al.*, 2005). Cekaman salinitas di zona perakaran menjadi penyebab menurunnya hasil padi. Pada musim kemarau panjang di lahan rawa, dimana debit air pasang sangat rendah, umumnya tingkat salinitas tanah tergolong sangat tinggi dan konsentrasi natrium tidak dapat diencerkan akibat debit air segar yang rendah sehingga tingkat kematian pada pertanaman padi sangat cepat dan tinggi.

Menurut Brinkman dan Singh (1982), gejala keracunan garam pada tanaman padi berupa terhambatnya pertumbuhan, berkurangnya anakan, ujung-ujung daun berwarna keputihan dan sering terlihat bagian-bagian yang khlorosis pada daun. Beberapa tanaman dapat mengembangkan mekanisme untuk mengatasi cekaman tersebut, selain itu ada tanaman yang mampu beradaptasi pada kondisi tersebut. Pada umumnya tanaman budidaya rentan dan tidak dapat bertahan pada kondisi salinitas tinggi, sehingga kalau ada yang mampu bertahan hasil panennya akan berkurang. Toleransi terhadap salinitas beragam dengan spektrum yang luas diantara spesies tanaman mulai dari yang peka hingga yang cukup toleran. Penurunan pertumbuhan dan hasil tanaman secara umum ketika mengalami cekaman salin merupakan akibat dari perubahan tekanan osmotik pada larutan tanah dan toksisitas ion garam (Kronzucker *et al.*, 2013; Fahad *et al.*, 2014).

Permasalahan lain di lahan rawa selain cekaman salinitas juga faktor genangan karena cekaman salinitas dan genangan dapat berlangsung secara bersamaan akibat dari intrusi air laut dan luapan dari badan-badan air yang berhubungan langsung dengan laut. Genangan (*submerge*) adalah suatu kondisi di mana lahan tergenang banjir hingga terbentuk lapisan air yang relatif stagnan dalam jangka waktu yang lama di atas tajuk tanaman. Genangan menyebabkan cekaman abiotik yang kompleks terhadap tanaman (Pucciariello *et al.*, 2014). Pada kondisi tergenang tanah berubah perlahan dari kondisi oksidatif menjadi reduktif dimana respirasi tanaman berubah menjadi respirasi anaerob ketika tidak tersedia oksigen. Suatu lahan yang tergenang air terus menerus selama 3 hari atau lebih berpotensi menjadi salin, apalagi jika genangan air laut itu terjadi secara reguler, berulang, terus menerus. Kriteria untuk kandungan kation natrium, daya hantar listrik (DHL) dan natrium dapat ditukar ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Kadar Salinitas di Tanah Sawah

Kelas	Kation	DHL	Na dapat ditukar
	cmol (+)/kg	dS/m	%
Sangat rendah	<0,1	<1	<2
Rendah	0,1-0,3	1-2	2-4
Sedang	0,4-0,7	2-3	5-10
Tinggi	0,8-1,0	3-4	10-15
Sangat tinggi	>1,0	>4	>15

Sumber: Eviati dan Sulaeman (2009)

MEKANISME TOLERANSI TANAMAN PADI TERHADAP CEKAMAN SALINITAS

Tanaman yang memiliki ketahanan terhadap kondisi lingkungan yang salin memiliki satu atau lebih mekanisme untuk mencegah terjadinya keracunan ion tersebut. Mekanisme tersebut meliputi mekanisme inklusi dan eksklusi. Mekanisme inklusi dialami tanaman dalam mencegah terjadinya keracunan ion-ion garam dalam jumlah berlebihan dengan mensintesis senyawa solut kompatibel, kompartementasi garam ke dalam vakuola, dan retranslokasi garam melalui floem, dan ekskresi garam menggugurkan daun tua (Marschner 2012). Sedangkan mekanisme eksklusi yaitu usaha tanaman mencegah masuknya ion Na ke jaringan tanaman dan mencegah terjadinya defisit air secara internal (Sopandie 2014). Untuk mempertahankan stabilitas lingkungan mikro di dalam sitoplasma, tanaman mengatur konsentrasi relatif dari ion anorganik (terutama K^+ dan Na^+) dalam mempertahankan turgor dan volume sel, pH intraseluler, dan parameter fisiologis penting lainnya. Pada proses fisiologis, sel-sel tumbuhan mengakumulasi K^+ dan mengarahkan Na^+ keluar sel, yang mengarah kepada peningkatan rasio nilai K/Na.

Mekanisme adaptasi padi terhadap cekaman salin yaitu mensintesis metabolit sekunder untuk penyesuaian osmotik (Pattanagul dan Thitisaksakul 2008). Metabolit organik tersebut dikenal sebagai pengatur osmotik (osmoregulators) karena sifat-sifatnya. Penyesuaian osmotik mengacu pada aktivitas akumulasi zat terlarut dalam sel sebagai tanggapan tanaman terhadap penurunan potensial air. Penyesuaian osmotik mampu mempertahankan potensial osmotik dan tekanan turgor sel. Mekanisme ini memungkinkan tanaman untuk mempertahankan laju penyerapan air dan nutrisi pada kondisi cekaman osmotik. Mekanisme tersebut juga mencegah terjadinya plasmolisis pada sel tanaman, sehingga metabolit organik tersebut disebut juga sebagai pelindung osmotik (*osmoprotectants*).

Gejala toksisitas yang ditunjukkan mirip dengan yang terjadi saat tanaman mengalami kekeringan (Joseph & Mohanan 2013). Toksisitas ion disebabkan oleh

jumlah dan akumulasi ion garam yang berlebihan. Ion garam masuk ke tanaman melalui aliran transpirasi. Ion-ion garam tersebut akan terakumulasi di tajuk dan seiring waktu akan mencapai konsentrasi yang toksik. Toksisitas ion dapat menyebabkan penurunan fungsi membran sel (Munns & Tester 2008). Fungsi fisiologis dan metabolisme juga akan terganggu oleh toksisitas ion garam, antara lain penurunan laju fotosintesis, penurunan laju transpirasi, penurunan laju sintesis protein, metabolisme lemak, pembelahan sel, ketidakseimbangan hormon, dan penurunan aktivitas beberapa enzim seperti esterase, isocitric dehydrogenase, dan catalase (Swapna 2003; Xu *et al.*, 2013)

UPAYA YANG DILAKUKAN UNTUK MENGATASI SALINITAS DI LAHAN RAWA PANTAI

Jaringan tata air pada lahan rawa memiliki arti penting antara lain, sebagai saluran drainase untuk membuang kelebihan air, membuang unsur beracun yang berpengaruh buruk terhadap pertumbuhan tanaman. Agar berfungsi dengan baik, jaringan tata air harus dilengkapi dengan pintu air untuk mengendalikan jumlah air yang masuk maupun keluar, sesuai kebutuhan. Fungsi pintu air yang utama adalah mengatur tinggi muka air di saluran, menahan air di saluran, mencegah air salin masuk ke lahan, mengatur aliran satu arah dan fungsi-fungsi lainnya. Pintu air pada umumnya dipasang pada saluran sekunder dan saluran tersier. Jaringan tata air mikro berperan penting dalam penataan air di tingkat petani, baik dengan sistem aliran satu arah maupun sistem tabat. Pengaturan air masuk dan keluar menjadi penting agar natrium betul-betul dapat dipindahkan ke luar petakan dan terus kehabitatnya di laut serta tidak mengendap pada petakan paling rendah. Keberhasilan pengurusan natrium ditandai dengan turunnya DHL atau makin rendahnya TDS atau kalau diijilat tidak asin.

Irigasi menjadi hal penting yang harus diperhatikan, ketika tanaman masih muda jangan sampai air dengan kadar natrium dan DHL tinggi digelontorkan masuk ke areal pertanaman karena akan menyebabkan tanaman mengalami keracunan natrium. Air untuk irigasi hendaknya digunakan air segar yang rendah natrium dan DHL, tinggi muka air dapat mencapai 4 cm atau cukup 2 cm saja atau air pada saat pasang besar, sehingga setiap 2 minggu sekali dilakukan proses pencucian dengan air pasang, agar air yang menggenangi areal pertanaman padi tetap merupakan air segar rendah natrium dan DHL. Selain itu pembuatan saluran kuarter atau saluran cacing sangat membantu dalam penerapan Teknik pencucian dengan menggunakan air pasang lahan rawa pantai. Ketika terjadi pasang pertama pada akhir musim kemarau dengan kadar DHL yang cukup tinggi air pasang sebaiknya dialirkan ke dalam petakan awah melalui saluran kuarter/saluran cacing sehingga air pasang tidak langsung bersentuhan dengan tanaman. Dengan berjalannya waktu

pasang yang dilewatkan melalui saluran kuarter tersebut secara horizontal akan tersaring oleh tanah sehingga kualitas air nya menjadi lebih baik. Tingkat pencucian yang dibutuhkan untuk menanggulangi masalah salinitas tanah tergantung pada level salinitas yang diderita tanah. FAO (2005) memperkirakan kebutuhan air untuk mencuci garam dalam tanah pada berbagai tingkat salinitas.

Tabel 2. Air yang dibutuhkan untuk mencapai EC(e)=4 pada zona perakaran (kedalaman 20 cm)

Nilai awal ECe (DHL jenuh air) mS/cm)	Air yang dibutuhkan (mm)
10	315
15	430
20	540
25	650
30	765

Sumber : FAO (2005)

Lahan sawah yang sudah berhasil diturunkan kadar natrium menjadi rendah ($< 0,3$ me/100 g) dan DHL akan turun menjadi < 2 dS/cm, sebaiknya segera dilakukan perbaikan sifat tanah dan kesuburan tanahnya dengan menggunakan bahan pembenah tanah (amelioran) baik berupa kapur maupun pupuk organik untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil padi. Pada lahan sawah dengan tingkat kegaraman tinggi, kandungan bahan organiknya umumnya rendah (kadar BO $< 2,5\%$). Lahan sawah yang baik mempunyai kandungan bahan organik tanah harus $> 2,5\%$ dari bobot tanah pada kedalaman 0 – 25 cm atau setiap hektarnya mengandung sekitar $(2,5/100) \times 2.500.000$ kg = 62.500 kg bahan organik tanah (Rachman *et al.* 2018).

PENUTUP

Rawa pantai merupakan lahan basah yang masih kuat pengaruh pasang surut air asin/laut. Masalah salinitas terjadi ketika jumlah garam terlarut dalam tanah cukup tinggi. Penimbunan garam di daerah perakaran mempengaruhi kemampuan tanaman menyerap air, sehingga menyebabkan menurunnya pertumbuhan dan hasil padi. Pengelolaan air, penggunaan varietas toleran kondisi salin dan pengaturan waktu tanam disertai dengan penerapan komponen teknologi pengelolaan hara di lahan rawa terdampak salin dapat meningkatkan kesuburan tanah dan mengoptimalkan produktivitas padi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian dan Kepala Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa atas dukungan penyusunan naskah ini. Terima kasih disampaikan kepada teman sejawat peneliti yang telah membantu memberikan tambahan literatur. Terima kasih juga disampaikan kepada Tim Penyunting dan Redaksi Pelaksana. Dalam naskah ini Wahida Annisa adalah sebagai kontributor utama, Hendri Sosiawan dan Ani Susilawati sebagai kontributor anggota.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashraf, M. dan Harris. 2004. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Science*, 166: 3-16. Doi: 10.1016/j.plantsci.2003.10.024.
- Bartels, D. and Sunkar, R. 2005. Drought and Salt Tolerance in Plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 24(1): 23-58, Doi: 10.1080/07352680590910410.
- Brinkman, R. and Singh, V.P. 1982. Rapid Reclamation of Brackish Water Fishponds in Acid Sulfate Soils. ILRI. Publ. Wageningen. Netherlands.
- Delvian. 2004. Aplikasi Cendawan Mikoriza Arbuskula dalam Reklamasi Lahan Kritis Pasca Tambang. [Skripsi]. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara. 69 hlm.
- Djukri. 2009. Cekaman salinitas terhadap pertumbuhan tanaman. Hlm. B-49-B55 Dalam Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan, dan Penerapan MIPA. Fakultas MIPA. Universitas Negeri Yogyakarta. 16 Mei 2009.
- Eviati dan Sulaeman. 2009. Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk. Petunjuk Teknis Edisi 2. Balai Penelitian Tanah. Bogor.
- FAO. 2005. Panduan Lapang FAO: 20 Hlm untuk diketahui tentang dampak air laut pada lahan di Propinsi NAD. <http://www.fao.org>. [3 Agustus 2010].
- Fahad, S., Hussain, S., Matloob, A., Khan, F.A., Khaliq, A., Saud, S., Hassan, S., Shan, D., Khan, F., Ullah, N., Faiq, M., Khan, M.R., Tareen, A.K., Khan, A., Ullah, A., Ullah, N., and Huang, J. 2014. Phytohormones and plant responses to salinity stress: A review. *Plant Growth Regulation*: 1-14.
- Harjadi, S.S. dan Yahya S. 1988. Fisiologi Stress Lingkungan. PAU Bioteknologi, IPB Bogor.
- Joseph, E.A. and Mohanan, K.V. 2013. A study on the effect of salinity stress on the growth and yield of some native rice cultivars of kerala state of India. *Agriculture. Forestry and Fisheries*, 2(3): 141-150.

- Kronzucker, H.J., Coskun, D., Schulze, L.M., Wong, J.R., and Britto, D.T. 2013. Sodium as nutrient and toxicant. *Plant Soil*, 369: 1–23.
- Kusmiyati, F., Purbayanti, E.D., dan Kristanto, B.A. 2009. Karakter fisiologis, pertumbuhan dan produksi legume pada kondisi salin. Hlm. 302-309. *Dalam* Prosiding Seminar Nasional Kebangkitan Peternakan. Semarang, 20 Mei 2009.
- Marschner, H. 1995. Functions of Mineral Nutrients: Micronutrients. In: *Mineral Nutrition of Higher Plants*, 2nd Edition, Academic Press, London, 313-404 pp.
- Marschner, H. 2012. *Mineral Nutrition of Higher Plants* 3rd Edition. Academic Press 2012. E-Book ISBN: 780123849069. p.672
- Muliawan, N.R.Y. 2016. Identifikasi Nilai Salinitas pada Lahan Pertanian di Daerah Jungkat Berdasarkan Metode Daya Hantar Listrik (DHL). Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura, Pontianak.
- Munns, R., and Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59: 651–681.
- Munir, R., Abdullah, S., dan Maizir. 2004. Formulasi alternatif teknik produksi padi pada usahatani padi sawah. *Jurnal Stigma*, XII (2): 196-200.
- Pattanagul, W., and Thitisaksakul, M. 2008. Effect of salinity stress on growth and carbohydrate metabolism in three rice cultivars differing in salinity tolerance. *Indian Journal on Experimental Biology*, 46: 736-742.
- Pucciariello, C., Voesenek, L.A.C.J., Perata, P., and Sasidharan, R. 2014. Plant responses to flooding. *Frontiers in Plant Science*, 5(226): 1- 2.
- Rachman, A., Dariah, A., dan Sutono, S. 2018. *Pengelolaan Sawah Salin Berkadar Garam Tinggi*. IAARD Press. 60 hlm.
- Rad, H.E., Aref, F., Khaledian, M., Rezaei, M., Amiri, E., and Falakdehy, O.Y. 2013. The effects of salinity at different growth stage on rice yield. *Tehran*. 1-11.
- Rengel, Z. 2000. *Mineral Nutrition of Crops, Fundamental Mechanisms and Implications*. Food Production Press, Binghamton.
- Rusnetty. 2000. Potensi dan masalah dalam memanfaatkan lahan gambut untuk pertanian. *Karya Ilmiah. Faperta Unitas*, Padang.
- Sabiham, S. dan Ismangun. 1996. Potensi dan kendala pengembangan gambut untuk pertanian. *Makalah Kongres VI Peragi*. Jakarta.
- Subagyo, H. 2006. Klasifikasi dan Penyebaran Lahan Rawa. Hlm. 1-23. *Dalam*: Didi Ardi, Kurnia U, Mamat HS, Hartatik W, Setyorini D. (Eds.): *Karakteristik dan Pengelolaan Lahan Rawa*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian.
- Sopandie, D. 2014. *Fisiologi Adaptasi Tanaman terhadap Cekaman Abiotik pada Agroekosistem Tropika*. IPB Press. Bogor.

- Swapna, T.S. 2003. Salt stress induced changes on enzyme activities during different developmental stages of rice. *Indian J. of Biotech*, 2: 251- 258.
- Xu, S., Zhu, S., Jiang, Y., Wang, N., Wang, R., Shen, W., and Yang, J. 2013. Hydrogen-rich water alleviates salt stress in rice during seed germination. *Plant Soil*, 370: 47–57.

INOVASI TEKNOLOGI PENGELOLAAN LAHAN RAWA

R. Smith Simatupang, Eva B.E. Pangaribuan, dan Eni Maftu'ah

Pertambahan penduduk bagi setiap bangsa ataupun negara akan membawa dampak dan konsekuensi dengan masalah pangan, termasuk Indonesia. Pada awal tahun 2018 diinformasikan bahwa penduduk dunia mencapai 7,53 miliar, dan Indonesia penduduknya sudah mencapai 269 juta jiwa atau 3,49% dari total penduduk dunia dan Indonesia berada pada posisi nomor empat terbesar (Jayani 2019). Artinya bahwa kebutuhan pangan dunia setiap tahunnya akan terus meningkat sejalan dengan laju tingkat pertumbuhan penduduk termasuk Indonesia, kecuali angka kelahiran dapat dikendalikan sehingga peningkatan kebutuhan pangan juga dapat ditekan.

Beras merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan umat manusia khususnya bagi budaya masyarakat Indonesia karena beras sebagai makanan pokok. Umumnya masyarakat Indonesia apabila tidak makan nasi dianggap masih belum makan. Oleh karena itu pengadaan pangan/beras merupakan hal yang sangat penting dalam program pembangunan pertanian. Kebutuhan pangan Indonesia akan terus meningkat seiring dengan peningkatan jumlah penduduk dengan laju sekitar 1,31% /tahun (BPS 2020), artinya kebutuhan pangan untuk 270,6 juta jiwa pada tahun 2019 harus ditambah untuk mencukupi tambahan jiwa baru sekitar 3,5 juta jiwa/tahun. Menurut BPS (2020), produksi beras pada 2020 diperkirakan sebesar 31,63 juta ton, Jumlah produksi beras untuk konsumsi pangan penduduk tersebut merupakan konversi produksi padi pada 2020 yang diperkirakan sebesar 55,16 juta ton gabah kering giling (GKG). Proyeksi tersebut naik sebanyak 556,51 ribu ton atau 1,02% dibandingkan produksi di 2019.

Dengan meningkatnya kebutuhan pangan, maka dipastikan kebutuhan akan lahan dan air juga akan ikut meningkat. Bertumpu kepada sumberdaya lahan dan air yang ada saat ini serta terjadinya perubahan kondisi lingkungan, maka untuk memenuhi kebutuhan pangan akibat pertumbuhan penduduk di atas sudah semakin tidak memadai. Pulau Jawa dan Bali yang merupakan pemasok pangan paling besar (> 60%) sudah mulai terdesak dengan berbagai masalah problem kependudukan, alih fungsi lahan karena pembangunan dan pengembangan wilayah. Oleh karena itu, pengembangan sumberdaya lahan dan air diarahkan ke wilayah di luar Pulau Jawa dan Bali, yakni ke Pulau Kalimantan, Sumatera dan Papua mempunyai agroekosistem rawa yang sangat luas dan potensial (Simatupang dan Noor 2017). Kedudukan agroekosistem atau sumberdaya lahan rawa meskipun termasuk dalam kategori lahan sub-optimal (LSO) peranannya semakin penting dan sangat strategis dalam pencapaian swasembada pangan dan ekspor dalam mendukung upaya menjadikan Indonesia sebagai lumbung pangan dunia (LPD) pada tahun 2045 (Kementan 2016).

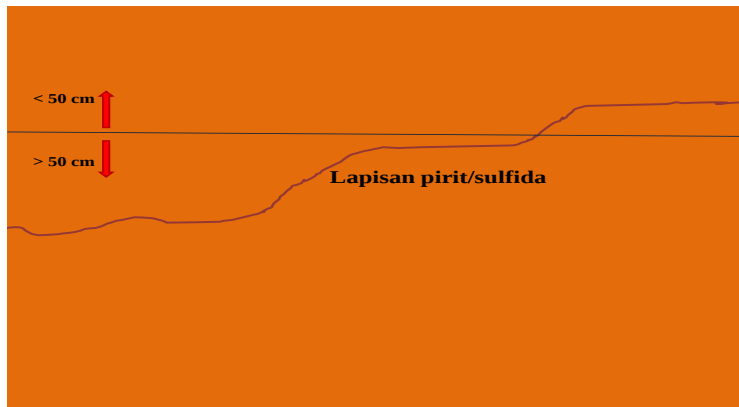
Tulisan ini bertujuan untuk menghimpun informasi inovasi teknologi budidaya padi di lahan rawa pasang surut ini, diharapkan dapat dimanfaatkan untuk mengoptimalkan produksi padi yang pada gilirannya cita-cita Indonesia untuk menjadi lumbung pangan dunia pada tahun 2045 dapat terwujud.

LAHAN RAWA

Karakteristik Lahan Rawa

Lahan rawa pasang surut adalah tipologi lahan yang keadaan hidrotopografinya baik langsung maupun tidak langsung dipengaruhi oleh pasang surutnya air laut. Lahan ini dapat dibedakan atas: (1) lahan pasang surut langsung (*direct tidal swamp*) yaitu lahan yang secara langsung dipengaruhi oleh pasang surutnya air laut, dan (2) lahan pasang surut tidak langsung (*indirect tidal swamp*) yaitu lahan tidak secara langsung dipengaruhi oleh pasang surutnya air laut. Pengaruh luapan, lahan dibagi atas 4 (empat) tipe yakni: tipe luapan A, B, C dan D (Nursyamsi *et al.*, 2014a). Berdasarkan tipologinya, lahan dibedakan atas: lahan potensial, lahan sulfat masam, lahan gambut/bergambut dan lahan salin. Lahan sulfat masam masih dipilah menjadi lahan sulfat masam potensial (SMP) dan lahan sulfat masam aktual (SMA). Lahan sulfat masam aktual adalah lahan yang sudah mengalami degradasi akibat teroksidasinya pirit sehingga tanah menjadi sangat masam ditandai dengan pH tanah $< 4,0$ (Nursyamsi *et al.*, 2014a).

Lahan rawa pasang surut dibedakan atas tanah mineral (*mineral soils*) dan tanah gambut (*peat soils*). Tanah mineral adalah tanah aluvial, yang merupakan endapan laut (*marine sediment*) atau endapan sungai (*fluvial sediment*) atau campuran dari endapan laut dan sungai (*fluvial-marine sediment*). Umumnya memiliki karakter kimia tanah yang dicirikan dengan kemasaman tanah sangat tinggi (pH tanah $< 4,0$) dan kahat unsur-unsur hara (Subagyo 2006; Nursyamsi *et al.*, 2014a). Tanah mineral di lahan rawa pasang surut memiliki karakter kimia yang sangat spesifik, yakni terdapatnya lapisan pirit/sulfida (FeS_2), kadarnya lebih 2%. Kedalaman lapisan pirit bervariasi antara lokasi yang satu dengan lokasi lainnya seperti ilustrasi berikut (Gambar 1). Kedalaman lapisan pirit akan membedakan tipologinya: lahan potensial dan lahan sulfat masam (Subagyo 2006; Simatupang & Nurita 2013).



Gambar 1. Ilustrasi kedalaman lapisan pirit/sulfida di dalam tanah pada lahan sulfat masam

Secara umum, produktivitas lahan rawa pasang surut masih sangat rendah. Hal tersebut disebabkan karakteristik fisika dan kimia tanahnya yang dinilai sangat jelek dan lahannya termasuk dalam kelas kesesuaian S3 (sesuai bersyarat). Lahan rawa pasang surut juga dikenal sebagai lahan bermasalah atau lahan sub-optimal (LSO), artinya lahan rawa pasang surut memerlukan pengelolaan yang intensif dan pemberian masukan (*input*) berupa bahan amelioran dan pupuk (organik dan anorganik) yang cukup untuk meningkatkan produktivitasnya (Alihamsyah *et al.*, 2003; Noor 2004; Nursyamsi *et al.*, 2014a; Simatupang *et al.*, 2017). Hasil analisa tanah berikut menggambarkan beberapa karakteristik fisika dan kimia pada di lahan potensial dan lahan sulfat masam (Tabel 1).

Lahan gambut merupakan tanah organik, yakni salah satu tipologi lahan yang dijumpai di kawasan lahan rawa pasang surut. Ciri utama lahan gambut adalah memiliki lapisan gambut yang mengandung C-organik antara 12–18%. Berdasarkan ketebalan lapisan gambutnya, lahan gambut dapat dibedakan atas beberapa tipologi lahan, yakni: bergambut (< 50 cm), gambut dangkal (50-100 cm), gambut sedang (100–200 cm), gambut dalam (200–300 cm) dan gambut sangat dalam (> 300 cm). Berdasarkan tingkat dekomposisi bahan organiknya, maka lahan gambut dibedakan gambut fibris, hemis dan sapris (Maas 2013; Noor 2010). Hasil penelitian, gejala kekurangan unsur hara mikro Cu dan Zn pada tanaman padi sering terjadi di lahan gambut dan menyebabkan kehampaan terhadap gabah yang dihasilkan. Salah satu masalah dan merupakan karakter lahan gambut adalah kahat unsur hara mikro Cu dan Zn (Nursyamsi *et al.*, 2014b; Alwi & Hairani 2018).

Tabel 1. Karakteristik fisika dan kimia tanah pada lahan sulfat masam potensial dan lahan sulfat masam aktual pada lapisan atas (0-50 cm)

Sifat-sifat tanah	Kalimantan		Sumatera
	Lahan SMP	Lahan SMA	Lahan SMP
Tekstur tanah	Liat berdebu (SiC)	Liat berdebu (SiC)	Liat berdebu (SiC)
pH H ₂ O (1:5)	4,3	3,6	4,0
DHL (1:5) (dS/m)	7,25	5,69	-
C-organik (%)	9,16	10,93	20,54
N-total (%)	0,59	0,49	0,70
P ₂ O ₅ HCl (mg/100 g)	115	45	58
K ₂ O HCl(mg/100 g)	32	81	35
P ₂ O ₅ Bray II (ppm)	17,7	19,3	32,3
Ca tertukar (cmol/kg)	5,11	4,12	7,84
Mg tertukar (cmol/kg)	7,05	9,25	10,89
K tertukar (cmol/kg)	0,56	0,89	0,64
Na tertukar (cmol/kg)	6,01	14,87	2,34
KTK pH 7 (cmol/kg)	31,5	37,2	62,5
Kejenuhan basa (%)	49	42	35
Kejenuhan Al (%)	35	71	32
Pirit (%)	1,12	0,85	0,44

Keterangan: SMP = Sulfat masam potensial; -SMA = Sulfat masam aktual.

Sumber: Subagyo (2006)

Potensi dan Sebaran

Secara umum, lahan rawa pasang surut yang berpotensi untuk pengembangan pertanian luasnya mencapai 9,54 juta ha, akan tetapi dari total luas lahan tersebut yang sangat potensial luasnya sekitar 6,11 juta ha tersebar di Kalimantan, Sumatera dan Papua (Nursyamsi *et al.*, 2014a). Lahan rawa dalam pembangunan pertanian menjadi sangat penting peranannya karena beberapa karakter yang dimilikinya dapat diakses sebagai areal untuk mendukung peningkatan produksi pangan nasional dan untuk merealisasikan cita-cita Indonesia menjadi lumbung pangan dunia.

Terkait dengan potensi dan data luas lahan rawa yang diinformasikan tergantung kepada sumbernya, menyebabkan adanya perbedaan terutama mengenai luas lahannya. Berikut disampaikan data total luas lahan rawa meliputi rawa pasang surut dan rawa lebak, yakni sekitar 34.125.185 ha yang tersebar luas di Pulau Sumatera, Kalimantan, dan Papua, dan sebagian kecil berada di Pulau

Sulawesi, Maluku, dan Jawa. Secara rinci luas lahan, masing-masing adalah ha lahan rawa pasang surut sekitar 8.919.349 (26,14%) dan lahan rawa lebak 25.205.836 ha (73,86%) (Tabel 2). Sekitar 96,17% terdapat di tiga pulau yakni Sumatera, Kalimantan, dan Papua (Ritung *et al.*, 2015; BBSDLP 2016).

Tabel 2. Luas lahan rawa dan sebarannya di Indonesia

No.	Pulau	Luas lahan rawa (ha)			Persentase (%)
		Pasang Surut	Lebak	Total	
1.	Sumatera	3.019.354	9.907.481	12.926.835	37,88
2.	Kalimantan	2.986.438	7.037.062	10.023.500	29,37
3.	Papua	2.426.376	7.443.070	9.869.446	28,92
4.	Sulawesi	318.030	730.064	1.048.094	3,07
5.	Maluku	74.395	88.159	162.554	0,48
6.	Jawa	94.756	-	94.756	0,28
<i>Indonesia</i>		<i>8.919.349</i>	<i>25.205.836</i>	<i>34.125.185</i>	<i>100,00</i>

Sumber: Ritung *et al.* (2015); BBSDLP (2016)

Informasi lebih rinci tentang luas dan sebaran lahan rawa (lahan rawa pasang surut dan lahan rawa lebak) adalah sangat penting untuk digunakan sebagai bahan atau acuan dalam penyusunan program pembangunan. Rincian luas dan sebaran lahan rawa di tiga pulau terbesar utama di Indonesia, yakni di Pulau Sumatera, Kalimantan dan Papua yang terdapat di beberapa provinsi disajikan pada Tabel 3.

Masalah dan Kendala Pemanfaatan

Lahan rawa merupakan tanah yang terdapat pada lahan basah (*wetlands*), dan terdiri atas tanah-tanah basah (*wetsoils*). Dalam kondisi alami, tanah rawa merupakan tanah yang selalu (secara periodik) jenuh air atau tergenang sepanjang tahun, atau dalam waktu yang lama beberapa bulan dalam setahun (Subagyo 2006). Berdasarkan penjelasan di atas, permasalahan utama yang dihadapi dalam pembangunan pertanian di lahan rawa adalah masalah air. Pada lahan rawa pasang surut fluktuasi pasang dan kedalaman permukaan air dipengaruhi oleh tinggi rendahnya air pasang surut, sedangkan pada lahan rawa lebak lebih dipengaruhi oleh curah hujan dan topografi. Sesuai dengan kondisinya, maka pengelolaan air menjadi kunci kesuksesan/keberhasilan pemanfaatan lahan rawa untuk pembangunan pertanian.

Tabel 3. Sebaran luas lahan rawa di tiga pulau pada beberapa provinsi di Indonesia

No.	Pulau Provinsi	Luas Lahan Rawa (Ha)			Persentase (%)
		Pasang Surut	Lebak	Total	
1.	Riau	487.663	4.407.081	4.894.694	37,86
2.	Sumsel	855.389	2.503.245	3.358.604	25,98
3.	Jambi	682.354	557.197	1.239.551	9,59
4.	Sumut	393.982	733.252	1.127.234	8,73
5.	Aceh	128.445	683.207	811.652	6,28
6.	Lampung	156.905	362.477	519.382	4,02
7.	Sumbar	78.575	398.880	477.455	3,69
8.	Babel	149.968	149.904	299.872	2,32
9.	Bengkulu	28.734	92.282	121.016	0,94
10.	Kepri	57.369	20.006	77.375	0,59
<i>Total Luas Sumatera</i>		<i>3.109.354</i>	<i>9.907.481</i>	<i>12.926.835</i>	<i>100,00</i>
1.	Kalteng	472.687	3.653.656	4.126.343	41,17
2.	Kalbar	1.114.194	1.969.862	3.084.056	30,77
3.	Kaltim	1.140.988	755.472	1.896.460	18,92
4.	Kalsel	258.568	658.072	916.640	9,14
<i>Total Luas Kalimantan</i>		<i>2.968.437</i>	<i>7.037.062</i>	<i>10.023.499</i>	<i>100,00</i>
1.	Papua	1.353.125	7.309.527	8.662.652	87,77
2.	Papua Barat	1.073.251	133.543	1.206.794	12,23
<i>Total luas Papua</i>		<i>2.426.376</i>	<i>7.433.070</i>	<i>9.869.446</i>	<i>100,00</i>

Sumber: Ritung *et al.* (2015); BBSDLP (2016)

Pemanfaatan dan pengembangan Sumberdaya lahan rawa baik rawa pasang surut, rawa lebak maupun rawa gambut untuk tujuan pembangunan pertanian tidak serta merta dapat dilakukan dengan mudah sebagaimana membalikkan tangan, akan tetapi mulai dari pembukaan lahan (reklamasi lahan), pengelolaan lahan dan air serta teknik budidaya tanaman pertanian (pangan) dihadapkan dengan masalah dan kendala yang menjadi faktor pembatas produksi. Secara garis besar, ada dua masalah utama untuk menjadi perhatian oleh semua pihak dalam pengembangan lahan rawa pasang surut. Ke dua masalah utama tersebut adalah (1) biofisik lahan dan lingkungan dan (2) sosial ekonomi (Noorinayuwati & Rina 2003; Nursyamsi *et al.*, 2014a; Nursyamsi *et al.*, 2014b; Simatupang *et al.*, 2015). Meskipun lahan rawa sudah dikembangkan sejak ratusan bahkan ribuan tahun lalu oleh masyarakat lokal setempat seperti suku Banjar, Melayu dan Bugis, namun masih sebatas untuk memenuhi kebutuhan hidup keluarga. Sejalan dengan terjadinya berbagai perubahan, kebutuhan dan tuntutan peningkatan produksi pangan maka diperlukan berbagai inovasi teknologi yang

dapat dikembangkan untuk menggenjot peningkatan produksi pangan nasional sehingga tujuan pembangunan pertanian untuk swasembada pangan dapat dicapai.

Terkait dengan masalah biofisik lahan adalah ditemukannya lapisan pirit/sulfida (FeS_2) di dalam tanah yang menjadi sumber utama menyebabkan munculnya keracunan besi pada tanaman padi, kemasaman tanah tinggi (pH tanah $< 4,0$), kahat unsur hara makro sehingga kesuburan tanah dan produktivitas alami tanahnya sangat rendah. Untuk meningkatkan produktivitas lahannya diperlukan input (masukan) seperti bahan amelioran untuk mengamelioreasi tanah dan pupuk (organik dan anorganik) untuk meningkatkan produktivitas lahan dan tanaman (Noor 2004; Alwi *et al.*, 2014). Sistem pengelolaan air yang ada di kawasan lahan rawa pasang surut pada umumnya masih dilakukan dalam skala makro, sehingga fungsinya pada sistem usahatani belum optimal.

Masalah biologi yang menjadi salah satu faktor pembatas pada proses produksi, adalah terdapatnya organisme pengganggu tanaman yang mengganggu dan menjadi saingan tanaman budidaya (padi), yakni hama dan penyakit tanaman serta tumbuhan pengganggu (Thamrin *et al.*, 2014; Simatupang *et al.*, 2015). Tumbuhan pengganggu (gulma) adalah tumbuhan yang tidak dikehendaki dan tumbuh diantara tanaman pokok sehingga menjadi saingan utama bagi tanaman padi terutama terhadap keperluan unsur-unsur hara, menyebabkan tidak terpenuhinya kebutuhan unsur-unsur hara bagi tanaman, pemupukan menjadi tidak efisien, menurunnya produktivitas dan hasil tanaman serta menambah biaya produksi (Simatupang *et al.*, 2015).

Masalah sosial ekonomi yang menjadi masalah krusial bagi petani adalah tenaga kerja dan pemilikan modal. Terbatasnya modal menyebabkan petani kurang mampu menggarap lahan lebih luas. Selain itu, kelembagaan di desa fungsi dan peranannya masih belum efektif dan belum optimal, sarana dan prasarana (infrastruktur) sebagian masih belum berfungsi secara optimal. Sulitnya penerimaan masyarakat terhadap suatu teknologi baru (inovasi) salah satunya disebabkan lemahnya modal petani. Oleh karena itu, untuk mempercepat proses adopsi teknologi baru diperlukan perangkat kebijakan (*political will*) dari Pemerintah maupun Daerah untuk memfasilitasi, mempermudah dan mendorong penerapan teknologi tersebut (Alihamsyah *et al.*, 2003; Noorinayuwati & Rina 2003).

INOVASI TEKNOLOGI

Sumbangan produksi padi dari lahan rawa terhadap produksi pangan nasional masih rendah, yakni sekitar 500-600 ton GKG/tahun, disebabkan karena beberapa faktor pembatas meliputi aspek biofisik lahan dan penerapan teknologi yang umumnya masih cara-cara konvensional (Subagyo *et al.*, 2015; Simatupang *et al.*, 2017). Meskipun demikian, sumbangan produksi padi dari lahan rawa tersebut masih dapat ditingkatkan dengan menerapkan inovasi teknologi yang tepat dan

berhasil guna serta teknologi yang bersifat spesifik sesuai dengan karakter dan kondisi lahannya. Hasil analisis dengan cara memaksimalkan pemanfaatan lahan yang sudah dibuka (direklamasi) melalui penerapan inovasi teknologi secara tepat, secara sinergis dan holistik akan dicapai peningkatan produksi padi, sehingga lahan rawa dapat memberikan tambahan sumbangan produksi padi nasional sebesar 8,55 juta ton GKG/tahun (Balitbangtan 2011).

Inovasi teknologi budidaya padi di lahan rawa pasang surut yang sesuai dengan kondisi lahannya, disimpulkan ada 5 (lima) komponen teknologi yang sangat mendasar, merupakan inovasi teknologi “Panca Kelola” yang harus dilakukan untuk meningkatkan produktivitas lahan dan hasil padi. Ke lima inovasi teknologi tersebut, antara lain: (1) Pengelolaan Air, (2) Pengelolaan Lahan, (3) Ameliorasi Tanah dan Pemupukan Berimbang, (4) Penggunaan Varietas Unggul Baru, dan (5) Pengelolaan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT).

Pengelolaan Air

Lahan rawa pasang surut agrohidrologi lahannya dipengaruhi oleh pasang surutnya air laut, sehingga pada tipe luapan A dan B digenangi oleh air pasang terutama pada saat pasang besar/tunggal (*spring tide*) yang dapat mengganggu sistem produksi pada budidaya padi. Sedangkan pada tipe luapan C dan D terutama pada musim kemarau akan kekurangan air dan/atau lahan mengalami kekeringan. Keberhasilan pemanfaatan lahan rawa pasang surut untuk pengembangan pertanian sangat tergantung kepada sistem pengelolaan airnya (Alihamsyah *et al.*, 2003; Nursyamsi *et al.*, 2014a). Dalam beberapa kesempatan pertemuan ilmiah, disimpulkan bahwa pengelolaan air merupakan salah satu kunci keberhasilan pengembangan pertanian di lahan rawa. Oleh karena itu, pemanfaatan lahan rawa pasang surut diawali dengan reklamasi lahan yang pada intinya membuat sistem pengelolaan air secara makro pada suatu kawasan yang luasnya berkisar 5.000-20.000 ha dengan tata kelola air menggunakan sistem anjir, sistem garpu dan sistem sisir (Noor 2013 dan 2014; Susilawati *et al.*, 2014).

Pengelolaan air secara makro masih belum memberikan manfaat yang maksimal dalam sistem produksi, sehingga diperlukan sistem pengelolaan air dengan skala mikro atau skala usahatani. Pada skala usahatani (mikro) dikembangkan sistem pengelolaan tata air mikro (TAM), bertujuan untuk (1) menyediakan air untuk keperluan pertumbuhan tanaman dan (2) menjaga dan/atau untuk mempertahankan kelembaban tanah rawa (Notohardinegoro, 1996 *dalam* Susilawati *et al.*, 2014). Ditingkat lahan usahatani, untuk mengefektifkan sistem pengelolaan airnya dapat dilakukan dengan empat cara/sistem (Noor 2013 dan 2014; Susilawati *et al.*, 2014), antara lain:

- a. **Pengelolaan air sistem dua arah (*two-way flow system*).** Pada sistem ini air yang masuk (irigasi) dan air yang keluar (drainase) melalui saluran yang sama sehingga pergantian air segar (*freshwater*) hanya terjadi pada daerah muara saluran utama, sedangkan ditingkat tersier dan kuarter pergantian air segar tidak terjadi. Kelemahan dari sistem ini adalah proses pencucian (*leaching*) dan penyegaran air dari air pasang kurang efektif dan terbatas.
- b. **Pengelolaan air sistem aliran satu arah (*one-way flow system*).** Pada sistem ini air masuk (irigasi) dan air keluar (drainase) melalui saluran yang berbeda sehingga secara berkala berlangsung pergantian air sesuai dengan aliran air pola satu arah, sirkulasi air berlangsung baik, namun kelemahan sistem ini karena proses pencucian berlangsung lancar dan efektif diduga juga unsur hara ikut tercuci keluar dari lahan usahatani. Pengelolaan air dengan sistem ini, diperlukan bangunan pintu-pintu air (*flapgate* dan *stoplog*) berfungsi untuk mengatur air masuk dan air keluar.
- c. **Sistem tabat (*dam overflow*).** Permasalahan pada lahan tipe luapan C dan D adalah air pasang surut tidak dapat meluapi secara langsung ke lahan usahatani dan menurunnya permukaan air tanah terutama pada musim kemarau. Sumber air utama pada tipe luapan C dan D adalah berasal dari curah hujan. Oleh karena itu, untuk mempertahankan permukaan air (*water level*) dilakukan dengan cara membuat dam/tanggul pada saluran. Dam/tanggul yang dibangun ditempatkan pada muara saluran (sekunder/tersier/kuarter), dam berfungsi untuk mempertahankan permukaan air pada saluran agar air tetap tersedia sehingga melalui rembesan air (*interflow*) kelembaban tanah di lahan sawah dapat dipertahankan dan kebutuhan air minimal bagi tanaman dapat terpenuhi. Ketinggian dam/tanggul yang dibangun disesuaikan dengan komoditas yang dibudidayakan (Susilawati *et al.*, 2014).
- d. **Sistem aliran satu arah dan tabat bertingkat (*SISTAK*).** Perubahan topografi atau elevasi lahan akan mempengaruhi ketersediaan dan ketinggian air pada lokasi tersebut. Peralihan tipe luapan air, yakni dari tipe luapan B dan C dikenal dengan tipe luapan B/C, maka untuk mengkonservasi atau mempertahankan permukaan airnya dilakukan dengan cara kombinasi sistem tata air satu arah (STASA) dengan sistem tabat agar air yang ada pada saluran dapat dikonservasi/dipertahankan sampai level tertentu (tidak terkuras habis) terutama pada musim kemarau. (Noor 2013 dan 2014; Susilawati *et al.*, 2014).

Pengelolaan Lahan

Pengelolaan lahan adalah salah satu inovasi teknologi yang perlu dilakukan untuk meningkatkan produktivitas lahan rawa pasang surut. Pengelolaan lahan rawa pasang surut untuk pertanian adalah segala tindakan dan/atau perlakuan yang dilakukan pada lahan untuk optimalisasi pemanfaatan lahan dan untuk meningkatkan produktivitasnya dengan mempertimbangkan kelestariannya dan keberlanjutannya. Untuk lahan rawa pasang surut pengelolaan lahan meliputi: (1) Penataan lahan, dan (2) Penyiapan lahan (Simatupang *et al.*, 2014)

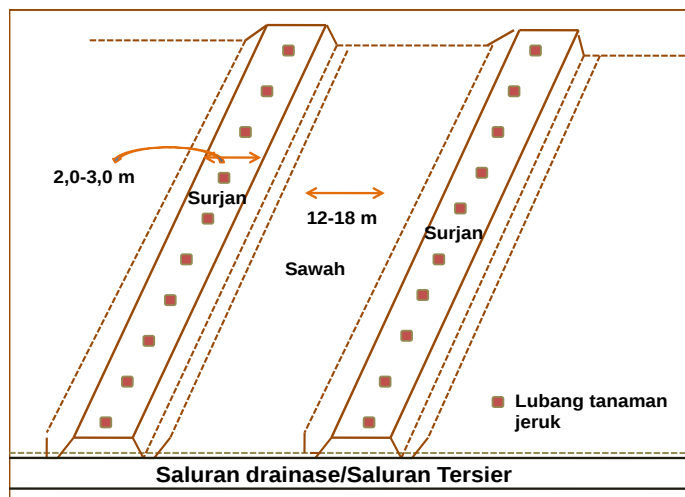
Penataan lahan

Penataan lahan adalah salah satu cara untuk mengoptimalkan pemanfaatan lahan rawa pasang surut untuk budidaya padi, ini sangat erat dengan sistem pengelolaan air yang akan diterapkan. Lahan yang los (bebas) tanpa ada pembatas atau sama sekali lahannya belum/tidak ditata, maka gerakan air bebas kemana-mana dan tak terkendali sehingga penerapan teknologi budidaya terutama teknologi pemupukan akan terganggu, pupuk yang diberikan menjadi tidak efektif dan tidak efisien atau hilang/larut dan terbawa keluar dari lahan oleh air. Oleh karena itu, diperlukan penataan lahan agar lahan tersebut dapat dimanfaatkan secara optimal (Simatupang *et al.*, 2014). Penataan lahan juga membantu dan mempermudah melakukan kegiatan usahatani.

Penataan lahan adalah untuk mempersiapkan lahan sedemikian rupa sehingga dapat memenuhi syarat digunakan sebagai areal pengembangan bagi tanaman budidaya. Penataan lahan bertujuan untuk menata lahan sesuai dengan tipologi lahan dan tipe luapan air sehingga dapat mendukung sistem pengelolaan airnya, sistem budidaya, mengoptimalkan pemanfaatan lahan dan diversifikasi komoditas serta meningkatkan pendapatan petani. Di lahan rawa pasang surut ada tiga sistem penataan lahan yang berkembang, yakni (a) sistem sawah, (b) sistem tukang dan (c) sistem surjan (Nazemi *et al.*, 2012; Simatupang *et al.*, 2014).

- a. **Penataan lahan sistem sawah.** Sistem sawah adalah sistem konvensional sebagai model kearifan lokal (*local wisdom*), dikembangkan umumnya di lahan dengan tipe luapan A, karena lahan ini sepanjang tahun terluapi (digenangi air). Penataan lahan berupa pembuatan saluran sepanjang 2-3 km untuk mengalirkan air dari sungai besar ke lahan sawah dan sebaliknya (Simatupang *et al.* 2014). Saluran yang dibuat berfungsi sebagai saluran pemasok air (irigasi) dan sebagai saluran pembuang air dari sawah (drainase).
- b. **Penataan lahan sistem tukang.** Tukangan adalah gundukan tanah yang berbentuk kubus atau kubah (*doom*), berukuran garis tengah 2,0-3,0 m dan tinggi menyesuaikan dengan tinggi muka air. Tukangan merupakan sistem antara

menuju ke penataan sistem surjan. Sistem tukangun dilakukan adalah disebabkan karena terbatasnya modal yang dimiliki petani untuk membuat surjan sekaligus, sehingga membuat surjan dilakukan secara bertahap dengan cara membangun tukangun-tukungan berjarak 3,0-5,0 m, akhirnya tukangun-tukungan ini menjadi satu membentuk surjan, biasanya memerlukan waktu sampai 4-5 tahun (Simatupang *et al.*, 2014).



Gambar 2. Sketsa bangunan surjan pada lahan rawa pasang surut

- c. **Penataan lahan sistem surjan.** Tujuan utama sistem surjan dikembangkan di lahan rawa pasang surut adalah untuk mengurangi atau membagi risiko kegagalan dalam sistem usahatani, sehingga apabila pertanaman padi gagal masih diperoleh dari jenis tanaman lainnya. Pada sistem surjan dikenal tembokan yaitu bagian tanah yang ditinggikan (*raised bed*) dan tabukan yaitu tanah yang digali (*sunken bed*) atau tanah bagian bawah (Simatupang *et al.*, 2014). Menurut Ananto *et al.* (2000), luas dan jarak antar surjan dapat mempengaruhi produktivitas lahan dan tanaman, sehingga dalam pembuatan surjan harus memperhatikan, antara lain: (1) kedalaman pirit pada lokasi yang akan dibuat surjan, (2) dimensi surjan (lebar 2,0-3,0 m), (3) tinggi disesuaikan dengan kondisi air, (4) panjang surjan 50-100 m atau sesuai panjang lahan dan (5) jarak antar surjan 12-18 m (Gambar 2). Perbandingan antara penggunaan lahan surjan dan sawah sekitar 16-84% atau 20-80%, apabila sistem usahatani berbasis padi. Umumnya penataan lahan sistem surjan dikembangkan pada lahan tipe luapan B atau antara B/C (Simatupang *et al.*, 2014).

Penyiapan lahan

Kegiatan paling awal yang dilakukan pada sistem usahatani adalah penyiapan lahan, bertujuan untuk membersihkan lahan dari semak belukar, gulma dan/atau sisa-sisa tanaman sebelumnya sehingga lahan dapat ditanami. Penyiapan lahan dapat diartikan suatu kegiatan untuk mempersiapkan lahan dan/atau mengolah tanah sehingga tercipta kondisi lahan yang bersih dari gulma dan memberikan pengaruh yang baik terhadap pertumbuhan tanaman padi. Mengolah tanah sawah adalah tindakan penyiapan lahan untuk melumpurkan lahan sawah supaya pembagian unsur hara menjadi lebih rata, kecepatan kehilangan air dapat diperlambat sehingga penyerapan hara oleh tanaman dapat lebih optimal (Ar-Riza & Saragih 2000; Simatupang *et al.*, 2014).

Penyiapan lahan di lahan rawa pasang surut terutama di lahan sulfat masam harus memperhatikan karakter kimia tanahnya, yakni terdapatnya lapisan pirit/sulfida (FeS_2). Pirit apabila terekspose ke permukaan tanah karena tindakan pengolahan tanah yang berlebihan (salah sewaktu mengolah tanah) dapat menimbulkan dampak negatif. Dampak negatif dimaksud adalah teroksidasinya pirit sehingga dapat memasamkan tanah hingga $\text{pH} < 4,0$, dan mengakibatkan timbulnya keracunan besi pada tanaman padi (Simatupang 2007a; Simatupang dan Nurita 2010; Simatupang & Nurita 2013). Pengetahuan masyarakat (*indigenous knowledge*) suku Banjar, Bugis dan Melayu secara turun temurun sudah berlangsung ratusan tahun lamanya menjadi kearifan lokal (*local wisdom*), yakni penyiapan lahan pada sistem usahatani padi di sawah pasang surut. Petani sudah mengembangkan sistem penyiapan lahan dengan cara menggunakanajak, dengan tahapan kegiatan: *tajak-puntal-balik-ampar*, disingkat dengan istilah “Tapulikampar” (Nazemi *et al.*, 2007).

Penyiapan lahan tradisional (PLT) memiliki kelebihan, yakni bersifat konservatif terhadap pirit, waktunya sangat fleksibel, cocok untuk budidaya padi varietas lokal tetapi kurang cocok untuk padi varietas unggul, berlangsung proses siklus hara tertutup (*closed nutrients recycle*) dengan memanfaatkan bahan organik berasal dari biomassa gulma dan/atau sisa tanaman. Namun, PLT ini memiliki kelemahan yakni memerlukan tenaga kerja yang banyak sekitar 40-50 HOK/ha/musim sehingga biaya penyiapan lahannya relatif mahal (Simatupang *et al.*, 2014). Untuk perluasan areal dan akselerasi waktu tanam cara PLT ini kurang cocok. Oleh karena itu, mendukung program pemerintah untuk meningkatkan produktivitas dan produksi padi nasional perlu inovasi sistem penyiapan lahan sesuai dengan kondisi lahan rawa pasang surut.

Ada 2 (dua) inovasi teknologi sistem penyiapan lahan yang sesuai dikembangkan di lahan rawa pasang surut khususnya di lahan sulfat masam. Sistem penyiapan lahan tersebut bersifat konservatif terhadap pirit yang terdapat pada lapisan tanah, dapat mengendalikan keracunan besi pada tanaman padi dan dapat

meningkatkan produktivitas lahan dan produksi padi (Alwi & Hairani 2018; Simatupang & Nurita 2013). Inovasi teknologi penyiapan lahan tersebut adalah sistem penyiapan lahan tanpa olah tanah (TOT) menggunakan herbisida sebagai komponen utama dan sistem olah tanah sempurna bersyarat (OTSB). Lebih rinci ke dua sistem tersebut sebagai berikut:

- a. **Tanpa olah tanah (TOT):** Tanpa olah tanah salah satu cara penyiapan lahan yang sudah berkembang di lahan rawa pasang surut. Komponen utama pada penyiapan lahan tanpa olah tanah adalah herbisida. Herbisida yang digunakan adalah herbisida yang bersifat kontak maupun yang bersifat sistemik. Urutan kegiatan pada sistem TOT adalah aplikasi herbisida, koreksi (aplikasi ulang) dan perebahan (*rolling*). Aplikasi herbisida pertama diusahakan dilakukan secara merata agar pemakaian herbisida lebih efektif, efisien dan tidak boros sehingga perlakuan koreksi menjadi lebih sedikit. Waktu aplikasi, jenis dan dosis herbisida tergantung kondisi lahan, musim tanam, jenis gulma sasaran dan kondisi pertumbuhan gulmanya (Simatupang *et al.*, 2014; Simatupang *et al.*, 2015). Penyiapan lahan tanpa olah tanah dapat mengefisienkan penggunaan tenaga kerja sekitar 26-28% dan meningkatkan hasil padi berkisar 25%-30% (0,60-0,85 t/ha GKG) dibandingkan dengan penyiapan lahan cara tradisional sehingga meningkatkan pendapatan petani (Simatupang & Nurita 2013).
- b. **Olah tanah sempurna bersyarat (OTSB):** Pengolahan tanah di lahan sawah sangat perlu untuk menciptakan pelumpuran yang sempurna untuk membantu pembagian unsur hara menjadi lebih rata, kecepatan kehilangan air dapat diperlambat sehingga penyerapan unsur hara oleh tanaman dapat lebih optimal (Ar-Riza & Saragih 2000; Simatupang *et al.*, 2014). Namun hal yang perlu diperhatikan dalam sistem olah tanah di lahan rawa pasang surut, terutama di lahan sulfat masam adalah ditemukannya lapisan sulfida/pirit yang apabila terekspose ke permukaan tanah dan bereaksi dengan udara akan mengalami oksidasi, hasilnya akan berdampak negatif yakni memasamkan tanah, pH tanah turun hingga $\text{pH} < 4,0$, menurunnya produktivitas lahan dan dapat mengakibatkan munculnya keracunan besi pada tanaman padi. Solusi yang dapat mengatasi kondisi tersebut adalah dengan menerapkan sistem olah tanah sempurna bersyarat (OTSB). Sistem OTSB bertujuan untuk mempersiapkan lahan hingga tercipta lumpur yang sempurna, dapat mengendalikan pirit dan mempertahankannya tetap stabil di dalam tanah sehingga keracunan besi pada tanaman padi dapat dikendalikan. Sistem OTSB ini diterapkan dengan ketentuan memenuhi 3 syarat, antara lain: (1) kedalaman olah tanah tidak lebih dari 20 cm, idealnya berkisar 12-15 cm, (2) pada saat mengolah tanah sawah dalam kondisi berair (suasana reduktif), dan (3) mempertahankan lahan sawah tetap berair atau lahan sawah tetap digenangi oleh air (Simatupang & Nurita 2013; Simatupang *et al.*, 2014). Kata kunci pada sistem OTSB adalah mempertahankan sawah dalam suasana berair/tergenang (reduktif) saat

melakukan pengolahan tanah. OTSB dapat dilakukan menggunakan alat pengolah tanah seperti cangkul, luku dengan tenaga sapi/kerbau, dan bajak singkal dengan tenaga traktor mini atau traktor tangan (*hand tracktor*). Hasil penelitian sistem OTSB di lahan sawah sulfat masam dapat meningkatkan hasil padi 12,5% dibanding sistem olah tanah konvensional (Simatupang & Nurita 2013).

Ameliorasi Tanah dan Pemupukan Berimbang

Ameliorasi tanah

Tingkat kemasaman tanah di lahan rawa pasang surut terutama lahan sulfat masam sangat tinggi dicirikan dengan pH tanah $< 4,0$. Hal ini menyebabkan unsur-unsur hara esensial seperti P dan K menjadi kurang tersedia untuk keperluan pertumbuhan tanaman sehingga menyebabkan tanaman padi kekurangan unsur hara P dan K. Untuk memperbaiki kondisi dan kualitas tanah di lahan sulfat masam, ameliorasi tanah menjadi salah satu teknologi yang harus dilakukan (Alwi *et al.*, 2014; Fahmi & Khairullah 2018; Simatupang *et al.*, 2017). Ameliorasi tanah adalah tindakan yang dilakukan untuk menambahkan bahan amelioran ke dalam tanah sehingga sifat fisik dan kimia tanah menjadi lebih baik, misalnya pH tanah meningkat. Sumber bahan amelioran yang dapat digunakan cukup banyak, antara lain: kapur, dolomit, pupuk kandang, kompos dari biomassa gulma. Penggunaan biomassa gulma setelah dikomposkan sebanyak 6,0 t/ha dapat meningkatkan C-organik tanah dari 7,55 menjadi 9,38%, P-tersedia dari 8,80 menjadi 43,41 ppm P dan K dapat ditukar dari 0,41 menjadi 0,59 me/100 g, sehingga memberikan residu efek untuk pertanaman pada musim berikutnya (Simatupang 2006; Simatupang & Indrayati 2007). Aribawa (2002) melaporkan bahwa biomassa gulma Purun tikus (*Eleocharis dulcis*) dalam bentuk kompos dan bokashi yang diberikan ke dalam tanah dapat membenahi beberapa sifat kimia tanah sulfat masam, ditandai dengan meningkatnya kandungan C-organik tanah, P-tersedia, K_{-dd} , Ca_{-dd} dan Mg_{-dd} serta dapat menurunkan kadar Al_{-dd} dan Fe-total, meningkatkan produktivitas lahan dan tanaman serta memberikan efek residu untuk musim berikutnya. Lebih lanjut dilaporkan bahwa pemberian kapur dan gulma Purun tikus ke dalam tanah dapat mempertahankan stabilitas tanah sulfat masam dari perubahan sifat kimia tanah, dan mempunyai daya serap yang tinggi terhadap unsur besi sehingga kadar besi menurun dan juga dapat menurunkan sulfat. Berdasarkan serangkaian hasil penelitian di atas, disimpulkan bahwa untuk meningkatkan produktivitas lahan teknologi ameliorasi tanah sangat penting di lahan rawa pasang surut dan perlu dilakukan agar daya dukung lahan pada sistem usahatani berhasil dan dapat meningkatkan hasil tanaman.

Pemupukan berimbang

Untuk mendapatkan hasil tanaman yang maksimal perlu dicukupkan kebutuhan unsur hara sebagai nutrisi (makanan) yang diperlukan oleh tanaman.. Unsur hara bersumber dari dalam tanah belum dapat mencukupi kebutuhan tanaman sehingga perlu penambahan unsur hara, yaitu melalui pemupukan dan pemupukan harus diberikan secara berimbang (Noor 2004). Artinya pemberian pupuk harus dilakukan secara seimbang sesuai dengan kebutuhan tanaman dan ketersediaan unsur hara di dalam tanah, dan biasanya tergantung kepada kondisi lahannya sehingga bersifat spesifik lokasi. Cara pemberian dan metoda pemupukan dipengaruhi oleh jenis dan kondisi lahan serta jenis pupuk (pupuk padat dan pupuk cair). Berbagai metoda untuk penetapan dosis pupuk sebagai inovasi sudah ada, untuk penetapan dosis pupuk di tanah rawa menggunakan Perangkat Uji Tanah Rawa (PUTR). Balai Penelitian Lahan Rawa (Balittra) telah memperkenalkan metoda pemupukan sebagai inovasi teknologi untuk tanaman padi di lahan rawa pasang surut yakni menggunakan DSS (*Decision Support System*). DSS adalah sebuah perangkat lunak (*software*), digunakan membantu pengguna untuk menetapkan rekomendasi pemupukan padi di lahan rawa dengan cepat dan akurat. Pemupukan pada tanaman padi menggunakan metoda DSS ini dapat mengefisienkan penggunaan pupuk N, P dan K sekitar 30-58%/ha/musim. Perangkat lunak DSS ini dapat diakses melalui Website Balittra: [Balittra/http://pertanianrawa.info/rawa_app/rawa_dss_app/index.php](http://pertanianrawa.info/rawa_app/rawa_dss_app/index.php) (Fahmi *et al.*, 2015; Alwi & Fahmi 2016).

Penggunaan Varietas Unggul Baru

Permasalahan utama dalam mengembangkan lahan rawa pasang surut untuk budidaya padi adalah kondisi biofisik lahan, terutama berkaitan dengan masalah air dan karakter kimia tanah. Secara umum lahan rawa pasang surut memiliki karakter kimia yang kurang menguntungkan untuk tanaman padi, diantaranya kemasaman tanah yang tinggi (pH tanah < 4,0), miskin unsur hara makro (P dan K) dan hara mikro (Zn, Cu dan Bo) di lahan gambut, tingginya kandungan besi (Fe), sulfat (SO₄) dan hidrogen sulfida (H₂S) yang bersifat meracun bagi tanaman (Alihamsyah & Noor 2003). Untuk mengatasi kondisi lahan seperti ini adalah dengan menggunakan varietas unggul yang memiliki adaptasi baik dan berpotensi hasil tinggi (Koesrini *et al.*, 2014).

Tingkat kemasaman tanah yang tinggi membatasi jumlah varietas yang dapat ditanam. Cekaman kemasaman tanah menjadi salah satu penyebab terbatasnya varietas unggul yang dapat dikembangkan di lahan rawa pasang surut terutama pada lahan sulfat masam (Koesrini *et al.*, 2014; Simatupang *et al.*, 2017). Oleh karena itu diperlukan varietas padi unggul yang tahan dan adaptif pada lahan dengan kemasaman tinggi (pH tanah < 4,0). Badan Litbang Pertanian sudah melepas 25 varietas padi unggul untuk lahan rawa, di nama Inpara (Inbrida Padi

Rawa) yakni Inpara 1,2,3 dan seterusnya, namun semua varietas tersebut masih perlu diklasifikasikan karena tingkat ketahanan varietas padi tersebut bervariasi, sehingga masih perlu diuji daya adaptasinya untuk mendapatkan varietas unggul yang tahan, adaptif, tepat, potensi hasil tinggi dan sesuai untuk dikembangkan secara luas (Koesrini *et al.*, 2014).

Beberapa varietas padi unggul baru yang sudah diintroduksi untuk lahan rawa diantaranya adalah varietas padi Inpara (Inbrida padi rawa), antara lain: 1, 2, 3, 4, 5, 6,7, 8, 9, dan varietas unggul lainnya yakni Mekongga dan Ciherang. Hasil uji adaptasi terhadap padi varietas Inpara 3, 4, 6, 8 dan 9 tergolong baik di lahan tipe luapan air B, sedangkan varietas Inpara 1 dan 4 tergolong cukup baik di lahan tipe luapan air C. Hasil uji preferensi terhadap morfologi tanaman dan uji rasa nasi menunjukkan semua responden cukup suka terhadap varietas Inpara. Berdasarkan umur tanaman, semua responden menjawab tidak suka terhadap varietas Inpara 4, berdasarkan ketahanan terhadap penyakit blas dan penggerek batang responden tidak menyukai varietas Inpara 5, Inpara 7, Ciherang dan Mekongga karena dinilai tidak tahan. Dari beberapa varietas Inpara 2, 3, 4, 8 dan 9 memperlihatkan keunggulan dengan potensi hasilnya cukup tinggi yakni sekitar 3,5-4,5 t/ha (Koesrini *et al.*, 2014; Saleh *et al.*, 2016; Simatupang *et al.*, 2017).

Pengelolaan Organisme Pengganggu Tanaman

Salah satu masalah yang dapat mengurangi hasil tanaman adalah adanya gangguan dari organisme pengganggu tanaman (OPT). OPT dapat dipilah menjadi 3 kelompok, yakni kelompok hama, kelompok penyakit tanaman dan kelompok tumbuhan pengganggu atau gulma (Thamrin *et al.*, 2014; Simatupang *et al.*, 2015). Ketiga kelompok OPT ini berbeda caranya dalam mengganggu sehingga mengurangi hasil tanaman, antara lain kelompok hama mengganggu atau menyerang tanaman dari luar, penyakit tanaman mengganggu dan menyerang tanaman secara fisiologis sedangkan gulma mengganggu dan menyerang tanaman dengan cara bersaing terhadap keperluan unsur hara untuk mendukung pertumbuhannya masing-masing.

Hama dan penyakit

Jenis hama utama yang menjadi masalah pada budidaya padi di lahan rawa pasang surut adalah tikus, penggerek batang, wereng coklat, walang sangit dan penyakit utama adalah blas dan tungro. Pada keadaan tertentu jenis hama pelipat daun dan penyakit bercak coklat, bercak coklat bergaris, hawar daun bakteri dan busuk pelepah daun bisa munsul dan menjadi masalah pada tanaman padi (Thamrin *et al.*, 2014). Pengendalian hama pada tanaman padi terutama hama tikus sangat sulit dilakukan, namun dengan beberapa cara hama tikus dapat dikendalikan,

yakni: *trap barrier system*, sanitasi lingkungan, tanam serentak, predator, fumigasi, perangkap bambu, rodentisida nabati dan sintetik. Untuk jenis hama lainnya, pengendaliannya menggunakan konsep PHT, dengan cara-cara ini kerusakan tanaman dapat diminimalkan kehilangan hasil karena lebih terkendali (Thamrin *et al.*, 2014; Thamrin *et al.*, 2015).

Tumbuhan pengganggu

Akibat persaingan dengan gulma dapat menurunkan hasil padi sampai 72,4% apabila pertumbuhan gulma tidak dikendalikan atau penutupan gulma sudah mencapai di atas 50%. Oleh karena itu gulma yang tumbuh di areal pertanaman padi perlu dikendalikan secara baik, tepat dan benar sehingga dapat memberikan hasil tanaman yang maksimal. Pengendalian gulma dilakukan dengan dua cara, yakni cara manual sebanyak dua kali (3-4 dan 6-8 minggu setelah tanam) atau kalau gulma sudah menutupi areal sekitar 15-25% sudah perlu dikendalikan (Simatupang 2007b). Cara ke dua adalah dengan cara kimia menggunakan herbisida. Banyak jenis herbisida yang diproduksi dan diperdagangkan untuk mengendalikan gulma padi sawah, namun yang dianjurkan untuk digunakan di lahan rawa pasang surut adalah jenis herbisida bersifat sistemik berbahan aktif 2,4-D Amina (Saragih *et al.*, 2000; Simatupang *et al.*, 2015).

DUKUNGAN KEBIJAKAN

Kebijakan pembangunan pertanian, adalah serangkaian tindakan yang telah, sedang dan akan dilaksanakan oleh pemerintah untuk mencapai tujuan di bidang pertanian, antara lain: memajukan sektor pertanian, mengusahakan agar pertanian menjadi lebih produktif, produksi dan efisiensi produksi meningkat sehingga tingkat kehidupan dan kesejahteraan petani meningkat (Suswono 2014). Melalui program-program yang sudah digaungkan dan dilaksanakan dalam pembangunan pertanian seperti program P2BN dan UPSUS Pajale, produksi pangan nasional meningkat dan saat ini sudah surplus produksi beras. Keberhasilan ini semuanya karena upaya keras pemerintah agar produksi pangan meningkat dan swasembada pangan tercapai. Produksi pangan nasional tahun 2020 sebesar 55,16 juta ton gabah kering giling (GKG) atau setara 31,63 juta ton beras, proyeksi tersebut naik sebanyak 556,51 ribu ton atau 1,02 % dibandingkan produksi di 2019.

Kebijakan Pemerintah disektor pertanian tetap melakukan pembangunan supaya tercapai cita-cita Indonesia menjadi lumbung pangan dunia (LPD) pada tahun 2015 (Kementan 2016). Untuk tujuan ini tentunya diperlukan usaha keras dan program yang strategis untuk memberdayakan semua sumberdaya, baik sumberdaya manusia (SDM) maupun sumberdaya lahan (SDL). Pemanfaatan lahan rawa pasang surut untuk mendukung program pembangunan Kementerian Pertanian adalah merupakan langkah yang sangat strategis karena potensi lahan ini

sangat luas, yakni mencapai 9,54 juta ha dan sangat prospektif dalam pembangunan pertanian (Nursyamsi *et al.*, 2014; Nursyamsi & Noor 2014; Subagyo *et al.*, 2015).

Untuk dapat dicapainya pengembangan pertanian di lahan rawa pasang surut secara maksimal tentunya perlu didukung oleh, antara lain: (1) pembangunan infrastruktur untuk mendukung percepatan pembangunan pertanian, (2) dukungan kebijakan secara politik yang dapat mendorong dan mengarahkan pembangunan pertanian difokuskan ke arah lahan rawa pasang surut, dan (3) dukungan dana yang memadai agar pembangunan pertanian yang dilaksanakan dapat berjalan dengan baik dan sukses. Kebijakan Kementerian Pertanian melalui Permentan dalam SK.40.1/Permentan/RC.010/10/2018 dengan digaungkannya program #Serasi, yakni Selamatkan Rawa Sejahterakan Petani, merupakan langkah strategis dalam upaya meningkatkan produksi pangan nasional, pendapatan dan kesejahteraan petani. Lebih lanjut ditekankan bahwa pengembangan lahan rawa harus disinergiskan antara program pemerintah Pusat dan Daerah agar program #Serasi tersebut dapat diimplementasikan secara baik dan hasilnya maksimal.

PENUTUP

Lahan rawa pasang surut merupakan lahan sub-optimal lahan atau yang kurang produktif, namun lahan rawa ini memiliki potensi dan prospektif untuk pengembangan pertanian untuk mendukung peningkatan produksi pangan nasional. Memang sumbangan produksi dari lahan rawa pasang surut masih rendah, tetapi dengan menerapkan inovasi teknologi secara tepat, holistik dan sinergis produktivitas lahan rawa pasang surut dapat ditingkatkan sehingga sumbangannya terhadap produksi nasional meningkat, hasil analisis dapat mencapai 8,55 juta ton GKG/tahun.

Upaya untuk meningkatkan produktivitas lahan rawa pasang surut, ada lima komponen teknologi sebagai inovasi teknologi, antara lain: (1) Pengelolaan Air, (2) Pengelolaan Lahan, (3) Ameliorasi Tanah dan Pemupukan Berimbang, (4) Penggunaan Varietas Unggul Baru dan (5) Pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman (OPT), yang disebut Panca Kelola. Ke lima inovasi teknologi tersebut saling terkait sehingga penerapannya harus dilakukan secara sinergis dan holistik.

Kebijakan merupakan alat yang sangat strategis untuk mendorong pelaksanaan pembangunan pertanian, khususnya di lahan rawa pasang surut. Oleh karena itu, dukungan kebijakan dari pemerintah Pusat dan Daerah berupa penyediaan sarana dan prasarana (infrastruktur) serta bantuan sarana produksi akan mempercepat pelaksanaan pembangunan pertanian di lahan rawa pasang surut. Aspek sosial merupakan salah satu masalah pada sistem usahatani. Kebijakan melakukan rekayasa sosial seperti membangun kelembagaan desa yang efektif, efisien dan produktif akan mendorong percepatan dalam rangka tercapainya menuju Indonesia menjadi lumbung pangan dunia pada tahun 2045.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa dan Kepala Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian atas dukungan penyusunan naskah ini. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada teman-teman sejawat peneliti khususnya peneliti Kelti Pengelolaan Hara dan Tanaman Balittra yang telah membantu memberikan data dan informasi serta tambahan literatur. Terima kasih juga disampaikan kepada Tim Penyunting dan Redaksi Pelaksana atas kerja kerasnya. Dalam naskah ini Raylander Smith Simatupang adalah sebagai kontributor utama, Eva Berlian Elisabeth Pengaribuan dan Eni Maftu'ah sebagai Kontributor anggota.

DAFTAR PUSTAKA

- Alihamsyah, T., Sarwani, M., dan Ar-Riza, I. 2003. Lahan pasang surut sebagai sumber pertumbuhan produksi padi masa depan. Hlm. 263-288. *Dalam* Suprihatno, B., Makarim, A.K., Widiarta, I.N, Hermanto, dan Yahya, A.S. (Eds.): Kebijakan Perberasan dan Inovasi Teknologi Padi. Buku 2. Dalam rangka PPN di Balai Penelitian Padi Sukamandi. Puslittbangtan. Badan Litbang Pertanian. Sukamandi.
- Alihamsyah, T. dan Noor, M. 2003. Lahan Rawa Pasang Surut Mendukung Ketahanan Pangan dan Sumber Pertumbuhan Agribisnis. Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa. Puslittanak, Badan Litbang Pertanian. 53 hlm.
- Alwi, M., Fahmi, A., dan Raihana, Y. 2014. Inovasi teknologi ameliorasi dan pemupukan padi lahan rawa pasang surut. Hlm. 133-154. *Dalam* Nursyamsi, D., Noor, M., Khairullah, I., Husen, E., Subagyo, H., Sabiham, S., Agus, F., dan Las, I. (Eds.): Teknologi Inovasi Lahan Rawa Pasang Surut Mendukung Kedaulatan Pangan Nasional. Badan Litbang, Kementerian Pertanian. Jakarta.
- Alwi, M. dan Fahmi, A. 2016. Decision support system (DSS) padi lahan rawa. Bahan Seminar Nasional disampaikan di BPTK Kalimantan Selatan, Banjarbaru. 10 hlm.
- Alwi, M. dan Hairani, A. 2018. Keracunan Al dan Fe pada tanaman padi di lahan rawa pasang surut sulfat masam dan upaya penanggulangnya. Hlm:13-35. *Dalam* Masganti *et al.* (Eds.): Inovasi Teknologi Lahan Rawa Mendukung Kedaulatan Pangan. Rajawali Press, Depok.
- Ananto, E.E., Supriyo, A., Soentoro, Hermanto, Soeleman, Y., Suastika, I.W., dan Nuryanto, B. 2000. Pengembangan Usaha Pertanian Lahan Pasang Surut Sematera Selatan. Mendukung Ketahanan Pangan dan Pengembangan Agribisnis. P2SLPS2. Badang Litbang, Kementerian Pertanian.
- Ar-Riza, I. dan Saragih, S. 2000. Pengaruh sistem penyiapan lahan dan pengaturan air terhadap pertumbuhan dan nhasil padi di lahan potensial bergambut.

- Dalam* Ar-Riza I., Mukhlis, dan Simatupang, S. (Eds.): Prosiding Seminar Nasional Budidaya Pertanian Olah Tanah Konservasi VII. Forum Olah Tanah Konservasi (F-OTK), Himpunan Ilmu Gulma Indonesia (HIGI), Balittan. Banjarbaru. Hlm. 170-176.
- Aribawa, I.B. 2002. Pengaruh kapur dan bokashi purun tikus terhadap tampilan tanaman padi dan perubahan beberapa sifat kimia tanah sulfat masam, Thesis Pasca Sarjana Program Studi Agronomi, Unlam, Banjarbaru.
- Balitbangtan. 2011. State of The Art & Grand Design Pengembangan Lahan Rawa. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian. 44 hlm.
- BBSDLP. 2016. Peta Arahan Penggunaan Lahan. Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor. 116 hlm.
- BPS (Badan Pusat Statistik). 2020. Stok beras nasional. Badan Pusat Statistik, Jakarta <https://money.kompas.com/read/2020/05/03/135256726/bpsjelaskan-soal-stok-beras?page=all>), Diunggah tanggal 12 Juni 2021.
- Fahmi, A., Ramadhani, F., dan Alwi, M. 2015. Desicion support system pemupukan padi lahan rawa pasang surut. *Dalam* Rejekiningrum P, Tafakresnanto C, Suryani E, Khairullah I, Wihardjaka A, Widowati LR, Suastika IW. (Eds.): Prosiding Seminar Nasional Sistem Informasi dan Pemetaan Sumberdaya Lahan Mendukung Swasembada Pangan. BBSDLP, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian. Bogor. Hlm. 21-30.
- Fahmi, A., dan Khairullah, I. 2018. Ameliorasi tanah sulfat masam untuk budidaya padi. Hlm. 36-59. *Dalam* Masganti *et al.* (Eds.): Inovasi Teknologi Lahan Rawa Mendukung Kedaulatan Pangan. IAARD Press. Jakarta.
- Jayani, D.H. 2019. Jumlah Penduduk Indonesia 269 Juta Jiwa, Terbesar Keempat. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2019/04/29/jumlah-penduduk-indonesia>. Diunduh 13 Agustus 2019.
- Kementan. 2016. Sukses Swasembada: Indonesia Menjadi Lumbung Pangan Dunia 2045. IAARD Press. Jakarta. 272 Hlm.
- Koesrini, William, E., dan Khairullah, I. 2014. Varietas padi adaptif lahan rawa pasang surut. Hlm. 97-118. *Dalam* Nursyamsi, D., Noor, M., Khairullah, I., Husen, E., Subagyo, H., Sabiham, S., Agus, F., dan Las, I. (Eds.): Teknologi Inovasi Lahan Rawa Pasang Surut Mendukung Kedaulatan Pangan Nasional. Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian. Jakarta.
- Maas, A. 2013. Peluang dan konsekwensi pemanfaatan lahan gambut masa mendatang. *Dalam* Noor M, Alwi M, Mukhlis, Nursyamsi D, Thamrin M. (Eds.): Lahan Gambut: Pemanfaatan dan Pengembangannya untuk Pertanian. Penerbit Kanisius, Yogyakarta
- Nazemi, D., Saragih, S., Annisa, W., dan Mukhlis. 2007. Pengelolaan bahan organik *in-situ* pada penyiapan lahan sistem tepuli kampar untuk mendukung pertanian ramah lingkungan di lahan sulfat masam. *Dalam* Rostini, N., Nurmali

- T., Kurniawan, A., Nuraini, A., Amien, S., Ruswandi, D., dan Qosim, W.A. (Eds.): Prosiding Simposium, Seminar Nasional dan Kongres IX Perhimpunan Agronomi Indonesia. PERAGI, Fakultas Pertanian Univ. Padjadjaran, Bandung, 15-17 Nopember 2007. Hlm. 446-449.
- Nazemi, D., Hairani, H., dan Indrayati. 2012. Prospek pengembangan penantaan lahan sistem surjan di lahan rawa pasang surut. *Agovigor, Jurnal Agroteknologi*, 5(2): 113-118
- Noorginayuwati dan Rina, Y. 2003. Aspek sosial ekonomi petani di lahan sulfat masam. Hlm.120-136. *Dalam Ar-Riza et al. (Eds.): Prosiding Seminar Hasil-Hasil Penelitian dan Pengkajian Teknologi Pertanian Di Lahan Pasang Surut*. Kuala Kapuas. Puslitbang Sosial Ekonomi Pertanian. Badan Litbang Pertanian.
- Noor, M. 2004. Lahan Rawa: Sifat dan Pengelolaan Tanah Bermasalah Sulfat Masam. Penerbit PT Raja Grafindo Persada. Jakarta
- Noor, M. 2010. Lahan Gambut Pengembangan, Konservasi, dan Perubahan Iklim. Gajah Mada University Press. Jogjakarta. 212 hlm.
- Noor, M. 2013. Pengelolaan air di lahan rawa. Bahan Diklat Teknis Agribisnis Padi di Lahan Sub Optimal dan Irigasi Teknis Angkatan I Aparatur. Balai Besar Pelatihan Pertanian Binuang. Tanggal, 22 s/d 28 Maret 2013. 35 hlm.
- Noor, M. 2014. Teknologi pengelolaan air menunjang optimalisasi lahan dan intensifikasi pertanian di lahan rawa pasang surut. *Pengembangan Inovasi Pertanian*, 7(2): 95-104. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Jakarta.
- Nursyamsi, D. dan Noor, M. 2014. Prospek dan strategis pengembangan padi rawa pasang surut. Hlm. 1-22. *Dalam Nursyamsi, D., Noor, M., Khairullah, I., Husen, E., Subagio, H., Sabiham, S., Agus, F., Las, I. (Eds.): Teknologi Inovasi Lahan Rawa Pasang Surut Mendukung Kedaulatan Pangan Nasional*. Badan Litbang, Kementerian Pertanian. Jakarta.
- Nursyamsi, D., Raihan, S., Noor, M., Anwar, K., Alwi, M., Maftuah, E., Khairullah, I., Ar-Riza, I., Simatupang, R.S., Noorginayuwati, dan Rina, Y. 2014a. Buku Pedoman Pengelolaan Lahan Sulfat Masam untuk Pertanian Berkelanjutan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian. IAARD Press. Jakarta. 58 hlm.
- Nursyamsi, D., Raihan, S., Noor, M., Anwar, K., Alwi, M., Maftuah, E., Khairullah, I., Ar-Riza, I., Simatupang, R.S., Noorginayuwati, dan Fahmi, A. 2014b. Buku Pedoman Pengelolaan Lahan Gambut untuk Pertanian Berkelanjutan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian. IAARD Press. Jakarta. 68 hlm.
- Ritung, S., Wahyunto, Nugroho, K., Sukarman, Hikmatullah, Suparto, dan Tafakresnanto, C. 2015. Sumberdaya Lahan Pertanian Indonesia: Luas,

Penyebaran dan Potensi Ketersediaan. Indonesian Agency for Agricultural Research and Development (IAARD) Press. 100 hlm.

Subagio, H., Noor, M., Yusuf, W.A., dan Khairullah, I. 2016. Perspektif Pertanian Lahan Rawa: Mendukung Kedaulatan Pangan. AARD Press. Jakarta/Bogor. 108 hlm.

Subagyo, H. 2006. Lahan rawa pasang surut. Hlm. 23-88. *Dalam* Suriadikarta DA, Kurnia U, Mamat HS, Hartatik W, Setyorini D. (Eds.): Karakteristik dan Pengelolaan Rawa. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Litbang Pertanian, Departemen Pertanian.

Saragih, E.S., Sutanto, R., dan Lamid, Z. 2000. Herbisida sebagai komponen dalam mendukung keberhasilan olah tanah konservasi. Hlm. 25-36. *Dalam* Ar-Riza I, Mukhlis, Simatupang RS (Eds.): Prosiding Seminar Nasional Budidaya Pertanian Olah Tanah Konservasi VII F-OTK-HIGI. 23-24 Agustus. Banjarbaru.

Saleh, M., Koesrini, Rina, Y., Nurzakiah, S., dan Thamrin, M. 2016. Analisis kesesuaian varietas Inpara terhadap kondisi biofisik lahan dan preferensi petani di lahan rawa pasang surut. Laporan Hasil Kegiatan (RDHP) Tahun 2016. Balittra, BBSDLP, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian. Banjarbaru. 25 hlm.

Simatupang, R.S. 2006. Pemanfaatan kompos gulma untuk meningkatkan produksi padi di lahan rawa pasang surut sulfat masam. Hlm. 31-39. *Dalam* Posiding Seminar Nasional PERAGI, Faperta UGM, Komda DIY, Yogyakarta.

Simatupang, R.S. 2007a. Teknologi olah tanah konservasi mengendalikan keracunan besi pada padi sawah pasang surut di lahan sulfat masam. Hlm.53-64. *Dalam* Subardja, D.S., Saraswati, R., Mamat, H.S., Setyanto, P., Setyorini, D., Wahyunto, Noor, Irawan, dan Husen, E. (Eds.): Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya Lahan dan Lingkungan Pertanian. BB Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Litbang Pertanian, Departemen Pertanian. Bogor.

Simatupang, R.S. 2007b. Masalah gulma dan cara pengelolaannya untuk meningkatkan produksi padi di lahan rawa pasang surut. Hlm. 277-290 *Dalam* Mukhlis, Noor, M., Supriyo, A., Noor, I., dan Simatupang, R.S. (Eds.): Prosiding Semnas Pertanian Lahan Rawa Revitalisasi Kawasan PLG dan Lahan Rawa Lainnya untuk Membangun Lumbung Pangan Nasional. Badan Litbang Pertanian, Pemkab Kapuas Kalteng.

Simatupang, R.S. dan Indrayati, L. 2007. Biomassa gulma sebagai bahan amelioran dan sumber unsur hara untuk meningkatkan produktivitas lahan rawa pasang surut. *Dalam* Prosiding Seminar Nasional HGI. Pemprov. Kaltim-Fakultas Pertanian Unmul-Samarinda. Tgl. 5-6 Desember 2007.

Simatupang, R.S., dan Nurita. 2010. Teknologi olah tanah konservasi dan implementasinya dalam peningkatan produksi padi di lahan rawa pasang surut. Hlm. 863-876. *Dalam* Abdulrachman *et al.* (Eds.): Buku 2. Prosiding

Seminar Nasional Hasil Penelitian Padi. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, Badan Litbang Pertanian, Kementan.

- Simatupang, R.S. dan Nurita. 2013. Conservation tillage at rice culture in acid sulphate soil. p. 287-298. *In* Husen, E., Nursyamsi, D., Moor, M., Fahmi, A., Irawan, dan Wigena I.G.P. (Eds.): Proceeding Intenational Worshop on Sustainable Management of Lowland for Rice Production. IAARD Press. Ministry of Agriculture.
- Simatupang, R.S., Nurita, dan Nazemi D. 2014. Inovasi teknologi penataan dan penyiapan lahan rawa pasang surut. Hlm. 49-72. *Dalam* Nursyamsi D, Noor M, Khairullah I, Husen E, Subagio H, Sabiham S, Agus F, Las I (Eds.): Teknologi Inovasi Lahan Rawa Pasang Surut Mendukung Kedaulatan Pangan Nasional. Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian. Jakarta.
- Simatupang, R.S., Subagio, H., Indrayati, L., dan Nurita. 2015. Gulma pasang surut: keragaman, dominasi, pengendalian, pengelolaan dan pemanfaatannya. Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian. IAARD Press Jakarta, Dicitak Oleh Gadjah Mada University Press, Yogyakarta. 223 hlm.
- Simatupang, R.S., Susanti, M.A., dan Nurita. 2017. Budidaya tanaman pangan di lahan rawa pasang surut. Hlm. 311-344. *Dalam* Masganti, Noor, M., Alwi, M., Subagio, H., Simatupang, R.S., Maftuah, E., Fahmi, A., Susanti, M.A., Thamrin, M., dan Sosiawan, H. Agroekologi Rawa. IAARD Press PT. Rajagrafindo Persada Depok.
- Simatupang, R.S. dan Noor, M. 2017. Inovasi teknologi lahan rawa: kebutuhan dan peran masa depan. Hal.1-9. *Dalam* Masganti, Noor, M., Alwi, M., Subagio, H., Simatupang, R.S., Maftuah, E., Fahmi, A., Susanti, M.A., Thamrin, M., dan Sosiawan, H. (Eds.): Agroekologi Rawa. IAARD Press PT. Rajagrafindo Persada Depok.
- Subagio, H., Noor, M., Yusuf, W.A., dan Khairullah, I. 2015. Perspektif Pertanian Lahan Rawa Mendukung Kedaulatan Pangan, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian. IAARD Press, Jakarta. Dicitak oleh Gadjah Mada University Press Yokyakarta. 108 hlm.
- Subagyo, H. 2006. Lahan rawa pasang surut. Hlm. 23-88. *Dalam* Suriadikarta, D.A., Kurnia, U., Mamat, H.S., Hartatik, W., dan Setyorini, D. (Eds.): Karakteristik dan pengelolaan rawa. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Litbang Pertanian, Departemen Pertanian.
- Susilawati, A., Anwar, K., dan Noor, M. 2014. Inovasi teknologi pengelolaan air pada budidaya padi di lahan rawa pasang surut. Hlm. 73-96. *Dalam* Nursyamsi, D., Noor, M., Khairullah, I., Husen, E., Subagio, H., Sabiham, S., Agus, F., dan Las, I. (Eds.): Teknologi Inovasi Lahan Rawa Pasang Surut Mendukung Kedaulatan Pangan Nasional. Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian. Jakarta.
- Suswono. 2014. Kebijakan pembangunan pertanian untuk mewujudkan kedaulatan pangan dan energi dalam menyongong era Asia. Hlm.1-21. *Dalam*

Hadiwiyono, Adi, Ratriyanto, Mujiyo, Sutrisno, J., Suwanto, dan Praseptianga, D. (Eds.): Prosiding Semnas Pembangunan Pertanian Terpadu Berkelanjutan untuk Mewujudkan Kedaulatan Pangan dan Energi dalam Menyongong Era Asia. Fak. Pertanian Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

Thamrin, M., Asikin, S., dan Nazemi, D. 2014. Inovasi teknologi pengelolaan organisme pengganggu tanaman padi di lahan rawa pasang surut. Hlm. 173-220. *Dalam* Nursyamsi, D., Noor, M., Khairullah, I., Husen, E., Subagio, H., Sabiham, S., Agus, F., dan Las, I. (Eds.): Teknologi Inovasi Lahan Rawa Pasang Surut Mendukung Kedaulatan Pangan Nasional. Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian. Jakarta.

Thamrin, M., Khairullah, I., dan Fahmi, A. 2015. Fluktuasi serangan penggerek batang padi berdasarkan perubahan iklim di lahan rawa Kalimantan. Hlm. 45-54. *Dalam* Rejekiningrum *et al.* (Eds.): Prosiding Seminar Nasional, Sistem Informasi dan Pemetaan Sumberdaya Lahan Mendukung Swasembada Pangan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.

PENGEMBANGAN LAHAN RAWA BERBASIS PENGUATAN SUMBERDAYA EKONOMI MENDUKUNG KESEJAHTERAAN PETANI

Yanti Rina D. dan Muhammad Noor

Pengertian lahan rawa cukup beragam, namun dalam tulisan ini lahan rawa diartikan lahan yang dipengaruhi oleh rezim air baik akibat dari gerakan pasang laut/sungai maupun akibat kiriman banjir dari bagian atas (hulu) ke wilayah bawah (hilir) sehingga menciptakan genangan. Lahan rawa termasuk salah satu tipe lahan basah, termasuk lahan gambut (Mitsch & Gosselink 1993; Clarkson & Peters 2012). Hanya saja dalam konteks pemanfaatan, umumnya lahan basah lebih diarahkan sebagai kawasan lindung atau konservasi. Sementara di Indonesia khususnya dan di kawasan Asia dan Afrika umumnya, sebagian lahan basah seperti lahan rawa banyak dimanfaatkan untuk pengembangan pertanian, perkebunan, peternakan dan perikanan.

Dalam Peraturan Pemerintah (PP) No. 73 Tahun 2013 tentang Rawa disebutkan bahwa rawa adalah wadah air maka kaya dengan sumber air, tergenang secara terus menerus atau musiman, ada endapan tanah mineral atau gambut dan ditempati vegetasi membentuk suatu ekosistem spesifik. Ketentuan ini mengapresiasi hasil kesepakatan dalam pembahasan tentang kriteria rawa oleh Tim Pokja Perencanaan Nasional Pengelolaan Lahan Basah Berkelanjutan yang mensyaratkan disebut lahan rawa apabila terpenuhi empat kriteria berikut yaitu (1) tanah jenuh air sampai tergenang terus menerus atau berkala, (2) topografi bervariasi dari landai, datar sampai cekungan, (3) ada sedimentasi mineral dan/atau gambut, dan (4) vegetasi tumbuh secara alami (Bappenas-Wacklimad 2012).

Berdasarkan hidrotopografi dan rezim air yang mempengaruhinya, maka lahan rawa secara sederhana dibagi dalam tiga kategori, yaitu (1) rawa pantai, (2) rawa pasang surut, dan (3) rawa lebak. Rawa pantai dan pasang surut umumnya ditempatkan satu kelompok karena mempunyai landscape yang sama. Berdasarkan pengaruh gerakan/luapan pasang sungai/laut, maka rawa pasang surut dibedakan antara tipe luapan A, luapan B, luapan C, dan luapan D. Kemudian yang dimaksud dengan rawa lebak yang dipengaruhi oleh curah hujan baik setempat maupun daerah hulunya. Berdasarkan ketinggian air genangan dan lama genangan lahan rawa lebak dibagikan dalam empat tipologi, yaitu (1) lebak dangkal, (2) lebak tengahan, (3) lebak dalam dan (4) lebak sangat dalam. Berdasarkan kendala dan sifat dari tanah penyusunnya, maka lahan rawa dibagi menjadi empat tipologi lahan, yaitu (1) lahan potensial, (2) lahan sulfat masam, (3) lahan gambut, (4) dan lahan salin. Sebagian dari masing-masing tipologi lahan rawa di atas telah dibuka dan

dimanfaatkan untuk pertanian tanaman pangan seiring dengan pelaksanaan program transmigrasi sejak tahun 1970 (Noor 2004; Subagio *et al.*, 2016).

Tulisan ini bertujuan untuk memberikan informasi sumberdaya ekonomi petani lahan rawa, informasi luas dan sebaran lahan rawa, potensi dan peluang produksinya, serta kondisi sumberdaya ekonomi di lahan rawa.

POTENSI DAN KONDISI LAHAN RAWA

Potensi Lahan Rawa

BBSDLP (2014) menyebutkan bahwa lahan rawa di Indonesia sebesar 34,93 juta hektar yang terdiri dari lahan gambut dan mineral. Lahan rawa yang sesuai dengan pertanian sekitar 10,87 juta hektar terdiri atas lahan rawa lebak berkisar 2,34 juta hektar dan pasang surut berkisar 8,54 juta hektar. Menurut luas yang sudah dibuka oleh Kementerian PUPR terdapat sekitar 3,77 juta hektar, sementara yang dibuka atau dimanfaatkan atau dibuka oleh masyarakat secara swadaya sekitar 3,0 juta hektar sehingga terdapat sekitar 6,77 juta hektar lahan rawa yang dapat dimanfaatkan (Sulaiman *et al.*, 2018). Lahan rawa yang dibuka tidak seluruhnya ditanami dan yang ditanami juga tidak hanya padi, sebagian tanaman sayuran, perkebunan, dan sebagian ditumbuhi semak belukar.

Kontribusi lahan rawa terhadap produksi padi secara Nasional masih rendah, hal ini karena produktivitas yang dihasilkan masih rendah, sedangkan intensitas tanam (IP) umumnya satu kali setahun atau IP-100 (Rina dan Subagio 2016). Diperkirakan dari lahan rawa yang disawahkan seluas 1,05 juta hektar dengan IP-100 (90%) dan produktivitas 4-5 t GKG/ha, maka sumbangan lahan rawa terhadap produktivitas padi baru mencapai 4-5 juta t GKG/tahun (Sulaiman *et al.*, 2018).

Kondisi Pertanian Lahan Rawa

Berangkat dari kondisi lahan rawa yang belum optimal karena dihadapkan tidak saja pada masalah biofisik lahan seperti tingkat kesuburan rendah, infrastruktur yang belum memadai, juga masalah sosial ekonomi seperti penguasaan teknologi oleh petani yang masih rendah, keterbatasan modal, kelembagaan petani dan penunjang belum berkembang dan belum optimal (Arsyad *et al.*, 2014) sehingga diperlukan optimasi atau optimalisasi untuk mewujudkan rawa sebagai lumbung pangan dan mendukung tercapainya Indonesia sebagai Lumbung Pangan Dunia pada tahun 2045.

Lebih jauh Pasandaran *et al.* (1991) menyebutkan bahwa produktivitas yang rendah pada pemanfaatan lahan marjinal (baca: lahan rawa) antara lain disebabkan

antara lain (1) motivasi usahatani yang bersifat subsisten, (2) ketidak sesuaian antara ketersediaan modal dan tenaga kerja dengan luas garapan, serta (3) keterbatasan kapasitas dalam menghadapi risiko akibat ketidakpastian iklim. Sementara menurut Kartasasmita (1996) terdapat empat faktor penyebab kemiskinan pada masyarakat yaitu: (a) rendahnya tingkat pendidikan, (b) rendahnya taraf kesehatan, (c) terbatasnya tenaga kerja dan (d) kondisi keterisolasian. Dengan demikian maka permasalahan lahan rawa meliputi oleh tiga faktor yang perlu diperbaiki, yaitu (1) sumberdaya manusia, (2) sumberdaya alam, dan (3) inovasi teknologi dalam peningkatan produksi tanaman yang dibudidayakan. Jika kondisi faktor di atas terpenuhi maka dengan beberapa langkah dan aksi perbaikan dari sumberdaya ekonomi di atas, kemiskinan di lahan rawa dapat dihilangkan.

Beberapa hal yang ditemukan di lahan rawa terkait dengan usahatani, khususnya tanaman pangan yang perlu dimantapkan adalah produktivitas lahan yang masih rendah sehingga kontribusi pangsa padi dari lahan rawa terhadap produksi beras Nasional masih rendah. Selain itu, permasalahan lainnya adalah sistem kelembagaan terkait penyimpanan panen, Umumnya hasil panen langsung dijual, hanya sebatas untuk konsumsi yang ditinggal karena petani belum memiliki tempat penyimpanan hasil yang memadai. Oleh karena itu harga yang diterima petani rendah. Keuntungan lebih banyak diperoleh pedagang daripada petani sebagai produsen.

Sumberdaya Ekonomi Petani Lahan Rawa

Sumberdaya ekonomi petani lahan rawa meliputi : (1) pemilikan lahan, (2) ketersediaan modal, (3) tenaga kerja, (4) teknologi dan sarana produksi, (5) pendapatan petani, dan (6) manajemen. Keenam sumberdaya ekonomi petani tersebut di atas sangat penting dan semestinya terpenuhi secara keseluruhan untuk peningkatan produksi di lahan rawa dan pada gilirannya peningkatan pendapatan dan pada akhirnya dapat memperbaiki kesejahteraan petani.

Menjadikan lahan rawa sebagai lumbung pangan nasional memiliki peluang karena dengan implementasi teknologi yang telah dihasilkan Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (Balitbangtan) dapat menghasilkan padi dengan produktivitas rata-rata 4-5 t GKG/ha (Noor 2014) bahkan di Sumatera dapat mencapai antara 7,1-8,7 t GKG/ha (Raharjo *et al.*, 2013). Teknologi tersebut meliputi pengelolaan air (tata air mikro), penataan lahan (sistem surjan), ameliorasi, pemupukan, penggunaan varietas baru yang adaptif, dan pengendalian hama dan penyakit tanaman (HPT). Namun implementasi oleh petani belum dapat menerapkan sepenuhnya karena banyak faktor yang dipertimbangkan petani untuk memutuskan menerima atau menolak teknologi yang dianjurkan. Hal ini karena

banyak faktor yang menjadi kendala yaitu selain faktor faktor ciri pribadi petani, faktor kondisi usahatani, faktor informasi teknologi dan faktor luar usahatani.

Menurut De Boef *et al.* dalam Sunaryo & Joshi (2003) bahwa gagalnya adopsi inovasi pada masyarakat terjadi bukan karena sumberdaya manusia yang lemah atau rancang bangun teknologi yang sukar tetap disebabkan teknologi dan inovasi yang diberikan kepada masyarakat tidak sesuai dengan kondisi sosial, ekonomi dan budaya dari masyarakat. Sedangkan menurut Rina (2012) bahwa teknologi belum diadopsi karena : (1) urgensi teknologi terhadap kebutuhan petani, (2) peluang keberhasilan panen, (3) permodalan petani, (4) kecukupan tenaga kerja, (5) kualitas kelembagaan pelayanan pertanian (Kelompok Tani, KUD, Penyuluhan dan Pemasaran), (6) kemudahan memperoleh input, (7) dukungan dan perhatian pejabat pemerintah daerah setempat, dan (8) sistem pemasaran hasil belum efisien. Faktor-faktor tersebut merupakan sumberdaya ekonomi masyarakat yang harus diperkuat agar petani dapat menerapkan teknologi yang dianjurkan.

Salah satu program pemerintah untuk meningkatkan produksi padi di lahan rawa, sejak tahun 2018 telah diinisiasi adanya Program Serasi yang mengacu pada Surat Keputusan Menteri Pertanian (Permentan) No 40.1/Permentan/ RC.010/ 10/2018 tentang Pedoman Program Selamatkan Rawa Sejahterakan Petani Berbasis Pertanian Tahun 2019. Tujuan Program Serasi di atas adalah peningkatan produksi, produktivitas, pendapatan petani, yang dilakukan melalui program pengembangan pertanian di lahan rawa pasang surut dan lebak dengan tetap memperhatikan fungsi pelestarian lingkungan. Dalam mendukung Program Serasi ini agar dicapai hasil yang baik, maka perhatian terhadap sumberdaya ekonomi petani diperlukan bahkan penting untuk diperkuat yang meliputi antara lain pemilikan lahan, pemilikan modal, ketersediaan tenaga kerja, ketersediaan teknologi dan sarana produksi, pendapatan petani dan sistem manajemen.

KONDISI SUMBERDAYA EKONOMI LAHAN RAWA

Lahan

Lahan usaha merupakan faktor yang sangat dibutuhkan bagi peningkatan kesejahteraan ekonomi masyarakat. Lahan juga merupakan indikator ekonomi dan salah satu faktor produksi dan memiliki kedudukan penting terkait dengan kepemilikan dan pemanfaatannya untuk melakukan proses produksi. Secara ekonomi, lahan mempunyai tingkat produktivitas yang berbeda antara satu tipologi dengan tipologi lainnya. Secara hukum, terkait dengan status kepemilikan dapat mempengaruhi nilai dan harga sehingga penggunaan dan penghasilan dari faktor produksi ini dapat berbeda akibat berbeda status kepemilikannya.

Permasalahan lahan saat ini antara lain konversi lahan, kepemilikan lahan kurang luas sehingga tidak menjadi efisien dalam penggarapannya dan terjadinya degradasi lahan atau menurunnya tingkat kesuburan yang akan menurunkan produksi pertanian. Konversi lahan merupakan masalah serius terhadap ketahanan pangan nasional. Alih fungsi lahan memberikan dampak negatif terhadap berbagai aspek pembangunan, seperti konversi lahan menyebabkan terganggunya ketahanan pangan yang merupakan tujuan pembangunan Nasional (Irawan 2015). Konversi lahan akan mengurangi luas lahan garapan petani yang pada gilirannya akan berdampak pada kesejahteraan petani. Menurut Wahed (2015), luas lahan garapan sangat berpengaruh secara nyata terhadap kesejahteraan petani padi dan menunjukkan adanya korelasi yang positif.

Melihat pada kenyataan bahwa pemilikan lahan di Jawa semakin sempit, maka untuk mempertahankan swasembada pangan, pemerintah mulai melirik lahan marginal seperti lahan rawa. Luas lahan rawa yang cocok untuk pertanian sekitar 10,87 juta hektar, tetapi yang baru dikembangkan atau dibuka oleh pemerintah sekitar 2,83 juta hektar lahan rawa pasang surut dan 0,96 juta hektar lahan rawa lebak. Selain itu terdapat sekitar 3,797 juta hektar lahan rawa yang dibuka oleh masyarakat secara swadaya.

Kepemilikan lahan oleh petani ada yang berasal dari warisan dari orang tua, hasil membuka sendiri dan mendapat jatah sebagai transmigran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa luas pemilikan lahan di lahan rawa pasang surut seluas 2,31 ha/KK dan mampu digarap oleh petani rata-rata hanya sekitar 1,78 ha/KK (77%), sementara di lahan rawa lebak luas pemilikan rata-rata 0,86 ha/KK dan mampu digarap rata-rata sekitar 0,76 ha/KK (88%) (Rina *et al.*, 2014; Noorginayuwati dan Anwar 2015).

Lahan rawa dibandingkan lahan lainnya memiliki nilai ekonomis lebih rendah, hal ini disebabkan sifat fisik lahan yang dimiliki seperti pH rendah, lapisan pirit, kahat hara dan sebagainya sehingga memerlukan teknologi pengelolaan dan input yang tinggi. Produktivitas padi unggul berkisar 2,5 – 5,0 ton/ha, sedangkan padi lokal 2,0-3,5 ton/ha. Produksi yang dicapai tergantung teknologi budidaya yang diterapkan petani. Menurut Hernanto 1988 dalam Rina dan Subagio 2016) bahwa harga tanah semakin tinggi bilamana memiliki : (a) kemampuan tanah untuk ditanami dengan berbagai jenis tanaman, makin banyak tanaman makin baik, (b) kemampuan untuk memproduksi, makin tinggi produksi persatuan luas makin baik, dan (c) kemampuan untuk memproduksi secara lestari. Berdasarkan status kepemilikan tanah dapat dibedakan antara (1) hak milik, (2) sewa, (3) sakap/pinjam pakai, (4) gadai, dan (5) pinjaman.

Status kepemilikan lahan berkaitan dengan penggunaan lahan. Petani sebagai pemilik lahan akan lebih leluasa menentukan penggunaan lahan dibandingkan petani hanya sebagai penggarap. Oleh karena itu program pemerintah

yang digulir harus memperhatikan bukan saja kepada petani pemilik penggarap tetapi juga petani penyakap atau petani penyewa lahan. Program SERASI yang merupakan kependekan dari "Selamatkan Rawa Sejahterakan Petani". Program ini berpedoman kepada Permentan No 40.1/Permentan/RC.010/10/2018 tentang Pedoman Program Selamatkan Rawa Sejahterakan Petani Berbasis Pertanian Tahun 2019. Program ini dilatarbelakangi oleh tujuan untuk peningkatan produksi, produktivitas, pendapatan petani yang dilakukan melalui program pengembangan lahan rawa dengan tetap memperhatikan kelestarian lingkungan.

Modal

Ketersediaan modal petani bersumber dari usahatani yaitu berasal dari kelebihan hasil penjualan, tabungan dan kekayaan petani sendiri. Sedangkan dari luar usahatani dari kredit formal dan non formal. Kredit formal diperoleh dari pinjaman kredit dari bank, sedangkan kredit non formal biasanya perorangan pemberi kredit mempunyai hubungan kerja dengan petani peminjam (tuan tanah, pedagang dan sebagainya). Ciri-ciri kredit non formal: tidak terikat waktu, tidak rumit, jaminan bebas, tidak ada plafon, tidak ada administrasi, saling percaya. Namun demikian kemudahan ini dibayar petani dengan beban bunga yang tinggi. Sedangkan kredit formal kurang fleksibel, prosedur pengajuan kredit lebih sulit, dan perlu waktu relatif lama. Kenyataan yang terjadi petani meminjam pupuk ke pedagang saprodi dengan harga saat itu, kemudian dibayar dalam bentuk gabah dengan harga pada saat panen.

Modal petani di lahan rawa pasang surut diperoleh umumnya dari penerimaan petani selama setahun kemudian dikurangi pengeluaran petani. Hasil penelitian menunjukkan bahwa besarnya modal petani di lahan rawa pasang surut sebesar Rp 1.025.920/KK/tahun dan di lahan rawa lebak Rp 932.769,5/KK/tahun (Rina 2015; Noorginayuwati dan Anwar 2015). Hal ini menunjukkan bahwa petani lahan rawa memiliki modal yang rendah, karena dengan modal yang dimiliki belum dapat membiayai kebutuhan sarana produksi (benih, pupuk dan obat-obatan) usahatani padi lokal di lahan rawa pasang surut Rp1.284.473,0/ha, sedang di lahan rawa lebak untuk biaya sarana produksi padi unggul Rp1.661.045,-/ha (Rina & Rafieq 2016). Demikian juga kondisi petani lahan lebak Provinsi Sumatera Selatan, bahwa peran dan kelembagaan permodalan belum berjalan dengan baik. Permodalan petani masih sangat lemah, kenyataan di lapangan sudah begitu banyak bantuan permodalan bagi petani mulai bantuan bersumber APBN/APBD atau bantuan semi komersial dari kerjasama dengan pihak asing untuk penguatan modal petani seperti Kredit Usahatani (KUT), Kredit Ketahanan Pangan (KKP), program Penguatan Modal Usaha Kelompok (PMUK) (Yunita *et al.*, 2014). Namun semua layanan modal tersebut tidak sepenuhnya dapat dinikmati oleh petani, karena persyaratan yang terlalu rumit seperti jaminan, birokrasi yang terlalu panjang sehingga proses pencairan menjadi lama. Oleh karena itu petani lebih memilih

meminjam uang kepada rentener yang prosesnya mudah, cepat, tanpa jaminan meskipun bunganya tinggi.

Kondisi seperti dijelaskan sebelumnya menunjukkan perlunya penguatan kelembagaan petani untuk memupuk modal baik sebagai tabungan kelompok maupun simpanan melalui lumbung pangan. Hal ini tidak akan berjalan tanpa fasilitasi pemerintah pusat/pemerintah daerah dan akses petani terhadap peneliti maupun penyuluh pertanian. Adanya perhatian pemerintah dalam hal pengembangan kelembagaan permodalan antara lain regulasi dan peraturan perundang-undangan tentang Usaha Mikro Kecil dan Menengah telah diatur dalam Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2008. Kegiatan usaha ekonomi produktif terutama usaha mikro, usaha kecil dan menengah telah diberi tempat yang sesuai. Berdasarkan undang-undang tersebut kerangka pemberdayaan masyarakat melalui usaha mikro, kecil dan menengah antara lain dapat dilakukan dengan penguatan permodalan, kelembagaan dan sumberdaya manusia, pemasaran, produksi dan pengolahan maupun desain dan teknologi.

Tenaga Kerja

Sumberdaya manusia yang berkualitas dan berpartisipasi dalam pertanian merupakan salah satu faktor keberhasilan. Namun kenyataan menunjukkan bahwa partisipasi petani muda dalam pertanian terus menurun. Menurut Susilowati (2016) bahwa berbagai faktor penyebab menurunnya minat tenaga kerja muda disektor pertanian diantaranya citra sektor pertanian yang kurang bergengsi, berisiko tinggi, kurang memberikan jaminan tingkat, stabilitas dan kontinyuitas pendapatan, rata-rata penguasaan lahan sempit, diversifikasi usaha non pertanian di desa kurang/tidak berkembang, suksesi pengelolaan usahatani rendah, belum ada kebijakan insentif khusus untuk petani muda/pemula dan berubahnya cara pandang pemuda di era postmodern seperti sekarang.

Sumberdaya manusia dilihat dari aspek ekonomi sebagai faktor produksi karena sebagai pelaku dalam produksi pertanian. Kualitas sumberdaya manusia akan menentukan kualitas pembangunan pertanian di lahan rawa terutama berkaitan dengan keterampilan yang dimiliki. Sumberdaya manusia mencakup tidak hanya petani, juga pelaku lain seperti penyuluh pertanian, pedagang gabah, buruh tani, pengusaha penggilingan, pemilik kios dan sebagainya. Sumberdaya manusia yang dibahas lebih difokuskan kepada tenaga kerja petani sebagai pelaksana proses produksi. Kapasitas petani dalam menjalankan kegiatan pertanian selain berasal dari pengetahuan dan keterampilan individu petani dalam mengolah lahan pertanian dan mengolah serta memasarkan hasil pertanian.

Dalam sistem usahatani, tenaga kerja berasal dari petani dan keluarganya atau diluar keluarga. Selain sebagai tenaga kerja, petani juga mempunyai peran sekaligus pengambil keputusan. Ada 3 (tiga) jenis tenaga kerja yang digunakan

dalam usahatani yaitu (1) tenaga kerja manusia, (2) ternak, seperti sapi atau kerbau, dan (3) alat dan mesin pertanian, seperti traktor sebagai pengganti tenaga manusia. Ketersediaan tenaga kerja di lahan rawa pada umumnya masih kurang oleh karena itu diperlukan penggunaan alat-alat mesin pertanian seperti handtraktor, transplanter dan combine harvester. Namun permasalahan yang dihadapi untuk menggunakan alat-alat tersebut dibutuhkan penyesuaian-penyesuaian dengan kondisi setempat.

Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah tenaga kerja petani yang tersedia di lahan rawa pasang surut sulfat masam rata-rata 505,32 HOK/KK/tahun, di lahan gambut sebesar 594,6 HOK/KK/tahun dan di lahan rawa lebak 422 HOK/KK/tahun. Jika dikaitkan dengan luas pemilikan oleh petani 0,86 – 2,63 hektar per KK, maka sulit bagi petani untuk melaksanakan tanam padi 2 kali setahun untuk luas tersebut. Oleh karena itu ketersediaan alat mesin pertanian seperti *handtractor*, *transplanter*, *combine harvester*, *thresher* dibutuhkan untuk mengatasi kekurangan tenaga kerja.

Penggunaan alat mesin pertanian ke depan, khususnya di lahan rawa semakin tinggi karena ketersediaan tenaga kerja terbatas sementara luas lahan yang dikembangkan semakin luas. Namun demikian penggunaan alat mesin pertanian di lahan rawa masih menghadapi kendala antara lain: (a) ukuran lahan usahatani; (b) kesesuaian antara topografi, kondisi lahan dengan alat yang digunakan, (c) kemampuan petani dalam investasi, (d) biaya operasi tahunan (jangka umur ekonomis), (e) kebutuhan tenaga kerja sendiri, dan (f) keawetan atau masa kerja alat

Penggunaan traktor lebih efisien jika digunakan dengan sistem kelompok dan jika tidak dioperasikan bisa disewakan. Penggunaan alat tanam seperti transplanter di lahan rawa memerlukan persiapan lahan yang macak-macam, juga penggunaan alat panen *combine harvester* hanya dapat dilakukan pada musim kemarau. Semua peralatan tersebut selain memerlukan jalan usahatani juga dibutuhkan keterampilan operator dalam memperbaiki jika terjadi kerusakan alat. Mekanisasi pengolahan pasca panen di lahan rawa sangat dibutuhkan terutama untuk mengatasi masalah pengeringan padi di musim hujan dan meningkatkan kualitas padi.

Dengan menggunakan mekanisasi pertanian, kegiatan pertanian dapat dilakukan lebih mudah dan pemuda tani lebih tertarik untuk terlibat dalam kegiatan usahatani. Hasil analisis dari pemanfaatan berbagai jenis alsintan meliputi traktor roda dua, alat tanam (*transplanter*), perontok padi (*power thresher*), dan alat panen (*mini combine harvester*) di tingkat usahatani secara finansial menguntungkan yang ditunjukkan oleh nilai R/C (*return cost ratio*) dari penggunaan masing-masing alat tersebut lebih besar dari satu (Saliem *et al.*, 2016). Penggunaan alat mesin pertanian selain mempercepat masa pelaksanaan kegiatan juga lebih efisien sehingga dapat meningkatkan pendapatan petani.

Teknologi dan Sarana Produksi

Masalah utama dalam menerapkan teknologi adalah selain petani tidak memiliki modal (karena alat teknologi relatif mahal), juga petani lebih berpegang pada budaya yang berlangsung yaitu memilih buruh tani ketimbang alat teknologi karena sudah membudaya dan kekeluargaan dengan buruh tani tersebut.

Prinsip demikian mungkin tidak berlaku untuk sekarang, mengingat prinsip yang dibutuhkan efisiensi, cepat dan menguntungkan. Banyak teknologi lahan rawa yang dihasilkan oleh Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (Balittra) antara lain pengelolaan lahan dan air (pemanfaatan kalender tanam, optimalisasi pemanfaatan lahan melalui sistem surjan, pengaturan tata air), penggunaan varietas unggul spesifik lahan rawa, ameliorasi, pemupukan, dan pengelolaan hasil pertanian. Permasalahan utama adalah sejauh mana petani bisa menerapkan teknologi yang dianjurkan tersebut. Tentunya petani akan menerima teknologi tersebut jika secara teknis, sosial, ekonomi dan pasar tersedia.

Alat mesin pertanian memerlukan penyesuaian dengan kondisi lahan rawa. Penggunaan traktor membutuhkan cara yang hati-hati agar tidak mengangkat lapisan pirit. Alat tanam transplanter membutuhkan kondisi lahan yang macak-macak. Di lahan rawa untuk membuat lahan demikian dibutuhkan pengaturan tata air. Sebagian besar petani masih menggunakan cara manual. Penggunaan alat tanam Atabela Legowo perlu diperkenalkan. Demikian juga mini *combine harvester* hanya bisa dilakukan pada musim kemarau. Teknologi Pengelolaan lahan dan air yaitu sistem surjan, sistem tata air mikro, pola tanam sedangkan sistem teknologi budidaya meliputi penggunaan varietas unggul, ameliorasi dan pemupukan.

Pengelolaan Air

Kunci keberhasilan pengembangan lahan rawa untuk pertanian adalah pencucian lahan agar tidak masam yaitu membuang bahan beracun yang ada di lahan rawa dengan proses drainase. Tanah yang dicuci adalah tanah pada zona perakaran. Untuk menjaga tinggi muka air tanah harus berada di atas lapisan pirit diperlukan pengelolaan air. Pengelolaan air dengan prinsip memasukkan (irigasi) dan pembuangan (drainase) dibutuhkan sehingga kondisi lahan yang cocok untuk zona perakaran tanaman. Pengelolaan air di lahan rawa pasang surut dan rawa lebak dapat dibedakan antara pengelolaan air makro dan pengelolaan tata air mikro.

Prinsip utama adalah jaringan saluran harus lancar sehingga air dapat mengalir baik air yang segar maupun air yang kotor. Menurut Effendy (2011) bahwa keberhasilan program peningkatan produksi pangan melalui pemberdayaan lahan rawa sangat dipengaruhi oleh sistem drainase yang ada. Drainase secara umum mempengaruhi kondisi tanah pertanian, yaitu terhadap aerasi tanah, kelembaban tanah, transportasi dan keefektifan nutrient dan pestisida, temperature, atau suhu tanah, bahan-bahan racun dan hama penyakit, erosi tanah dan banjir, kesuburan

tanaman dan hasil tanaman. Pengelolaan air makro berupa handil, tata air sistem garpu dan sisir. Sedangkan pengelolaan air mikro pada sebagian lokasi menggunakan sistem tata air dua arah atau sistem air satu arah untuk di wilayah Kalimantan Selatan dan sistem tata air satu arah di wilayah Sumatera Selatan.

Di Sumatera Selatan, sistem sisir dibentuk dengan pembuatan saluran primer sering juga disebut parit primer (yang dilalui speedboat) bercabang menjadi saluran sekunder yaitu saluran drainase utama (SDU) dan saluran pengairan desa (SPD). SDU ini berada di lokasi persawahan sedangkan SPD berada di lokasi pemukiman (lokasi keramaian desa). Luas antara SDU dan SPD ini meliputi 254 hektar yang terbagi dalam 17 blok tersier. Sistem tata air yang dirancang berdasarkan konsep aliran satu arah (*one way flow system*), dimana air pasang masuk melalui saluran primer dan terus ke saluran sekunder pemberi (SPD), dan masuk ke saluran tersier pemberi yang akhirnya mengalir lahan usahatani. Pada kondisi air berlebih (musim hujan) air dari lahan akan keluar melalui tersier pembuangan dan terus menuju sekunder pembuang (SDU) yang selanjutnya menuju saluran primer.

Di Kalimantan Selatan, daerah UPT Barambai, Belawang, Sakalagun (Kabupaten Barito Kuala), sistem garpu dari muara sungai dibangun saluran primer atau navigasi kemudian disusul saluran sekunder dibagi dua yaitu saluran sekunder kiri dan sekunder kanan. Saluran tersier dibangun untuk mengalirkan atau membuang air dari petakan sawah ke saluran sekunder yang letaknya tegak lurus dengan saluran sekunder. Namun di wilayah lain seperti di UPT Terantang, Tanifah dan lainnya diterapkan sistem handil atau hanya satu saluran sekunder yang masuk dari sungai besar. Pada batasan areal unit tersier dilakukan penataan air mikro dalam bentuk saluran dua arah, dan sebagian telah menerapkan sistem satu arah. Hasil penelitian menunjukkan produktivitas padi menggunakan sistem tata air mikro satu arah lebih tinggi dibandingkan dengan lahan usaha non tata air mikro (Rina & Noorginayuwati 2000).

Peningkatan produktivitas dapat dilakukan melalui penataan lahan, pengolahan tanah, ameliorasi dan pemupukan, pengendalian hama penyakit dan penguatan kelembagaan. Penataan lahan baik di lahan pasang surut maupun lebak terbukti memberikan keuntungan bagi petani. Karena dengan pembuatan surjan menurut Anwarhan (1986) akan memberikan keuntungan antara lain (1) untuk diversifikasi tanaman, (2) menjaga agar tanah tidak menjadi masam, (3) mengurangi bahaya kekeringan, (4) mengurangi keracunan akibat genangan, (5) risiko kegagalan dapat diperkecil, (6) distribusi tenaga kerja lebih merata dan tenaga kerja keluarga dapat lebih banyak dimanfaatkan, dan (7) pendapatan petani dapat ditingkatkan. Meskipun manfaat dari sistem surjan telah diketahui petani, namun pengembangan sistem surjan di lahan pasang surut berjalan lambat. Salah satu penyebab adalah besarnya modal yang dibutuhkan untuk membuat surjan tersebut.

Teknologi Pemupukan

Lahan rawa pasang surut memiliki tingkat kesuburan rendah sehingga untuk memperoleh hasil padi yang memadai dibutuhkan tambahan input atau amelioran dan pemupukan. Pemberian pupuk N, P, K, dan Ca (kapur) akan meningkatkan produksi padi. Dosis pemupukan pada padi di lahan pasang surut sulfat masam menurut Khairullah dan Noor (2018) untuk varietas unggul padi dengan kisaran 67,5 – 135 kg N +45 hingga 70 kg P_2O_5 dan 50 hingga 75 kg K_2O per ha ditambah 1 hingga 3 ton per ha kapur. Penentuan takaran P dan K juga dilakukan berdasarkan uji tanah menggunakan perangkat Uji Tanah Rawa (PUTR) sedangkan pemberian pupuk susulan menggunakan Bagan Warna Daun (BWD). Dapat juga menggunakan perangkat lunak *Decision Support System* (DSS) dapat digunakan untuk rekomendasi pemupukan padi lahan pasang surut yang aplikasinya dapat diakses melalui web Balittra. Lebih lanjut penggunaan pupuk anorganik berupa pupuk hayati biotara yang mengandung *Trichoderma* sp, *Bacillus* sp, *Azospirillum* sp dan dapat meningkatkan hasil padi 20 persen serta mengefisienkan penggunaan pupuk NPK sebesar 30 persen (Mukhlis *et al.*, 2010; Khairullah & Noor 2018).

Penggunaan Varietas Unggul

Penggunaan varietas unggul yang adaptif merupakan salah satu usaha untuk meningkatkan produksi padi di lahan rawa. Badan Litbang melalui Balai Besar padi hingga 2014 dilepas sembilan varietas Inpara, yaitu Inpara 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, dan 9 dengan karakteristik yang berbeda baik dari segi adaptasi, morfologi tanaman maupun mutu hasil.

Adaptasi varietas Inpara di lahan rawa pasang surut bervariasi seperti dilaporkan oleh Koesrini *et al.* (2014). Adaptasi varietas Inpara 1 sampai 4 lebih baik dibanding varietas Inpara 5 di lahan rawa pasang surut, Kalimantan Selatan. Varietas Inpara 5 sangat rentan terhadap keracunan besi dan penyakit blas, sehingga tidak disarankan untuk dikembangkan di lahan rawa pasang surut. Varietas Inpara 3, 4, 6, 8 dan 9 dengan hasil masing-masing 3.704 ton ha⁻¹, 4.299 ton ha⁻¹, 3.830 ton ha⁻¹, 3.602 ton ha⁻¹, dan 3.475 ton ha⁻¹. Kelima varietas tersebut berproduksi 38,5 -71,3% lebih tinggi dibandingkan varietas Margasari dan 51,4 – 87,2% dibandingkan varietas Mekongga (Koesrini *et al.* 2017). Varietas Inpara 2 dan 4 berpotensi dikembangkan di lahan pasang surut Kabupaten Marauke. Selain di lahan rawa pasang surut, varietas Inpara 1, 2 dan 3 juga berpotensi dikembangkan di lahan rawa lebak (Rohima *et al.*, 2014; Helmi 2015). Selanjutnya varietas unggul yang perlu dikembangkan di lahan pasang surut adalah varietas yang menurut petani paling disenangi dari tipe tanaman, tinggi tanaman, panjang malai, jumlah anakan produktif, bentuk gabah, mutu beeras dan warna nasi. Petani etnis Jawa dan Banjar di lahan rawa pasang surut Kalimantan Selatan lebih menyukai varietas

Inpara 2, Margasari, Inpara 3, Inpara 8 dan Inpara 6, sementara petani lahan lebak berdasarkan karakteritik varietas menyukai Mekongga, Inpari 30, Inpara 6, Inpara 9, dan Inpari 17 (Rina & Koesrini 2018; Hairani 2018).

Kehilangan hasil akibat penanganan pasca panen seperti pada tahapan panen, pengumpulan padi, pengangkutan padi, penundaan perontokan, perontokan, penjemuran, penyimpanan gabah dan penggiling di lahan pasang surut mencapai 15,2%. (Nugraha *et al.*, 2007). Susut pada waktu panen karena adanya gabah yang rontok akibat panen yang tidak benar atau penundaan panen karena terbatasnya tenaga kerja. Juga pada saat perontokan terdapat gabah yang tertinggal pada malai sehingga mengurangi hasil. Sementara menurut Purwantini dan Sosilowati (2018) bahwa kehilangan hasil cara panen dengan perontokkan menggunakan power thresher dapat menekan kehilangan hasil 2,5-4% dibanding dengan digebot. Kehilangan hasil menggunakan alat perontokkan power thresher berkisar 10-12,5% dengan penggunaan combine harvester kehilangan hasil diperkirakan 2-3%. Jadi cara dan penggunaan alat panen dan pascapanen berpengaruh pada besaran kehilangan hasil. Karena itu petani perlu didorong untuk menggunakan teknologi yang tersedia dan efisien (Iswari 2012).

Pengolahan Hasil Pertanian

Hasil-hasil pertanian yang berasal dari lahan rawa dapat dikategorikan hasil tanaman pangan, hortikultura dan perkebunan. Hasil tanaman pangan seperti jagung, kacang tanah, kedelai umumnya sudah diolah menjadi hasil sekunder seperti kacang asin, tempe, tahu dan lainnya. Demikian juga hasil tanaman hortikultura seperti buah-buahan jeruk, nenas, kuini, durian, pisang sudah diolah dalam bentuk sirup, dodol, pisang selai, keripik nenas, tepung pisang dan sebagainya. Permasalahan yang dihadapi petani belum sepenuhnya dapat menerapkan teknologi pengolahan tersebut karena selain tidak memiliki modal juga pemasarannya belum kontinyu. Walaupun secara finansial, olahan hasil pertanian memiliki prospek untuk dikembangkan.

Pendapatan Rumah Tangga Petani

Pola usahatani yang diterapkan petani di lahan rawa berupa diversifikasi yaitu mengusahakan beberapa cabang usahatani dalam satu lahan garapan. Menurut Wahyuningsih (2008) diversifikasi sebagai upaya penganeekaragaman komoditas (diversifikasi horizontal) dan sebagai upaya pengembangan produksi pokok menjadi beberapa produk baru (diversifikasi vertikal) akan dapat mengatasi masalah-masalah penggunaan teknologi, pengolahan sumberdaya pertanian, kelembagaan pedesaan, produktivitas, kesempatan kerja, pangan dan gizi masyarakat dan pada gilirannya memanfaatkan struktur ekonomi pedesaan.

Pemanfaatan lahan rawa saat ini cukup beragam, bukan untuk tanaman pangan, perkebunan, hortikultura, tetapi juga peternakan dan perikanan. Adanya perbedaan karakteristik kondisi lahan dan produktivitas yang berbeda akan menyebabkan perbedaan pendapatan rumah tangga. Pendapatan rumah tangga dialokasikan untuk memenuhi kebutuhan atau pengeluaran, hal ini disebabkan pendapatan akan mempengaruhi daya beli (Simanulang 2006). Pendapatan petani yang rendah dan tidak mencukupi untuk kebutuhan hidup, maka sebagian anggota keluarga akan mencari alternative sumber pendapatan, baik melakukan diversifikasi tanaman atau bekerja di luar usahatani. Beragamnya sumber pendapatan berpengaruh terhadap struktur dan distribusi pendapatan rumah tangga petani. Struktur dan distribusi pendapatan akan menggambarkan kesejahteraan rumah tangga petani.

Pendapatan rumah tangga petani dipengaruhi oleh luas garapan, produktivitas lahan dan partisipasi tenaga kerja (Zahri dan Febriansyah 2014). Pendapatan petani berasal dari usahatani dan non usahatani. Pengusahaan tanaman hortikultura di lahan rawa baik di lahan rawa pasang surut, lahan gambut dan lahan lebak menggunakan sistem surjan. Seperti dijelaskan sebelumnya bahwa pendapatan rumah tangga petani cukup beragam dan tergantung pada komoditas yang diusahakan. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa kontribusi usahatani jeruk terhadap pendapatan petani di lahan rawa pasang surut sulfat masam dan potensial sebesar 75,89 %, sementara di lahan rawa pasang surut gambut sebesar 55,08% dan di lahan rawa lebak sebesar 29,45% sementara kontribusi tanaman sayuran di lahan gambut 39,55% dari pendapatan total petani sebesar Rp8.214.674 (Noorginayuwati *et al.*, 2006; Rina 2007). Pengusahaan tanaman perkebunan seperti kelapa, kelapa sawit dan pinang tumbuh baik di lahan gambut Sumatera. Analisis biaya dan pendapatan komoditas kelapa, kelapa sawit dan pinang masing-masing berturut-turut memberikan keuntungan Rp 5.321.000,-/ha, Rp6.723.136,-/ha dan Rp2.095.000,-/ha. Pengusahaan ketiga komoditas ini efisien dengan nilai R/C ratio masing-masing 1,93, 2,27 dan 3,31 (Rina dan Noorginayuwati 2013) Komoditas padi merupakan penyumbang utama (65,78%) dan kelapa sebagai penyumbang kedua (17,38%) dari pendapatan rumah tangga petani di lahan gambut Sumatera sebesar Rp18.982.865/KK/th. Selanjutnya pendapatan petani yang mata pencaharian berasal dari kerbau, maka kontribusi pendapatan dari usahatani kerbau sebesar 54,21% dari pendapatan total rumah tangga petani Rp 9.684.000 (Rohaeni *et al.*, 2006), dari kontribusi usahatani itik sebesar 58% dari pendapatan total keluarga peternak (Zuraida 2004).

Pendapatan rumah tangga petani di lahan rawa pasang surut Sumatera Selatan berdasarkan kepemilikan lahan, pendapatan rumah tangga dengan strata sempit (<1 ha), sedang (1-1,5 ha) dan luas (>1,5 ha) masing-masing berturut-turut Rp23.360.675,-/tahun, Rp28.973.970,-/tahun dan Rp36.158.060,-/tahun. Sebaran

pendapatan petani per kapita terkategori pada ketimpangan sedang dengan koefisien Gini 0,43 (Hutapea & Raharjo 2016). Sedangkan rata-rata pendapatan rumah tangga di lahan pasang surut Kalimantan Tengah dan Kalimantan Selatan sebesar Rp20.784.434,-/tahun (Rina *et al.*, 2015).

Pendapatan rumah tangga petani di lahan rawa lebak Sumatera Selatan berkisar Rp8.980.000 – Rp40.800.000,-/tahun atau rata-rata 21.550.000,-/tahun. Pemerataan pendapatan petani lahan lebak ditunjukkan dengan nilai Indeks Gini 0,27 yaitu pemerataan dengan ketimpangan rendah (Zahri & Febriansyah 2014). Selanjutnya pendapatan rumah tangga petani di lahan lebak rata-rata Rp25.730.803,-/tahun (Rina 2015).

Manajemen

Faktor manajemen dalam usahatani sangat penting. Kemampuan petani dalam merencanakan, mengorganisasir, mengarahkan, mengkoordinasikan dan mengawasi faktor produksi yang dimilikinya seperti lahan, tenaga kerja dan modal akan memberikan produksi yang diharapkan (Shinta, 2011). Kemampuan seorang petani dalam mengelola usahatani dipengaruhi oleh: (1) tingkat pendidikan, (2) pengalaman berusahatani. (3) skala usaha, (4) besar kecilnya modal kredit dan (5) jenis komoditas yang diusahakan.

Dalam pelaksanaan kegiatan produksi sebagian petani melakukan secara sendiri-sendiri, tetapi ada juga secara berkelompok. Petani sebagai anggota kelompok tani akan memperoleh beberapa keuntungan, antara lain: (1) dalam pengambilan keputusan secara berkelompok lebih baik sehingga dapat memecahkan masalah yang dihadapi, (2) Jika dilakukan secara berkelompok, risiko kehilangan hasil bisa diperkecil, (3) pengelolaan lahan, air dan teknologi budidaya dapat dilakukan secara efisien, (4) pengelolaan alat mesin pertanian dan sumberdaya lainnya dapat dilakukan dengan mudah dan efisien, dan (5) pemasaran dapat dilakukan secara bersama-sama.

Penerapan manajemen secara berkelompok saat ini dimulai dengan kegiatan serasi. Petani diharapkan dalam melaksanakan proses produksi dilakukan secara berkelompok, terutama dalam satu manajemen atau disebut Korporasi. Kegiatan dari hulu hingga hilir dilakukan dalam satu manajemen. Penerapan fungsi manajemen seperti perencanaan, pengorganisasian, pelaksanaan dan pengendalian di tingkat petani sudah berjalan tetapi belum secara maksimal. Hal ini berkaitan dengan pemanfaatan alsintan yang tersedia.

REKOMENDASI PENGUATAN SUMBERDAYA EKONOMI

Berangkat dari kondisi kapasitas sumberdaya ekonomi petani dan sistem pertanian yang berkembang sebagai dikemukakan di atas meliputi lahan, modal,

tenaga kerja, teknologi, pengelolaan hasil, dan manajemen dalam artian pengelolaan pertanian secara menyeluruh, maka berikut dikemukakan tentang beberapa saran atau rekomendasi dalam upaya penguatan sumberdaya ekonomi petani di lahan rawa.

Deregulasi Lahan

Pada uraian bab sebelumnya di atas dikemukakan beberapa sumberdaya ekonomi petani, antara lain tentang kepemilikan lahan oleh petani yang sempit sampai sangat sempit. Pemilikan lahan di lahan rawa semakin mengalami penyempitan karena: Pertama, sistem waris dimasa setiap anak menginginkan lahan orangtuanya sehingga dipecah atau dibagi berdasarkan jumlah anak. Kedua, petani pemilik lahan acap kali karena tuntutan kondisi seperti mengawinkan anak, menyekolahkan anak yang memerlukan uang dalam jumlah besar sehingga terpaksa menjual sebidang tanah usaha taninya sehingga yang tersisa tidak lagi utuh. Pengembangan usaha tani pada lahan petani-petani yang mempunyai lahan sempit ini mengalami kesulitan karena implementasi teknologi menuntut keseragaman dan kerjasama seperti pemupukan, pengelolaan air, pengendalian hama.

Permasalahan lainnya adalah kepemilikan lahan oleh bukan petani atau penduduk setempat sehingga kebijakan pengelolaan ditentukan oleh pemiliknya, petani hanya sebagai penggarap (penyakap). Umumnya, petani penyakap lebih menurut kepada pemilik lahan daripada kepada penyuluh atau pemerintah yang menganjurkan penerapan sistem pertanian baru. Introduksi inovasi teknologi jadinya berhadapan kepada pemilik, bukan petani yang mengelola lahannya. Oleh karena pemilik memiliki cita rasa dan jenis padi tersendiri yang disukai (misalnya varietas lokal siam), maka introduksi varietas unggul baru (VUB) yang dalam implementasi teknologinya memerlukan syarat tambahan (misalnya pupuk yang lebih banyak, jenis varietas yang tidak umum, sukar dijual, rasa pulen dan sebagainya) sering ditolak.

Dalam hal ini, maka regulasi pemilikan dan pengelolaan diperlukan agar petani dapat menerapkan teknologi yang lebih maju sehingga dapat menikmati hasil produksi yang tinggi dan menguntungkan.

Peningkatan Intensitas Pertanian

Kebijakan pengembangan pertanian, khususnya tanaman pangan diarahkan pada empat upaya yang dapat dilakukan secara umum, yaitu (1) ekstensifikasi, (2) intensifikasi, (3) diversifikasi, dan (4) integrasi tanaman-ternak. Dalam uraian bab di atas dikemukakan bahwa 80-90% usaha tani tanaman pangan di lahan rawa masih menerapkan pola tanam dengan tanam sekali setahun (IP-100). Oleh karena itu terbuka peluang besar untuk dapat meningkatkan intensitas

pertanaman dari IP-100 menjadi IP-200 (padi unggul-padi unggul) atau IP-180 (pola padi lokal -padi unggul). Dilaporkan bahwa keberatan petani untuk meningkatkan IP dari IP-100 menjadi IP-180 atau IP-200 terkait antara lain (1) belum dikuasainya pengelolaan air secara nyata; (2) ketersediaan tenaga kerja; (3) sarana produksi yang lebih banyak seperti pupuk, obat-obatan; (4) pilihan varietas terkait harga, rasa, dan perawatan tanaman yang belum terpenuhi; dan (5) teknologi yang belum sepenuhnya diketahui dan dikuasai.

Implementasi teknologi untuk IP-180 atau IP-200 terletak pada kemampuan pemerintah dan aparatnya untuk meyakinkan petani. Program dan upaya untuk memberikan keyakinan kepada petani sejak tahun 1980an sudah dilakukan melalui demotransi plot (penelitian dan pengembangan), tetapi begitu program atau proyek selesai dalam beberapa musim petani kembali ke asal melakukan tanam setahun sekali. Hasil pembelajaran diatas menunjukkan bahwa upaya pengawalan dan pendampingan tidak cukup hanya dilakukan saat proyek, tetapi terus dilakukan sampai petani betul-betul mandiri. Kedua, kelembagaan petani dan kelembagaan pendukung harus terbentuk sehingga keberlanjutan teknologi berjalan, termasuk infrastruktur pengelolaan air yang menjadi bagian penting dalam introduksi peningkatan IP dari IP-100 menjadi IP-200. Menurut Mamat dan Noor (2018) dalam mendorong keberlanjutan inovasi di lahan rawa pasang surut maka diperlukan hal-hal berikut: (1) dukungan infrastruktur khususnya pengelolaan air, (2) dukungan paket teknologi lengkap dari penyemaian sampai panen dan pasca panen, (3) dukungan kelembagaan petani menyeluruh dari penyuluhan, permodalan, pengelolaan air, budidaya, pengolahan hasil, pemasaran, dan penyediaan sarana dan prasarana produksi, termasuk alsintan.

Pemberdayaan UPJA

Usaha Pelayanan Jasa Alsintan (UPJA) adalah bagian dari kelembagaan petani yang sangat penting peran dan fungsinya sebagai pendukung dalam peningkatan atau pengembangan usaha tani sehingga harus kuat. Namun, sementara ini tampak pemberdayaannya sangat kurang. Mekanisasi menjadi prasyarat untuk percepatan pengembangan lahan ke depan, Penggunaan traktor baik roda dua (TR-2) maupun roda empat (TR-4) dalam pengolahan tanah ini sudah banyak diterapkan petani selain dapat lebih cepat, lebih baik, juga lebih murah dibandingkan dengan tajak (tenaga manusia). Permasalahan yang dihadapi di lapangan adalah jumlah traktor yang tersedia masih sedikit dibandingkan luas lahan yang perlu di layani, spesifikasi traktor belum terpenuhi, kelembagaan UPJA belum berjalan baik, dan bengkel alsin belum banyak tersedia (Umar & Alihamsyah 2017).

Mekanisasi dalam proses panen dan pengolahan hasil juga diperlukan. Combine harvester sudah banyak yang diintroduser kepada dari ukuran kecil,

sedang sampai besar. Demikian juga dalam pengolahan hasil dan pengemasan hasil secara profesional di beberapa daerah rawa seperti di Desa Belanti, Kabupaten Pulang Pisau, Kalimantan Tengah dan Ogan Ilir, Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan penggilingan dan pengemasan sudah dilakukan petani sehingga tidak lagi menjual dalam bentuk gabah, tetapi langsung beras. Namun kebanyakan petani masih menjual dalam bentuk gabah sehingga nilai tambah diperoleh oleh para pedagang.

Penggunaan alsintan di tingkat petani terus didorong pemerintah melalui Usaha Pelayanan Jasa Alsintan (UPJA). Melalui UPJA semua kegiatan usahatani diharapkan menggunakan alsintan. UPJA bertujuan agar pemanfaatan alsintan oleh petani secara bersama-sama dengan sistem sewa sehingga akan menguntungkan. Peran UPJA yang selama ini belum berjalan sesuai harapan, perlu ditingkatkan. Karena peran UPJA dalam sistem produksi tanaman adalah melakukan introduksi teknologi alsintan dengan manajemen maju sehingga memberikan keuntungan bagi pengelolanya dan bermanfaat bagi pengguna (Umar *et al.*, 2017). Untuk memaksimalkan fungsi alsintan dan berkelanjutan, perlu ditingkatkan peran UPJA melalui pemberdayaan UPJA yang sudah ada.

Diseminasi

Diseminasi atau penyebaran informasi menjadi penting dan mutlak kepada petani melalui berbagai saluran (channel) seperti media masa (surat kabar, majalah, bulletin), media elektronik (radio atau tv), dan media internet (whatsapp, instagram, blog, youtube). Perkembangan sistem informasi digital atau internet menjadi peluang untuk mengarus-deraskan informasi kepada target (petani) secara luas dan intensif, tanpa meninggalkan sistem penyuluhan konvensional, khususnya bagi petani-petani yang masih tradisional. Selain itu peran penyuluh pertanian lapang (PPL) sangat diharapkan perannya dalam transfer teknologi. Penyuluh sebagai komunikator dalam sebuah penyuluhan adalah sebagai penyampai pesan ke petani. Ada empat faktor yang harus dimiliki sebagai sumber yang meningkatkan ketepatan komunikasi yaitu keterampilan berkomunikasi, sikap mental, tingkat pengetahuan dan posisi dalam sistem sosial budaya (Yuhana *et al.*, 2008 dalam Kilmanun & Serom 2018). Disamping itu materi yang disampaikan harus sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Bentuk media yang paling diminati petani menurut Kilmanun dan Serom (2018) adalah leaflet (30%), media komunikasi berupa kunjungan lapang atau penyuluhan (23,3%), pelatihan (16,67%), Siaran TV (13,33%), siaran radio 10% dan brosur 6,67%). Meskipun demikian penyampaian pesan informasi dan teknologi kepada petani paling efektif adalah dengan percontohan di lapangan (demplot, dem area) dibandingkan dengan di kelas (kursus, bimtek). Petani lebih percaya kepada

apa yang dilihat daripada apa yang didengar saja. Oleh karena itu diperlukan banyak demplot dan demarea untuk meningkatkan kepercayaan petani.

Pelaksanaan demplot sebaiknya disertai dengan temu lapang. Melalui temu lapang akan diperoleh umpan balik dari petani untuk perbaikan teknologi yang didemplotkan. Jika demplot selesai dilaksanakan oleh Balai² termasuk BPTP, sebaiknya dilakukan pertemuan kembali untuk mengevaluasi teknologi apa yang akan diadopsi. Jika sudah ditetapkan bagian teknologi apa yang akan diadopsi, perlu dilakukan pendampingan oleh peneliti dan penyuluh dicarikan/difasilitasi untuk mencari solusi bagaimana melakukan dan siapa yang akan melakukan.

Korporasi

Dalam Permentan No 40.1 /Permentan /RC.010/10/ 2018 tentang Pedoman Program Selamatkan Rawa Sejahterakan Petani Berbasis Pertanian Tahun 2019 (Program Serasi) dijalankan dalam rangka peningkatan produksi, produktivitas, pendapatan petani, yang dilakukan melalui program pengembangan pertanian di lahan rawa pasang surut/lebak dengan tetap memperhatikan fungsi pelestarian lingkungan. Selain itu, ditambahkan bahwa untuk pengembangan lahan rawa diperlukan sinergi kegiatan antara Pemerintah Pusat dan pemerintah daerah; serta bahwa pengembangan lahan rawa dilakukan melalui pemberian bantuan sarana dan prasarana dengan menyinergikan program dan kegiatan bantuan pemerintah lingkup Kementerian Pertanian. Pasal 14 dari Permentan ini menyebutkan bahwa pola kelembagaan yang akan menjalankan program yakni dengan pendekatan kelompok melalui Kelompok Tani, Gabungan Kelompok Tani, dan Kelompok Usaha Bersama (KUB). Kegiatan dibagi-bagi atas cluster yang terdiri dari luasan 5.000 hektar sawah, sebagai satu kesatuan unit teknis sekaligus bisnis.

Berkenaan kelembagaan pada Permentan No. 18/Permentan/RC.040/4/2018 menyebutnya dengan “korporasi petani” sedangkan Permentan 40.1 tahun 2018 menyebutnya dengan KUB (Kelompok Usaha Bersama. Pasal 1 menjelaskan bahwa KUB adalah “kumpulan petani/Kelompok tani/Gabungan Kelompok tani yang bergabung dan bekerjasama mengelola usaha tani untuk meningkatkan skala ekonomi dan efisiensi usaha”. Jadi ada perbedaan peran yaitu pada KUB adalah “mengelola usahatani”, atau berperan pada level budidaya (on farm). “korporasi” adalah “Kelembagaan Ekonomi Petani berbadan hukum berbentuk koperasi atau badan hukum lain dengan sebagian besar kepemilikan modal dimiliki oleh petani”. Berkenaan dengan Kelembagaan Ekonomi Petani (KEP), pada Pasal 80: (1) Badan usaha milik Petani dibentuk oleh, dari, dan untuk Petani melalui Gabungan Kelompok Tani dengan penyertaan modal yang seluruhnya dimiliki oleh Gabungan Kelompok Tani; (2) Badan usaha milik Petani sebagaimana dimaksud pada ayat (1) berbentuk koperasi atau badan usaha lainnya sesuai

dengan ketentuan peraturan perundang-undangan; (3) Badan usaha milik Petani sebagaimana dimaksud pada ayat (1) berfungsi untuk meningkatkan skala ekonomi, daya saing, wadah investasi, dan mengembangkan jiwa kewirausahaan Petani.

Dalam perkembangan di lapangan pertanian korporasi dapat dipilah dalam dua bentuk sistem korporasi, yaitu (1) korporasi perusahaan dan (2) korporasi petani. Korporasi perusahaan merupakan model korporasi yang dikelola oleh sebuah perusahaan dari hulu sampai hilir, dengan kepemilikan lahan secara utuh oleh perusahaan sehingga petani tidak memiliki akses lagi ke lahan usaha taninya. Petani dikerjakan sebagai tenaga kerja yang diberikan imbalan atau gaji sebagai tenaga kerja harian atau borongan. Adapun korporasi petani merupakan korporasi yang dikelola oleh sebuah lembaga yang dibentuk dari dan untuk petani yang diberi wewenang dalam pengelolaan usaha tani dari hulu sampai hilir dengan lahan kepemilikan tetap petani didukung oleh pendamping dari pemerintah. Implementasi dari sistem korporasi ini dicoba untuk dibangun pada Program Serasi di atas.

Dalam pelaksanaan sistem pertanian korporasi diperlukan beberapa komponen pendukung antara lain (1) infrastruktur, (2) saprodi, (3) modal, (4) alsintan, (5) kelembagaan, dan (6) sumberdaya manusia (petani). Komponen sistem korporasi ini sedang diinisiasikan pada dua areal demfarm utama Serasi yang ditempatkan pada (1) Desa Jejangkit Muara, Kabupaten Barito Kuala Kalimantan Selatan dan (2) Desa Telang Makmur, Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan masing-masing pada luas hamparan persawahan sekitar 100 hektar. Karakter wilayah dan petani pada ke dua lokasi diatas cukup berbeda sehingga menarik untuk diamati dan dikaji lebih jauh.

Secara konseptual, sistem korporasi memudahkan dan menguntungkan bagi petani karena secara sederhana pekerjaan pengelolaan lahan dan penanaman hingga panen dilaksanakan oleh sebuah lembaga/kelompok/ manajemen. Implementasi pengelolaan dan teknik budidaya dapat dikuasai sehingga seragam dan serempak atau sesuai dengan ketentuan yang diberlakukan. Sebelumnya, petani secara sendiri-sendiri melakukan kegiatan usaha taninya sehingga implementasi teknologi juga dapat berbeda dan pengelolaan yang memerlukan kebersamaan, gotong royong atau serempak sangat sulit. Namun demikian bahwa sistem korporasi bisa terbentuk apabila ada perubahan sikap dan adat kebiasaan petani. Perubahan sikap dan adat kebiasaan ini memerlukan waktu dan tahapan, pastinya tidak akan terbentuk secara sekonyong-konyong.

Pengembangan korporasi akan berjalan dengan baik bilamana dilakukan penguatan kelembagaan. Kapasitas kelembagaan petani yang ada di lahan rawa saat ini masih rendah terutama di bidang kepengurusan, administrasi, manajemen, unit usaha yang dimiliki dan hubungan dengan pihak luas (kemitraan). Jika kondisi kelembagaan petani demikian, maka pengembangan korporasi akan sulit

berdasarkan fokus usaha yang sudah direncanakan. Beberapa fokus usaha yang dapat dikembangkan seperti agribisnis padi, ternak itik, hortikultura, alsintan, saprodi dan pemasaran. Oleh karena itu penumbuhan dan pengembangan korporasi petani hanya dapat berjalan dengan baik bilamana dilakukan penguatan kelembagaan petani terlebih dahulu atau bersamaan seperti pendampingan oleh petugas secara berkelanjutan.

PENUTUP

Lahan rawa merupakan lahan masa depan dari potensi yang cocok untuk pertanian sekitar 10,87 juta hektar yang disawahkan baru sekitar 1,05 juta hektar. Apabila ditanami dengan IP-100 (90%) dan produktivitas 4-5 t GKG/ha, maka sumbangan lahan rawa terhadap produktivitas padi baru mencapai 4-5 juta t GKG/tahun. Rendahnya sumbangan lahan rawa karena yang dapat dimanfaatkan untuk budidaya masih terbatas dan belum optimal karena dukungan infrastruktur pengelolaan air sebagai kunci belum memadai secara keseluruhan. Padahal tuntutan untuk perluasan areal (ekstensifikasi) akibat semakin pesatnya penyusutan lahan pertanian akibat alih fungsi dan peningkatan intensifikasi baik dalam bentuk peningkatan intensitas pertanaman (IP) maupun peningkatan produktivitas sangat lambat karena berhadapan dengan kendala selain biofisik lahan.

Sumberdaya ekonomi petani lahan rawa meliputi (1) pemilihan lahan, (2) ketersediaan tenaga kerja, (3) modal dan teknologi. Ketiga sumberdaya ekonomi tersebut sangat dibutuhkan dan semestinya memenuhi skala pengembangan untuk meningkatkan produksi di lahan rawa. Permasalahannya pemilihan lahan usaha oleh petani rata-rata sempit, tenaga kerja mulai langka, modal usaha tani terbatas, dan teknologi belum seluruhnya dapat diimplementasikan oleh petani sehingga peningkatan produksi dan pendapatan masyarakat masih belum terealisasi secara keseluruhan bagi petani lahan rawa.

Berangkat dari kondisi kapasitas sumberdaya ekonomi petani dan sistem pertanian yang berkembang di lahan rawa pasang surut umumnya, maka beberapa saran atau rekomendasi patut menjadi pertimbangan dalam upaya penguatan sumberdaya ekonomi petani di lahan rawa, yaitu (1) melakukan deregulasi tentang sistem pemilihan lahan usaha, (2) menggerakkan kembali secara terencana, terstruktur, dan masif upaya peningkatan IP, (3) penguatan UPJA untuk mendukung kegiatan peningkatan IP, (4) peningkatan kegiatan diseminasi, termasuk demplot dan demfarm, dan (5) pembentukan dan pembinaan sistem korporasi untuk pengelolaan dan sistem produksi keseluruhan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian dan Kepala Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa atas dukungan penyusunan naskah ini. Terima kasih disampaikan kepada teman sejawat peneliti yang telah membantu memberikan tambahan literatur. Terima kasih juga disampaikan kepada Tim Penyunting yang telah memberikan saran perbaikan, kepada Redaksi Pelaksana juga disampaikan terima kasih yang tidak terhingga. Dalam naskah ini Yanti Rina D adalah sebagai kontributor utama dan Muhammad Noor sebagai kontributor anggota.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwarhan. 1986. Mengenal masalah pasang surut dan cara penanggu-langannya untuk pengembangan usahatani pasang surut. Paper pada acara Coaching Petugas-Petugas Pengelola Usahatani Pasang Surut dan Lebak Banjarbaru. Kalimantan Selatan.
- Arsyad, D.M., Saidi, B.B., dan Enrizal. 2014. Pengembangan inovasi pertanian di lahan rawa pasang surut mendukung kedaulatan pangan. *Pengembangan Inovasi Pertanian*. 7(4): 169-176.
- Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP). 2014. Sumberdaya Lahan Pertanian Indonesia: Luas Penyebaran dan Potensi Ketersediaan. 62 hlm. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Litbang Pertanian.
- BAPPENAS-WACKLIMAD. 2012. Lowland Definition. Working Paper 1. Water Management for Climate Change Mitigation and Adaptive Management Development (WACLIMAD) in Low Land. Bappenas-Euroconsult MatMacDonald. GOI-World Bank. Jakarta.
- Clarkson, B. dan Peters, M. 2012. Wetland Types. *Wetland Restoration: A. Textbook for NZ Freshwater System*. 37 p.
- Effendy. 2011. Drainase untuk meningkatkan kesuburan lahan rawa. *Pilar Jurnal Teknik Sipil*, 6(2): 39-44.
- Hairani, A. 2018. Penelitian Perbaikan Teknologi Budidaya Terpadu Padi dan Cabai Pada Lahan Lebak Tengahan. Laporan Akhir Balittra Tahun Anggaran 2018. 71 hlm.
- Helmi. 2015. Peningkatan produktivitas padi lahan rawa lebak melalui penggunaan varietas unggul padi rawa. *Jurnal Pertanian Tropik*, 2(2): 78-92.
- Hutapea, Y., dan Raharjo, B. 2016. Distribusi pendapatan dan kemiskinan rumah tangga di wilayah pasang surut (Kasus di Desa Saleh Mukti Kecamatan Air Saleh Kabupaten Banyuasin Sumatera Selatan). *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal*. Palembang 20-21 Oktober 2016. Pusat Unggulan Riset Pengembangan Lahan Suboptimal (PUR-PLSO) UNSRI. Hlm. 252 -262.

- Irawan, B. 2015. Konversi lahan sawah: potensi dampak pola pemanfaatannya dan faktor determinan. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 23(1): 1-18. Doi: 10.21082/fae.v23n1.2005.1-18.
- Iswari, K. 2012. Kesiapan teknologi panen dan pascapanen padi dalam menekan kehilangan hasil dan meningkatkan mutu beras. *Jurnal Litbang Pertanian*, 31(2): 58-67
- Kartasasmita, G. 1996. *Pembangunan Untuk Rakyat: Memadukan Pertumbuhan dan Pemerataan*. PT. Pustaka CIDESINDO, Jakarta.
- Koesrini, William, E., dan Khairullah, I. 2014. Varietas padi adaptif lahan rawa pasang surut. Dalam buku: *Teknologi inovasi lahan rawa pasang surut mendukung kedaulatan pangan nasional*. IAARD Press, Badan Litbang Pertanian. Hlm. 97-118.
- Koesrini, Saleh, M., dan Nurzakiah, S. 2017. Adaptabilitas varietas Inpara di lahan rawa pasang surut tipe luapan B pada musim kemarau. *Jurnal Agron. Indonesia*, 45(2): 117-123. DOI: 10.24831/jai.v45i2.13559
- Khairullah, I. dan Noor, M. 2018. Upaya peningkatan produktivitas padi melalui pemupukan di lahan pasang surut sulfat masam. *Jurnal Pertanian Agros*, 20(2): 123-133.
- Kilmanun, J.C. dan Serom. 2018. Peran media komunikasi dalam transfer teknologi mendukung pengembangan taman agroinovasi di Kalimantan Barat. *Jurnal Pertanian Agros*, 20(2): 134-139.
- Mamat, H.S. dan Noor M. 2018. Keberlanjutan inovasi teknologi lahan rawa pasang surut: prospek, kendala dan implementasi. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 12 (2): 117-132. DOI: 10.21082/jsdl.v12n2.2018.117-131.
- Mitsch, W.J. dan Gosselink, J.G. 1993. *Wetland 2th Ed*. Van Nostrnad Reinhold. New York. 722p.
- Mukhlis, Lestari, Y., Budiman, A., dan Nurzakiah, S. 2010. Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pupuk Mikroba Biotara” untuk Meningkatkan Efisiensi Pemupukan > 30% dan Produksi Padi >20% di Lahan Sulfat Masam. Laporan Hasil Penelitian. Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa. Banjarbaru.
- Nugraha, S., Thahir, R., dan Sudaryono. 2007. Keragaman kehilangan hasil pascapanen pada tiga agro ekosistem. *Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian*, 3: 42-49.
- Noorginayuwati dan Anwar K. 2015. Tingkat adopsi komponen teknologi usahatani padi melalui SL-PTT di lahan rawa lebak tengahan (Kasus di Kabupaten Hulu Sungai Selatan dan Hulu Sungai Tengah). *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*, 18(1): 57-66. DOI: 10.21082/jpntp.v18n1.2015.p%25p.

- Noorginayuwati, Rafieq, A., Rina, Y., Noor, M., dan Achmadi. 2006. Penggalian Kearifan Lokal Petani untuk Pengembangan Lahan Gambut di Kalimantan. Laporan Hasil Penelitian Balittra. BBSDL.
- Noor, M. 2004. Lahan Rawa: Sifat dan Pengelolaan Tanah Bermasalah Sulfat Masam. Raja Grafindo Persada. Rajawali Pers. Jakarta. 241 hlm.
- Noor, M. 2014. Teknologi pengelolaan air menunjang optimalisasi lahan dan intensifikasi pertanian di lahan rawa pasang surut. *Pengembangan Inovasi Pertanian*, 7(2): 95-104. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Jakarta.
- Pasandaran, E., Rusastra, I.W., dan Manurung, V.T. 1991. Perspektif peningkatan pendapatan petani di Indonesia bagian timur. *Forum Penelitian Agro Ekonomi (FAE)* 9(1).
- Purwantini, T.B. dan Susilowati, S.H. 2018. Dampak penggunaan alat mesin panen terhadap kelembagaan usaha tani padi. *Jurnal Analisis Kebijakan Pertanian*, 18(1) : 73-88.
- Raharjo, B., Marpaung, I.S., dan Hutapea, Y. 2013. Kajian kinerja alat tanam dan varietas unggul padi di lahan pasang surut Sumatera Selatan. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*, 16(3): 191-201.
- Rina, Y. Dan Noorginayuwati. 2000. Pengaruh perbaikan tata air mikro dan persepsi petani dalam usahatani tanaman padi di lahan pasang surut. Makalah disajikan pada Seminar Hasil Penelitian Balai Penelitian Tanaman Pangan Lahan Rawa, tanggal 4-5 Juli 2000. Banjarbaru.
- Rina, Y. 2007. Sistem usahatani jeruk siam banjar dan kontribusinya terhadap pendapatan petani di lahan lebak Kalimantan Selatan. Hlm. 247-264. *Dalam Mukhlis et al. (Eds.): Prosiding Seminar Nasional Pertanian Lahan Rawa Revitalisasi Kawasan PLG dan Lahan Rawa Lainnya untuk Membangun Lumbung Pangan*, Buku II. Kuala Kapuas, 3-4 Agustus 2007. Badan Litbang.
- Rina, Y. dan Noorginayuwati. 2013. Sosial ekonomi petani di lahan gambut. Hlm 217-249. *Dalam Noor et al. (Eds.): Lahan Gambut: Pemanfaatan dan Pengembangannya untuk Pertanian*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Rina, Y. 2015. Usahatani padi dan kontribusinya terhadap pendapatan petani di lahan rawa lebak. *Jurnal Agroscientie*, 22(1): 5-12.
- Rina, Y. dan Rafieq, A. 2016. Analisis usahatani padi dan jagung pada program upaya khusus peningkatan produksi padi, jagung dan kedelai di lahan rawa Kalimantan Selatan. Makalah disampaikan pada Pertemuan Koordinasi Petugas Pembiayaan Pertanian pada Tanggal 7 April 2016. Banjarbaru. 15 hlm.
- Rina, Y. dan Subagio, H. 2016. Usaha Tani Di Lahan Rawa: Analisis Ekonomi Dan Aplikasinya. Penerbit IAARD PRESS. 240 hlm.

- Rina, Y. dan Koesrini. 2018. Preferensi petani terhadap karakter beberapa varietas unggul padi lahan rawa pasang surut. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 2(2): 85-94.
- Rohaeni, E.S., Hamdan, A., dan Subhan, A. 2006. Kontribusi pendapatan dan pemeliharaan ternak kerbau. *Dalam* Noor *et al.* (Eds.): Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Lahan Terpadu Banjarbaru, 28-29 Juli 2006. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Rohima, H., S. Lestari, dan A. Kasim. 2014. Pengkajian varietas padi unggul baru pada lahan rawa di Kabupaten Marauke. *Informatika Pertanian*, 23(1): 59-64.
- Subagio, H., Annisa, W., dan Noor, M. 2016. Model Pertanian Lahan Pasang Surut Berbasis Tanaman Pangan dan Ternak. Laporan Hasil Penelitian Balittra Tahun Anggaran 2016. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa. 48 hlm.
- Sunaryo, dan Joshi, L. 2003. Peranan Pengetahuan Ekologi Lokal Dalam Sistem Agroforestri. World Agroforestry Centre (ICRAF) Southeast Asia Regional Office Bogor. Indonesia.
- Saliem, H.P., Sumaryanto, Mayrowani, H., Agustian, A., dan Syahyuti. 2016. Model Pengembangan Agribisnis Padi: Analisis Ekonomi dan Kelembagaan Pemanfaatan Alsintan. Laporan Analisis Kebijakan. Bogor (ID): Pusat Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian.
- Shinta, A. 2011. Ilmu Usaha Tani. Penerbit Brawidjaya Press (UB Press) Malang. 64 hlm.
- Simanulung, E.S. 2006. Analisis Model Peluang Kerja Suami dan Isteri, Perilaku Ekonomi Rumah Tangga dan Peluang Kemiskinan (Studi Kasus: Rumah Tangga Nelayan Tradisional di Kecamatan Pandan Kabupaten Tapanuli Tengah Provinsi Sumatera Utara). Disertasi Doktor. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Sulaiman, Subagyo, K., Alihamsyah, T., Noor, M., Hermanto, Muharram, A., Subiksa, I.G.M., dan Suastika, I.W. 2018. Membangkitkan Lahan Rawa, Membangun Lumbung Pangan Indonesia. Buku Seri Pembangunan Pertanian 2015-2018. IAARD Press. Jakarta. 156 hlm.
- Susilowati, S.H. 2016. Fenomena penuaan petani dan berkurangnya tenaga kerja muda serta implikasinya bagi kebijakan pembangunan pertanian. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 34(1): 35-55.
- Umar, S. dan Alihamsyah, T. 2017. Mekanisasi Pertanian: Untuk Produksi Padi di Lahan Rawa Pasang Surut. IAARD Press. Bogor. 176 hlm.
- Umar, S., Alihamsyah, T., dan Suprpto A. 2017. Dampak penggunaan alsintan terhadap pengelolaan lahan dan sosial ekonomi petani di lahan pasang surut. Dalam Buku Agroekologi Rawa. IAARD PRESS, Bogor. Hlm 371-408.

- Wahed, M. 2015. Pengaruh luas lahan, produksi, ketahanan pangan dan harga gabah terhadap kesejahteraan petani padi di Kabupaten Pasuruan. JESP, 7(1): 68-74.
- Wahyuningsih, S. 2008. Diversifikasi pertanian menuju pertanian tangguh dalam upaya memantapkan struktur ekonomi pedesaan. MEDIAGRO, 4(1): 1-11.
- Yunita, Y., Riswani, Fatrianti, Y., Hendrixon, dan Martiaty, N. 2014. Meningkatkan penguatan kelembagaan dan permodalan petani lahan lebak Sumatera Selatan. Hlm 482-498. *Dalam* Herlinda, Siti *et al.* (Eds.): Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal 2014. Palembang 26-27 September 2014.
- Zahri, I., dan Febriansyah. 2014. Diversifikasi usaha dan pengaruhnya terhadap pendapatan rumah tangga petani padi lebak. Jurnal AGRISE, XIV (2): 144-153.
- Zuraida, R. 2004. Profil pengusahaan ternak itik pada sistem usaha tani di lahan rawa lebak (studi kasus di Desa Setiap Hulu Sungai Tengah, Kalimantan Selatan). Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner. Buku 1. Bogor, 4-5 Agustus 2004. Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan. Bogor. Hlm. 614-620.

PENGELOLAAN TANAH VULKANIK BERBASIS INOVASI TEKNOLOGI MENUJU PEMBANGUNAN PERTANIAN BERKELANJUTAN

Sukarman dan Husnain

Tanah vulkanik adalah salah satu tanah yang subur dan paling produktif dibandingkan dengan tanah-tanah lain. Oleh karena itu kawasan ini memiliki daya tampung manusia yang sangat tinggi. Sudah lama diketahui bahwa tanah subur di Indonesia adalah tanah yang berada di lingkungan gunung berapi. Pada saat ini kepadatan penduduk di daerah pegunungan vulkanik sudah melebihi daya tampung untuk dapat hidup dan berkehidupan yang layak. Sekitar dua pertiga dari penduduk perdesaan di daerah ini mengolah lahan dalam luasan yang sempit. Situasi demikian memaksa petani subsisten mencari nafkah dengan memperluas budidaya ke lereng gunung dan hutan lindung di daerah aliran sungai dataran tinggi (Wiharto 2015).

Gunung berapi seringkali mengeluarkan abu vulkanik secara berulang-ulang seperti yang ditunjukkan oleh beberapa strata lapisan abu di daerah sekitar gunung berapi. Proses tersebut merupakan proses pemudaan kembali tanah dengan material yang kaya akan unsur hara sering dikenal dengan istilah rejuvinalisasi (Aini *et al.* 2016). Tanah-tanah yang berkembang dari bahan abu vulkanik tersebut banyak dimanfaatkan untuk pertanian tanaman hortikultura terutama sayur-sayuran dan tanaman perkebunan seperti teh dan kopi terutama kopi Arabika. Sentra-sentra produksi tanaman hortikultura dan perkebunan di Pulau Sumatera, Jawa, Bali, Lombok, Flores, Sulawesi Utara dan Maluku Utara umumnya terletak pada tanah-tanah yang berkembang dari bahan abu vulkanik muda (Sukarman & Dariah 2014; de Rosari & Basuki 2018).

Selanjutnya Setiawan *et al.* (2018) menyatakan bahwa tanaman sayur-sayuran dan bunga-bunga umumnya dihasilkan di tanah vulkanik dataran menengah dan tinggi. Tanaman perkebunan seperti kopi, teh, kina, dan jenis buah-buahan banyak ditanam di lahan pegunungan. Hidayat (2015) menyatakan bahwa Kawasan Dieng Kejajar yang membentang dari Kabupaten Wonosobo sampai Banjarnegara merupakan hulu dari Daerah Aliran Sungai (DAS) Serayu, sekarang menjadi lahan pertanian kentang dan sayur-sayuran, para petani menanam dan mengolah lahan di daerah yang curam dengan kemiringan hampir 45° yang berpotensi longsor (Gambar 1). Salah satu lahan pertanian tanaman sayuran di Sumatera Utara adalah di kawasan hulu DAS Deli. DAS Deli merupakan salah satu DAS yang melintasi wilayah Kabupaten Karo, Kota Medan dan Kabupaten Deli Serdang. DAS Deli merupakan salah satu DAS kritis di Provinsi Sumatera Utara yang memerlukan penanganan sasaran rehabilitasi (Simbolon *et al.*, 2015).

Menurut Sukarman (2019), selama ini pemanfaatan tanah vulkanik terutama di daerah pegunungan kurang memperhatikan rekomendasi penggunaannya, sehingga terjadi penurunan kualitas lahan dan lingkungan dengan cepat. Akibatnya terjadi lahan terdegradasi, pendangkalan sungai serta terganggunya sistem hidrologi DAS. Hal sejalan dikemukakan oleh Wiharto (2015) yang menyatakan bahwa Kawasan tropis pegunungan (KTP) merupakan kawasan yang rentan atau rawan bencana, baik secara alami maupun akibat aktivitas manusia (antropogenik). Untuk mengurangi laju penurunan kualitas lahan dan lingkungan diperlukan upaya penerapan inovasi teknologi dalam perencanaan pembangunan pertanian yang lebih baik dan berkelanjutan.



Gambar 1. Lahan pertanian sayuran pada tanah vulkanik berlereng curam di Kawasan Dieng Kejajar, Dataran tinggi Dieng, Jawa Tengah

Tulisan ini bertujuan untuk memberikan informasi tentang karakteristik, kondisi data digital tanah vulkanik saat ini, serta potensi lahan dan rekomendasi penggunaan lahannya dari tanah vulkanik yang mempunyai karakter khusus untuk perencanaan pembangunan pertanian berkelanjutan.

KONDISI SUMBERDAYA TANAH VULKANIK SAAT INI

Kadaan Tanah

Tanah vulkanik di Indonesia memiliki sifat-sifat di antaranya horizon A relatif tebal dan berwarna gelap dengan kandungan bahan organik sedang sampai tinggi, bobot isi rendah, kapasitas jerapan terhadap P tinggi, KTK tinggi, pH NaF tinggi serta

tingginya kandungan Al dan Si ekstrak oksalat (Sukarman dan Dariah 2014). Secara umum tanah vulkanik di Indonesia mempunyai susunan horison A-Bw-C, tetapi ada juga yang memiliki horison AC atau horison tertimbun. Tanah vulkanik juga banyak yang mempunyai horison timbunan (A-Bw-C/BC-2A-2Bw-2C) atau *multisequum* (Putra *et al.*, 2015; Nurcholis *et al.*, 2019). Hasil penelitian di beberapa lokasi mendapatkan, sebagian besar tanah vulkanik mempunyai horison tertimbun seperti tanah vulkanik dari P. Halmahera Maluku Utara, Sulawesi Utara dan Gunung Gede Jawa Barat (Suryani *et al.*, 2015; Yatno *et al.*, 2016; Wibisono *et al.*, 2016).

Bahan organik tanah mempengaruhi berbagai sifat kimia dan fisik serta meningkatkan aktivitas biologi tanah dan produktivitas. Warna gelap humus horison permukaan (hitam atau coklat tua) dengan struktur remah, konsistensi gembur, kadar bahan organik tinggi, licin (*smearly*) adalah salah satu sifat yang paling penting dan menentukan sifat tanah vulkanik. Semakin panas suhu udara warna tanah semakin kurang gelap Leamy *et al.* (1980). Salah satu penciri dari tanah vulkanik adalah terdapatnya akumulasi humus-alofan yang dinyatakan dalam bentuk epipedon melanik, horison A molik atau horison A umbrik. Hal serupa dinyatakan oleh Kanno (1961) bahwa pembentukan humus-alofan kompleks adalah proses utama yang bertanggung jawab untuk akumulasi karbon organik pada tanah vulkanik.

Tingginya kandungan karbon organik pada tanah vulkanik dibandingkan dengan tanah lain di daerah beriklim tropis seperti di Indonesia, berkaitan dengan hadirnya mineral alofan yang membentuk humus-alofan. Hal ini yang menyebabkan kenapa tanah vulkanik umumnya mempunyai kandungan bahan organik yang cukup tebal dengan persentase kandungan yang tinggi.

Menurut Sukarman *et al.* (2020) banyak tanah-tanah vulkanik yang dibudidayakan untuk tanaman sayuran tanpa konservasi tanah dan air, sehingga jumlah tanah yang tererosi berkisar antara 2,3-8,4 kali melebihi batas toleransi (*tolerable soil loss*). Seharusnya agar tanah tetap terjaga sifat kimia, fisik dan biologi tanahnya, maka erosi yang dapat ditoleransi adalah 2,5 mm/tahun atau setara dengan 30 t/ha/tahun. Erosi tanah akan menyebabkan meningkatnya konsentrasi sedimen dalam aliran permukaan, serta membawa berbagai unsur yang diperlukan tanaman ke luar lahan pertanian. Unsur hara yang hilang terbawa aliran permukaan antara lain C-organik, nitrogen, fosfat, kalium, dan lainnya.

Bentuk Wilayah dan Lereng

Di Indonesia tanah vulkanik menempati areal sekitar 5,4 juta hektar atau 2,9% dari seluruh daratan (Subagyo *et al.*, 2004). Penyebaran tanah vulkanik di Indonesia tidak terlepas dari keberadaan gunung berapi. Gunung berapi di Indonesia tersebar sepanjang bagian barat Pulau Sumatera, bagian selatan dan tengah Pulau Jawa, Pulau Bali, Pulau Lombok, Pulau Sumbawa, Pulau Flores, Pulau Sulawesi dan Maluku Utara. Meskipun tanah vulkanik bukan merupakan tanah terluas di Indonesia

tetapi mempunyai karakteristik yang khas dan sesuai untuk kebanyakan tanaman budidaya pertanian dataran tinggi dan dihuni oleh banyak penduduk. Di sisi lain, tanah vulkanik ini berada pada lahan kering berlereng dan kawasan rawan bencana longsor dan letusan gunung (Sukarman *et al.*, 2019).

Secara garis besar menurut Sukarman dan Dariah (2014) tanah vulkanik yang dijumpai di Indonesia terletak pada daerah dengan bentuk wilayah datar-berombak sampai bergunung (Tabel 1). Dari tabel tersebut terlihat bahwa tanah vulkanik di Indonesia sebagian besar (61,99%) menempati daerah dengan bentuk wilayah bergunung, urutan kedua di daerah berbukit (16,38%) dan yang paling sedikit menempati daerah datar sampai berombak (8,69%). Dari uraian di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa salah satu penghambat penggunaan tanah vulkanik untuk pertanian adalah masalah kelerengan yang curam. Oleh karena itu, penerapan teknologi konservasi tanah dan air mutlak diperlukan.

Tabel 1. Luas tanah vulkanik pada berbagai bentuk wilayah setiap pulau di Indonesia

Pulau/kepulauan	Datar sampai berombak	Bergelombang	Berbukit	Bergunung	Jumlah
..... ha					
Sumatera	407.083	197.798	319.646	1.670.472	2.595.000
Jawa dan Bali	730	473.908	262.031	1.096.331	1.833.000
Nusa Tenggara	19.053	7.580	81.332	137.036	245.000
Kalimantan	24.953	5.716	35.647	170.684	237.000
Sulawesi	5.662	5.468	16.355	136.515	164.000
Maluku	11.191	7.310	168.924	133.575	321.000
Papua	0	0	0	0	0
Jumlah	468.672 (8,69%)	697.780 (12,93%)	883.936 (16,38%)	3.344.612 (61,99%)	5.395.000 (100,00%)

Sumber: Sukarman dan Dariah (2014)

Penggunaan dan Pemanfaatan Tanah Vulkanik

Menurut Sukarman *et al.* (2020), tanah vulkanik di Indonesia sebagian besar terdapat pada lahan kering dataran tinggi (> 700 m dpl), sebagian besar sesuai dikembangkan untuk tanaman tipe C3 yang mempunyai titik kompensasi suhu udara yang rendah (16-22°C). Selanjutnya Sukarman (2019) mengemukakan bahwa tanah vulkanik menyebar pada kawasan budi daya pertanian, hutan produksi terbatas, hutan lindung, taman nasional, hutan suaka alam, dan hutan yang dapat dikonversi. Tanah vulkanik pada kawasan budi daya pertanian sebagian besar sudah digunakan untuk perkebunan diantaranya berupa teh, kopi arabika, kina, apel, jeruk, dan kayu manis, serta tanaman kehutanan seperti *Eucalyptus urophylla*, *Casuarina*

sp., usaha tani tanaman pangan lahan kering (padi gogo, dan palawija), tanaman hortikultura (sayuran dan buah-buahan), dan persawahan. Sebagian tanah vulkanik berada pada hutan produksi terbatas, hutan lindung, taman nasional, hutan suaka alam, dan hutan yang dapat dikonversi.

Beberapa provinsi yang memiliki tanah vulkanik yang luas, seperti Sumatera Utara, Jambi, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Bali, NTB dan Sulawesi Utara (Sukarman *et al.*, 2020). Provinsi-provins tersebut merupakan provinsi yang memiliki sentra produksi tanaman hortikultur. Daerah Pangalengan, Cisarua, Puncak, Lembang Bandung Barat, Samarang Garut merupakan sentra produksi sayur di Jawa Barat; Dataran Tinggi Dieng Banjarnegara, Kopeng, Wonosobo, Temanggung, merupakan sentra produksi sayur di Jawa Tengah, sedangkan Daerah Batu dan Dataran Tinggi Ijen merupakan contoh sentra produksi sayuran di Jawa Timur. Sentra produksi sayur di Sumatera Utara di antaranya terdapat di dataran tinggi Toba dan Berastagi Kabupaten Karo sedangkan sentra produksi sayuran di Provinsi Jambi terdapat di dataran Tinggi Kerinci. Di Sulawesi Utara sentra produksi hortikultura salah satunya terdapat di daerah Mondoiding, Kabupaten Minahasa Selatan.

Tanah vulkanik yang menempati areal pegunungan merupakan kawasan pertanian produktif terutama tanaman hortikultura baik tanaman sayuran, tanaman buah-buahan semusim maupun tahunan. Salah satu sentra produksi tanaman sayuran dan buah-buahan pada tanah vulkanik di Sumatera Utara adalah di Kabupaten Karo. Menurut BPS Kabupaten Karo (2020), tanaman hortikultura yang paling utama yang di budidayakan di Kabupaten Karo adalah: cabai (7.553 ha), kubis (4.419 ha), kentang (3.953 ha), petsai (3.488 ha), tomat (3.378 ha), bawang merah (712 ha) dan bawang putih (69 ha). Sementara di Jawa Barat, salah satu sentra tanaman sayuran dan buah-buahan adalah di Kabupaten Bandung Barat. Menurut BPS Kabupaten Bandung Barat (2020), tanaman hortikultura yang paling utama yang di budidayakan di Kabupaten Bandung Barat adalah: cabai (1.366 ha), kubis (3,28 ha), kentang (116 ha), petsai (298 ha), tomat (409 ha), dan bawang merah (13 ha). Di Provinsi Jawa Tengah, salah satu sentra tanaman sayuran dan buah-buahan adalah di Kabupaten Banjarnegara. Menurut BPS Kabupaten Banjarnegara (2020), tanaman hortikultura yang paling utama yang di budidayakan di Kabupaten Banjarnegara adalah: kubis (3.000 ha), kentang (6.075 ha), petsai (337 ha), tomat (401 ha), bawang merah (14 ha), dan bawang putih (130 ha). Di Provinsi Sulawesi Utara, salah satu sentra tanaman sayuran dan buah-buahan adalah di Kabupaten Minahasa Selatan. Menurut BPS Kabupaten Minahasa Selatan (2020), tanaman hortikultura yang paling utama yang di budidayakan di Kabupaten ini adalah: cabai (397 ha), kubis (1.665 ha), kentang (2.130 ha), petsai (563 ha), tomat (601 ha), bawang merah (43 ha), dan bawang putih (342 ha).

Salah satu komoditas tanaman perkebunan yang banyak ditanam di tanah vulkanik dataran tinggi adalah kopi arabika (*Coffea arabica* L.). Komoditas ini merupakan komoditas ekspor penting dan penghasil devisa negara. Potensi

produktivitas kopi arabika di Indonesia dapat mencapai 1,5 ton/ha/th, meskipun saat ini produktivitasnya masih sangat rendah yaitu sekitar 0,75 ton/ha/th. Di Indonesia kopi arabika yang diusahakan rakyat setidaknya terdapat di 17 provinsi. Empat provinsi penghasil kopi arabika terluas yang diusahakan rakyat adalah Provinsi Aceh seluas 87.533 ha, Sumatera utara seluas 57.142 ha dan Sulawesi Selatan 43.767 ha. Sedangkan kopi arabika yang diusahakan oleh perusahaan besar negara terdapat di Jawa Timur seluas 7.172 ha dan yang diusahakan oleh perusahaan swasta terdapat di Bengkulu seluas 786 ha, Jawa Barat seluas 360 ha, Jawa Timur seluas 209 ha, Bali 7.528 ha, Sulawesi Selatan seluas 4.037 ha (BPS 2018a).

Salah satu daerah penghasil kopi arabika di provinsi Nusa Tenggara Timur adalah di Pulau Flores. Pulau ini dikategorikan sebagai pulau vulkanik karena memiliki beberapa gunung api yang berderet mulai dari ujung barat sampai ujung timur pulau ini. Berdasarkan deRosari dan Basuki (2018) luas lahan kopi di daerah ini mencapai 65.929 ha dengan produksi 21.859 ton dan produktivitas 0,33 ton/ha/tahun. Jumlah ini masih rendah dibandingkan dengan rerata produktivitas nasional 0,51 ton/ha/tahun.

Tanaman perkebunan lain yang banyak dijumpai di lahan pegunungan vulkanik adalah tanaman teh (*Camellia sinensis*). Indonesia saat ini adalah produsen teh terbesar ketujuh di dunia, setelah Cina dan India berada di urutan pertama dan kedua. Provinsi-provinsi yang memproduksi teh di Indonesia adalah Jawa Barat, Jawa Tengah, Sumatera Utara, Jambi, Sumatera Selatan. Meskipun ada penurunan luas lahan, jumlah produksi teh tetap relatif stabil. Hal ini mengindikasikan bahwa perkebunan-perkebunan teh yang tersisa menjadi lebih produktif. Ekspor teh juga relatif turun dikarenakan produksi teh yang semakin turun. Provinsi-provinsi yang memproduksi teh paling banyak dan luas tanamnya terbesar di Indonesia adalah Jawa Barat (sekitar 70% dari produksi teh nasional) Jawa Tengah, Sumatera Barat dan Sumatera Utara (BPS 2018b) (Tabel 2).

Sejauh ini pertanian di lahan pegunungan sering dituding sebagai penyebab terjadinya erosi, longsor dan banjir karena pengelolaannya tidak mengikuti kaidah pertanian yang baik. Institusi yang berwenang dan terlibat dalam fasilitas pengelolaan lahan pegunungan seyogyanya mempunyai persepsi sama tentang Sistem Usaha Tani (SUT) konservasi, serta mempertimbangkan prinsip-prinsip pembangunan berkelanjutan yang telah diakui secara internasional. Prinsip-prinsip tersebut adalah (1) kerusakan hutan dan lahan tidak lebih cepat dari regenerasi hutan dan lahan; (2) kepunahan jenis atau spesies tidak melebihi evolusi jenis atau spesies itu sendiri; (3) laju erosi tanah tidak lebih cepat dari pembentukan tanah; (4) emisi karbon tidak lebih tinggi dari fiksasi karbon; dan (5) permintaan akan produk pertanian tidak lebih banyak dari produksi pertanian (Badan Litbang Pertanian 2007).

Tabel 2. Produksi, luas panen dan produktivitas teh di Indonesia

Provinsi	Luas Areal (ha)	Produksi (ton)	Produktivitas (kg/ha)
Jawa Barat	90.274	102.056	1.545
Jawa Tengah	8.441	9.799	1.319
Sumatera Barat	5.009	8.011	1.706
Sumatera Utara	4.160	6.968	2.355
Jawa Timur	3.987	6.879	1.841
Jambi	2.326	5.268	2.988
Sumatera Selatan	1.445	3.378	2.349
Bengkulu	1.295	1.321	1.921
DI Yogyakarta	138	151	1.489
Sulawesi Selatan	129	140	1.085
Banten	64	43	1.802

Sumber: BPS (2018b)

Pengelolaan Tanah Vulkanik Saat ini

Meskipun tanah vulkanik secara umum mempunyai kandungan bahan organik dengan rata-rata tergolong tinggi. Namun demikian beberapa hasil penelitian menemukan kandungan C-organik tanah vulkanik di beberapa tempat ternyata kurang dari 2%. Hasil penelitian Putra *et al.* (2015) mendapatkan bahwa 2 profil tanah dari 5 profil tanah vulkanik yang diteliti di Gunung Kawi Jawa Timur mempunyai kandungan C-organik kurang dari 2 % (0,94 -1,34%). Tingkat kesuburan yang rendah ditunjukkan oleh hasil penelitian Sipahutar *et al.* (2013); Kasno *et al.* (2013); Haryati *et al.* (2013b); Sujitno (2013), dan Haryati *et al.* (2013a) tanah vulkanik di Buntu Wonosobo, Kopeng Semarang, Banyuroto Magelang, Rancabali Bandung dan Kerinci Jambi. Reaksi tanah bervariasi dari masam sampai agak masam (pH 5,1 – 6,1), C-organik sedang sampai tinggi (2,00 – 5,12%), N total bervariasi dari rendah sampai sedang (0,24 – 0,31%), P tersedia sangat rendah sampai sedang (9,49-30,01 ppm), kapasitas tukar kation tergolong tinggi (21,90 – 29,30 cmol(+) kg⁻¹ dan kejenuhan basa sedang sampai sangat tinggi (26 – 100 %).

Tanah vulkanik yang telah dikelola intensif, sifat fisik tanah juga terancam mengalami degradasi, hasil penelitian Endriani dan Zurhalena (2008) di Gunung Kerinci, Jambi menunjukkan terjadinya degradasi sifat fisik tanah vulkanik yang telah dikelola secara intensif untuk lahan pertanian, hal ini diindikasikan oleh lebih buruknya sifat fisik tanah vulkanik pada lahan pertanian (kebun campuran, kayu manis, dan kopi) dibandingkan dengan lahan hutan. Menurut Dariah *et al.* (2012) degradasi lahan yang terjadi di Indonesia umumnya disebabkan oleh erosi air hujan. Hal ini sehubungan dengan tingginya jumlah dan intensitas curah hujan, terutama di Indonesia Bagian Barat. Bahkan di Indonesia Bagian Timurpun yang tergolong beriklim kering, masih banyak terjadi proses erosi yang cukup tinggi, yaitu di

daerah-daerah yang memiliki hujan dengan intensitas tinggi, walaupun jumlah tahunan relatif rendah.

Pembahasan tentang sistem usahatani pada tanah vulkanik, selalu dikaitkan dengan sistem usahatani di wilayah pegunungan dataran tinggi. Namun demikian, pengembangan lahan pertanian utamanya untuk tanaman semusim di wilayah pegunungan dataran tinggi sering mengundang kritik, karena banyak yang kurang bersifat ramah lingkungan. Umumnya karena kurangnya pencegahan erosi dan longsor yang tidak memadai (Hilman 2013; Dariah *et al.* 2012). Padahal wilayah dataran tinggi umumnya merupakan bagian hulu DAS yang mempunyai banyak fungsi lingkungan di antaranya sebagai daerah penyangga dan pengatur tata air DAS. Oleh karena itu, pengembangan usahatani khususnya untuk tanaman semusim seperti sayuran di dataran tinggi (termasuk pada tanah vulkanik) merupakan bentuk penggunaan lahan yang dinilai berisiko, bukan hanya dari aspek penurunan kualitas lahan, namun juga kualitas lingkungan pada skala yang lebih luas, yaitu dari hulu sampai hilir, bahkan tidak menutup kemungkinan bisa berkontribusi terhadap penurunan kualitas lingkungan pada tingkat global, misalnya akibat peningkatan laju dekomposisi bahan organik, serta pemanfaatan pupuk secara berlebihan.

Pemerintah telah mengeluarkan peraturan perundang-undangan untuk melindungi tanah-tanah subur seperti tanah Andosol, baik dari degradasi kualitas yaitu akibat penurunan kondisi biofisik, maupun degradasi secara kuantitatif akibat terjadinya alih fungsi lahan. Namun demikian sosialisasi sistem penggunaan lahan yang bersifat ramah lingkungan dan pencegahan alih fungsi lahan pertanian (khususnya pada tanah subur seperti tanah Andosol) perlu terus dilakukan, penerapan peraturan perundang-undangan juga perlu terus dikawal (Sukarman *et al.*, 2019).

KETERSEDIAAN DATA DAN TEKNOLOGI PENGELOLAAN TANAH VULKANIK

Berdasarkan Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian/BBSDLP (2019) sampai dengan akhir tahun anggaran 2018, seluruh daratan Indonesia yang terdiri dari 511 kabupaten/kota sudah dipetakan tanahnya pada skala 1:50.000, termasuk di dalamnya tanah vulkanik. Hasil yang diperoleh dari kegiatan ini adalah berupa: (1). Peta Tanah Tingkat Semi Detail, Skala 1:50.000, (2). Peta Kesesuaian Lahan dan Arah Penggunaan Lahan Komoditas Strategis, Skala 1:50.000, (3). Buku Rekomendasi Pengelolaan Lahan. Ketiga jenis peta dan buku rekomendasi pengelolaan tersebut disusun untuk setiap Kabupaten/Kota di seluruh Indonesia.

Rekomendasi Pengelolaan Lahan

Rekomendasi Pengelolaan Lahan (RPL) merupakan uraian lebih rinci dari arahan komoditas yang diperoleh dari hasil evaluasi lahan, dan paket-paket RPL

disusun berdasarkan agroekosistem yang sudah umum dikenal seperti lahan sawah, lahan kering dan lahan rawa. Pembagian selanjutnya didasarkan kepada ketinggian tempat dari permukaan laut (dpl) dan jumlah curah hujan tahunan sejalan dengan kriteria yang digunakan dalam evaluasi lahan. Ketinggian tempat dibagi menjadi dataran rendah (DR) yaitu ketinggian < 700 m dpl dan dataran tinggi (DT) yaitu ketinggian > 700 m dpl. Curah hujan tahunan dibagi menjadi iklim basah (IB) yaitu Kawasan yang memiliki curah hujan > 2.000 mm/tahun atau lebih dan iklim kering (IK) yaitu wilayah yang memiliki curah hujan < 2.000 mm/tahun (BBSDL P 2018). Untuk tanah vulkanik, agroekosistemnya termasuk dataran tinggi (DT), curah hujan iklim basah (IB) dan iklim kering (IK), seperti yang disajikan dalam Tabel 3.

Paket rekomendasi pengelolaan lahan (RPL) disusun berdasarkan jenis komoditas yang berpeluang untuk diusahakan pada agroekosistem tertentu yang sudah ditentukan. Tiap komoditas diberi symbol singkatan nama singkatan nama komoditas berupa dua huruf kapital diikuti dengan kode agroekosistem seperti disajikan dalam Tabel 3. Singkatan nama komoditas adalah Cabe Merah (CM), Kentang (KT), Kubis (KU) dll. Contoh penggunaannya dalam notasi paket RPL adalah sebagai berikut:

CM2121 = *Paket rekomendasi pengelolaan lahan untuk cabe merah (CM) pada lahan kering (2), tegalan (1), di dataran tinggi (2) dan beriklim basah (1).*

Tabel 3. Agroekosistem lahan kering tanah vulkanik dan turunannya

Agroekosistem				Kode
Tipe Lahan	Sub Tipe	Elevasi	Iklim	
Lahan Kering (2)	Tegalan (tanaman sayuran/ pangan/semusim) (1)	DT (2)	IB (1)	2121
			IK (2)	2122
	Kebun campuran, tanaman tahunan (2)	DT (2)	IB (1)	2221
			IK (2)	2222

DT (2) = Dataran Tinggi; IB (1) = Iklim Basah; IK (2) = Iklim Kering

Dalam paket RPL yang masih bersifat umum seperti tersaji di atas, selanjutnya dipadukan dengan hasil evaluasi lahan dan arahan komoditas beserta faktor pembatas pengembangan komoditas, sehingga dihasilkan paket RPL spesifik lokasi. Dalam paket RPL spesifik lokasi ini spesifik teknologi budidaya, dosis pemupukan dan lain-lain sudah disajikan terpadu secara utuh di dalam paket untuk masing-masing satuan arahan pada tiap lokasi. Contoh notasi paket RPL spesifik lokasi yang merupakan turunan dari paket RPL umu di atas adalah sebagai berikut:

CM2121-eh/nr/na = *Paket rekomendasi pengelolaan lahan untuk cabe merah (CM) pada lahan kering (2), tegalan (1), di dataran tinggi (2) dan beriklim basah (1) dengan factor pembatas lereng (eh), kejenuhan basa rendah (nr) dan kekurangan unsur P (na).*

Pengelolaan Tanah Vulkanik

Optimalisasi pengelolaan vulkanik berlereng untuk mendukung pembangunan pertanian berkelanjutan dihadapkan pada berbagai kendala baik biofisik maupun ekonomi. Dalam batasan tertentu, kendala biofisik dapat diminimalisir dengan menerapkan suatu inovasi teknologi yang tepat. Secara umum Dariah dan Las (2010) mengemukakan bahwa inovasi teknologi pengelolaan lahan berlereng secara garis besar dipilah menjadi: (1) Teknik pengelolaan kesuburan tanah, (2) Teknik konservasi tanah dan air, (3) Teknik rehabilitasi degradasi lahan.

Teknik pengelolaan kesuburan tanah

Selama ini, tanah vulkanik diidentikkan dengan tanah subur yang tidak banyak memerlukan pupuk. Pemahaman tersebut ada benarnya, jika lahan tersebut baru dibuka dari lahan yang sebelumnya berupa hutan. Menurut Suganda dan Nurida (2013) usaha tani di tanah vulkanik pada wilayah berlereng tanpa menerapkan kaidah-kaidah konservasi tanah merupakan penyebab utama terjadinya penurunan kualitas lahan. Selanjutnya Purwanto *et al.* (2013) mengemukakan bahwa usaha tani di dataran tinggi pegunungan vulkanik banyak memanfaatkan tanah-tanah Andisols. Tanah tersebut mempunyai kendala kesuburan yang beragam, sehingga komoditas yang ditanam terutama sayuran memerlukan pemupukan agar memperoleh hasil yang lebih tinggi. Dalam pengelolaan kesuburan tanah, hal yang perlu dilakukan adalah tidak hanya pemberian pupuk saja, tetapi menyangkut tindakan lainnya, seperti perbaikan sifat kimia lainnya misalnya perbaikan pH tanah, kemampuan tanah memegang hara.

Menurut Kasno *et al.* (2013) pemupukan seyogyanya mempertimbangkan status kesuburan tanah dan kebutuhan tanaman akan hara tanaman atau keseimbangan hara. Hasil penelitiannya mendapatkan bahwa pemupukan urea, SP-36, KCl dan pupuk kandang di dataran tinggi Kopeng Kabupaten Semarang dan Buntu Kabupaten Wonosobo tergolong sangat tinggi dan tidak berimbang. Sementara hasil penelitiannya di lokasi tersebut mendapatkan bahwa pemupukan berimbang dapat meningkatkan produksi dan pendapatan petani sayuran dataran tinggi. Selain itu Widowati *et al.* (2013) mendapatkan bahwa monitoring terhadap nilai keseimbangan hara dan efisiensi pupuk diperlukan sebagai data dukung pengelolaan hara yang baik pada pertanaman sayuran di tanah vulkanik dataran tinggi. Penerapan teknologi pemupukan organik juga sangat penting untuk dilaksanakan.

Menurut Purnomo (2013) usaha tani sayuran di tanah vulkanik dataran tinggi umumnya menggunakan input yang tinggi baik pupuk anorganik maupun organik secara terus menerus setiap musim tanam, sehingga kurang efisien dan tidak rasional lagi dengan peningkatan hasil. Keadaan ini akan mempercepat

pengurusan hara lainnya sehingga akan mengganggu keseimbangan hara, menurunkan produktivitas dan lingkungan. Oleh karena itu pemupukan harus memperhatikan pemupukan berimbang. Pemupukan berimbang adalah memberikan sejumlah pupuk yang sesuai/proporsional dengan kebutuhan tanaman untuk mencapai keadaan hara yang optimum, paling tidak setara dengan jumlah hara yang diserap oleh tanaman. Perlu diketahui bahwa masing-masing jenis tanaman membutuhkan sejumlah unsur yang berbeda tergantung dari umur tanaman, jenis tanah dan iklim. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa kehilangan hara dari lahan pertanian di tanah vulkanik berlereng cukup besar, namun hal ini dapat diatasi bila erosi dapat dicegah dan lahan yang tererosi direhabilitasi, sehingga penggunaan pupuk akan lebih efisien.

Teknik konservasi tanah dan air

Pada prinsipnya konservasi tanah tidak dapat dipisahkan dengan konservasi air. Penggunaan konservasi tanah juga secara tidak langsung juga ditujukan untuk konservasi air. Secara garis besar teknik konservasi tanah dapat dibagi menjadi teknik konservasi secara mekanik, vegetatif dan kimia (Arsyad 2000). Namun menurut Dariah dan Las (2010) teknik konservasi tanah yang banyak dikembangkan pada lahan kering di Indonesia adalah teknik konservasi tanah secara mekanik dan vegetatif. Dalam aplikasinya kedua jenis konservasi tersebut sulit untuk dipisahkan. Misalnya, tindakan konservasi secara mekanik akan lebih efektif bila disertai dengan tindakan secara vegetatif demikian pula sebaliknya.

Khusus untuk tanah vulkanik, teknik konservasi tanah pada budidaya tanaman sayuran dataran tinggi masih banyak yang belum dilakukan secara baik dan benar, sehingga erosi yang terjadi masih terus terjadi, sehingga produktivitas tanah terus menurun. Hal ini terjadi karena para petani beranggapan bahwa dengan adanya tindakan pembuatan gulud yang searah kontur dapat menyebabkan tanah berdrainase buruk dan berakibat tanaman sayuran terinfeksi penyakit (Dariah *et al.*, 2012). Namun beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa pembuatan bedengan searah lereng, yang disertai dengan pembuatan guludan searah kontur menyebabkan erosi tetap terkendali (Sukarman & Dariah 2012). Hasil penelitian Haryati *et al.* (2013a) di tanah vulkanik pada wilayah dataran tinggi Kerinci menunjukkan bahwa penanaman tanaman sayuran searah kontur dapat mengendalikan serangan layu fusarium pada tanaman kentang.

Praktek konservasi tanah pada lahan sayuran yang sudah cukup baik telah dipraktekkan petani sayuran di daerah Kopeng, keyakinan bahwa pembuatan teras bisa meningkatkan serangan penyakit ternyata tidak benar, petani di daerah ini menyatakan bahwa pembuatan teras memberikan pengaruh positif terhadap produktivitas tanaman sayuran (Dariah & Husen 2006). Pengalaman petani di daerah ini penting untuk disosialisasikan kepada petani sayuran di daerah lain. Selain

teknik penterasan, teknologi konservasi secara vegetatif juga bisa diaplikasikan pada usahatani sayuran.

Teknik rehabilitasi

Tanah vulkanik merupakan tanah yang banyak digunakan untuk budidaya tanaman sayuran yang intensif. Menurut Sukarman *et al.* (2020), sebagian besar petani sayuran di tanah vulkanik pada wilayah dataran tinggi belum menerapkan teknik konservasi tanah dan air dengan benar. Penyebabnya antara lain karena aplikasi teknik konservasi dirasakan sulit dan membutuhkan waktu yang lama serta memerlukan tenaga kerja dalam jumlah yang cukup banyak. Tanpa konservasi tanah dan air, tanah vulkanik di dataran tinggi sangat rentan terhadap erosi dan longsor, sehingga lahan menjadi terdegradasi.

Menurut Dariah & Las (2010), lahan yang telah mengalami degradasi, penerapan teknik konservasi saja tidak akan mampu membuat lahan dapat berproduksi secara optimal. Pada lahan yang demikian rehabilitasi lahan sangat perlu terlebih dahulu dilakukan. Rehabilitasi lahan secara vegetatif bisa dilakukan dengan menanam tanaman legum penutup tanah. Bahan pembenah tanah baik yang berbahan dasar mineral, organik maupun campuran organik dan mineral dapat digunakan untuk mempercepat jangka waktu rehabilitasi lahan. Pembenah tanah berbahan dasar bahan organik dengan diberi tambahan skim lateks, *biocahrt* (arang), dan bahan mineral seperti zeolit kapur dan lainnya. Pupuk hayati berupa mikroba yang aktif dalam proses agregasi tanah juga dapat digunakan sebagai bahan pembenah tanah.

Penggunaan pestisida pada budidaya tanaman sayuran di tanah vulkanik dataran tinggi hampir tidak mungkin ditiadakan dan penggunaannya hampir tidak terkontrol. Pestisida ditujukan untuk untuk pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT), oleh karenanya pestisida berfungsi sebagai racun, yang berbahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan (Poniman *et al.*, 2013). Selanjutnya Ardiwinata *et al.* (2018) mengemukakan bahwa banyak dari residu pestisida ini, terutama turunan pestisida *organoklorin*, menunjukkan tingkat bioakumulasi yang berbahaya dalam tubuh manusia dan lingkungan. Khusus untuk residu insektisida golongan *organoklorin* di dalam tanah, air dan tanaman harus dipantau karena sifatnya yang persisten, beracun, dan akumulatif. Hasil pemantauan ini akan dijadikan untuk bahan penyuluhan maupun bahan pengambil kebijakan tentang penggunaan pestisida yang ramah lingkungan.

ARAH, SASARAN DAN STRATEGI PENGELOLAAN TANAH VULKANIK

Dalam rangka pemanfaatan tanah vulkanik menuju pembangunan pertanian berkelanjutan diperlukan arah, sasaran dan strategi pengelolaan tanah vulkanik agar dalam penggunaannya tidak akan berdampak buruk terhadap kelestarian tanah dan lingkungannya.

Arah dan Sasaran

Arah pengelolaan tanah vulkanik di Indonesia ditujukan agar usaha tani yang dilakukan di vulkanik secara ekonomis dapat menguntungkan dengan tetap menjaga kelestarian lingkungannya. Menurut Sukarman (2019), rekomendasi pengelolaan tanah vulkanik dapat berupa teknologi yang akurat dalam optimalisasi tanah vulkanik baik pada lahan eksisting maupun pada lahan bukaan baru. Rekomendasi tersebut meliputi aspek kesesuaian untuk pemilihan atau pengembangan komoditas, peningkatan kesuburan dan peningkatan produktivitas maupun dalam aspek konservasi tanah, pencegahan dan penanggulangan degradasi lahan.

Berdasarkan kondisi riil pemanfaatan tanah vulkanik sekarang ini serta ide yang dikemukakan oleh Sukarman (2019), maka sasaran utama pengelolaan tanah vulkanik adalah lahan-lahan yang sesuai untuk budidaya pertanian, baik tanaman pangan, hortikultura, perkebunan maupun agroforestri. Sasaran pengelolaan yang dimaksud adalah:

1. Pemanfaatan data digital tanah vulkanik tersedia untuk mempermudah perencanaan pertanian di lahan vulkanik.
2. Meningkatkan produktivitas dan nilai tambah usaha tani pada lahan-lahan existing dan sesuai untuk usaha pertanian.
3. Melakukan perluasan areal pertanian pada lahan-lahan yang sesuai dan berada pada areal penggunaan lain (APL).
4. Menghindari atau memperlambat laju degradasi lahan dan mendukung kelestarian tanah vulkanik eksisting, terutama di lahan berlereng.
5. Mengembalikan fungsi lindung pada lahan-lahan yang tidak sesuai terutama faktor lereng terutama pada Hutan Lindung (HL) yang terlanjur dibuka untuk budidaya pertanian.
6. Mengurangi risiko dan dampak bencana alam terutama tanah longsor, dampak bencana erupsi gunung berapi, bahaya erosi.

Strategi Pengelolaan Tanah Vulkanik

Strategi pengelolaan tanah vulkanik yang perlu dilakukan berupa re-evaluasi terhadap tanah-tanah pertanian eksisting, yang meliputi karakteristik tanah, pemetaan, evaluasi lahan dan rekomendasi pengelolaan lahannya. Selanjutnya dilakukan re-interpretasi, merancang ulang perencanaan penggunaan lahan berdasarkan ketersediaan data pada skala 1:50.000 yang telah menggunakan inovasi pedologi mutakhir. Perbaikan sistem perencanaan pemanfaatan tanah vulkanik berkelanjutan didasarkan kepada inovasi pedologi terkini dalam proses identifikasi dan evaluasi lahan. Pengelolaan tanahnya harus berdasarkan inovasi pedologi yang mengintegrasikan teknologi pengelolaan tanah, kebijakan, dan kegiatan budidaya yang ramah lingkungan (Sukarman 2019).

Data dasar yang digunakan untuk merancang ulang perencanaan penggunaan lahan adalah berdasarkan data dasar hasil inovasi pedologi berupa pemetaan tanah tingkat semi detail (skala 1:50.000), peta kesesuaian lahan dan arahan penggunaan lahan skala 1:50.000, serta rekomendasi pengelolaan lahan di seluruh lokasi tanah vulkanik yang sudah tersedia di seluruh Indonesia (Sukarman *et al.*, 2020). Data tersebut di atas berupa data digital dalam format Shp maupun JPG.

Data hasil inovasi pedologi tanah vulkanik perlu dikelola dalam suatu basisdata yang baik agar data dapat terus digunakan untuk mendukung pembangunan pertanian yang berkelanjutan. Data harus disajikan dalam format digital berbasis WEB, sehingga pelayanan data yang kontinyu dan dapat dilakukan secara *online*. Perlu dibangun suatu Sistem Informasi sebagai suatu kombinasi dari perangkat keras, perangkat lunak, data, dan sumberdaya manusia yang dirancang untuk menangkap (*capture*), memproses, mengelola, dan menyajikan informasi dalam suatu organisasi (Sulaeman *et al.*, 2015). Dengan adanya sistem ini, maka akselerasi inovasi pedologi dalam optimalisasi penggunaan tanah vulkanik mendukung pembangunan pertanian berkelanjutan dapat berjalan dengan baik dan benar.

PENUTUP

Tanah vulkanik di Indonesia sebagian besar terdapat pada lahan kering dataran tinggi (> 700 m dpl), yang sebagian besar sesuai dikembangkan untuk tanaman tipe C3. Tanah ini menyebar pada kawasan budi daya pertanian, hutan produksi terbatas, hutan lindung, taman nasional, hutan suaka alam, dan hutan yang dapat dikonversi. Tanah vulkanik pada kawasan budi daya pertanian sebagian besar sudah digunakan untuk perkebunan, usaha tani tanaman pangan lahan kering dan persawahan.

Tanah vulkanik di Indonesia secara alami merupakan tanah yang sangat subur, namun karena pemanfaatan yang sangat intensif terutama untuk budidaya tanaman sayuran sering menimbulkan lahan terdegradasi yang memerlukan penanganan yang serius.

Untuk pengelolaan tanah vulkanik berbasis inovasi teknologi menuju pembangunan pertanian berkelanjutan diperlukan perencanaan yang sesuai dengan karakteristik tanah dan lingkungannya berdasarkan komoditas yang ingin dikembangkan. Saat ini, data dasar sumberdaya tanah vulkanik yang sudah tersedia para skala operasional (skala 1:50.000) adalah data sumberdaya tanah, kesesuaian lahan dan rekomendasi pengelolaan tanahnya. Data tersebut berupa data spasial (digital) dan data tabular.

Arah pengelolaan tanah vulkanik di Indonesia ditujukan agar usaha tani yang dilakukan di tanah vulkanik secara ekonomis dapat menguntungkan dengan tetap menjaga kelestarian lingkungannya. Rekomendasi pengelolaan tanah vulkanik dapat berupa teknologi yang akurat dalam optimalisasi tanah vulkanik baik pada lahan eksisting maupun pada lahan bukaan baru. Rekomendasi tersebut meliputi aspek kesesuaian untuk pemilihan atau pengembangan komoditas, peningkatan kesuburan dan peningkatan produktivitas maupun dalam aspek konservasi tanah, pencegahan dan penanggulangan degradasi lahan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian atas dukungan terhadap penulisan ini. Terima kasih juga disampaikan kepada Tim Penyunting atas koreksi dan sarannya untuk perbaikan tulisan ini. Kepada Redaksi Pelaksana juga diucapkan terima kasih atas kerja kerasnya sehingga buku ini bisa terwujud. Dalam naskah ini Sukarman adalah kontributor utama dan Husnain sebagai kontributor anggota.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, L.N., Mulyono, dan Hanudin, E. 2016. Mineral mudah lapuk material piroklastik Merapi dan potensi keharaannya bagi tanaman. *Plant Tropika Journal of Agro Science*, 4(2): 84-94. DOI: 10.18196/pt.2016.060.84-94.
- Arsyad, S. 2000. *Konservasi Tanah dan Air*. Departemen Ilmu-ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, IPB.
- Ardiwinata, A.N., Ginoga, L.N., Sulaeman, E., dan Harsanti, E.S. 2018. Pesticide residue monitoring on agriculture in Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 12(2): 133-144. Doi: 10.21082/jsdl.v12n2.2018.133-144.

- Bachri, S., Sulaeman, Y., Sugrawijaya, R., Mulyani, A., dan Hidayat, H. 2016. Petunjuk Pengoperasian SPKL (Sistem Penilaian Kesesuaian Lahan) Versi 2,0. Balai Besar Penelitian dan Penembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Litbang Pertanian. 56 Hlm.
- Badan Litbang Pertanian. 2007. Budidaya Pertanian di Lahan Pegunungan. <http://new.litbang.pertanian.go.id/info-aktual/433/>. Diakses tanggal 2 Mei 2020.
- Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP). 2018. Paket RPL Kabupaten Banjarnegara Provinsi Jawa Tengah. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian; 58 Hlm. ISBN 978-602-459-295-0.
- Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP). 2019. Laporan Tahunan 2018. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian.
- BPS. 2018a. Statistik Kopi Indonesia 2018. Badan Pusat Statistik Kabupaten. Katalog No. 5504006. 85 Hlm.
- BPS. 2018b. Statistik Teh Indonesia 2018. Badan Pusat Statistik Kabupaten. Katalog No. 5504001. 98 Hlm.
- BPS Kabupaten Bandung Barat. 2020. Kabupaten Bandung Barat Dalam Angka 2020. Badan Pusat Statistik Kabupaten Bandung Barat. Katalog No. 1102001.3217. 193 Hlm.
- BPS Kabupaten Banjarnegara. 2020. Kabupaten Banjarnegara Dalam Angka 2020. Badan Pusat Statistik Kabupaten Banjarnegara. Katalog No. 1102002.3304. 389 Hlm.
- BPS Kabupaten Karo. 2020. Kabupaten Karo Dalam Angka 2020. Badan Pusat Statistik Kabupaten Karo. Katalog No. 1102002.1211. 140 Hlm.
- BPS Kabupaten Minahasa Selatan. 2020. Kabupaten Minahasa Selatan Dalam Angka 2020. Badan Pusat Statistik Kabupaten Minahasa Selatan. Katalog No. 1102001.7105. 218 Hlm.
- Dariah, A. dan Husen, E. 2007. Optimalisasi multifungsi pertanian pada usahatani berbasis tanaman sayuran. Hlm 263-278. *Dalam* Prosiding Seminar Multifungsi dan Revitalisasi Pertanian. Badan Litbang Pertanian. MAFF Japan, ASEAN Secretariat. Jakarta, 2006.
- Dariah, A. Dan Las, I. 2010. Ekosistem lahan kering sebagai pendukung pembangunan pertanian. Hlm 46 – 66. *Dalam* Suradisastra K, Pasaribu SM, Sayaka B, Dariah A, Las I, Haryono, Pasandaran E. (Eds.): Membalik Kecenderungan Degradasi Sumberdaya Lahan dan Air. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian. IPB Press.
- Dariah, A., Rochayati, S., dan Hartatik, W. 2012. Sistem pengelolaan lahan sayuran ramah lingkungan dan berkelanjutan. Hlm 499-510. *Dalam* Ananto *et al.* (Eds.): Kemandirian Pangan Indonesia dalam Perspektif Kebijakan MP3EI.

- de-Rosari, B. dan Basuki, T. 2018. Pengelolaan usahatani kopi rakyat pada lahan vulkanik Flores Nusa Tenggara Timur. Hlm 73-100. *Dalam* Pasandaran, E., Syakir, M., dan Yufdi MP (Eds.): *Sinergi Inovasi Memperkuat Pertanian Rakyat Berbasis Tanaman Perkebunan dan Rempah-rempah*. IAARD Press.
- Endriani dan Zurhalena. 2008. Kajian beberapa sifat fisik Andisol pada beberapa penggunaan lahan dan beberapa kelerengan di Kecamatan Gunung Kerinci. Hlm V.74-V.85. *Dalam* Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi. Universitas Lampung. 17-18 November 2008.
- Haryati, U., Erfandi, D., dan Sulaeman, Y. 2013a. Teknik konservasi, hubungannya dengan sifat fisik tanah serta serangan hama penyakit pada tanaman kentang di dataran tinggi Kerinci. Hlm 305-318. *Dalam* Sulaeman *et al.* (Eds.): *Prosiding Seminar Nasional Pertanian Ramah Lingkungan*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian. Bogor, 29 Mei 2013.
- Haryati, U., Budiarti, T., dan Makalew, A.D. 2013b. Konservasi lansekap pertanian lahan kering berbasis sayuran mendukung pengembangan agrowisata di Dataran Tinggi Merbabu. Hlm 60-87. *Dalam* Widowati, L.R., Sukristiyonubowo, Sipahutar, I.A., Kasno, A., Purnomo, J., dan Asgar, A. (Eds.): *Prosiding Seminar Nasional Peningkatan Produktivitas Sayuran Dataran Tinggi*. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian.
- Hidayat, M.R. 2015. Kajian pola pertanian dan upaya konservasi di dataran tinggi Dieng kecamatan keajar Kabupaten Wonosobo. Skripsi. Jurusan Geografi, Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Semarang. 96 hlm.
- Hilman, Y. 2013. Teknologi Inovatif Budidaya Sayuran Lahan Kering Berbasis Pengelolaan Hara Terpadu Menuju Terwujudnya Ekonomi Biru (Pertanian Ramah Lingkungan). Orasi Pengukuhan Profesor Riset Bidang Budidaya Tanaman, Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian, Bogor, Desember 2013.
- Kanno, I. 1961. Genesis and classification of main genetic soil types in Japan, I. Introduction and Humic Allophane Soils. *Bull. Kyushu Agr. Expt. Stn.* 7: 1-185 (in English abstract).
- Kasno, A., Ibrahim, A.S., dan Rachman, A. 2013. Pengelolaan hara tanah dan peningkatan pendapatan petani dalam pola tanam sayuran dataran tinggi di Kopeng dan Buntu. Hlm 193-200. *Dalam* Widowati, L.R., Sukristiyonubowo, Sipahutar, I.A., Kasno, A., Purnomo, J., dan Asgar, A. (Eds.): *Prosiding Seminar Nasional Peningkatan Produktivitas Sayuran Dataran Tinggi*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Leamy, M.L., Smith, G.D., Colmet-Daage, F., dan Otowa, M. 1980. The morphological characteristics of Andisols. Pp 17-34. *In* K.G. Theng (Eds.): *Soils with Variable Charge*. New Zealand SOC. Soil Sci., Lower Hutt, New Zealand.

- Nurcholis, M., Herlambang, S., Suwartikaningsih, S.A., Fiantis, D., and Yudiantoro, D.F. 2019. Soil layer properties of a profile developed on the past depositional series on Merbabu Volcano Central Java Indonesia. *J. Trop Soils*, 24 (2): 53-63. Doi: 10.5400/jts.2019. v24i2.53.
- Poniman, Indratin, dan Sutriadi, M.T. 2013. Residu pestisida di lahan sayuran dataran tinggi Dieng. Hlm 328-346. *Dalam* Widowati LR, Sukristiyonubowo, Sipahutar IA, Kasno A, Purnomo J, Asgar A. (Eds.): Prosiding Seminar Nasional Peningkatan Produktivitas Sayuran Dataran Tinggi. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Purnomo, J. 2013. Pemupukan berimbang pada tanaman cabai pada tanah Typic Hapludands di Cikembang Sukabumi. Hlm 218-228. *Dalam* Widowati, L.R., Sukristiyonubowo, Sipahutar, I.A., Kasno, A., Purnomo, J., dan Asgar, A. (Eds.): Prosiding Seminar Nasional Peningkatan Produktivitas Sayuran Dataran Tinggi. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian.
- Purwanto, B.H., Shiddieq, D., Hanudin, E., Yuwono, N.W., Sudaryanti, I., dan Prabawa, S. 2013. Penyediaan nitrogen dari pupuk lepas lambat di tanah Andisols dan Entisols pada beberapa tingkat suhu lingkungan. Hlm 255-263. *Dalam* Widowati, L.R., Sukristiyonubowo, Sipahutar, I.A., Kasno, A., Purnomo, J., dan Asgar A. (Eds.): Prosiding Seminar Nasional Peningkatan Produktivitas Sayuran Dataran Tinggi. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian.
- Putra, A.N., Sudarto, Rayes, M.L. 2015. The characteristics and genesis of volcanic ash soils at the northern slope toposequence of Kawi Mountain in Malang Regency. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 2(4): 383-390. DOI: 10.15243/jdmlm. 2015.024.383
- Ritung, S., Nugroho, K., Mulyani, A., dan Suryani, A. 2012. Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan untuk Komoditas Pertanian. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian. 161 hlm.
- Setiawan, B., Yudono, P., dan Waluyo, S.S. 2018. Evaluasi tipe pemanfaatan lahan pertanian dalam upaya mitigasi kerusakan lahan di Desa Giritirta, Kecamatan Pejawaran, Kabupaten Banjarnegara. *Vegetalika*, 7(2): 1-15. DOI: 10.22146/veg.35769.
- Simbolon, S.D., Nasution, Z., Rauf, A., dan Delvian. 2017. Sistem pertanian berkelanjutan pada lahan dataran tinggi di kawasan hulu DAS Deli Sumatera Utara. *Jurnal Serambi Mekah*, 1(1): 85-92.
- Sipahutar, I., Widowati, L.R., dan Agus, F. 2013. Dinamika hara N, P, dan K pada pola tanam sayuran di Dataran Tinggi Dieng. Hlm 201-210. *Dalam* Widowati, L.R., Sukristiyonubowo, Sipahutar, I.A., Kasno, A., Purnomo, J., dan Asgar, A. (Eds.): Prosiding Seminar Nasional Peningkatan Produktivitas Sayuran

- Dataran Tinggi. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian.
- Subagyo, H., Suharta, N., dan Siswanto, A.B. 2004. Tanah-tanah pertanian di Indonesia. Hlm 21- 65. *Dalam* Adimihardja *et al.* (Eds.): Sumberdaya Lahan Indonesia dan Pengelolaannya. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Badan Litbang Pertanian, Departemen Pertanian, Bogor.
- Suganda, H. dan Nurida, N.L. 2013. Prediksi dan tingkat bahaya erosi pada lahan usahatani pegunungan di Kabupaten Temanggung, Jawa Tengah. Hlm 229-239. *Dalam* Widowati, L.R., Sukristiyonubowo, Sipahutar I.A., Kasno, A., Purnomo, J., dan Asgar A. (Eds.): Prosiding Seminar Nasional Peningkatan Produktivitas Sayuran Dataran Tinggi. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian.
- Sukarman dan Dariah, A. 2014. Tanah Andosol di Indonesia: Karakteristik, Potensi, Kendala dan Pengelolaannya untuk Pertanian. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor. 144 hlm.
- Sukarman. 2019. Akselerasi Inovasi Pedologi Dalam Optimalisasi Penggunaan Tanah Vulkanik Mendukung Pembangunan Pertanian Berkelanjutan. Orasi Pengukuhan Profesor Riset Bidang Pedologi dan Penginderaan Jarak Jauh. IAARD Press. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Bogor. 91 hlm.
- Sukarman, Dariah, A., dan Hikmat M. 2019. Memperbaiki efisiensi pemanfaatan sumberdaya lahan melalui pendekatan digital. Hlm 1-39. *Dalam* Djufri *et al.* (Eds.): Manajemen Sumberdaya Alam dan Produksi Mendukung Pertanian Modern; IPB Press.
- Sukarman, Dariah, A., dan Suratman. 2020. Tanah vulkanik di lahan kering berlereng dan potensinya untuk pertanian di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian*, 9(1): 21-34. DOI: 10.21082/jp3.v39n1.2020.p21-34.
- Sulaeman, Y., Ropik, Bachri, S., Sutriadi, M.T., Nursyamsi, D. 2015. Sistem informasi sumberdaya lahan pertanian saat terkini dan arah pengembangan ke depan. Prosiding Seminar Nasional Sistem Informasi dan Pemetaan Sumberdaya Lahan Mendukung Swasembada Pangan, Buku I; 2015: 143-176.
- Suryani, E., Hikmatullah, dan Suratman. 2015. Karakteristik mineralogi dan fisiko-kimia tanah-tanah dari abu vulkanik di Halmahera, Maluku Utara, Indonesia. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 39 (2): 85-98. Doi: 10.2017/jti.v39i2.6225.
- Sujitno, E. 2013. Peningkatan produksi tanaman tomat melalui penerapan pupuk majemuk lengkap Agra Agro di lahan dataran tinggi. Hlm 308-314 *Dalam* Widowat *et al.* (Eds.): Prosiding Seminar Nasional Peningkatan Produktivitas Sayuran Dataran Tinggi. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian.

- Wibisono, M.G., Sudarsono, dan Darmawan. 2016. Karakteristik Andisols berbahan induk breksi dan lahar dari bagian timur laut gunung Gede, Jawa Barat. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 40(1): 61-70. DOI: 10.21082/jti.v40n1.2016.61-70.
- Widowati, L.R., Kasno, A., Purnomo, J., dan De Neve S. 2013. Pengelolaan hara P dan K pada pertanaman sayuran dataran tinggi Kopeng, Jawa Tengah. Hlm 337-346. *Dalam* Widowati LR, Sukristiyonubowo, Sipahutar IA, Kasno A, Purnomo J, Asgar A. (Eds.): *Prosiding Seminar Nasional Peningkatan Produktivitas Sayuran Dataran Tinggi*. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian.
- Wiharto, M. 2015. Kawasan tropis pegunungan sebagai kawasan rawan bencana dengan nilai ekologi tinggi dan upaya pelestariannya. *Jurnal Bionature*, 16 (1): 1-7. Doi: 10.35580/bionature.v16i1.1562.
- Yatno, E., Hikmatullah, dan Syakir, M. 2016. Properties and management implications of soils developed from volcanic ash in North Sulawesi. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 40 (1): 1-10. Doi: 10.21082/jti.v40n1.2016.1-10.

PENGELOLAAN LAHAN BERLERENG DI DAERAH BERIKLIM BASAH

Ai Dariah

Pemanfaatan lahan berlereng di daerah beriklim basah untuk kegiatan pertanian terutama untuk tanaman semusim seringkali menimbulkan isu lingkungan, karena lahan berlereng di daerah beriklim basah mempunyai karakter khusus, yaitu rawan terhadap erosi dan berisiko untuk mengalami longsor, sehingga menjadi mudah terdegradasi. Oleh karena itu selain iklim dan sifat tanah (fisik, kimia, dan biologi), topografi/lereng merupakan parameter biofisik yang digunakan untuk menentukan potensi lahan untuk pengembangan pertanian (Ritung *et al.*, 2015). Lahan yang masuk dalam kategori lahan berlereng adalah lahan dengan topografi bergelombang sampai bergunung atau dengan kemiringan lebih dari 8 (delapan) persen. Hasil studi Subagjo *et al.* (2004) pada beberapa pulau besar (Sumatera, Jawa, Nusa Tenggara, Kalimantan, Sulawesi, Maluku, dan Papua) menunjukkan Daratan Indonesia didominasi lahan berlereng, yaitu sekitar 60 persen dari total luas daratan Indonesia mempunyai lereng > 8%, dengan bentuk wilayah bergelombang-bergunung.

Idealnya kemiringan lahan untuk usahatani tanaman semusim adalah kurang dari 8% (dengan sarat non lapisan pasir kuarsa), untuk *landform strato volcano* dan non pasir kuarsa, batasan lereng <15% masih dinilai ideal untuk usahatani tanaman semusim. Pengembangan pertanian berbasis tanaman tahunan bisa dilakukan pada kisaran lereng yang lebih lebar yaitu 8-40%, kecuali pada tanah dangkal, *lithic*, *Orthens* batasan dipersempit menjadi <25%, sedangkan lahan dengan lereng >40% dinyatakan tidak berpotensi untuk pertanian (Ritung *et al.*, 2015).

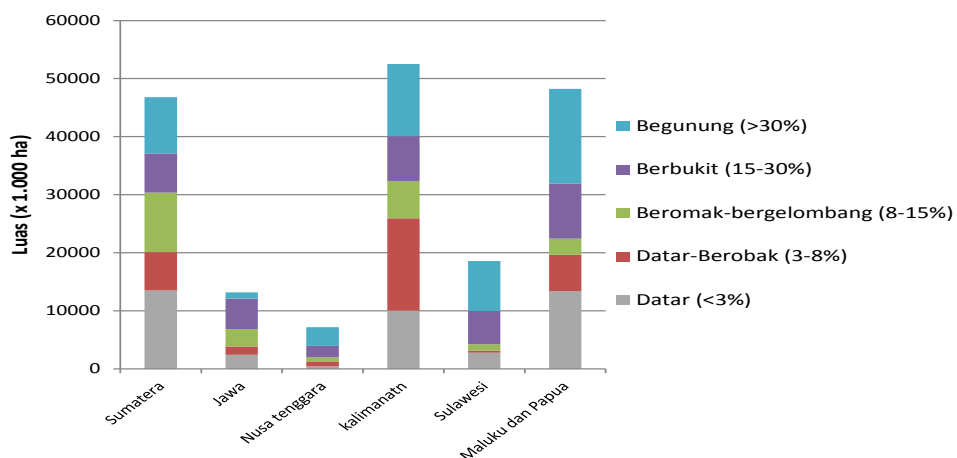
Meskipun telah ditetapkan batasan lereng yang ideal untuk pertanian, namun pada kenyataannya di lapangan banyak dijumpai lahan dengan lereng curam digunakan untuk usahatani tanaman semusim, hal ini sulit dihindari karena lahan yang tersedia untuk tanaman semusim semakin terbatas, bukan hanya karena luas lahan berlereng yang lebih dominan, namun banyak lahan dengan kemiringan <8 persen telah digunakan untuk tanaman tahunan atau untuk penggunaan lainnya. Misalnya tanaman karet dan kelapa sawit dominan diusahakan di dataran rendah dengan bentuk wilayah datar, datar-berombak, berombak-bergelombang (Hidayat & Mulyani 2005). Selain itu, banyak lahan yang secara biofisik (termasuk lereng) sesuai untuk pertanian, namun tidak dapat digunakan untuk kegiatan usahatani karena berada pada kawasan hutan, terutama hutan lindung dan konservasi, atau karena alasan khusus seperti kawasan konservasi keanekaragaman hayati, areal suaka margasatwa, kawasan cagar budaya, hak ulayat/adat, dan lain-lain (Dariah & Las 2010). Berhubung bertani di lahan berlereng sulit dihindari, maka perlu

dilakukan sistem pengelolaan lahan yang dapat meminimalisir terjadinya degradasi lahan dan risiko lingkungan lainnya, serta dapat mengoptimalkan produktivitas usahatani, sehingga sistem usahatani bisa berkelanjutan.

Tulisan ini bertujuan untuk menguraikan karakter khusus lahan berlereng di daerah beriklim basah, jenis penggunaan dan risiko penggunaan lahan berlereng untuk pertanian, serta sistem pengelolaan lahan berlereng untuk pengembangan pertanian berkelanjutan.

KARAKTER LAHAN BERLERENG

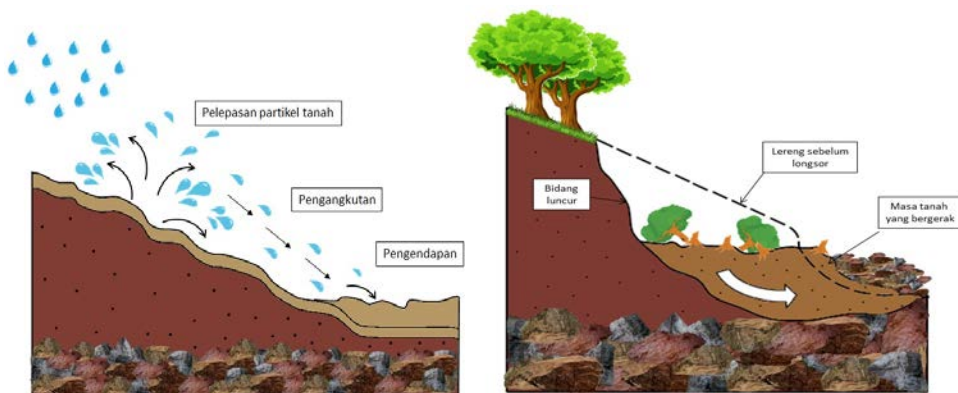
Karakter lahan berlereng penting untuk dipelajari dan difahami karena daratan Indonesia didominasi oleh lahan dengan kemiringan lahan >8 persen. Gambar 1 menunjukkan proporsi lahan berdasarkan kemiringan di pulau-pulau besar di Indonesia. Lahan berlereng masuk dalam kategori lahan berkarakter khusus karena mempunyai beberapa sifat yang spesifik. Salah satu sifat spesifik dari lahan berlereng adalah potensi bahaya erosi yang tinggi. Kemiringan lahan merupakan faktor alami yang berpengaruh terhadap tingkat bahaya erosi. Semakin tinggi tingkat kemiringan lahan, maka semakin tinggi potensi tingkat bahaya erosi. Panjang lereng juga menentukan potensi tingkat bahaya erosi, semakin panjang lereng maka akan semakin tinggi peluang erosi terjadi.



Gambar 1. Luas lahan berdasarkan kemiringan lahan di pulau-pulau besar Indonesia

Sumber: Subagyo et al., 2004

Selain erosi, lahan berlereng rawan terhadap kejadian longsor. Kemiringan lahan dan curah hujan yang tinggi merupakan kondisi utama yang menyebabkan kejadian longsor, kondisi lainnya adalah terdapatnya lapisan yang berperan sebagai bidang luncur. Perbedaan menonjol dari fenomena longsor dan erosi adalah volume tanah yang dipindahkan, waktu yang dibutuhkan, dan kerusakan yang ditimbulkan. Longsor memindahkan massa tanah dengan volume yang besar, adakalanya disertai oleh batuan dan pepohonan, dalam waktu yang relatif singkat, sedangkan erosi tanah adalah berpindahnya partikel-partikel tanah dengan volume yang relatif lebih kecil pada setiap kali kejadian dan berlangsung dalam waktu yang relatif lama (Las *et al.*, 2006).



Gambar 2. Ilustrasi kejadian erosi (kiri) dan longsor (kanan) pada lahan berlereng

Karakter lainnya dari lahan berlereng adalah umumnya berupa tanah mineral dan dalam kondisi alaminya dominan berupa lahan kering. Lahan sawah yang dikategorikan sebagai lahan basah, selain berada di lahan datar juga berada di lahan berlereng, namun demikian pada awalnya sawah pada lahan berlereng merupakan lahan kering. Berbeda dengan lahan sawah, lahan basah lainnya atau rawa, baik yang berupa tanah mineral (misal pasang surut atau lebak) maupun tanah organik (gambut, bergambut) umumnya berada pada topografi yang relatif datar.

Lahan berlereng juga seringkali diidentikkan dengan lahan pegunungan, karena lahan-lahan yang berada di wilayah pegunungan umumnya berlereng curam. Berdasarkan Pedoman Umum Budidaya Pertanian pada Lahan Pegunungan, lahan yang dikategorikan sebagai lahan pegunungan adalah yang berada pada ketinggian lebih dari 500 m dari permukaan laut (Las *et al.*, 2006), sementara lahan berlereng tidak terbatas pada ketinggian tersebut. Tidak sedikit lahan berlereng yang berada

di dataran rendah. Mengingat luas dataran rendah yang 4,5 kali lebih luas dibanding dataran tinggi (Ritung *et al.*, 2015), maka lahan berlereng yang berada di dataran rendah kemungkinan juga lebih luas dibanding di dataran tinggi.

PEMANFAATAN LAHAN BERLERENG UNTUK PERTANIAN

Lahan berlereng mempunyai kontribusi besar dalam pembangunan pertanian di Indonesia, baik untuk produksi tanaman pangan maupun tanaman yang menjadi komoditas ekspor seperti tanaman hortikultura dan perkebunan. Peran lahan berlereng yang demikian besar selain disebabkan oleh proporsi daratan Indonesia yang didominasi lahan berlereng, juga karena ketersediaan lahan datar untuk pengembangan pertanian sudah demikian terbatas, diantaranya karena adanya aspek persaingan dengan penggunaan lain, misalnya untuk pemukiman, fasilitas umum (jalan raya, perkantoran dan lainnya) (Hidayat & Mulyani 2005; Abdurachman *et al.*, 2005). Peran lahan berlereng untuk pertanian juga mempunyai arti penting karena beberapa tanaman beradaptasi lebih baik dan berproduksi optimal di dataran tinggi yang umumnya didominasi lahan berlereng.

Sentra produksi sayuran yang umumnya berada di dataran tinggi, banyak ditanam pada lahan bertopografi bergelombang sampai berbukit atau bergunung dengan kemiringan lahan 9 - >45% (Haryati 2014). Sayuran menjadi produk unggulan dataran tinggi karena dapat memenuhi preferensi masyarakat Indonesia maupun dunia karena memiliki rasa yang khas dan performance yang menarik (Arsanti 2014). Selain tanaman sayuran, komoditas hortikultura lainnya yaitu buah-buahan, baik yang semusim (misalnya markisa, strawbery, dan lainnya) maupun tahunan (apel, jeruk, anggur, dan lainnya) juga banyak ditanam di dataran tinggi yang didominasi lahan berlereng. Gambar 3 menunjukkan budidaya tanaman sayuran dan buah-buahan pada lahan berlereng di dataran tinggi.

Foto: Balijestro dan Triadvisor



Gambar 3. Budidaya sayuran dan buah-buahan pada lahan berlereng di dataran tinggi

Tanaman perkebunan meskipun banyak ditanam di lahan datar seperti sawit dan karet (Mulyani 2004), namun tidak sedikit yang ditanam di lahan berlereng utamanya di lahan kering. Tanaman perkebunan lainnya seperti teh, kina, cengkeh, kopi, dan tembakau (Gambar 4), juga dominan ditanam di lahan berlereng, karena tanaman-tanaman ini juga tumbuh dan berproduksi baik di dataran tinggi. Komoditas-komoditas tersebut di atas selain berperan dalam memenuhi permintaan dalam negeri juga merupakan komoditas ekspor yang banyak menyumbang devisa.

Sumber: Saraswati fertilizer, Yayasan Wisnu dan <https://pin.it/6biROJa>



Gambar 4. Perkebunan kelapa sawit, kopi, dan tembakau pada lahan berlereng

Lahan Sawah sebagai penyedia pangan utama, meskipun dominan berada di dataran rendah dan umumnya bertopografi datar seperti pada sentra produksi padi di Pantura, namun tidak sedikit lahan sawah yang berada di lahan berlereng (Gambar 5), atau dikenal sebagai sawah berteras. Sawah tadah hujan dengan luasan 2 juta ha (Mulyani *et al.*, 2017), sebagian besar terdapat pada lahan berlereng terutama di Pulau Jawa dan Bali. Sawah pada lahan berlereng telah berkembang di masyarakat sejak ratusan tahun yang lalu (Dariah 2013). Selain untuk fungsi produksi, di beberapa daerah seperti Bali, sawah berteras pada lahan berlereng dijadikan cagar budaya, sehingga selain mempunyai fungsi produksi, sawah berteras di lokasi-lokasi tertentu juga mempunyai fungsi wisata dan budaya (Irawan *et al.*, 2006).

Sumber: Yayasan Wisnu, Bali



Gambar 5. Sawah berteras pada lahan berlereng

Ladang atau huma seluas 5,3 juta ha (Kementerian Pertanian 2019), yang banyak ditanami tanaman pangan semusim seperti jagung, kacang-kacangan, padi gogo, singkong, dan umbi-umbian juga banyak terdapat di lahan berlereng (Gambar 6), baik di dataran tinggi maupun dataran rendah. Seperti halnya tanaman sayuran semusim yang banyak ditanam pada lahan berlereng curam, tanaman pangan semusim juga banyak ditanam pada lahan dengan kemiringan $>15\%$ dan hal ini sudah dilakukan sejak lama. Gambar 6 menunjukkan ladang atau huma yang banyak terdapat di lahan berlereng.



Gambar 6. Tegalan/ladang pada lahan berlereng

RISIKO USAHATANI PADA LAHAN BERLERENG

Sesuai dengan karakter dari lahan berlereng yang rawan terhadap erosi dan longsor, maka pemanfaatan lahan miring dalam bentuk kebun, tegalan atau huma, dan sawah berundak memiliki risiko tinggi untuk mengalami proses degradasi utamanya akibat erosi dipercepat. Dariah *et al.* (2004) menyatakan bahwa faktor lereng merupakan faktor utama penyebab tingginya potensi bahaya erosi pada lahan usahatani di Indonesia. Praktek usahatani pada lahan berlereng juga berisiko tinggi untuk mengalami longsor jika tanah yang digunakan mempunyai lapisan kedap yang bisa berfungsi sebagai bidang luncur. Selanjutnya kejadian erosi dipercepat dan longsor juga bisa berdampak terhadap degradasi lahan dan lingkungan.

Dampak Penggunaan Lahan Berlereng Terhadap Erosi Dipercepat

Erosi adalah hilang atau terkikisnya tanah atau bagian-bagian tanah oleh media alami, yaitu air atau angin. Air merupakan media alami terjadinya erosi di Indonesia, karena curah hujan yang tinggi terutama di daerah beriklim basah. Di daerah beriklim kering yang total curah hujannya <2000 mm/tahun (Ritung 2015), masih menghasilkan intensitas hujan yang tinggi (Mulyani 2014; Dariah *et al.*, 2013;

Haryati 2014) karena hujan terjadi dalam waktu relatif singkat (<4 bulan). Pada daerah beriklim kering penutupan vegetasi juga umumnya jarang, utamanya saat musim kemarau, sehingga saat musim hujan datang, erosi terjadi secara intensif terutama pada lahan berlereng.

Selain lereng dan curah hujan, faktor lain yang menentukan tingkat bahaya erosi adalah kepekaan tanah terhadap erosi, vegetasi, dan pengelolaan lahan. Dalam kondisi vegetasi alami dimana lahan tertutup rapat dan bersifat multistrata, kekuatan energi kinetik curah hujan berkurang, sehingga daya rusak curah hujan juga menjadi relatif rendah. Dengan adanya vegetasi, kesempatan air untuk meresap ke dalam tanah menjadi lebih besar, karena laju aliran permukaan tertahan oleh vegetasi. Karena air yang meresap ke dalam tanah menjadi lebih besar, maka proporsi air yang menjadi aliran permukaan menjadi berkurang, sehingga daya rusak dan daya angkutnya menjadi lebih kecil. Pada kondisi vegetasi alami erosi masih berpeluang terjadi, namun masih dalam batasan yang diperbolehkan atau ditoleransi.

Setelah lahan dibuka, curah hujan bisa langsung menerpa permukaan lahan, ini merupakan awal terjadinya erosi dipercepat, yaitu besarnya erosi yang terjadi lebih besar dari erosi yang diperbolehkan atau ditoleransi. Hasil penelitian pada skala petak kecil (Roose *dalam* Dariah & Maswar 2014) menunjukkan penebangan hutan alami dapat menyebabkan peningkatan aliran permukaan dan erosi masing-masing 25-100 dan 10 kali lipat. Berdasarkan rangkuman beberapa hasil penelitian, Rachman (2017) menunjukkan kisaran erosi pada lahan kering berlereng yang digunakan untuk usahatani tanaman semusim tanpa penerapan teknik konservasi yang memadai, yaitu berkisar antara 46-351 ton/ha/tahun, lebih tinggi dari kisaran erosi yang masih diperbolehkan, yaitu sekitar 5-15 ton/ha/tahun. Gambar 7 menunjukkan kondisi tanah pada lahan berlereng yang telah mengalami erosi, akar tanaman yang muncul di permukaan merupakan tanda telah terjadi penggerusan permukaan tanah.



Gambar 7. Erosi pada lahan berlereng

Dampak Penggunaan Lahan Berlereng Terhadap Longsor

Kejadian bencana longsor semakin meningkat dari tahun ke tahun termasuk pada areal pertanian, pada tahun 2019 tercatat kejadian longsor sebanyak 710 kejadian (BNPB 2019). Hasil penelitian Karsli *et al.* (2009) menunjukkan bahwa kemiringan, litologi, kekasaran medan, kedekatan ke jalan, dan jenis penutupan lahan memainkan peran penting pada kejadian longsor. Kejadian longsor juga dipengaruhi oleh jumlah bangunan yang berada di wilayah tersebut. Dengan demikian, kejadian longsor yang terjadi pada areal pertanian di lahan berlereng bisa disebabkan oleh kondisi di sekitarnya misalnya banyaknya bangunan di daerah hulu atau aktivitas di daerah hilir, sehingga lahan pertanian terkena dampak. Oleh karena itu, pada lahan pertanian dengan penerapan tindakan konservasi yang baik, misalnya pada lahan atau sawah berteras, kejadian longsor masih berpeluang terjadi (Gambar 8). Dengan demikian, perlu untuk mengenali faktor-faktor yang bisa memicu terjadinya longsor, jika suatu aktivitas termasuk kegiatan usahatani dilakukan pada lahan berlereng, disamping berbagai tindakan pencegahan yang perlu dilakukan.

Longsor di Indonesia menurut Rahim (2000) bisa terjadi jika terpenuhi 3-4 keadaan berikut: (1) lereng curam, sehingga volume tanah dapat bergerak atau meluncur ke arah bawah, (2) terdapat lapisan bawah permukaan tanah yang bersifat kedap air yang dapat berfungsi menjadi bidang luncur, 3) terdapat lapisan tanah atas dangkal tepat di atas batuan yang jenuh air, 4) Terdapat cukup air di dalam tanah sehingga tanah tepat di atas lapisan kedap air tadi menjadi jenuh. Oleh karena itu, longsor terjadi bukan hanya pada kondisi hujan lebat, pada intensitas hujan redah namun terjadi dalam jangka waktu lama longsor berpeluang terjadi, jika 3 atau 4 kondisi di atas terpenuhi.



Sumber : Harian Pikiran Rakyat

Gambar 8. Longsor pada sawah berteras (kiri) dan tegalan (kanan) pada lahan berlereng

Pada hakekatnya semua jenis tanah yang ada di Indonesia rawan terhadap longsor, kerawanan dapat meningkat lagi jika dipicu oleh adanya curah hujan yang tinggi yang umum terjadi pada iklim tropis, berada daerah miring (bidang luncur), dan kecerobohan manusia (Priyono 2015). Selanjutnya dinyatakan bahwa pemicu longsor yang berhubungan dengan ulah manusia adalah: (1) terjadinya penambahan beban pada lereng akibat banyaknya pendirian bangunan, drainase jelek (artinya terjadi penambahan beban oleh air yang masuk ke pori-pori tanah maupun yang menggenangi permukaan tanah akibat banyak saluran tersumbat), (2) penggalian atau pemotongan tanah pada kaki lereng, (3) penggalian tanah yang dapat mempertajam kemiringan lereng, (4) perubahan posisi muka air secara cepat (*rapid drawdown*) pada bendungan, sungai, sarana/prasarana drainase yang belum baik dan lain-lain, (5) penggunaan tanah tidak sesuai kemampuannya (pembukaan hutan/perladangan, pengalihan status tanah pertanian menjadi tanah non pertanian yang tidak terkendali). Jika penggunaan lahan berlereng untuk pertanian menyebabkan terjadinya kondisi seperti di atas maka risiko terhadap kejadian longsor menjadi tinggi.

Selain penggunaan lahan yang tidak sesuai kemampuan, longsor yang terjadi pada areal berlereng juga banyak dipicu karena kurang baiknya fasilitas yang dibangun untuk meningkatkan daya dukung lahan, misal kurang diperhatikannya fungsi dan keberadaan saluran pembuangan air (saluran drainase) untuk mengurangi beban yang terlalu tinggi yang menjadi pemicu kejadian longsor. Risiko kejadian longsor pada lahan berlereng juga bisa dipicu oleh tingkat bahaya erosi yang tidak terkendali. Priyono (2015) menyatakan jika erosi terjadi secara terus menerus (tidak terkendali) akan menyebabkan tanah menjadi kritis tanah bahkan berpotensi/rentan menimbulkan tanah longsor. Vegetasi atau jenis penggunaan lahan juga sangat menentukan peluang kejadian longsor pada lahan berlereng. Arsyad *et al.* (2018) menyatakan bahwa lahan berlereng yang rentan terhadap kejadian longsor, umumnya memiliki tutupan vegetasi berupa tanaman yang berakar serabut, tetapi tidak menutup kemungkinan lereng yang ditanami dengan vegetasi pohon yang massanya besar dengan jarak tanam yang rapat, terlepas dari potensi bencana tanah longsor.

Dampak Penggunaan Lahan Berlereng Terhadap Degradasi Lahan dan Lingkungan

Material yang terangkut saat erosi terjadi merupakan bagian dari tanah yang paling subur (*top soil*) yang mengandung hara dan C-organik yang relatif tinggi. Peranan erosi dalam mengangkut bagian tanah yang relatif kaya hara ditunjukkan oleh nilai rasio pengkayaan sedimen (*sediment enrichment ratio/SER*), yaitu perbandingan kandungan hara dalam sedimen dengan kandungan hara dalam

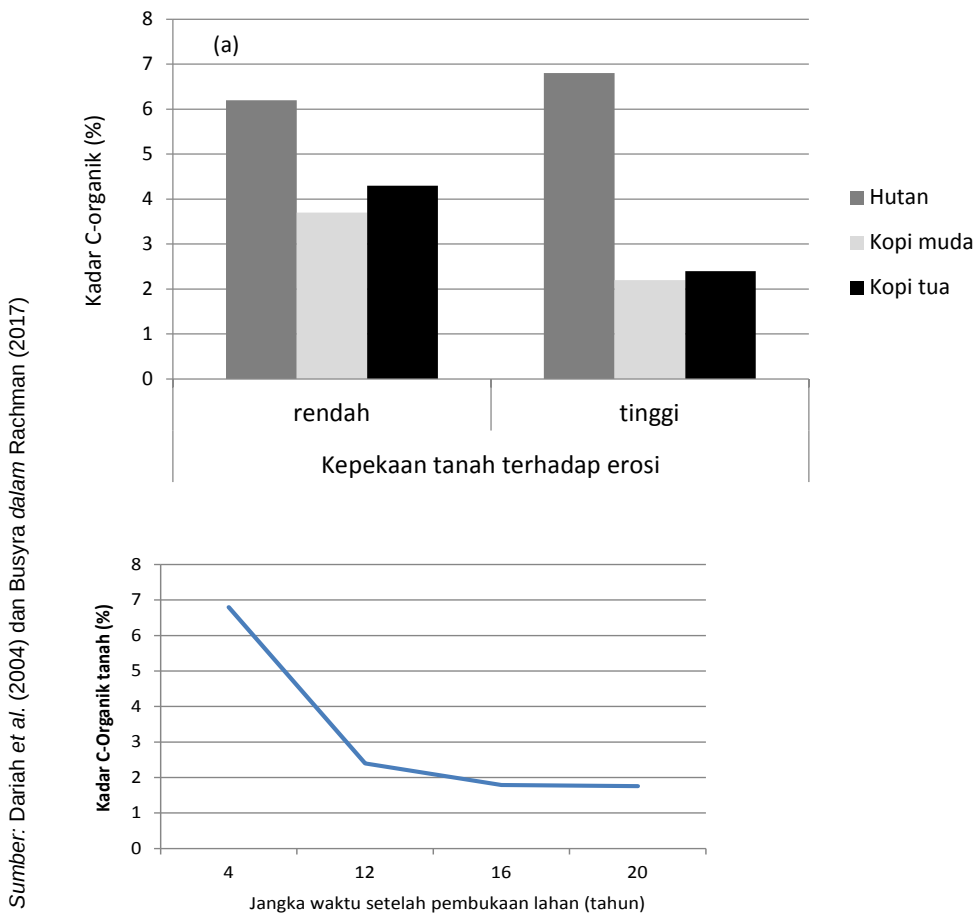
tanah asal yang nilainya lebih besar dari satu (>1). Hasil penelitian Haridjaja (2011) menunjukkan bahwa kemiringan lahan (lereng) menentukan besarnya SER, dimana SER pada kemiringan lahan 40-50% (1,44-1,62) nyata lebih tinggi dibanding SER yang dihasilkan dari kemiringan lahan 10-15% (1,23-1,34).

Akibat dari proses pengangkutan bagian atau lapisan tanah yang relatif subur maka yang tertinggal adalah lapisan tanah yang miskin hara dan bahan organik. Gambar 9a menunjukkan proses penurunan kadar bahan organik tanah sebagai dampak penggunaan lahan berlereng untuk kegiatan petani. Dampak lainnya dari erosi adalah kondisi fisik tanah yang menjadi lebih buruk, seperti yang ditunjukkan hasil penelitian Khan *et al.* (2003). Selain akibat penghancuran oleh energi kinetik curah hujan (*detachment*), kemunduran sifat fisik juga terjadi akibat pengangkutan partikel tanah secara vertikal, sehingga menyebabkan pori tanah tersumbat (proses eluviasi). Ini merupakan dampak dari erosi terhadap penurunan kualitas tanah, selain yang diakibatkan oleh penurunan kadar bahan organik dan hara dalam tanah. Oleh karena itu erosi menjadi penyebab utama degradasi lahan, bukan hanya di Indonesia, erosi merupakan masalah serius di tingkat global, utamanya di negara-negara berkembang baik di daerah tropis maupun sub tropis, sehingga menjadi tantangan dalam pengelolaan lahan (Lal 2011; Chalise *et al.*, 2019; Guerra 2020). Sehingga erosi dijadikan kata kunci dari tema perayaan hari tanah sedunia (*world soil day*) 2019, yaitu “Cegah Erosi Selamatkan Masa Depan”.

Permasalahan erosi diperkirakan terus mengalami peningkatan jika tidak ada perbaikan yang signifikan dalam pengelolaan lahan. Lal (2012) memprediksi tingkat rata-rata erosi tanah kontinental di antaranya tahun 1980 sampai dengan tahun 2090-an dapat meningkat di semua benua kecuali Eropa. Bahaya erosi tanah global diproyeksikan meningkat sebesar 14%. Diperkirakan efek perubahan iklim terhadap erosi dipercepat lebih besar dari konversi penggunaan lahan. Dari peningkatan 14% tersebut, diperkirakan 9% meningkat karena perubahan iklim dan 5% oleh faktor penggunaan lahan. Selanjutnya dinyatakan bahwa wilayah dengan tren peningkatan populasi dan perubahan iklim dapat mengalami peningkatan risiko percepatan erosi tanah.

Dampak dari erosi bukan hanya bersifat insitu (di lokasi dimana proses erosi terjadi), erosi juga berdampak terhadap lingkungan. Material yang terbawa erosi dapat mencemari badan-badan air atau menjadi *non-point source water pollution* (Lal 2012), yang selanjutnya menyebabkan percepatan proses pendangkalan badan-badan air, sehingga umur gunanya menjadi lebih pendek dan daya tampungnya mejadi lebih kecil. Efek selanjutnya dari masalah ini adalah peluang terjadinya banjir menjadi lebih tinggi. Dampak erosi terhadap lingkungan ternyata lebih luas dan berkontribusi terhadap pemanasan global, hal ini dikarenakan erosi sangat berhubungan dengan dinamika simpanan karbon. Bahan organik yang

terangkt erosi ternyata tidak hanya mengalami perpindahan tempat, Lal (2003) dan Jancinthe dan Lal (2001) memperkirakan 20-30% bahan organik yang berpindah tempat tersebut teremisi dalam bentuk gas rumah kaca.



Gambar 9. Penurunan C-organik tanah pada lahan kering berlereng yang digunakan untuk usahatani di Lampung Barat pada tingkat kepekaan tanah yang berbeda (a) dan proses penurunan kadar bahan organik tanah setelah pembukaan lahan kering di Jambi (b)

Seperti halnya erosi, dampak dari kejadian longsor bukan hanya terjadi pada areal dimana longsor terjadi, namun juga bisa berpengaruh terhadap daerah sekitar, khususnya pada area yang terkena deposisi dari material longsor. Pustekom dalam Priyono (2015) melaporkan perubahan yang terjadi akibat longsor dapat memberikan dampak negatif, baik pada tempat bencana maupun pada areal pengendapan (deposisi). Pada titik dimana tanah mengalami pergerakan, dengan

kasat mata terlihat dampak yang terjadi, karena bukan hanya lapisan atas tanah yang hilang, vegetasi dan infrastruktur lahan yang sudah terbangun juga mengalami kerusakan bahkan hilang. Lapisan tanah yang ditinggalkan merupakan lapisan bawah yang miskin bahan organik dan unsur hara, sehingga untuk proses revegetasi dibutuhkan biaya mahal dan waktu yang lama karena tanaman tumbuh dengan lambat. Jika proses penanganan tidak berjalan baik, akan terbentuk lahan-lahan kritis. Kerusakan infrastruktur lahan seperti saluran drainase menyebabkan air mengalir secara tidak terkendali, peresapan air ke dalam tanah juga menjadi lebih kecil karena lapisan kedap pada titik longsor naik ke permukaan tanah.

Meskipun bersifat lokal, longsor juga berdampak terhadap lingkungan. Schuster dan Highland (2003) menyatakan tanah longsor terutama tanah longsor yang sangat besar, menyebabkan perubahan signifikan pada lingkungan alami bumi. Morfologi pegunungan dan lembah paling signifikan dipengaruhi oleh gerakan ke arah bawah lereng (*downslope*) dari massa tanah longsor yang besar.

Areal yang menjadi tempat deposisi akan tertimbun material longsor, bukan hanya lahan, vegetasi dan infrastruktur seperti saluran drainase, teras, galengan, dan lainnya yang tertimbun, namun material yang menimbun yang umumnya mempunyai sifat-sifatnya yang lebih buruk dari yang ditimbun, akibat sudah terjadi pencampuran lapisan atas dan lapisan bawah, termasuk batuan dan benda lainnya (terjadi proses pedoturbasi). Dampak terhadap lingkungan juga terjadi karena sebagian material longsor juga akan terbawa ke hilir dan masuk ke badan air, sehingga mempercepat proses pendangkalan badan air. Saluran drainase yang tidak berfungsi, peresapan air ke dalam tanah yang mengalami gangguan, berdampak saat hujan datang, proporsi curah hujan yang berubah jadi aliran permukaan menjadi lebih besar dan mengalir tidak terkendali, sehingga berpeluang untuk menyebabkan banjir di daerah hilir. Namun demikian, Schuster dan Highland (2003) menyatakan bahwa karena tanah longsor adalah peristiwa yang relatif lokal, maka flora dan fauna dapat pulih seiring waktu. Tidak disebutkan definisi dari seiring waktu berapa lama, karena kalau jangkanya relatif panjang dapat menyebabkan kerugian minimal selama masa pemulihan. Sehingga yang terbaik adalah melakukan antisipasi, sehingga kejadian longsor dapat dihindari, dengan melakukan sistem pengelolaan lahan yang mendukung keberlanjutan lahan yang diusahakan juga lingkungan.

PENGELOLAAN LAHAN BERLERENG YANG RAMAH LINGKUNGAN

Peran lahan berlereng yang demikian besar dalam menyokong pembangunan pertanian menyebabkan kegiatan usahatani di ekosistem ini sulit untuk dihentikan, meskipun dihadapkan pada beberapa faktor pembatas, yang jika tidak dikelola dengan baik bisa berdampak terhadap peluasan dan peningkatan

degradasi lahan dan lingkungan. Oleh karena itu, yang penting untuk dilakukan adalah dengan menerapkan sistem pengelolaan yang dapat menekan berbagai risiko seminimal mungkin, sehingga aktivitas usahatani pada lahan berlereng bisa bersifat berkelanjutan dan ramah lingkungan. Karena dampak utama dari penggunaan lahan berlereng adalah erosi dipercepat dan kejadian longsor, maka sistem pengelolaan lahan berlereng utamanya harus difokuskan dulu pada pencegahan erosi dipercepat dan kejadian longsor, yaitu dengan menerapkan inovasi teknologi yang tepat.

Dari segi regulasi, Kementerian Pertanian sudah sejak lama mengeluarkan Peraturan Menteri Pertanian Nomor 47/Permentan/OT.140/10/2006 tentang Pedoman Umum Budidaya Pertanian Pada Lahan Pegunungan. Dasar pertimbangan dari dikeluarkannya Permentan itu adalah karena praktek budidaya pertanian pada lahan pegunungan memiliki posisi strategis. Selain memberikan manfaat bagi jutaan petani lahan pegunungan juga berperan penting dalam menjaga fungsi lingkungan Daerah Aliran Sungai (DAS) dan penyangga daerah di bawahnya; namun di sisi lain peluang untuk budidaya pertanian lahan pegunungan rentan terhadap longsor dan erosi apabila tidak memperhatikan prinsip konservasi tanah dan air.

Lahan pegunungan yang dimaksud adalah lahan pertanian dan kehutanan pada ketinggian >350 m dpl. Zona sistem usahatani (SUT) konservasi atau wanatani beriklim basah (curah hujan >1500 mm/tahun) dan beriklim kering (curah hujan <1500 mm/tahun, tetapi hujan terdistribusi pada periode pendek, sehingga volume dan intensitas hujan cukup tinggi pada bulan-bulan tertentu). Sebetulnya sasaran utama dari Permentan ini bukan hanya lahan berlereng di Pegunungan, namun lahan berlereng pada umumnya. Karena kejadian erosi dan longsor bukan hanya terjadi di lahan berlereng pada lahan pegunungan, namun pada lahan berlereng pada umumnya. Lahan pegunungan dalam hal ini mendapat penekanan karena fungsinya sebagai daerah penyangga, dan longsor dominan terjadi di lahan pegunungan.

Pedoman Umum Budidaya Pertanian pada Lahan Pegunungan ini dimaksudkan untuk memberikan gambaran umum tentang cara berusahatani yang baik dan teknik pengendalian longsor dan erosi yang tepat. Tujuan pedoman umum ini adalah: (1) Untuk dijadikan acuan oleh pengguna lahan, penyuluh, organisasi petani/kemasyarakatan dan pengambil kebijakan dalam perencanaan dan pelaksanaan budidaya pertanian di lahan pegunungan, dan (2) sebagai dasar penyusunan petunjuk teknis (prosedur operasional baku) selanjutnya. Aspek manfaat yang diharapkan dari dikeluarkannya Permentan ini adalah: (1) berkurangnya intensitas dan frekuensi longsor, (2) berkurangnya erosi sampai di bawah ambang batas yang diperbolehkan sehingga degradasi lahan dapat dikurangi, dan (3) terwujudnya sistem usahatani berkelanjutan di lahan pegunungan, yang secara ekonomi menguntungkan dan secara ekologi tetap mempertahankan kelestarian sumberdaya lahan dan air. Namun demikian belum ada

studi sampai sejauh mana pedoman ini dimanfaatkan dan diimplementasikan oleh para *stake holder* (pemangku kepentingan) dan pengguna lahan.

Dalam Pedoman Umum tersebut dinyatakan bahwa sistem budidaya pertanian yang direkomendasikan di lahan pegunungan yang didominasi lahan berlereng (sehingga ini berlaku pula untuk lahan berlereng) adalah sistem usahatani konservasi, yaitu sistem budidaya pertanian yang meliputi dua kegiatan pokok, yaitu kegiatan usahatani dan konservasi. Artinya kedua kegiatan pada sebidang lahan pertanian yang dilakukan secara terintegrasi. Untuk penanggulangan erosi, pemilihan konservasi tanah dan komposisi tanaman (semusim dan tanaman tahunan) didasarkan pada kondisi kemiringan lahan, kedalaman tanah, dan kepekaan tanah terhadap erosi seperti yang disajikan pada Tabel 1. Rekomendasi proporsi tanaman berdasarkan kemiringan lahan dan kedalaman solum sampai saat ini sulit diimplementasikan, terutama di Pulau Jawa dan Nusa Tenggara yang rata-rata kepemilikan lahannya relatif sempit, banyak ditemukan lahan dengan kemiringan lahan >25% masih ditanami tanaman semusim secara monokultur. Selain areal tanam yang terbatas, masalah naungan menjadi penyebab keengganan petani untuk melakukan sistem penanaman secara polikultur.

Tabel 1. Pedoman pemilihan teknologi konservasi tanah berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian Nomor 47/Permentan/OT.140/10/2006

Lereng (%)	Kedalaman solum (cm)/erodibilitas						Rekomendasi proporsi tanaman (%)	
	>90 cm		40-90 cm		<40 cm			
	Rendah	Tinggi	Rendah	Tinggi	Rendah	Tinggi	Semusim	Tahunan
15-25	TB, BL, PH, SP, PT, RR, ST	TB, BL, PH, SP, PT, RR, ST	TB, BL, PH, SP, PT, RR, ST	TG, BL, PH, SP, PT, RR, ST	TG, BL, PH, SP, PT, RR, ST	TG, BL, PH, SP, PT, RR, ST	Maks 50	Min 50
25-40	TB, BL, PH, PT	TG, BL, PH, PT	TG, BL, PH, PT	TG, BL, PH, PT	TG, BL, PH, PT	TI, RR, BL, PH, PT	Maks 25	Min 75
>40*	TI, TK	TI, TK	TI, TK	TI, TK	TI, TK	TI, TK	0	100

Keterangan: * Untuk tanah peka erosi (Ultisol, Entisol, Vertisol, Alfisol) dibatasi sampai lereng 65%, sedangkan untuk tanah yang kurang peka sampai lereng 100%. TB = Teras bangku; BL = Budidaya lorong; TG = Teras gulud; TI = Teras Individu; RR = Rorak; TK = Teras kebun; PH = Pagar hidup; ST = Strip rumput atau strip tanaman alami; SP = Silvapastura; PT = Tanaman penutup tanah

Berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian 47 tahun 2006, penerapan teknik pengendalian longsor diarahkan ke daerah rawan longsor yang sudah terlanjur dijadikan lahan pertanian, sedangkan areal rawan longsor yang belum dibuka direkomendasikan untuk tetap dipertahankan dalam kondisi vegetasi permanen. Oleh karena itu dalam perencanaan dan praktek penggunaan lahan berlereng penting untuk dilakukan identifikasi dan delineasi daerah rawan longsor. Pengendalian longsor direkomendasikan dilakukan dengan pendekatan mekanis (sipil teknis) dan vegetatif atau kombinasi keduanya. Pada kondisi tertentu, pendekatan mekanis seringkali tidak bisa dihindari meskipun membutuhkan biaya yang relatif mahal.

Pengendalian longsor dengan pendekatan vegetatif pada prinsipnya adalah mencegah air terakumulasi di atas bidang luncur. Sangat dianjurkan menanam jenis tanaman berakar dalam, dapat menembus lapisan kedap air, mampu merembeskan air ke lapisan yang lebih dalam, dan mempunyai massa yang relatif ringan.

Saat kejadian longsor di tahun 2019 di beberapa tempat di Pulau Jawa maupun di luar Pulau Jawa, tanaman vetiver diusulkan oleh berbagai pihak untuk dijadikan tanaman penahan longsor, karena mempunyai perakaran dalam (Gambar 10) dan bebobot ringan. Namun untuk pengendalian longsor, sebaiknya tidak ditanam secara monokultur, lebih baik ditanam sebagai tanaman strip memotong lereng, diantara tanaman strip bisa ditanam tanaman lain yang bersifat produktif jika areal yang ditangani bersatus lahan pertanian. Jika ditanam secara monokultur dikhawatirkan suatu saat masyarakat akan memanen akarnya, hal ini akan sangat berbahaya, karena pemanenan akar wangi dilakukan dengan membongkar tanah sedalam perakaran vetiver, tindakan ini justru akan memicu erosi dan longsor.

Dalam Pementan tersebut, pendekatan mekanis atau sipil teknis yang dapat digunakan untuk mengendalikan longsor, sesuai dengan kondisi topografi dan besar kecilnya tingkat bahaya longsor. Pendekatan mekanis pengendalian longsor meliputi: (1) pembuatan saluran drainase (saluran pengelak, saluran penangkap, saluran pembuangan), (2) pembuatan bangunan penahan material longsor, (3) pembuatan bangunan penguat dinding/tebing atau pengaman jurang, dan 4) pembuatan trap-trap terasering. Pembuatan saluran drainase mempunyai arti penting dalam pengendalian longsor, karena salah satu pemicu longsor adalah sistem pembuangan kelebihan air yang buruk, sehingga menyebabkan terjadinya penambahan beban yang menjadi daya dorong. Dalam penanggulangan longsor juga harus ada kesatuan antara pengelola lahan yang ada di hulu, tengah dan hilir.



Gambar 10. Contoh penanggulangan longsor secara vegetatif dengan menggunakan vetiver

Dari aspek regulasi, sebagai bentuk keseriusan pemerintah dalam melindungi sumberdaya lahan dan lingkungan dari kerusakan, pada tahun 2014 telah dikeluarkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 37 tentang Konservasi Tanah dan Air. Dasar pertimbangan dikeluarkannya Undang-Undang ini adalah bahwa tanah dan air merupakan Sumberdaya alam yang tak terbarukan dan mudah terdegradasi fungsinya karena posisi geografis dan akibat penggunaan yang tidak sesuai dengan fungsi, peruntukan, dan kemampuannya, sehingga perlu dilindungi, dipulihkan, ditingkatkan, dan dipelihara melalui konservasi tanah dan air; dan yang kedua adalah pengaturan mengenai konservasi tanah dan air saat ini masih belum memadai dan belum diatur secara terpadu dan komprehensif. Dalam undang-undang tersebut konservasi tanah dan air didefinisikan sebagai upaya perlindungan, pemulihan, peningkatan, dan pemeliharaan fungsi tanah pada lahan sesuai dengan kemampuan dan peruntukan lahan untuk mendukung pembangunan yang berkelanjutan dan kehidupan yang lestari.

Selanjutnya diuraikan tujuan dari penyelenggaraan konservasi tanah dan air yaitu: (a) melindungi permukaan tanah dari pukulan air hujan yang jatuh, meningkatkan kapasitas infiltrasi tanah, dan mencegah terjadinya konsentrasi aliran permukaan; (b) menjamin fungsi tanah pada lahan agar mendukung kehidupan masyarakat; (c) mengoptimalkan fungsi tanah pada lahan untuk mewujudkan manfaat ekonomi, sosial, dan lingkungan hidup secara seimbang dan lestari; (d) meningkatkan daya dukung DAS; (e) meningkatkan kemampuan untuk mengembangkan kapasitas dan memberdayakan keikutsertaan masyarakat secara partisipatif; dan (f) menjamin kemanfaatan Konservasi Tanah dan Air secara adil dan merata untuk kepentingan masyarakat.

Metode konservasi tanah dan air yang direkomendasikan meliputi : (1) Metode vegetative (penanaman tanaman konservasi tanah dan air, dapat berupa penanaman tanaman kayu-kayuan, perdu, rumput-rumputan, dan/atau tanaman penutup tanah lainnya), (2) metode agronomi (pemberian mulsa; pengaturan pola tanam; pemberian amelioran; pengayaan tanaman; pengolahan tanah konservasi; penanaman mengikuti kontur; pemupukan; pemanenan; dan/atau kegiatan lain sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan), (3) metode sipil teknis pembuatan bangunan konservasi tanah dan air (sengkedan, teras gulud, teras bangku, pengendali jurang, sumur resapan, kolam retensi, dam pengendali, dam penahan, saluran buntu atau rorak, saluran pembuangan air; terjunan air; dan/atau beronjong).

Ruang lingkup dari Undang-Undang Konservasi Tanah dan Air cukup luas, meliputi aspek perencanaan, penyelenggaraan, serta pembinaan dan pengawasan, berlaku untuk kawasan lindung maupun budidaya, namun demikian sejak diundangkan pada tanggal 17 Oktober 2014, belum ada regulasi turunannya, baik

dalam bentuk Peraturan Pemerintah, Peraturan Menteri atau lainnya yang lebih bersifat operasional. Sehingga implementasi dari Undang-Undang tersebut belum terlihat signifikan khususnya dalam memperbaiki sistem pengelolaan lahan, baik di kawasan lindung maupun di kawasan budidaya. Belakangan program perbaikan sistem pengelolaan lahan gambut yang lebih mengemuka, kemungkinan karena isu lingkungan yang berkenaan dengan pengelolaan lahan gambut akhir-akhir ini lebih mengemuka, baik di tingkat nasional maupun di tingkat global, padahal degradasi lahan yang terjadi pada lahan non gambut, misalnya pada lahan kering terutama lahan kering berlereng terus berlanjut dan semakin mengkhawatirkan, dan jika tidak tertangani dengan baik bisa berdampak buruk, bukan hanya terhadap lingkungan namun juga terhadap ketahanan pangan dan ketahanan ekonomi.

PENUTUP

Lahan kering berlereng mempunyai peran penting dalam pembangunan pertanian di Indonesia, selain berfungsi sebagai penghasil bahan pangan, juga merupakan penghasil komoditas ekspor dan menjadi sentra produksi tanaman eksotis dan berfungsi khusus (sumber vitamin dan mineral), seperti sayur dan buah-buahan. Peran dari lahan berlereng juga menjadi demikian besar karena daratan Indonesia yang didominasi lahan berlereng, sementara persaingan penggunaan lahan datar semakin tinggi dari waktu ke waktu, dan sektor pertanian utamanya sub-sektor tanaman semusim yang seharusnya menempati lahan datar, seringkali terkalahkan. Karena karakter dari lahan berlereng yang rawan erosi dan longsor maka dibutuhkan sistem pengelolaan lahan yang mengikuti kaidah konservasi tanah dan air, sehingga tingkat erosi dapat ditekan sampai di bawah ambang batas yang diperbolehkan dan risiko dari kejadian longsor juga bisa ditekan. Untuk mendukung sistem pengelolaan lahan berlereng yang ramah lingkungan bisa dilakukan dengan menerapkan metode konservasi tanah dan air secara vegetatif, agronomis, dan atau sipil teknis. Regulasi untuk mendukung sistem pengelolaan lahan termasuk lahan berlereng sudah tersedia yaitu Undang-Undang nomor 37 tahun 2014 tentang Konservasi Tanah dan Air, namun demikian diperlukan regulasi turunannya yang lebih bersifat operasional, sehingga regulasi tersebut bisa diimplementasikan secara baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian atas dukungan untuk penyusunan makalah ini. Terima kasih disampaikan kepada Kepala Balai Penelitian Tanah yang telah memberikan dukungan dan motivasi serta semangatnya,

teman-teman peneliti yang telah membantu mengumpulkan dan memberikan informasi dan tambahan referensi.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsanti, I.W. 2014. Sayuran dataran tinggi: alternatif pengungkit daya saing Indonesia. Hlm. 223-242. *Dalam* Suparno *et al.* (Eds): Memperkuat Daya Saing Produk Pertanian. IAARD-Press.
- Arsyad, U., Barkey, R., Wahyuni, dan Matandung, K.K. 2018. Karakteristik tanah longsor di Daerah Aliran Sungai Tangka. *Jurnal Hutan dan Masyarakat*, 10 (1): 203-214.
- Chalise, D., Kumar, L., and Kristiansen, P. 2019. Land Degradation by soil erosion in Nepal: A Review. *Soil Syst*, 3(12):1-18. DOI:10.3390/soilsystems3010012.
- Dariah, A., Las, I. 2010. Ekosistem lahan kering sebagai pendukung pembangunan pertanian. Hlm. 46-66. *Dalam* Suradisatra *et al.* (Eds.): Membalik Kecenderungan Degradasi Sumberdaya Lahan dan Air. IPB-Press.
- Dariah, A., Hartatik, W., Rochayati, S. 2013. Sistem pengelolaan lahan sayuran yang bersifat lumintu. Hlm. 7-20. *Dalam* Widowati, L.R, Sukristiyonubowo, Sipahutar, I.A., Kasno, A., Purnomo, J., dan Asgar, A. (Eds.): Prosiding Seminar Nasional Peningkatan Produktivitas Sayuran Dataran Tinggi. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Dariah, A., dan Maswar. 2014. Dinamika cadangan karbon tanah akibat perubahan dan intensitas penggunaan lahan. Hlm. 31-52. *Dalam* Agus *et al.* (Eds.): Konservasi Tanah dalam menghadapi Perubahan Iklim. IAARD-PRESS.
- Dariah, A., Rachman, A., Kurnia, U. 2004. Erosi dan degradasi lahan kering di Indonesia. Hlm. 1-11. *Dalam* Kurnia *et al.* (Eds): Konservasi Tanah dan Air. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Badan Litbang Pertanian.
- Dariah, A. 2013. Perkembangan penelitian teknologi pengelolaan lahan kering. Hlm. 91-103. *Dalam* Dariah *et al.* (Eds.): Prospek Pertanian Lahan Kering dalam Mendukung Ketahanan Pangan. IAARD-PRESS.
- Guerra, C.A., Rosa, I.M.D., Valentini, E., Wolf, F., Filipponi, F. Karger, D.N., Xuan, Ang, Mathieu, J., Lavelle, P., Eisenhauer, N. 2020. Global vulnerability of soil ecosystems to erosion. *Landscape Ecol*, 35: 823–842. DOI: 10.1007/s10980-020-00984-z.
- Haryati, U. 2014. Karakteristik fisik tanah kawasan budidaya sayuran dataran tinggi hubungannya dengan strategi pengelolaan lahan. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 8(2): 125-138.
- Hidayat, A. dan Mulyani A. 2005. Lahan kering untuk pertanian. Hlm. 1-34 *Dalam* Teknologi Pengelolaan Lahan Kering Menuju Pertanian Produktif dan Ramah Lingkungan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Badan Litbang Pertanian.

- Irawan, Sanim, B., Siregar, H., dan Kurnia, U. 2006. Evaluasi ekonomi lahan pertanian: Pendekatan nilai manfaat multifungsi lahan sawah dan lahan kering. *Jurnal Ilmu Pertanian*, 11 (3): 32-41.
- Karsli, F., Atasoy, M., Yalcin, A., Reis, S., Demir, O., and Gokceoglu C. 2009. Effects of land-use changes on landslides in a landslide-prone area (Ardesen, Rize, NE Turkey). *Environ Monit Assess.* 156:241–255. Doi:10.1007/s10661-008-0481-5.
- Kementerian Pertanian. 2019. Statistik Pertanian 2019. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Khan, F., Ahmad, W., Bhatti, A.U., Khattak, R.A. 2003. Effect of soil erosion on physical properties of some soil series in NWFP, Pakistan. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=PK20050001065>.
- Lal, R. 2001. Soil degradation by erosion. *Land Degrad Dev* 12: 519–539.
- Lal, R. 2003. Soils and the global carbon budget. *Environ. Int.* 29: 437-450.
- Lal, R. 2004. Carbon emission from farm operation. *Environ. Int.* 30: 981-990.
- Lal, R. 2012. Climate Change and Soil Degradation Mitigation by Sustainable Management of Soils and Other Natural Resources. *Agric Res*, 1(3): 199–212. Doi: 10.1007/s40003-012-0031-9.
- Las, I., Agus, F., Abduracman, A., Dariah, A., Rachman, A., Prawiradiputra, R.P., Toha, H.M., Abdulah, S., Asandho, A., Subardja, D., Kurnia, U., Effendi, D.S., dan Subagyo, K. 2006. Lampiran Peraturan Menteri Pertanian Nomor: 47/Permentan/ Ot.140/10/2006 Tentang Pedoman Umum Budidaya Pertanian Pada Lahan Pegunungan. Departemen Pertanian.
- Mulyani, A. dan Sarwani, M. 2013. Karakteristik dan potensi lahan sub optimal untuk pengembangan pertanian di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 7(1): 47-55.
- Mulyani, A., Nursyamsi, D., dan Syakir, M. 2017. Strategi pemanfaatan sumberdaya lahan untuk pencapaian swasembada beras berkelanjutan. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 11(1): 11-22. DOI: <http://10.21082/jsdl.v11n1.2017.11-22>
- Mulyani, A., Nursyamsi, D., dan Las, I. 2004. Percepatan pengembangan pertanian lahan kering iklim kering di Nusa Tenggara. *Pengembangan Inovasi Pertanian*, 7(4): 187-198.
- Priyono. 2015. Hubungan klasifikasi longsor, klasifikasi tanah rawan longsor dan klasifikasi tanah pertanian rawan longsor. *GEMA*, 17 (49): 1602-1617.
- Rachman, A. 2017. Peluang dan tantangan implementasi model pertanian konservasi di lahan kering. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 11(2): 77-90. Doi: 10.21082/jsdl.v11n2.2017.77-90.
- Rahim, S.E. 2000. Pengendalian Erosi Tanah. Bumi Aksara. Jakarta.
- Ritung, S., Suryani, E., Subardja, D., Sukarman, Nugroho, K., Suparto, Hikmatullah, Mulyani, A., Tafakresnanto, C., Sulaeman, Y., Subandiono, R.E., Wahyunto, Ponidi, Prosojo, N., Suryana, U., Hidayat, H., Proyono, A., dan Supriyatna,

- W. 2015. Sumberdaya Lahan Pertanian Indonesia: Luas, Penyebaran, dan Potensi Ketersediaan Lahan. 100 Hlm. IAARD Press.
- Schuster, R.L., and Highland, L.M. 2003. Impact of Landslides and Innovative Landslide-Mitigation Measures on the Natural Environment. <https://www.researchgate.net/publication/255647469>.
- Subagjo, H., Suharta, N., dan Siswanto, A.B. 2004. Tanah-tanah pertanian di Indonesia. Hlm 21- 65. *Dalam* Adimihardja *et al.* (Eds.): Sumberdaya Lahan Indonesia dan Pengelolaannya. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Badan Litbang Pertanian, Departemen Pertanian, Bogor.

PERBAIKAN TANAH DAN PEMUPUKAN BERIMBANG SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN PRODUKTIVITAS LAHAN KERING MASAM

Antonius Kasno dan Ladiyani Retno Widowati

Lahan kering masam merupakan salah satu lahan yang berpotensi menjadi lumbung pangan nasional. Lahan ini bersifat masam terbentuk di daerah dengan curah hujan tinggi (> 2.500 mm/tahun). Pelapukan dan pencucian terjadi sangat intensif, mineral fraksi pasir sukar lapuk didominasi kuarsa, mineral fraksi liat kaolinit dan tanah bersifat masam serta kejenuhan basa rendah. Tanah masam dicirikan oleh pH rendah ($< 5,5$), kejenuhan basa dan kapasitas tukar kation rendah, kandungan hara N, P, dan K rendah, serta kejenuhan Al tinggi. Kejenuhan Al yang tinggi dapat memfiksasi hara P dan tidak tersedia bagi tanaman, dalam kompleks jerapan hara K terdesak menjadi tidak tersedia. Dalam Klasifikasi Tanah Nasional (Subardja *et al.* 2016), tanah masam termasuk kedalam Podsolik, Oksisol dan Kambisol Distrik. Sedangkan dalam Taksonomi Tanah (Soil Survey Staff 2014) digolongkan sebagai Ultisols, dan Oxisols. Luas tanah masam di Indonesia 99,56 juta ha, tanah Ultisols seluas 45,09 juta ha dan Oxisols 14,20 juta ha (Hidayat & Mulyani 2005).

Produktivitas tanaman pangan pada lahan kering masam umumnya sangat rendah. Selain karena faktor pembatas pertumbuhannya, juga karena tingkat pengelolaannya yang tidak berdasarkan pada karakteristik tanah. Pemberian kombinasi 30 t pupuk kandang/ha, 14 kg hara mikro dan pemberian kapur untuk mencapai kejenuhan Al 10% menghasilkan berat segar dan berat kering trubus jagung tertinggi (Indrasari dan Syukur 2006). Pemberian kompos tanaman *Gliricidia* dan *Tithonia* 20 t/ha nyata meningkatkan berat kering tanaman jagung, meningkatkan pH mendekati pH 5,5 (Wahyudi 2009). Pemberian bahan organik selain pemberian pupuk anorganik dapat meningkatkan produksi kedelai dan ubi kayu dibandingkan hanya menggunakan pupuk anorganik (Muzaiyanah & Subandi 2016).

Pengelolaan lahan kering masam belum didasarkan kepada karakteristik tanah atau faktor pembatas utama pertumbuhan dan produksi tanaman. Pengelolaan keseimbangan hara belum menjadi dasar dalam praktek pemupukan. Praktek pemupukan N tinggi sering tanpa diikuti oleh pengelolaan hara yang lain. Pemupukan anorganik pada tanah masam akan menjadi efektif dan efisien jika dilakukan pada kondisi tanpa faktor pembatas kecuali hara yang akan ditambahkan. Perbaikan kondisi tanah mutlak dilakukan sebelum dilakukan pemupukan, agar tanah menjadi optimum dalam penyediaan hara tanaman. Kemasaman tanah, kandungan Al tinggi, KTK dan kejenuhan basa yang rendah serta kandungan C-organik yang rendah merupakan masalah utama pada pengelolaan lahan kering

masam. Penggunaan lahan kering masam yang intensif tanpa mempertimbangkan keseimbangan hara dapat menyebabkan rendahnya kandungan C-organik, hara makro primer dan sekunder, serta meningkatkan kemasaman tanah dan Al dapat dipertukarkan.

Selain memperbaiki sifat kimia tanah, perbaikan kondisi tanah ditujukan untuk memperbaiki sifat fisik tanah agar penetrasi dan perkembangan akar lebih baik, serta penyerapan hara oleh akar optimum, kehilangan hara tererosi dan aliran permukaan diminimalisir. Perbaikan tanah juga dimaksudkan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah yang mendukung perkembangan mikroorganisme tanah. Perkembangan mikrobiologi yang optimum dapat meningkatkan proses biokimia dalam tanah sehingga hara tanah lebih tersedia. Fiksasi hara N oleh *Rhizobium* yang bersimbiosis dengan tanaman kacang-kacangan, N organik dalam jaringan makhluk hidup menjadi NH_4^+ dibantu oleh mikroba dekomposer.

Perbaikan tanah dalam upaya memperbaiki sifat fisik dan biologi tanah selain dengan pengolahan tanah yang baik juga dilakukan dengan penambahan bahan pembenah tanah, seperti bahan organik sisa tanaman, sisa hewan, biochar, kapur, dan dolomit. Pemberian biochar 10 t/ha dan pemberian pupuk kompos 20 t/ha meningkatkan berat kering pipilan jagung 35,56% dan 16,58% dibandingkan tanpa biochar dan pupuk kompos (Lelu *et al.*, 2018). Perbaikan tanah masam juga dapat ditujukan untuk menurunkan kemasaman tanah atau meningkatkan pH tanah dengan pemberian kapur pertanian atau dolomit. Dengan demikian tingginya kandungan Al dapat dipertukarkan yang memfiksasi P dapat dikurangi, sehingga P yang ada dalam tanah menjadi tersedia.

Makalah ini disusun dengan tujuan untuk menelaah perbaikan tanah masam sebelum dilakukan pemupukan berimbang sebagai upaya untuk meningkatkan produktivitas lahan dan tanaman lahan kering masam.

PRODUKTIVITAS LAHAN DAN TANAMAN LAHAN KERING MASAM

Sifat Kimia Tanah Lahan Kering Masam di Indonesia

Lahan kering masam terdiri dari tanah Ultisols, dan Oxisols yang merupakan tanah tua yang berpelapukan lanjut. Tanah ini umumnya berwarna merah atau merah kekuningan. Tanah merah merupakan tanah yang berpelapukan lanjut dengan kandungan mineral fraksi pasir yang didominasi oleh kuarsa, dan opak, sedangkan mineral fraksi liat didominasi oleh kaolinit, goetit, dan hematit (Prasetyo 2009). Tanah yang mempunyai mineral fraksi pasir kuarsa dan opak menunjukkan bahwa tanah sudah miskin dan tidak ada lagi yang bisa dilapukan. Tanah merah menunjukkan kandungan Fe yang tinggi, pada kondisi kering Fe bervalensi 3 dan tidak diserap oleh tanaman.

Tabel 1. Sifat fisik dan kimia tanah masam lahan kering beberapa lokasi di Indonesia

Sifat tanah	Unit	Purbolinggo, Lampung Timur ¹	Cigudeg, Bogor ²	Braja Selebah, Lampung Timur ³	Panyipatan, Tanah Laut ⁴	Cikembar, Sukabumi ⁵
Tekstur		Liat	Liat	Liat	Liat	Liat
Pasir	%	41	7	18	7	2
Debu	%	17	9	15	19	13
Liat	%	42	84	67	74	85
pH H ₂ O		5,0	4,3	4,3	4,3	4,2
pH KCl 1N		4,4	4,0	3,9	4,1	3,9
Bahan organik						
C-organik	%	1,00	1,78	1,65	1,57	1,52
N-total	%	0,08	0,20	0,20	0,13	0,13
C/N		13	9	8	12	12
Ekstrak HCl 25%						
P ₂ O ₅	mg kg ⁻¹	320	380	360	120	630
K ₂ O	mg kg ⁻¹	20	50	80	50	150
P ₂ O ₅ Bray 1	mg kg ⁻¹	25,2	5,7	7,5	5,3	5,4
Ekstrak CH₃COONH₄ 1M pH 7						
Ca	cmol(+) kg ⁻¹	0,64	2,80	1,64	0,79	2,01
Mg	cmol(+) kg ⁻¹	0,17	0,75	1,15	0,30	0,78
K	cmol(+) kg ⁻¹	0,01	0,05	0,13	0,09	0,29
Na	cmol(+) kg ⁻¹	0,11	0,17	0,05	0,06	0,02
KTK	cmol(+) kg ⁻¹	5,4	11,04	14,49	8,3	14,22
KB	%	17	34	20	15	44
Ekstrak KCl 1M						
Al ³⁺	cmol(+) kg ⁻¹	1,74	1,78	7,35	1,66	2,79
H ⁺	cmol(+) kg ⁻¹	0,43	0,26	0,06	0,33	0,38
Kejenuhan Al	%	56	31	71	51	44

Sumber: ¹) Hartatik dan Purwani (2017); ²) Subiksa dan Sabiham (2009); ³) Kasno dan Suastika (2017); ⁴) Sutriadi *et al.* (2004); ⁵) Purnomo *et al.* (2005).

Tanah Oxisols di Panyipatan, Tanah Laut bersifat masam dengan pH berkisar 4,1-4,9, kandungan C-organik 2,36-2,80%, KTK tanah 8,80–11,53 cmol(+)/kg, dan kejenuhan basa 8-46%, serta didominasi liat kaolinit (Yatno dan Prasetyo 2010). Oxisols dari granodiorit bersifat masam, C-organik sedang sampai tinggi, kejenuhan Al tinggi, KTK tanah rendah, dan basa-basa dan P tersedia rendah, serta didominasi fraksi kuarsa (Yatno 2010). Tanah merah mempunyai pH tanah yang bervariasi dari masam hingga basa (4,0-8,1), kejenuhan basa dari 7 sampai >100%, dan KTK tanah bervariasi dari 14,8–24,2 cmol(+)/kg (Prasetyo 2009). Tanah Oxisols termasuk tanah yang tidak subur dengan pembatas utama pertumbuhan tanaman antara lain: kemasaman tanah dan kandungan Al tinggi, ketersediaan hara N, P dan K serta C-organik rendah. Tanah Oxisols di Sonay dan

Sitiung didominasi mineral liat kaolinit, KTK tanah rendah, kejenuhan basa rendah, dan kejenuhan Al tinggi pada tanah dari Sitiung (Anda *et al.*, 2001).

Tanah Ultisols merupakan tanah masam yang mempunyai horison argilik sebagai hasil iluviasi liat. Kandungan liat pada horison argilik nyata lebih tinggi dibandingkan dari lapisan di atasnya. Tanah yang berasal dari batuan granit dan sedimen di Kalimantan Selatan didominasi oleh mineral liat kaolinit dan mineral pasir kuarsa dan opak (Anda *et al.*, 2000). Hak tersebut menunjukkan bahwa tanah sudah mengalami pelapukan lanjut. Sifat-sifat lainnya adalah tanah bersifat masam (pH 3,8–5,7), kandungan hara N, P, K, Ca dan Mg rendah, serta KTK dan KB rendah.

Lahan kering tanah masam dari batuan vulkanik di Sukabumi bersifat masam sampai agak masam, kandungan hara N, P, dan K tersedia rendah, kejenuhan Al tinggi sampai sedang, mineral fraksi liat didominasi oleh liat tipe 1:1 (halosit dan kaolinit) (Subardja 2007). Kandungan C-organik lahan kering tanah masam umumnya rendah, menurut Anda *et al.* (2008) rendahnya C-organik ditentukan oleh kandungan liat dalam tanah serta tingkat mineralisasi C yang rendah, setiap peningkatan 15% liat dapat mengawetkan 0,3% C-organik dalam waktu 12 bulan.

Lahan kering masam umumnya mempunyai pH tanah < 5,5, kandungan C-organik dan N-total rendah. Terdapat hubungan yang erat antara kandungan C-organik dengan N-total, hal ini karena sebagian besar N-organik berasal dari dekomposisi bahan organik. Kandungan C-organik pada lahan kering berkorelasi positif dengan N-total (Vityakon *et al.*, 2000). Kandungan C-organik yang rendah dapat disebabkan oleh pengelolaan lahan yang kurang tepat, penggunaan bahan organik tidak pernah dilakukan dan bahan organik sisa hasil tanaman dibuang dari lahan atau dibakar. Selain itu juga disebabkan oleh laju dekomposisi bahan organik yang cepat di daerah tropik yang disebabkan oleh tingginya curah hujan dan suhu.

Pada lahan kering masam, kandungan hara P dan K rendah disebabkan oleh bahan induk yang miskin sumber hara P dan K atau tingkat pelapukan yang intensif. Hal lainnya adalah mineral fraksi pasir yang ada berupa mineral yang sukar lapuk seperti kuarsa dan opak. Pengelolaan lahan yang kurang tepat antara lain karena pemberian pupuk P dan K kurang sesuai dengan status hara dan kebutuhan tanaman sehingga menguras hara dari dalam tanah. Faktor lain yang menyebabkan penyediaan hara P dan K juga tidak mendukung pertumbuhan tanaman antara lain kandungan Al yang tinggi dan kandungan C-organik yang rendah. Kandungan C-organik yang rendah menyebabkan mikroorganisme tidak berkembang dengan baik, mungkin juga menjadi penyebab ketidaktersediaan hara tanah.

Kandungan Ca, Mg, dan K dapat dipertukarkan dalam tanah rendah, dengan demikian pada kandungan Al yang sedikitpun menyebabkan kejenuhan Al dalam tanah tinggi. Rendahnya kandungan Ca, Mg dan K dapat dipertukarkan karena tingkat pencucian yang tinggi dan batuan sisa pelapukan memang miskin

hara. Pemberian kapur pertanian maupun dolomit diperlukan selain sebagai sumber hara Ca dan Mg, juga dapat ditujukan untuk menurunkan kandungan Al dalam tanah dan meningkatkan pH tanah. Perbaikan tanah dengan bahan amelioran bahan organik dan biochar dapat membantu peningkatan penyediaan hara Ca, Mg dan K.

Produktivitas Tanaman Lahan Kering Masam

Pembatas utama pertumbuhan tanaman pangan pada lahan kering masam, antara lain tingkat kemasaman yang tinggi, kandungan C-organik rendah, kandungan hara makro rendah, dan kandungan Al dapat dipertukarkan tinggi. Pengelolaan lahan kering masam ditingkat petani belum optimal dan belum didasarkan pada karakteristik tanah dan kebutuhan hara oleh tanaman. Produktivitas padi di Bongo, Sarmi, Papua dengan Varietas Situbagendit yang dipupuk 50 kg Urea dan 100 kg Phonska/ha adalah 1,8 t/ha (Beding *et al.*, 2017). Produktivitas padi gogo varietas Towuti dan Situbagendit yang ditanam di Kebun Percobaan Samboja, BPTP Kaltim, Kutai Kertanagara masing-masing 1,29 dan 1,90 t/ha (Danial dan Nurbani 2015). Hal yang sama disampaikan oleh Sujitno *et al.* (2011) bahwa hasil padi varietas lokal yang ditanam petani di Desa Jatiwangi, Pakenjeng, Garut masih sangat rendah yaitu 1,8 t/ha, sementara penggunaan varietas unggul dapat meningkat menjadi 2,8–4,5 t/ha. Hasil padi gogo di Konawe Varietas Inpago LIPI Go 2, Inpago LIPI Go1 dan Kolono yang dipupuk dengan dosis anjuran masing-masing adalah 3,8; 3,2 dan 3,0 t/ha (Mulyaningsih *et al.*, 2015).

Selain padi tanaman pangan yang umum ditanam di lahan kering antara lain, jagung, kedelai, kacang tanah dan singkong. Hasil jagung pada lahan kering tanah Ultisols di Desa Keban, Lahat yang dikelola oleh petani 4,12 t/ha (Thamrin dan Hutapea 2016). Produksi jagung pada Ultisols dan Oxisols daerah Panyipatan, Tanah Laut yang mempunyai pH 4,4 dan 4,1 serta kandungan C-organik, hara N, P, dan K rendah adalah 3,5 dan 3,6 t/ha (Suastika *et al.* 2004). Pengelolaan lahan kering untuk jagung di Bagan Pete, Kotabaru, Jambi oleh petani dipupuk dengan 100 kg Urea, 100 kg SP-36 dan 75 kg KCl/ha, hasil yang diperoleh masih cukup rendah, yaitu 4,0 t/ha (Edi dan Salvia 2009). Total biomasa dan hasil biji kering jagung pada lahan kering di Tamanbogo, Lampung Timur yang dipupuk 5 t/ha pupuk kandang, 300 kg urea, 187,5 kg SP-36 dan 75 kg KCl/ha belum bisa optimal, masing-masing hanya 4,73 dan 4,21 t/ha, sementara yang hanya ditambah 5 t pupuk kandang/ha hanya menghasilkan total biomasa dan berat biji kering 1,42 dan 1,46 t/ha (Sulaeman *et al.*, 2017).

Produktivitas jagung tertinggi terjadi di Jawa dengan produktivitas berkisar antara 5,48 – 5,93 t/ha (BPS 2018). Tren peningkatan tertinggi terjadi antara tahun 2011 dan 2012, sedangkan pada tahun selanjutnya telah terjadi produksi yang sudah tidak meningkat atau sama dari tahun ke tahun. Sedangkan produksi rendah terjadi di Kalimantan dan Papua + Maluku, rendahnya produktivitas jagung

dipengaruhi oleh rendahnya produktivitas tanah, kondisi iklim dan tingkat pengelolaan oleh petani. Perbedaan produktivitas antara Jawa dan luar Jawa disebabkan oleh perbedaan tingkat kemasaman, tingkat kesuburan tanah dan tingkat pengelolaan oleh petani.

Tabel 2. Rata-rata produktivitas jagung per pulau di Indonesia kurun waktu 2011 – 2015

Pulau	Produktivitas tanaman jagung (t/ha)				
	2011	2012	2013	2014	2015
Sumatera	4,13	4,16	4,29	4,28	4,38
Jawa	5,48	5,83	5,74	5,62	5,93
NT + Bali	4,53	4,76	4,72	4,75	4,98
Kalimantan	3,51	3,55	3,67	3,71	3,50
Sulawesi	4,79	4,71	4,84	4,87	5,03
Papua + Maluku	3,82	3,86	4,01	4,12	4,42
Indonesia	4,98	5,14	5,15	5,14	5,34

Sumber: BPS (2018)

Ubi kayu termasuk tanaman pangan yang cukup tinggi hasilnya, rata-rata hasil pada tahun 2015 sekitar 22,95 t/ha (BPS 2018). Produktivitas ubi kayu tertinggi dicapai di Sumatera, disusul Jawa, Sulawesi dan Kalimantan. Dalam tanaman pangan ubi kayu merupakan tanaman yang produktivitasnya jauh lebih tinggi dibandingkan yang lain sehingga kebutuhan haranya jauh lebih tinggi. Sementara pemupukan ubi kayu dosisnya relatif sama dengan dosis pemupukan tanaman pangan lainnya. Kekurangan hara yang dibutuhkan ubi kayu akan mengambil hara dalam tanah, dengan demikian akan terjadi pengurasan hara. Kebutuhan hara ubi kayu pada lahan kering masam dengan rata-rata hasil 40 t/ha adalah 62 kg N, 15 kg P dan 126 kg K/ha (Howeler 2002; Subandi 2011) atau 138 kg Urea, 95 kg SP-36 dan 253 kg KCl/ha. Kebutuhan K untuk ubi kayu jauh lebih tinggi dibandingkan kebutuhan hara N dan P, sementara kandungan hara K pada tanah masam rendah.

Kedelai merupakan tanaman pangan lahan kering yang biasa ditanam pada musim tanam kedua atau ketiga. Tanaman ini merupakan tanaman yang peka terhadap kemasaman tanah terutama kejenuhan Al. Batas toleransi pH tanah terhadap hasil relatif kedelai untuk tanah Ultisols, Oxisols dan Inceptisols adalah 4,7 sementara batas kejenuhan kemasaman (Al + H) untuk Ultisols adalah 10% dan untuk Oxisols dan Inceptisols 15% (Wade *et al.*, 1986). Pemberian kapur dengan takaran $\frac{1}{2}$ dan $\frac{3}{4}$ kali Al-dd dapat menurunkan Al-dd dan kejenuhan Al pada tanah dengan Al tinggi dan rendah (Amien & Sudjadi 1985). Hasil kedelai di Tulang

Bawang dan Lampung Tengah dari ketiga varietas (Tanggamus, Sibayak dan Willis) rata-rata masih kurang dari 1,0 t/ha (Taufiq & Manshuri 2005).

Tanpa pengelolaan yang tepat produksi tanaman pangan pada lahan kering masam masih rendah dan tidak sesuai dengan potensi hasil tanaman. Faktor pembatas pertumbuhan pada tanah masam antara lain: kemasaman tanah yang tinggi, kandungan C-organik yang rendah, kandungan hara makro N, P, dan K rendah, demikian juga kandungan hara Ca dan Mg rendah, sementara kandungan Al-dd tinggi. Kandungan Al yang tinggi dapat langsung berpengaruh meracuni akar tanaman dan tidak dapat menyerap hara tanah, selain itu berpengaruh terhadap ketersediaan hara P dan K serta tidak tersedia bagi tanaman. Perbaikan tanah masam dengan pemberian amelioran berupa pengapuran dan penambahan bahan organik baik *in situ* atau kotoran hewan sangat diperlukan agar pemupukan dapat efektif dan efisien.

PERBAIKAN TANAH LAHAN KERING MASAM

Target perbaikan tanah pada lahan kering masam dapat dilakukan dengan pemberian amelioran dengan maksud untuk mereduksi faktor penghambat pertumbuhan tanaman. Faktor penghambat pertumbuhan dan hasil tanaman pangan pada tanah masam terutama kemasaman tanah dan tingginya kandungan Al dalam tanah, serta rendahnya C-organik dan hara makro. Selain itu tanah masam lahan kering seperti Ultisols, Oxisols dan Inceptisols pada umumnya terbentuk pada fisiografi lahan yang berombak sampai bergelombang, sehingga penataan lahan perlu dilakukan agar aliran permukaan dan erosi dapat dikendalikan. Sebagian besar tanah masam mempunyai fraksi liat tipe 1:1 atau kaolinit yang peka terhadap erosi, mempunyai KTK tanah yang rendah dan tidak bisa memegang hara tanah.

Penataan Lahan

Penataan lahan merupakan upaya pertama yang harus dilakukan agar aliran permukaan dan erosi dapat dikendalikan. Teknik konservasi lahan seperti penanaman sesuai dengan kontur, pembuatan terasiring, teras gulud dan penanaman rumput pada bibir teras merupakan upaya untuk menurunkan erosi. Pengaturan saluran pembuangan air alami dengan perbaikan saluran-saluran yang ada dengan pembuatan rorak-rorak dalam saluran dapat menghambat laju pengumpulan air yang dapat merusak lahan. Upaya penutupan lahan dengan pola tanam tumpangsari, penutupan lahan dengan sisa tanaman hasil panen, dengan tanaman penutup tanah juga merupakan upaya untuk melestarikan lahan. Pertanaman lorong pada lahan kering masam dapat membantu dalam mengurangi erosi tanah dengan memperlambat aliran permukaan, atau bahan organik yang dihasilkan dapat membantu memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan perkolasi.

Pengapuran Lahan Masam

Kemasaman tanah yang tinggi pada tanah masam merupakan kendala yang harus diperbaiki antara lain meningkatkan pH tanah dan menurunkan kandungan Al yang tinggi dalam tanah. Pemberian kapur pertanian dan dolomit merupakan upaya untuk meningkatkan pH tanah dan menurunkan Al-dd. Pemberian kapur pertanian dapat meningkatkan pH tanah, hara Ca, kapasitas tukar kation dan menurunkan Al-dd (Wade *et al.*, 1986; Yunus 2006), selain itu juga dapat meningkatkan hasil kedelai. Batas kritis pH tanah dan Al-dd untuk tanaman gandum pada Ultisols di Qiyang, Hunan 5,29 dan 0,56 $\text{cmol}_{(+)}/\text{kg}$, dan di Langxi, Anhui 4,66 dan 1,72 $\text{cmol}_{(+)}/\text{kg}$ (Baquy *et al.* 2017). Pemberian dolomit yang mengandung Ca dan Mg dapat meningkatkan N-total, KTK, dan KB serta meningkatkan hasil kedelai (Syahputra *et al.*, 2015). Pemberian kapur untuk menurunkan kejenuhan Al menjadi 20% dan pemberian pupuk phonska 300 kg/ha dapat meningkatkan hasil kedelai dari 0,45 menjadi 0,69 t/ha (Subandi & Wijanarko 2013).

Kandungan Al yang tinggi dapat menghambat pertumbuhan akar tanaman hingga tanaman tidak mampu menyerap hara bagi tanaman. Fiksasi hara P oleh Al terjadi pada lahan kering tanah masam, sehingga tidak tersedia bagi tanaman. Pemberian kapur dapat menurunkan kandungan Al-dd dalam tanah, dapat melepaskan hara P baik yang ditambahkan maupun yang ada dalam tanah menjadi tersedia bagi tanaman. Pada tanah masam menurunkan kandungan Al-dd dan meningkatkan pH tanah merupakan hal yang harus dilakukan untuk meningkatkan produktivitas lahan dan tanaman. Pemberian pupuk P yang mudah larut dalam air seperti SP-36 dan TSP kurang efektif jika lahan kering masam tidak diperbaiki dengan pemberian bahan organik atau pengapuran terlebih dahulu.

Hara K bersama Al berada dalam kompleks jerapan dan terjadi antagonisme yang saling meniadakan. Magdoff dan Bartlett (1980) menyampaikan bahwa pemberian kapur meningkatkan pH dan KTK tanah, namun menurunkan kalium terlarut. Pada awalnya pengapuran mengurangi K larut dalam air dan K dapat dipertukarkan, namun meningkatkan K yang tidak dapat dipertukarkan (Das & Saha 2014). Pemberian kapur dan pupuk kandang nyata meningkatkan hasil kedelai, pengapuran meningkatkan hasil kedelai dari 1,39 menjadi 1,71 t/ha, dan pemberian pupuk kandang meningkatkan hasil kedelai dari 0,94 menjadi 2,01 t/ha (Yunus 2006). Peningkatan hasil kedelai lebih besar dengan pemberian pupuk kandang (1,07 t/ha) dibandingkan dengan pemberian kapur (0,32 t/ha). Pemberian kapur nyata meningkatkan hasil ubi kayu di Metro dan Tulangbawang, Lampung pada tahun 2003 dan 2004 (Tabel 3). Hasil ubi kayu tertinggi pada pemberian 300 kg kapur/ha, dan penambahan menjadi 600 kg kapur/ha tidak meningkatkan yang

signifikan. Hasil ubi kayu tahun 2004 jauh lebih rendah dibandingkan tahun 2003, hal ini mungkin pengapuran perlu dilakukan setiap tahun.

Tabel 3. Peningkatan hasil ubi kayu dengan pengapuran pada lahan kering masam di Metro dan Tulang Bawang tahun 2003 dan 2004

Lokasi	Hasil ubi kayu (t/ha) pada pengapuran dengan dosis		
	0 kg/ha	300 kg/ha	600 kg/ha
Metro, Lampung			
2003	32,84	39,56	39,44
2004	15,21	17,68	17,08
Tulangbawang, Lampung			
2003	26,59	30,87	27,85
2004	15,36	17,61	17,20

Sumber: Ispandi dan Munip (2005)

Bahan Organik pada Tanah Masam

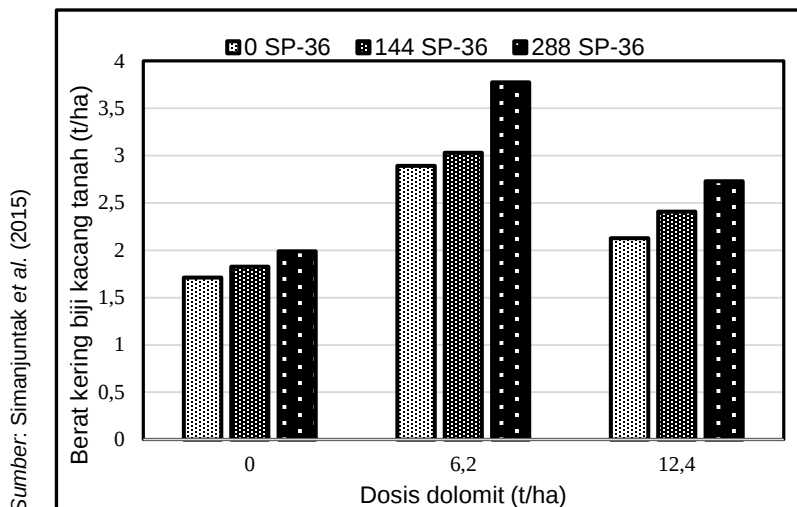
Lahan kering masam umumnya memiliki kandungan C-organik tanah yang rendah, hal ini disebabkan oleh dekomposisi bahan organik yang berjalan cepat pada daerah tropika yang panas dengan curah hujan tinggi. Selain itu perilaku petani yang tidak menggunakan bahan organik sebagai bahan penyubur tanah merupakan salah satu penyebab rendahnya kandungan C-organik tanah. Pengaruh pupuk anorganik yang lebih cepat dan nyata menyebabkan petani tidak tertarik menggunakan bahan organik sebagai bahan penyubur tanah. Rendahnya kandungan C-organik tanah menyebabkan berkurangnya tingkat kesuburan tanah baik kimia, fisika maupun biologi tanah. Penambahan bahan organik nyata meningkatkan stabilitas agregat tanah Indralaya (Utama *et al.*, 2018). Nurida *et al.*, (2015) menyampaikan bahwa pembenah tanah mampu meningkatkan kualitas sifat fisik tanah masam lahan kering dalam meningkatkan air tersedia tanah hingga mencapai 11,0%. Selanjutnya juga disampaikan bahwa pembenah tanah dapat meningkatkan pH tanah dan kandungan P tanah, serta menurunkan kandungan Al-dd.

Pemberian biochar yang baru satu musim tanam belum berpengaruh terhadap sifat fisika tanah, namun mampu meningkatkan K potensial, pemberian dolomit mampu meningkatkan pH tanah dan aktivitas mikroba serta menurunkan Al-dd (Hartatik *et al.*, 2015). Limbah pertanian berupa sisa hasil panen, maupun gulma dan tanaman liar di lingkungan pertanian belum dimanfaatkan secara optimal oleh petani. Kualitas tanah pada lahan kering masam dapat ditingkatkan antara lain dengan pemberian biochar limbah pertanian. Biochar limbah pertanian yang diberikan baru satu musim tanam belum berpengaruh terhadap sifat fisik tanah, namun mampu meningkatkan pH tanah (Nurida *et al.*, 2013). Major *et al.* (2010) aplikasi biochar pada musim pertama tidak meningkatkan hasil jagung namun dapat

meningkatkan hasil jagung 28, 30 dan 140% pada tahun ke 2, 3, dan 4 (2004, 2005, dan 2006), aplikasi biochar juga meningkatkan pH tanah, Ca dan Mg serta menurunkan $Al^{3+} + H^+$. Pemberian biochar untuk tanaman jagung di Susut, Bangli pada MH. 2015/2016 nyata meningkatkan hasil jagung, hasil jagung tertinggi dicapai pada dosis 10 t/ha (Lelu *et al.*, 2018)

Bahan organik merupakan bahan yang dapat ditambahkan ke tanah untuk memperbaiki sifat fisika, kimia dan biologi tanah. Lahan kering tanah masam yang dikelola intensif, sisa hasil panen diangkut ke luar, dan pemberian bahan organik tidak dilakukan umumnya kandungan C-organik rendah. Pemberian bahan organik berupa kotoran ayam, kotoran sapi dan kompos nyata meningkatkan pH, kandungan C, N, P, dan K, serta serapan hara N, P, dan K oleh tanaman ubi jalar pada tanah Entisols Kediri (Afandi *et al.*, 2015). Bahan organik dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi pemupukan NPK baik tunggal maupun majemuk. Pemberian pupuk kandang pada pemupukan NPK tunggal dapat meningkatkan hasil jagung di Kairatu, Seram Bagian Barat (Sirappa & Razak 2010).

Bahan amelioran berupa kapur pertanian, dolomit, bahan organik baik sisa hasil tanaman maupun pupuk kandang kotoran ayam, sapi, kambing maupun domba dapat digunakan untuk memperbaiki tanah masam. Pemberian dolomit pada pemupukan hara P dapat meningkatkan berat kering biji kacang tanah, pemberian hara P tanpa dolomit meningkatkan berat kering biji kacang tanah 0,28 t/ha sedangkan dengan dolomit pemupukan P meningkatkan 0,88 t/ha (Gambar 1). Hal ini menunjukkan bahwa pemberian dolomit dapat meningkatkan efektivitas penggunaan pupuk P pada lahan kering.

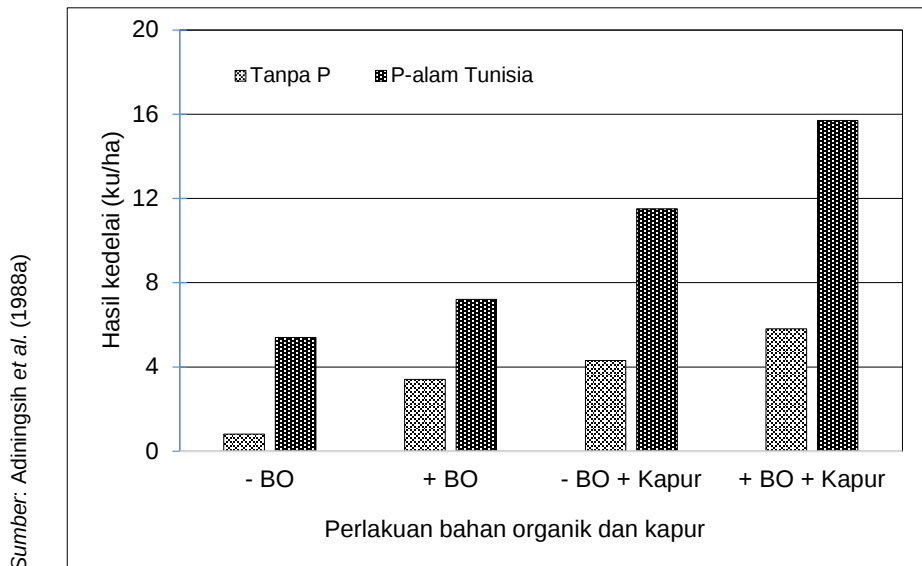


Gambar 1. Pengaruh pemberian dolomit pada pemupukan P terhadap berat kering biji kacang tanah di Tampan, Pekanbaru

Kesuburan Tanah

Target perbaikan lahan antara lain memperbaiki fisik tanah terutama daerah perakaran, memperbaiki keseimbangan hara, dan memperlancar proses biokimia dalam meningkatkan ketersediaan hara. Pemberian bahan organik sampai dosis 15 t/ha dapat meningkatkan kadar air tanah dari 34,7 menjadi 43,2% (Murniyanto 2007). Strip *Stylosantes goyanensis* dan tanaman pagar *Flemingia congesta* sebagai teknologi konservasi tanah dapat memperbaiki sifat fisik, kimia tanah, meningkatkan hasil jagung dan ubi kayu tanah masam di Tulangbawang, Lampung (Erfandi *et al.* 2005). Pupuk kandang 10 t/ha pada pemupukan 200 kg SP-36/ha dapat meningkatkan ruang pori total dan pori air tersedia pada Typic Kanhapludults Tamanbogo, 6 bulan setelah percobaan (Sutono *et al.*, 2005). *Flemingia congesta* dan sisa tanaman jagung yang diberikan dengan cara dicampur dengan tanah dapat menurunkan berat isi dan menaikkan ruang pori total (Nurida *et al.*, 2007).

Pupuk kandang kotoran hewan (kohe) dapat berasal dari kotoran sapi, ayam, kambing, domba, kerbau dan kuda. Kualitas pupuk kandang tergantung dari jenis hewan yang sangat dipengaruhi oleh sumber makanan. Pada umumnya perbaikan tanah dengan pemberian bahan organik dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi penggunaan pupuk anorganik. Pemberian pupuk kandang ayam pada tanah Oxisols dan Ultisols di Panyipatan, Tanah Laut, Kalsel dapat meningkatkan P tersedia dan hasil tanaman jagung (Suastika *et al.*, 2004). Pemupukan P-alam Tunisia (40 kg P/ha) nyata meningkatkan hasil kedelai, demikian juga pemberian 5 t pupuk kandang/ha dan 2 t kapur/ha nyata meningkatkan efisiensi dan efektivitas penggunaan pupuk P (Gambar 2).



Gambar 2. Peningkatan hasil kedelai pada lahan kering masam di Kubang Ujo dengan pemupukan P, pemberian bahan organik dan kapur

Bahan organik sisa panen sebagian besar pada lahan petani tidak dimanfaatkan secara optimal sebagai sumber bahan organik, sebagian dikumpulkan di satu tempat dan dibakar. Padahal jika sisa hasil panen didekomposisikan akan memberikan sebagian besar hara yang dibutuhkan tanaman serta memperbaiki tanah. Pengembalian sisa panen pada tanah Podsolik Kubang Ujo dapat meningkatkan hasil kedelai 1,3–1,5 kali hasil kedelai yang dipupuk 160 kg KCl/ha (Adiningsih *et al.*, 1988). Pengembalian sisa hasil tanaman ke dalam tanah selain dapat memperbaiki sifat fisik daerah perakaran juga dapat mensubstitusi hara K dalam tanah. Hara K pada tanah lahan kering masam merupakan salah satu faktor pembatas pertumbuhan.

Pentingnya bahan organik dalam upaya memperbaiki lahan kering masam sudah diketahui secara luas. Masalah yang dihadapi di tingkat petani terutama penyediaan bahan organik yang akan diberikan. Salah satu upaya penyediaan bahan organik antara lain dengan penanaman tanaman lorong (*Alley cropping*). Tanaman lorong merupakan teknologi penanaman tanaman yang termasuk family *Leguminosae* di batas antar petakan, hasil pangkasan dapat digunakan sebagai sumber bahan organik. Pemberian bahan organik *Flemingia congesta* hasil pangkasan tanaman lorong dapat meningkatkan hasil kedelai 15,8% dan hasil jagung 19,5% (Kasiran 2008).

Rendahnya pH tanah dan tingginya kandungan Al dalam tanah merupakan kendala utama pengelolaan lahan kering masam. Pemberian bahan pembaik tanah berupa dolomit dengan 0,5 kali Al-dd dapat meningkatkan pH tanah, hara Ca dan Mg-dd dan menurunkan Al-dd menjadi mendekati nol baik di Lampung Tengah maupun Tulang Bawang (Tabel 3). Pemberian pupuk 100 kg SiO₂/ha dapat menurunkan Al-dd dalam tanah dari 4,97 menjadi 4,52 cmol₍₊₎/kg, kombinasi dengan 36 kg P₂O₅/ha menjadi 3,63 cmol₍₊₎/kg (Zulputra & Nelvia 2018).

Tabel 3. Perbaikan sifat kimia tanah dengan pemberian dolomit pada tanah masam di Lampung Tengah dan Tulang Bawang

Takaran dolomit (setara Al-dd)	pH H ₂ O	Al-dd	Ca-dd	Mg-dd
			cmol ₍₊₎ /kg	
Lampung Tengah				
0	5,3	1,08	5,61	1,00
0,5	5,7	0,02	7,98	2,50
Tulang Bawang				
0	4,7	0,88	6,04	1,09
0,5	5,5	0,00	6,87	2,98

Sumber: Taufiq dan Manshuri, 2005

Pupuk mikro merupakan pupuk untuk tanaman yang dibutuhkan dalam jumlah yang sedikit dibandingkan pupuk makro. Pemberian pupuk mikro Boron nyata meningkatkan produksi kacang tanah pada tanah Inceptisols Cibatok, Bogor (Widowati *et al.*, 2007), produksi optimum dicapai pada dosis 5,53 kg/ha setara dengan 80% dosis maksimum. Selain itu juga disampaikan bahwa batas kritis Boron tersedia 0,6 mg/kg.

Fisik Tanah

Lahan kering masam terbentuk pada tanah berombak sampai bergelombang, dengan kemiringan datar sampai 8% atau bahkan bisa 15% masih diusahakan untuk tanaman pangan. Pada kondisi demikian penataan lahan berupa penataan saluran pembuangan air perlu diperhatikan dan penggunaan teknik konservasi perlu dilakukan. Kesesuaian tanaman pangan pada kemiringan lahan harus dievaluasi, seberapa besar erosi yang ditimbulkan akibat pengelolaan.

Bahan organik berupa sisa tanaman *in situ* atau dari luar, biochar, maupun kotoran hewan merupakan bahan untuk memperbaiki sifat fisik tanah. Sumber bahan organik juga dapat dari hasil pangkasan yang ditanam secara pagar, atau tanaman yang sengaja ditanam sebagai sumber bahan organik. Pemberian bahan organik ke dalam tanah dapat meningkatkan kadar air tanah, pemberian bahan organik lambat lapuk dari daun *S. officinarum* 15 t/ha dapat meningkatkan kadar air tanah dari 34,7% menjadi 43,2% (Murniyanto 2007). Pemberian 10 t biochar dan 10 t pupuk kandang/ha di Kota Jantho, Aceh Besar pada musim pertama belum berpengaruh terhadap berat volume tanah, porositas tanah, kadar air tanah, permeabilitas tanah serta indeks stabilitas agregat tanah (Muhidin *et al.*, 2017).

PEMUPUKAN BERIMBANG LAHAN KERING MASAM

Pemupukan merupakan faktor produksi yang berperan penting dalam pengelolaan lahan kering masam. Pemupukan berimbang dilakukan berdasarkan karakteristik lahan, sangat spesifik lahan dan tanaman yang akan dikembangkan. Tanaman pangan padi dan singkong kurang respon terhadap kemasaman tanah, namun demikian kemasaman tanah sangat mempengaruhi tingkat ketersediaan hara bagi tanaman. Tanaman jagung, kedelai, kacang tanah dan kacang hijau sangat respon terhadap kemasaman tanah dan kandungan Al^{+} yang tinggi. Untuk itu mengurangi kemasaman tanah dan kandungan Al sangat penting dilakukan sebelum pemupukan.

Pemupukan berimbang diberikan setelah perbaikan tanah dilakukan terlebih dahulu, sehingga pupuk yang ditambahkan tidak banyak yang hilang. Pemberian kompos dengan dosis 15 t/ha dapat meningkatkan serapan hara N tanaman padi

gogo dari 0,63 menjadi 0,98%, dengan pemberian 90 kg N/ha meningkatkan serapan N menjadi 1,47% (Putri *et al.*, 2013). Pemupukan berimbang merupakan teknologi pemupukan yang mempertimbangkan karakteristik tanah dan kebutuhan hara oleh tanaman. Pada kondisi tanah yang baik dan subur pupuk yang dibutuhkan lebih sedikit dibandingkan dengan lahan yang kurang baik dan tingkat kesuburannya rendah.

Hara N merupakan hara yang sangat dibutuhkan tanaman, tanpa pemupukan N produksi tanaman sangat rendah dan hampir sama dengan hasil tanaman yang tidak dipupuk. Sebagian besar lahan kering masam memiliki kandungan hara N yang rendah, hal ini terkait dengan pencucian dan penguapan yang intensif karena curah hujan dan suhu yang tinggi. Pemberian hara N sesuai fase pertumbuhan dapat meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk N. Perbaikan tanah dengan pemberian bahan amelioran dapat mengurangi tingkat kehilangan hara N dari daerah perakaran. Demikian juga cara pemupukan yang tepat dengan cara mendekatkan pupuk dengan daerah perakaran yang diberikan dengan cara ditugal atau larikan dekat tanaman serta menutup pupuk dengan tanah dapat mengurangi kehilangan pupuk N melalui volatilisasi.

Hara P merupakan salah satu faktor pembatas pertumbuhan tanaman pada lahan kering masam selain karena bahan induk tanah yang rendah P juga ada faktor yang menghambat ketersediaannya. Perbaikan tanah sebelum pemupukan P baik secara fisik, kimia maupun biologi perlu dilakukan. Secara fisik, perbaikan fisik tanah daerah perakaran dengan pemberian bahan amelioran dan pengolahan tanah membuat kondisi akar tanaman dapat berkembang dengan baik. Perbaikan secara biologi dilakukan agar proses biokimia hara P dalam tanah dapat berjalan dengan lancar dan hara P tersedia optimum. Tabel 4 terlihat bahwa pemupukan P nyata meningkatkan hasil kedelai dan jagung pada lahan kering masam, peningkatan hasil jagung berkisar antara 111-822%. Peningkatan hasil tersebut menunjukkan bahwa pemupukan P sungguh menjadi kunci peningkatan hasil tanaman lahan kering.

Tabel 4. Pengaruh pemupukan P terhadap hasil tanaman pangan di lahan kering masam

Lokasi	Tanaman	Hasil tanpa Pt/ha	Hasil Maks Pupuk P	Peningkatan %
Deli Serdang	Kedelai	0,86	1,89	120 ¹⁾
Tanah Laut	Jagung	2,94	6,21	111 ²⁾
Bogor	Jagung	0,60	5,53	822 ³⁾
Lampung	Jagung	0,60	2,14	257 ³⁾

Sumber: ¹⁾ Sutriadi *et al.* (2004), ²⁾ Suastika *et al.* (2007)

Hara K merupakan salah satu kation yang menjadi faktor pembatas pertumbuhan tanaman pada lahan kering masam. Pada kondisi curah hujan tinggi pada tanah masam, menyebabkan kation bersifat basa seperti K mengalami pencucian yang tinggi. Tanah masam umumnya telah terjadi pelapukan lanjut, dan fraksi pasir yang tersisa adalah kuarsa (Subardja 2007, Prasetyo 2009) dan kandungan unsur haranya rendah. Pemupukan K terlihat nyata meningkatkan hasil jagung yang bervariasi dari 16–103%, dan meningkatkan hasil kedelai 146% pada tanah masam (Tabel 5). Dengan demikian dapat dikatakan bahwa pemupukan K sangat dibutuhkan untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman pada tanah masam.

Tabel 5. Pengaruh pemupukan K terhadap hasil tanaman pangan di lahan kering masam

Lokasi	Tanaman	Hasil tanpa Kt/ha	Hasil Maks Pupuk K	Peningkatan %
Deli Serdang	Kedelai	0,81	1,99	146 ¹⁾
Tanah Laut	Jagung	5,10	5,89	16 ²⁾
Toba Samosir	Jagung	2,86	4,79	67 ³⁾
Bogor	Jagung	0,92	1,87	103 ⁴⁾

Sumber: ¹⁾ Sudriatna *et al.* (2004), ²⁾ Kasno *et al.* (2004), ³⁾ Subiksa *et al.* (2007).

Pemupukan tanaman jagung pada lahan kering masam dengan 200 kg Urea, 100 kg SP-36, 100 kg KCl dan 1000 kg bahan organik/ha dapat meningkatkan hasil jagung 1,32 t/ha (31,73%) dibandingkan praktek petani yang dipupuk dengan 100 kg Urea, 100 kg SP-36 dan 75 kg KCl/ha (Edi dan Salvia 2009). Pemupukan 50% NPK pada pemberian 5 t pupuk kandang/ha nyata meningkatkan hasil biji kering jagung dari 1,46 menjadi 4,01 t/ha atau meningkat 175% (Sulaeman *et al.* 2017). Pemupukan P pada tanah masam yang diberikan kapur 518 kg/ha (0,5 x Al-dd) nyata meningkatkan efektivitas pemupukan P dari 94 menjadi 110% (Taufiq dan Manshuri 2005).

PENUTUP

Potensi lahan kering masam cukup luas, umumnya terdiri dari tanah Ultisols, Oxisols dan Inceptisols yang kemasaman tanah, Al dan Fe tinggi yang dapat mengganggu ketersediaan hara dan dapat meracuni tanaman. Perbaikan tanah lahan kering masam dilakukan untuk mengurangi faktor yang berpengaruh terhadap ketersediaan hara dan perkembangan akar tanaman. Perbaikan tanah juga

ditujukan untuk mengurangi kehilangan hara melalui erosi dan aliran permukaan, serta memperlancar proses biokimia dalam tanah. Perbaikan tanah lahan kering masam dapat dilakukan dengan penataan lahan dengan penerapan teknologi konservasi lahan sesuai dengan kemiringan lahan. Pemberian bahan amelioran seperti kapur pertanian, dolomit, bahan organik, biochar maupun asam humat merupakan perbaikan tanah untuk meningkatkan ketersediaan hara bagi tanaman. Pemupukan berimbang efektif dan efisien dilakukan pada lahan kering masam yang faktor pembatasnya sudah dimimalis. Pemupukan dilakukan berdasarkan status hara tanah dan tanaman yang akan diusahakan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian dan Kepala Balai Penelitian Tanah atas dukungan dan kesempatan yang diberikan untuk penyusunan naskah ini. Terima kasih juga disampaikan kepada para peneliti Kelti Kimia dan Kesuburan Tanah yang telah memberi semangat dan motivasi untuk menulis dan menyelesaikan makalah ini. Hal serupa juga disampaikan kepada Tim Penyunting dan Editor Pelaksana. Dalam naskah ini A. Kasno dan Ladiyani Retno Widowati adalah sebagai kontributor utama.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiningsih, J.S., Sukristiyonubowo, Rochayati, S., dan Desire, S. 1988. Pengaruh pemberian kapur, bahan organik, dan P-alam terhadap hasil kedelai pada tanah Podsolik Kubang Ujo, Jambi. Hasil Penelitian Pola Usahatani Terpadu, di Daerah Transmigrasi Kubang Ujo, Jambi. Puslittanak. Hlm. 9-22.
- Afandi, F.N., Siswanto, B., dan Nuraini, Y. 2015. Pengaruh pemberian berbagai jenis bahan organik terhadap sifat kimia tanah pada pertumbuhan dan produksi tanaman ubi jalar di Entisols, Ngrangkah Pawon, Kediri. Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan, 2(2): 237-244.
- Amien, S. dan Sudjadi, M. 1985. Pengaruh pengapuran terhadap beberapa sifat kimia tanah Ultisols Banten, Jawa Barat. Pemberitaan Penelitian Tanah dan Pupuk, 4: 6-10.
- Anda, M., Suharta, N., dan Ritung, S. 2000. Development of soils derived from weathered sedimentary, granitic and ultrabasic rocks in South Kalimantan: I. mineralocical and chemical properties. Jurnal Tanah dan Iklim, 18: 1-12.
- Anda, M., Kasno, A., Hartatik, W., dan Adiningsih, J.S. 2001. Penetapan nilai muatan nol dan pengaruh pemberian P, terak baja, bahan organik dan kapur

- terhadap muatan koloid dan kualitas Oxisols. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 19: 1-14.
- Anda, M., Suryani, E., dan Kurnia, U. 2008. Preservation of organic matter as affected by various clay contents in an acid soil: beneficial impact on groundnut yield. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 27: 75-86.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2018. *Statistik Indonesia*. CV. Dharmaputra. Hlm. 719.
- Baquy, M.A., Jiu-Yu, L., Chen-Yang, X., Mehmood, K., and Ren-Kou, X. 2017. Determination of critical pH and Al concentration of acidic Ultisols for wheat and canola crops. *Solid Earth*, 8: 149-159.
- Beding, P.A., Rohimah, S.H.L, dan Firdaus. 2017. Peningkatan produktivitas padi gogo di lahan kering melalui penerapan pengelolaan tanaman terpadu di Kabupaten Sarmi, Papua.
- Danial, D. dan Nurbani. 2015. Kajian galur harapan padi gogo di Kalimantan Timur. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversity Indonesia*, 1(4): 910-913.
- Das, R. dan Saha, D. 2014. Effect of liming on the changes of different forms of potassium in an acid soil treated with N and K fertilizers. *J. Indian Chem. Soc*, 91: 1-7.
- Edi, S. dan Salvi, E. 2009. Kajian paket teknologi budi daya jagung pada lahan kering di Provinsi Jambi. *Prosiding Seminar Nasional Serealia*. Hlm. 132-137.
- Erfandi, D., Kusnadi, H., Djunaedi, M.S., dan Kurnia, U. 2005. Perbaikan produktivitas tanah masam dengan Teknik konservasi tanah pada Typic Paleudults di Kabupaten Tulangbawang, Lampung. *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Sumberdaya Tanah dan Iklim*. Bogor, 14-15 September 2004. Hlm. 83-95.
- Hartatik, W., Wibowo, H., dan Purwani, J. 2015. Aplikasi biochar dan tithoganic dalam peningkatan produktivitas kedelai (*Glycine max* L.) pada Typic Kanhapludults di Lampung Timur. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 39(1): 51-62.
- Hartatik, W. dan Purwani, J. 2017. Peningkatan produktivitas kedelai (*Glycine max* L.) pada Typic Kanhapludults dengan aplikasi pembenah tanah dan pupuk NPK. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 41(2): 123-134.
- Hidayat, A. dan Mulyani, A. 2005. Lahan kering untuk pertanian. Hlm. 1-34 *Dalam Teknologi Pengelolaan Lahan Kering Menuju Pertanian Produktif dan Ramah Lingkungan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Badan Litbang Pertanian.
- Howeler, R.H. 2002. Cassava mineral nutrition and fertilization. P. 115-147. *In*: R.J. Hillocks *et al.* (Eds.): *Cassava: Biology, Production and Utilization*. CABI Publ. CAB Internat. Wallingford, New York.
- Indrasari, A. dan Syukur, A. 2006. Pengaruh pemberian pupuk kandang dan unsur hara mikro terhadap pertumbuhan jagung pada Ultisols yang dikapur. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 6(2): 116-123.

- Ispandi, A. dan Munip, A. 2005. Efektivitas pengapuran terhadap serapan hara dan produksi beberapa klon ubikayu di lahan kering masam. *Ilmu Pertanian*. 12(2): 125-139.
- Kasiran. 2008. Konservasi lahan melalui penerapan teknologi budidaya Lorong (*Alley Cropping*) di Daerah Transmigrasi Kuro Tidur, Bengkulu. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 9(2): 205-210.
- Kasno, A. dan Suastika, I.W. 2017. Pengekstrak, status dan dosis pupuk kalium untuk padi gogo pada Hapludults, Braja Selehah, Kabupaten Lampung Timur. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 41(1): 61-68. DOI: 10.21082/jti.v41n1.2017.61-68
- Lelu, P.K., Situmeang, Y.P., dan Suarta, M. 2018. Aplikasi biochar dan kompos terhadap peningkatan hasil tanaman jagung (*Zea mays* L.). *Gema Agro*, 23(1): 24-32.
- Magdoff, F.R. and Bartlett, R.J. 1980. Effect of liming acid soil on potassium availability. *Soil Science*, 29(1): 12-14.
- Major, J., Rondon, M., Molina, D., Riha, S.J., and Lehmann J. 2010. Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Colombian savanna Oxisols. *Plant Soil*, 333: 117-128.
- Muhidin, A.A., Daruman, dan Manfarizah. 2017. Perubahan sifat fisika Ultisols akibat pembenah tanah dan pola tanam. *Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana Unsyiah*. Banda Aceh, 13 April 2017. Hlm. 120-130.
- Mulyaningsih, E.S., Sukiman, H., Ermayanti, T.M., Lekatompessy, S., dan Indrayani, S., Seri AR, Adi EBM. 2015. Respon padi gogo terhadap pupuk hayati di lahan kering Kabupaten Konawe Selatan, Sulawesi Tenggara. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*. 18(3): 251-261.
- Murniyanto, E. 2007. Pengaruh bahan organik terhadap kadar air tanah dan pertumbuhan tanaman jagung di lahan kering. *Buana Sains*, 7(1): 51-60.
- Muzaiyanah, S. dan Subandi. 2016. Peranan bahan organik dalam peningkatan produksi kedelai dan ubi kayu pada lahan kering masam. *Iptek Tanaman Pangan*, 11(2): 149-157.
- Nurida, N.L., Dariah, A., dan Rachman, A. 2013. Peningkatan kualitas tanah dengan pembenah tanah biochar limbah pertanian. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 37(2): 69-78.
- Nurida, N.L., Dariah, A., dan Sutono, S. 2015. Pembenah tanah alternative untuk meningkatkan produktivitas tanah dan tanaman kedelai di lahan kering masam. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 39(2): 99-108.
- Nurida, N.L., Kurnia, U., dan Haridjaja, O. 2007. Pengaruh cara pemberian dan kualitas bahan organik terhadap sifat fisik tanah pada Ultisols Jasinga terdegradasi. *Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya Lahan Pertanian*. Bogor, 14-15 September 2006. Hlm. 159-174.

- Prasetyo, B.H. 2009. Tanah merah dari berbagai bahan induk di Indonesia: prospek dan strategi pengelolaannya. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 3(1): 47-63.
- Purnomo, J., Maryam, Tuberkih, E., dan Santoso, D. 2005. Evaluasi kekahatan hara untuk tanaman jagung pada empat jenis tanah masam yang berbeda. *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Sumber Daya Tanah dan Iklim*. Bogor, 14-15 September 2004. Hlm. 317-329.
- Putri, RY. Yafirzham, Hermanus, dan Sunyoto. 2013. Respon padi gogo Varietas Dodokan terhadap pemberian pupuk kompos dan nitrogen pada tanah Ultisols di Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan. *Jurnal Agrotek Tropika*, 1(1): 166-171.
- Simanjuntak, W., Hapsoh, dan Tabrani, G. 2015. Pemberian dolomit dengan pupuk fosfat terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kacang tanah. *JOM Faperta*, 2(2): 1-14.
- Sirappa, M.P. dan Razak, N. 2010. Peningkatan produktivitas jagung melalui pemberian pupuk N, P, K dan pupuk kandang pada lahan kering di Maluku. *Prosiding Pekan Serealia Nasional*. Hlm. 277-286.
- Soil Survey Staff. 2014. *Keys to Soil Taxonomy*. 12th Edition. Washington DC: Natural Resources Conservation Service-United States Department of Agricultural. 360 p.
- Suastika IW, Setyorini D, Hidayat E. 2007. Efektivitas fosfat alam Ikan Paus terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung pada Inceptisols dan Ultisols. *Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya Lahan Pertanian*. *Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya Lahan Pertanian*. Bogor, 14-15 September 2006. Hlm. 111-124.
- Suastika IW, Sutriadi MT, Kasno A. 2004. Pengaruh pupuk kandang dan fosfat alam terhadap produktivitas jagung di Typic Hapludox dan Plintic Kanduidults Kalimantan Selatan. *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Sumberdaya Tanah dan Iklim*. Bogor, 14-15 September 2004. Hlm. 191-201.
- Subandi. 2011. Pengelolaan hara kalium untuk ubikayu pada lahan kering masam. *Bul. Palawija*, 22: 86-95.
- Subandi dan Wijanarko A. 2013. Pengaruh teknik pemberian kapur terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai pada lahan kering masam. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 32(3): 171-178.
- Subardja D. 2007. Karakteristik dan pengelolaan tanah masam dari batuan vulkanik untuk pengembangan jagung di Sukabumi, Jawa Barat. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 25: 59-69.
- Subardja DS, Ritung S, Anda M, Sukarman, Suryani E, Subandiono RE. 2016. *Klasifikasi Tanah Nasional*. Edisi 2/2016. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian, Bogor. 53 Hlm.

- Subiksa IGM, Sudarsono, dan Sabiham, S. 2007. Kalibrasi nilai parameter hubungan kuantitas-intensitas (Q-I) kalium pada lahan kering masam. Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor, 14-15 September 2006. Hlm. 355-364.
- Subiksa, I.G.M. dan Sabiham, S. 2009. Kalibrasi nilai uji tanah kalium untuk tanaman jagung pada Typic Hapludox Cigudeg. Jurnal Tanah dan Iklim, 30: 17-25.
- Sudriatna, U., Sutriadi, M.T., Rahmat, H., dan Adiningsih, J.S. 2004. Tanggal pupuk kalium dan bahan organik terhadap pertumbuhan dan hasil jagung di tanah Oxisols Kalimantan Selatan. Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Sumberdaya Tanah dan Iklim. Bogor, 14-15 September 2004. Hlm. 123-130
- Sujitno, E., Fahmi, T., dan Teddy, S. 2011. Kajian adaptasi beberapa varietas unggul pada gogo pada lahan kering dataran rendah di Kabupaten Garut. Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian, 14(1): 62-69.
- Sulaeman, Y., Maswar, dan Erfandi, D. 2017. Pengaruh kombinasi pupuk organik dan anorganik terhadap sifat kimia tanah, dan hasil tanaman jagung di lahan kering masam. Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian, 20(1): 1-12.
- Sutono, S., Djunaedi, M.S., Erfandi, D., dan Kurnia, U. 2005. Pengangkutan hara oleh erosi, aliran permukaan, perkolasi dan tanaman cabai rawit pada tanah Typic Kanhapludults di Tamanbogo. Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Sumberdaya Tanah dan Iklim. Bogor, 14-15 September 2004. Hlm. 97-121.
- Sutriadi, M.T., Hidayat, R., Rochayati, S., dan Setyorini, D. 2004. Ameliorasi lahan dengan fosfat alam untuk perbaikan kesuburan tanah kering masam Typic Hapludox di Kalimantan Selatan. Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Sumberdaya Tanah dan Iklim. Bogor, 14-15 September 2004. Hlm. 143-155.
- Syahputra, D., Alibasyah, M.R., dan Arabia, T. 2015. Pengaruh kompos dan dolomit terhadap beberapa sifat kimia Ultisols dan hasil kedelai (*Glycine max* L. Merril) pada lahan berteras. Jurnal Manajemen Sumberdaya Lahan, 4(1): 535-542.
- Taufiq, A. dan Manshuri, A.G. 2005. Pemupukan dan pengapuran pada varietas kedelai toleran lahan masam di Lampung. Penelitian Pertanian Tanaman Pangan, 24(3): 147-158.
- Thamrin, T. dan Hutapea, Y. 2016. Pengkajian paket teknologi budidaya jagung pada lahan kering masam (studi kasus di Desa Keban, Kecamatan Lahat, Kabupaten Lahat) Provinsi Sumatera Selatan. Prosiding Seminar Nasional Lahan Supotimal, Palembang 20-21 Oktober 2016. Hlm. 680-687.
- Utama, D., Gofar, N., dan Napoleon, A. 2018. Perbaikan stabilitas agregat tanah pasir berlempung menggunakan bakteri pemantap agregat dan bahan organik. Jurnal Tanah dan Iklim, 42(2): 161-167.

- Vityakon, P., Meepech, S., Cadisch, G., Toomsaw, B. 2000. Soil organic matter and nitrogen transformation mediated by plant residues of different qualities in sandy acid upland and paddy soils. *Netherlands Journal of Agriculture Science*, 48: 75-90.
- Wade, M.K., Al-Jabri, M., dan Sudjadi, M. 1986. The effect of liming on soybean yield and soil acidity parameters of three Red-Yellow Podzolic Soils of West Sumatra. *Pemberitaan Penelitian Tanah dan Pupuk*, 6: 1-8.
- Wahyudi, I. 2009. Perubahan konsentrasi aluminium dan serapan fosfor oleh tanaman pada Ultisols akibat pemberian kompos. *Busana Sains*, 9(1): 1-10.
- Widowati, L.R., Djuanda, T., dan Setyorini, D. 2007. Jumlah kebutuhan unsur hara mikro Boron (B) pada tanah Inceptisols Cibatok untuk kacang tanah (*Arachis hypogaea*). *Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya Lahan Pertanian*. Bogor, 14-15 September 2006. Hlm. 343-354.
- Yatno, E. 2010. Oxisols terbentuk dari granodiorite di Daerah Sintang dan Melawi, Kalimantan Barat: sifat dan potensinya bagi pengembangan pertanian. *Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Inovasi Sumberdaya Lahan*. Bogor, 24-25 November 2009. Hlm. 117-127.
- Yatno, E. dan Prasetyo, B.H. 2010. Soils developed on serpentinite in Panyipatan District, South Kalimantan: characteristics and their suitability for maize. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 32: 1-11.
- Yunus. 2006. Efek residu pengapuran dan pupuk kandang terhadap basa-basa dapat ditukarkan pada Ultisols dan hasil kedelai. *Jurnal Solum*, 3(1): 27-33.
- Zulputra dan Nelvia. 2018. Ketersediaan P, serapan P dan Si oleh tanaman padi gogo (*Oryza sativa*. L) pada lahan Ultisols yang diaplikasikan silikat dan pupuk fosfat. *Jurnal Agroteknologi*, 8(2): 9-14.

PEMANFAATAN AGROMINERAL DALAM PENINGKATAN PRODUKSI TANAMAN PANGAN PADA LAHAN KERING MASAM

Wiwik Hartatik dan Markus Anda

Luas lahan kering masam di Indonesia sekitar 102,8 juta hektar yang tersebar di Kalimantan (39 juta ha), Sumatera (29 juta ha), Papua dan Maluku (21 juta ha) serta Bali dan NTT (102 juta ha). Tanah masam di Indonesia sebagian besar berupa Tanah Podsolik dan Tanah Kambisol Distrik/Oksik. Luas tanah Podsolik di Indonesia atau setara dengan Ultisol adalah seluas 45.794.000 atau sekitar 25 persen dari total luas daratan di Indonesia (Subagyo *et al.*, 2004).

Menurut Mulyani *et al.* (2009), lahan kering masam dicirikan dengan pH < 5,0 dan kejenuhan basa < 50% seluas 102,8 juta ha, sekitar 56,0 juta ha yang sesuai untuk pengembangan pertanian, pada lahan tersebut sifat kimia tanah umumnya tidak dijadikan faktor pembatas karena dengan input teknologi pemupukan kendala tersebut dapat diatasi, oleh karena itu lahan yang tidak sesuai sekitar 46,8 juta ha umumnya faktor pembatasnya lereng (>30-40%), solum dangkal dan banyak batuan dipermukaan. Dari lahan yang tidak sesuai, sekitar 31,2 juta ha merupakan daerah bergunung dengan lereng >30%, pada wilayah ini banyak dijumpai tanah tanah bersolum dangkal dan kandungan batuan di permukaan >50%, bila diusahakan untuk pertanian, umumnya belum menerapkan teknologi konservasi tanah dan air, sehingga lahan akan terdegradasi. Lahan kering masam yang sesuai untuk tanaman pangan semusim di dataran rendah (palawija, sayuran dan buah-buahan semusim) seluas 18,3 juta ha terluas di Kalimantan, Sumatera dan Papua.

Lahan kering secara umum didefinisikan sebagai suatu hamparan lahan yang tidak pernah digenangi atau tergenang air pada sebagian besar waktu dalam setahun. Lahan kering masam umumnya merupakan lahan yang mempunyai kesuburan alami yang rendah dengan karakteristik bereaksi masam (pH rendah), basa dapat ditukar, kejenuhan basa, bahan organik yang rendah sedangkan kadar aluminium tinggi menyebabkan fiksasi P tinggi. Tingginya curah hujan pada lahan tersebut menyebabkan tingkat pencucian basa basa cukup tinggi sehingga yang tertinggal dalam kompleks adsorpsi tanah adalah ion Hidrogen dan Aluminium.

Agromineral adalah batuan yang mengandung banyak macam mineral pembawa hara tanaman sehingga berpotensi sebagai sumber pupuk atau bahan amelioran. Oleh karena itu Agromineral dapat bermanfaat sebagai sumber hara atau bahan amelioran untuk meningkatkan produktivitas tanah dan tanaman. Beberapa agromineral yang sudah dimanfaatkan sebagai bahan sumber pupuk adalah batuan fosfat alam dan kiserit sedangkan sebagai pembenah tanah adalah batu kapur,

dolomit, gipsum dan zeolit. Di Indonesia batuan tersebut sudah umum digunakan karena mengandung P, Ca, Mg atau S. Di pihak lain, informasi potensi dan pemanfaatan bahan mineral yang mengandung K tinggi seperti biotit dan leusit masih terbatas.

Pengembangan pertanian pada lahan kering masam dataran tinggi perlu ditingkatkan dan didorong baik untuk tanaman pangan, hortikultura dan perkebunan. Salah satu permasalahan lahan kering masam adalah tingkat kemasaman yang tinggi sehingga diperlukan agromineral berupa kapur atau dolomit untuk meningkatkan pH tanah. Disamping itu lahan kering masam umumnya kahat hara P. Pemberian sumber pupuk yang mudah larut seperti SP-36, TSP, DAP, tidak efisien karena sebagian besar P akan difiksasi oleh Al dan Fe oksida/hidroksida, sehingga P tidak tersedia bagi tanaman. Khusus untuk lahan kering masam dataran tinggi bila berlereng >8% maka menghadapi masalah erosi, penurunan C-organik dan pencucian hara. Dalam pemanfaatan lahan ini diperlukan teknologi pengelolaan sumberdaya lahan seperti ameliorasi, pemupukan berimbang, teknologi konservasi tanah dan air, pemilihan komoditas dan varietas yang sesuai dengan kondisi lahan.

Inovasi teknologi aplikasi agromineral dalam bentuk fosfat alam yang reaktif secara langsung pada lahan kering masam sangat prospektif, selain meningkatkan efisiensi pemupukan P, produktivitas tanah dan tanaman, juga meningkatkan pendapatan petani. Pada lahan kering masam dataran tinggi diperlukan inovasi teknologi konservasi tanah dan air. Pemilihan komoditas yang sesuai diperlukan dalam rangka peningkatan produktivitas tanah kering masam di dataran tinggi, tanaman perkebunan dan hortikultura buah umumnya lebih sesuai bagi lahan kering masam yang berlereng curam.

Tulisan ini menguraikan tentang pemanfaatan agromineral, terutama kapur pertanian, dolomit, fosfat alam, zeolit dan leusit dalam peningkatan produksi tanaman pangan pada lahan kering masam.

JENIS AGROMINERAL YANG MENDUKUNG PENINGKATAN PRODUKTIVITAS LAHAN KERING MASAM

Kapur Pertanian (Kaptan) dan Dolomit

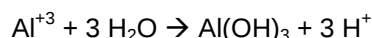
Salah satu agromineral yang bermanfaat untuk meningkatkan pH tanah adalah kapur pertanian dan dolomit. Penggunaan kapur di Indonesia tidak menjadi kendala bagi petani karena banyak sumber bahan kapur di wilayah Indonesia dan dapat diperoleh petani dengan harga yang terjangkau. Walaupun dewasa ini beredar pembenah tanah yang berfungsi dalam perbaikan reaksi tanah yaitu *soil neutralizer*. *Soil neutralizer* yang diperkaya dengan mikroorganisme (*soil bio neutralizer*) dan kapur aktif perlu diketahui efektivitasnya.

Kapur untuk pertanian diklasifikasikan menurut sifat dan kadar hara kalsium karbonat menjadi 6 jenis yaitu batu kapur, kapur fosfat, kerang, kapur hasil samping industri, kapur tohor, dan kapur padam, dengan syarat mutu meliputi kadar kalsium karbonat, kadar H₂O, kadar fosfat dan ukuran butir. Kapur pertanian (kaptan) didefinisikan sebagai mineral berasal dari alam yang mempunyai reaksi fisiologis basa dapat menaikkan pH tanah, dan dapat sebagai sumber hara kalsium. Kaptan yang umum banyak digunakan dalam pertanian adalah kalsit (CaCO₃). Spesifikasi kaptan dalam SNI 02-0482-1998: kadar air maksimal 5%, kadar CaCO₃ + MgCO₃ minimal 85%, CaO+MgO minimal 47%, kadar seskuioksida (Fe₂O₃ dan Al₂O₃) maksimal 3%, setara CaCO₃ minimal 8% dan kadar SiO₂ 0-3%, lolos melalui saringan 40 mesh adalah 100% dan lolos melalui saringan 100 mesh adalah 50%.

Dolomit adalah bahan mineral yang berasal dari alam yang mengandung unsur hara kalsium dan magnesium dengan rumus kimia CaMg(CO₃)₂. Spesifikasi dolomit dalam SNI 02-2804-1992: kadar air maksimal 5%, kadar Mg sebagai MgO minimal 18, kadar Ca sebagai CaO minimal 30%, kadar Al₂O₃ + Fe₂O₃ (R₂O₃) maksimal 3%, kadar silikat sebagai SiO₂ maksimal 3%, besar butir lolos saringan 40 mesh adalah 100% dan lolos melalui saringan 100 mesh adalah 50%.

Kapur aktif mempunyai kadar kandungan CaCO₃+MgCO₃ > 91,53%, kadar CaO+MgO > 50,23%. kadar air maksimal 3%, Kalsium aktif (Ca⁺²) ± 16%, kehalusan 400 mesh sebanyak >50%. Dari uraian di atas Kapur aktif mempunyai kadar CaCO₃+MgCO₃ dan CaO+MgO sedikit lebih tinggi dari kapur pertanian.

Sumber utama kemasaman tanah mineral masam adalah Al⁺³ yang akan terhidrolisis menyumbangkan H⁺ ke dalam larutan tanah dengan reaksi sebagai berikut:



Senyawa CaO dan MgO dalam tanah akan bereaksi dengan air membentuk CaCO₃ dan MgCO₃ yang berperan dalam penurunan Al-dd dalam tanah. Pemberian kapur ke dalam tanah dapat mengendapkan Al⁺³ menjadi Al(OH)₃ sehingga Al tidak aktif dalam meningkatkan kemasaman tanah, melalui mekanisme reaksi sebagai berikut:



Lahan kering dan sawah mineral masam memiliki potensi untuk pengembangan tanaman pangan. Namun mempunyai kendala utama yaitu kadar aluminium dapat ditukar tinggi, pH tanah masam dan kadar basa-basa seperti Ca, Mg dan K dapat ditukar dan kapasitas tukar kation yang rendah. Untuk menetralkan aluminium dapat ditukar dan meningkatkan pH pada lahan kering masam diperlukan kapur atau dolomit, walaupun untuk tanah yang disawahkan tidak diperlukan dosis kapur setinggi lahan kering, karena penggenangan akan meningkatkan pH tanah.

Beberapa jenis tanaman mempunyai sensitivitas yang berbeda terhadap aluminium dapat ditukar. Sebagai contoh tanaman kedelai merupakan tanaman yang sensitif terhadap kadar aluminium yang tinggi. Kedelai dapat tumbuh baik pada tanah dengan kejenuhan aluminium < 20%, sedangkan pada tanaman jagung < 40% serta tanaman padi merupakan tanaman yang lebih toleran dibandingkan kedelai dan jagung karena bisa tumbuh baik pada kejenuhan Al < 60%. Kapur maupun dolomit merupakan bahan yang mengandung senyawa karbonat (CO_3^{-2}) yang berfungsi menurunkan aktivitas Al dan meningkatkan pH.

Dosis pengapuran ditentukan berdasarkan setara kandungan Al dapat ditukar dan sensitivitas tanaman yang akan ditanam. Untuk menentukan perkiraan kebutuhan kapur dapat diestimasi dari nilai pH tanah, bila pH tanah < 5,5 maka kapur diperlukan, tetapi bila pH > 5,5 maka kapur tidak diperlukan, perkiraan ini juga tergantung dari jenis tanah dan tanaman yang ditanam. Untuk lahan kering masam seperti Ultisols Lampung dosis kapur sebesar 1 sampai 2 ton per ha dapat menurunkan Al dapat ditukar dan meningkatkan pH tanah.

Rekomendasi kebutuhan kapur untuk beberapa jenis tanaman pangan disajikan pada Tabel 1. Cara pemberian kapur sebaiknya disebar merata kemudian dicangkul merata, diinkubasi selama 1-2 minggu dan kondisi tanah dalam keadaan kapasitas lapang untuk lahan kering.

Tabel 1. Rekomendasi kapur untuk beberapa tanaman pangan

Dosis Kapur	Padi gogo	Kedelai	Jagung	Kacang tanah	Kacang hijau	Kacang tunggak
Kapur (CaCO_3) (t/ha)	0,5 – 1,5	4 - 5	3 - 5	3 - 5	5	1 – 3

Kadar Aluminium yang tinggi dapat menyebabkan kerusakan pada akar tanaman pada $\text{pH} \leq 4,0$ terutama terlihat pada perkembangan akar cabang yang tertekan dan ujung-ujung akar tanaman mati. Penyerapan Ca, Mg dan K juga terhambat dengan meningkatnya konsentrasi ion Al^{+3} dan H^+ . Manfaat kapur dan dolomit selain meningkatkan pH, juga dapat menyumbangkan hara Ca (kapur) dan hara Ca dan Mg (dolomit) serta dapat meningkatkan rasio Ca/Mg/K. Keseimbangan hara diperlukan untuk mendukung pertumbuhan tanaman yang optimum.

Penggunaan kapur yang bertujuan sebagai penetral pH, dapat disesuaikan dengan peningkatan pH yang diinginkan untuk tanaman tertentu. Cara penentuan kebutuhan kapur untuk tujuan meningkatkan pH tanah pada lahan kering masam adalah sebagai berikut: Untuk meningkatkan pH tanah dari 4-4,5; 4,6-5,5; dan 5,6-6,0 menjadi pH netral (6-7) maka dibutuhkan kapur berturut-turut sebesar 2 t

ha^{-1} , 1 t ha^{-1} dan $0,5 \text{ t ha}^{-1}$. Semakin rendah pH tanah maka dibutuhkan kapur dalam jumlah yang lebih banyak untuk mencapai pH netral. Pada tanah dengan pH netral (6-7) ketersediaan semua unsur hara tanaman optimum untuk mendukung pertumbuhan tanaman.

Aplikasi dolomit di Desa Rejobinangun, Kecamatan Raman Utara, Kabupaten Lampung Timur musim tanam 2011 memberikan pertumbuhan tinggi tanaman kedelai yang lebih baik dibandingkan *Soil Neutralizer*. Perlakuan kombinasi pupuk NPK, rizobium, tithoganic dan mikroorganisme multi guna (MTM) memberikan produksi kedelai yang cukup tinggi sebesar $1,41 \text{ ton ha}^{-1}$ (Hartatik dan Septiyana 2012).



Gambar 1. Keragaan tanaman kedelai dengan perlakuan pembenah tanah *soil neutralizer* dan dolomit

Aplikasi dolomit dan pemupukan NPK di lahan suboptimal Taman Bogo, Lampung Timur, musim tanam 2012 dan 2013 menunjukkan bahwa dolomit nyata menurunkan Al dapat ditukar dan meningkatkan pH. Untuk mendapatkan produksi kedelai yang optimal disarankan penggunaan dolomit 500 kg/ha atau biochar $2,5 \text{ t ha}^{-1}$ dikombinasikan dengan pupuk organik 2 t ha^{-1} (Hartatik & Purwani 2017).

Pemberian kapur aktif dengan dosis 200 kg ha^{-1} belum efektif meningkatkan pH dan menurunkan kejenuhan aluminium bagi pertumbuhan kedelai yang optimal. Perlakuan kapur aktif memberikan pH sebesar 4,59 dan menurunkan Al-dd dari 1,55 menjadi $1,51 \text{ cmol}_{(+)}\text{kg}^{-1}$ dan kejenuhan Al sebesar 33%. Sedangkan perlakuan kapur pertanian dosis $1,23 \text{ t ha}^{-1}$ nyata menurunkan Al-dd, meningkatkan Ca-dd, KB setelah panen berturut-turut sebesar 4,77; $2,66 \text{ cmol}_{(+)}\text{kg}^{-1}$; 50% dan $1,06 \text{ cmol}_{(+)}\text{kg}^{-1}$ sehingga mampu mendukung pertumbuhan kedelai lebih baik. Pemupukan $\frac{3}{4}$ NPK + Tithoganic 2 t ha^{-1} nyata meningkatkan P dan K potensial, Mg-dd, K-dd dan menurunkan Al-dd (Tabel 2 dan 3) (Hartatik & Purwani 2017).

Tabel 2. Pengaruh ameliorasi dan pemupukan terhadap pH, C-organik, N-total dan P-Bray I setelah panen kedelai di Desa Taman Asri, Lampung Timur, MK 2015

No.	Petak Utama	Parameter			
		pH-H ₂ O	C-organik %	N-total	P-tersedia ... ppm
1.	Kapur Pertanian 1,23 t ha ⁻¹	4,77 A*)	0,913 A	0,103 A	60,33 A
2.	Kapur Pertanian 200 kg ha ⁻¹	4,66 AB	0,946 A	0,087 A	59,67 A
3.	Kapur Aktif 200 kg ha ⁻¹	4,59 AB	0,892 A	0,105 A	66,26 A
4.	Biochar	4,65 AB	0,890 A	0,103 A	100,50 A
5.	Senyawa humat	4,48 B	0,863 A	0,110 A	56,33 A
Anak Petak					
1.	Kontrol	4,64 a	0,874 b	0,106 a	48,27 b
2.	NPK	4,58 a	0,916 ab	0,09 a	61,93 b
3.	¾ NPK	4,61 a	0,872 b	0,101 a	63,53 b
4.	¾ NPK + Tithoganic 2 t ha ⁻¹	4,69 a	0,940 a	0,105 a	100,73 a

Keterangan: *) Angka dalam kolom yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji DMRT

Sumber : Hartatik dan Purwani (2017).

Fosfat Alam

Karakteristik fosfat alam

Deposit fosfat ditemukan dalam berbagai formasi geologi yaitu sebagai deposit sedimen, batuan beku dan deposit metamorfosa sebagai mineral pengikut. Secara ekonomi deposit sedimen yang paling utama dan hampir 85% fosfat alam yang ditambang di dunia berasal dari jenis ini. Mineral fosfat di alam ditemukan dalam sekitar 150 jenis mineral dengan kandungan fosfat sebesar 1 sampai 35% lebih P₂O₅. Sebagian besar fosfat ditemukan dalam bentuk mineral apatit (Ca₁₀(PO₄)₆(F)₂). Biasanya dalam mineral apatit terdapat berbagai substitusi isomorfis. Kation Ca umumnya disubstitusi oleh Al dan Fe dan dalam jumlah sedikit oleh logam lain seperti Mg, Sr, Pb, Na, Ce, Mn, dan I. Sedangkan tetrahedron PO₄ dapat disubstitusi oleh VO₄, AsO₄, SO₄ atau BO₃ dalam jumlah sedikit dan oleh CO₃ dalam jumlah yang besar serta kadang-kadang sampai setara dengan PO₄. Kedudukan Fe dapat ditempati oleh Fe sendiri, Cl atau OH. Menurut terjadinya sumber fosfat ditemukan, digolongkan dalam bentuk: deposit endapan laut, apatit batuan beku, fosfat sisa pelapukan, batuan terfosfatasi, dan guano (Sudiyarso 1999).

Tabel 3. Pengaruh ameliorasi dan pemupukan terhadap sifat kimia tanah setelah panen kedelai di Desa Taman Asri, Lampung Timur, MK 2015

No.	Petak Utama	Parameter analisis							KB	Al
		P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	K	Na	KTK		
		mg 100g ⁻¹				cmol(+)kg ⁻¹			%	cmol(+)kg ⁻¹
1.	Kapur Pertanian 1,23 t ha ⁻¹	27,00 A*)	5,92 B	2,66 A	0,31 B	0,10 B	0,06 a	6,25 A	50 A	1,06 C
2.	Kapur Pertanian 200 kg ha ⁻¹	26,83 A	6,25 B	1,81 B	0,33 B	0,11 B	0,06 a	6,36 A	37 B	1,41 B
3.	Kapur Aktif 200 kg ha ⁻¹	29,92 A	7,33 B	1,57 BC	0,33 B	0,11 B	0,04 b	6,36 A	32 BC	1,51 B
4.	Biochar	35,50 A	12,33 A	1,31 C	0,41 A	0,22 A	0,04 b	6,14 A	32 BC	1,50 B
5.	Senyawa humat	30,83 A	6,25 B	1,11 C	0,30 B	0,11 B	0,04 b	6,13 A	26 C	1,78 A
Anak Petak										
1.	Kontrol	24,07 b	4,87 c	1,69 a	0,31 b	0,08 b	0,04 a	6,18 a	34 a	1,55 a
2.	NPK	27,13 b	8,27 ab	1,63 a	0,32 b	0,15 a	0,05 a	6,16 a	35 a	1,52 ab
3.	¾ NPK	27,73 b	7,60 b	1,67 a	0,32 b	0,14 a	0,05 a	6,29 a	35 a	1,42 ab
4.	¾ NPK + Tithoganic 2 t ha ⁻¹	41,13 a	9,73 a	1,78 a	0,41 a	0,16 a	0,05 a	6,37 a	38 a	1,32 b

Keterangan: *) Angka dalam kolom yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji DMRT

Kualitas pupuk fosfat alam

Berdasarkan SNI 02-3776-2005, fosfat alam didefinisikan sebagai bahan baku galian yang sebagian besar mengandung mineral kalsium fosfat berasal dari batuan yang diproses menjadi bubuk (*powder*) yang dipergunakan secara langsung dalam pertanian. Dalam aplikasinya fosfat alam bisa dimodifikasi dalam bentuk bubuk, butiran dan granular. Kualitas fosfat alam yang beredar di pasaran sangat bervariasi, oleh karena itu syarat mutu pupuk fosfat alam untuk pertanian dibagi dalam 4 kategori yaitu mutu A, B, C dan D yang didasarkan pada kandungan P₂O₅ total dan P-tersedia (larut dalam asam sitrat 2%). Selain kadar P, parameter lainnya yang persyaratkan yaitu kadar air, kehalusan butir, dan cemaran logam cadmium, timbal, air raksa dan arsen (Tabel 4).

Tabel 4. Syarat mutu pupuk fosfat alam untuk pertanian

No.	Uraian	Satuan	Persyaratan			
			Mutu A	Mutu B	Mutu C	Mutu D
1.	Kadar unsur hara fosfor sebagai P_2O_5					
	- Total					
	- Larut dalam asam sitrat 2%	% b/b	min. 28	min.24	min.14	min.10
		% b/b	min.7	min.6	min.3,5	min.2,5
2.	Kadar air	% b/b	maks. 5	maks.5	maks.5	maks.5
3.	Kehalusan					
	- Kehalusan lolos 80 mesh Tyler	% b/b	min.50	min.50	min.50	min.50
	- Kehalusan lolos 25 mesh Tyler	% b/b	min.80	min.80	min.80	min.80
4.	Cemaran logam					
	- Cadmium (Cd)	ppm	maks.100	maks.100	maks.100	maks.100
	- Timbal (Pb)	ppm	maks.500	maks.500	maks.500	maks.500
	- Raksa (Hg)	ppm	maks.10	maks.10	maks.10	maks.10
5.	Cemaran Arsen (As)	ppm	maks.100	maks.100	maks.100	maks.100

Catatan :

1. Semua persyaratan kecuali kadar air dan kehalusan dihitung atas dasar bahan kering.
2. Dalam peredaran dapat diperjual belikan berbentuk granular.

Penilaian kualitas pupuk fosfat secara kimia umumnya dilakukan dengan menentukan kelarutan fosfat dalam asam kuat, asam lemah atau air. Umumnya kadar P_2O_5 total ditentukan dengan asam keras yaitu: menggunakan campuran asam nitrat, asam sulfat, atau perklorat dengan konsentrasi yang agak pekat. Sedangkan untuk ketersediaan P_2O_5 digunakan amonium sitrat pH netral, asam sitrat 2% atau asam format 2%. Asam lemah lebih banyak digunakan sebagai indikator P yang tersedia bagi tanaman. Nilai yang dihasilkan mempunyai korelasi yang tinggi dengan respon tanaman. Kelemahan dari kelarutan P dalam asam sitrat sangat dipengaruhi oleh kualitas batuan atau terdapatnya mineral lain seperti silikat, kalsit, dolomit, liat dan oksida-oksida. Makin banyak mineral lain dalam batuan, makin besar pula gangguan pada penetapan kelarutan P dalam asam sitrat 2%.

Pupuk fosfat alam yang digunakan secara langsung keefektifannya dipengaruhi oleh sifat fisik dan kimia pupuk, faktor tanah dan lingkungan serta faktor tanaman (Rajan *et al.*, 1996). Sifat kimia dan fisik pupuk yang penting adalah reaktivitas, kelarutan, dan ukuran butir pupuk. Peningkatan kelarutan fosfat alam akibat kehalusan butir pupuk hanya berlaku untuk fosfat alam yang reaktivitasnya tinggi dan tidak berlaku bagi fosfat alam yang tidak reaktif. Peningkatan kelarutan fosfat alam sudah tidak nyata bila ukuran butir < 100 mesh. Sifat – sifat tanah yang harus diperhatikan bila menggunakan pupuk fosfat alam yaitu kadar air tanah, kemasaman tanah, konsentrasi dan status Ca^{+2} dan P serta kadar bahan organik tanah (Khasawneh & Doll 1978).

Efektivitas fosfat alam sebagai sumber hara P

Fosfat alam yang digunakan secara langsung merupakan sumber hara P yang menyediakan hara P secara lambat (*slow release*), mengandung Ca cukup tinggi dan mempunyai pengaruh residu pada musim tanam berikutnya. Konversi fosfat alam menjadi pupuk P yang mudah larut seperti TSP memerlukan biaya tinggi, pemborosan energi dan memerlukan asam sulfat dan asam fosfat dalam jumlah besar. Oleh karena itu penggunaan fosfat alam secara langsung pada lahan kering masam ditujukan untuk meningkatkan efisiensi pemupukan P. Selain itu harga pupuk tersebut lebih mahal dan terbatasnya subsidi sehingga petani menggunakan pupuk tersebut belum optimal. Fosfat alam merupakan pupuk yang bersifat *slow release* pada lahan kering masam, mempunyai pengaruh residu, harganya lebih murah dan dapat meningkatkan produktivitas tanah dan tanaman.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa fosfat alam mempunyai efektivitas yang relatif sama baiknya dengan sumber P yang mudah larut seperti SP-36, TSP, sehingga fosfat alam dapat digunakan sebagai sumber P dan meningkatkan efisiensi pupuk P di lahan kering masam. Namun tidak semua jenis pupuk fosfat alam dapat digunakan secara langsung tergantung dari reaktivitas dari pupuk fosfat alam tersebut yaitu kelarutan dan penyediaan P terhadap tanaman. Pupuk fosfat alam yang dapat digunakan secara langsung pada lahan kering masam merupakan pupuk fosfat alam yang mempunyai reaktivitas atau kelarutan yang cukup tinggi, dan mempunyai efektivitas yang relatif sama dengan pupuk SP-36. Efektivitas fosfat alam ditentukan oleh beberapa faktor antara lain reaktivitas, kelarutan, ukuran butir, pH tanah dan respon tanaman.

Aplikasi fosfat alam Ciamis sekaligus pada musim tanam pertama sebesar 300 kg P_2O_5 ha⁻¹ dengan pola tanam jagung-padi gogo- kacang tunggak-jagung-padi gogo pada lahan kering masam memberikan efektivitas yang relatif sama dengan fosfat alam dari Afrika Utara dan pupuk TSP selama 5 musim tanam. Demikian juga penggunaan fosfat alam reaktivitas tinggi dengan dosis 1 tha⁻¹ diberikan sekaligus pada musim pertama, selama 4 musim tanam meningkatkan hasil jagung 20-80% dan pendapatan petani 50-80% (Rochayati *et al.*, 2009).

Teknologi pengkayaan P dengan fosfat alam dosis 1 tha⁻¹ selama 5 musim tanam pada tanah Oxisol dan Ultisols di Pleihari, Kalimantan Selatan meningkatkan hasil jagung 30 -90%. Pada musim tanam ke lima, hasil jagung sudah menurun, sehingga untuk musim tanam berikutnya perlu dilakukan aplikasi fosfat alam kembali. Kombinasi aplikasi fosfat alam dan pupuk kandang ayam mampu meningkatkan hasil jagung dan produktivitas tanah lebih tinggi. Cara aplikasi fosfat alam dosis 1 tha⁻¹ dengan cara disebar merata diatas permukaan tanah (kondisi tanah lembab) kemudian diaduk merata sampai lapisan olah, diinkubasi (didiamkan) selama 1-2 minggu, selanjutnya bisa dilakukan pemupukan NPK dan tanam (Rochayati *et al.*, 2009).

Keuntungan dan kendala penggunaan fosfat alam secara langsung

Beberapa keuntungan penggunaan fosfat alam secara langsung adalah a) dapat menghemat energi dan mengurangi pencemaran lingkungan karena proses industri pupuk dan harga per unit hara P fosfat alam lebih murah daripada SP-36 atau TSP b) biaya produksi tiap unit P_2O_5 pupuk fosfat alam sekitar 25 – 40% dari biaya pupuk P buatan pabrik c) fosfat alam mengandung kalsium dan magnesium karbonat ($CaCO_3$ dan $MgCO_3$), sehingga dapat menurunkan kemasaman tanah dan keracunan Aluminium pada tanah masam d) fosfat alam selain mengandung hara P, juga mengandung hara lain yaitu Ca, Mg, S, Cu, Zn, Mo dan B yang relatif tinggi dibanding pupuk buatan e) fosfat alam menunjukkan efektivitas yang relatif sama bahkan lebih tinggi dari pupuk P yang mudah larut seperti TSP dan SP-36 dan meningkatkan efisiensi pupuk P (10-20%) dan mempunyai pengaruh residu untuk tanaman berikutnya serta meningkatkan pendapatan petani sekitar 20%.

Beberapa kendala penggunaan fosfat alam secara langsung antara lain: a) kadar P_2O_5 total dan tersedia fosfat alam serta unsur yang lain bervariasi, walaupun berasal dari deposit yang sama sehingga respon tanaman juga berbeda dan menyulitkan dalam pengadaan dan perdagangannya, b). deposit fosfat alam yang terdapat di Indonesia terbatas dan kadarnya lebih rendah dan bervariasi dari deposit luar negeri, c) umumnya deposit fosfat alam yang berasal dari batuan beku dan metamorfosa mempunyai kelarutan lebih rendah dari fosfat alam yang berasal dari sedimen, d) beberapa fosfat alam mengandung logam berat dan radioisotop yang berpotensi mencemari lingkungan, e) ukuran butir fosfat alam yang halus menyulitkan dalam aplikasi di lapang.

Prospek penggunaan fosfat alam di lahan kering masam

Dalam rangka meningkatkan produktivitas tanah dan tanaman pada lahan kering masam, aplikasi fosfat alam pada lahan kering masam yang umumnya kahat P dan mempunyai fiksasi P yang tinggi sangat prospektif. Aplikasi fosfat alam dengan dosis tinggi 1 tha^{-1} dapat meningkatkan produktivitas tanah dan tanaman dan memberikan residu P pada tanaman berikutnya. Aplikasi fosfat alam pada lahan kering masam dalam jangka panjang dapat meningkatkan pH tanah, sehingga dapat meningkatkan ketersediaan hara lainnya yang dibutuhkan tanaman. Bimbingan teknis aplikasi fosfat alam di lahan kering masam pada petani perlu dilakukan secara luas, agar petani mengetahui dosis dan cara aplikasi fosfat alam serta dukungan teknologi budidaya tanaman lainnya seperti pemupukan berimbang dengan sumber pupuk anorganik, pupuk organik dan hayati, penggunaan varietas unggul, peningkatan populasi tanaman dan pengendalian hama penyakit dan gulma.

Zeolit

Zeolit adalah mineral dari senyawa aluminosilikat terhidrasi dengan struktur berongga dan mengandung kation-kation alkali yang dapat dipertukarkan. Deposit Zeolit alam banyak terdapat di Indonesia. Zeolit mempunyai sifat-sifat : higroskopis, luas permukaan yang tinggi, KTK (Kapasitas Tukar Kation) dan daya adsorpsi-desorpsi. Salah satu parameter zeolit alam yang dijadikan acuan uji mutunya adalah nilai kapasitas tukar kation (KTK). Mengacu pada SNI KTK zeolit 13-3494-1994, zeolit dinyatakan lolos uji mutu jika nilai KTK-nya $\geq 100 \text{ cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$ (Arryanto *et al.*, 2012).

Salah satu pemanfaatan Zeolit dalam pertanian sebagai amelioran/ pembenah tanah yang bertujuan untuk memperbaiki sifat fisika, kimia dan biologi tanah, meningkatkan efisiensi pemupukan dan produksi tanaman (Suwardi 2007). Peranan Zeolit sebagai pembenah tanah (1) meningkatkan KTK tanah (2) meningkatkan efisiensi pemupukan (3) memperbaiki struktur tanah (4) meningkatkan Kalium dalam tanah (5) meningkatkan ketersediaan P (Sastiono 2004; Suwardi 2007). Penambahan Zeolit 3 t/ha dicampur dengan pupuk ZA 1 t/ha nisbah 15 : 1 memberikan peningkatan hasil kedelai sebanyak 46% dan pemberian Zeolit 900 kg/ha⁻¹ dengan 300 kg N/ha⁻¹ memberikan peningkatan hasil padi sebanyak 16% dan pemberian Zeolit 3,5 t/ha dengan 50 kg N/ha⁻¹ terjadi peningkatan 28% dibandingkan tanpa Zeolit (Suwardi & Goto 1996).

Mineral Zeolit adalah polimer silika-alumina yang terbentuk secara hidrotermal alami pada jutaan tahun yang lalu dari bahan tufa gunung berapi yang mengeluarkan bahan piroklastik berbutir halus (tufa) yang bersifat asam dan berkomposisi riolitik bermasa gelas. Zeolit adalah mineral dari senyawa aluminosilikat terhidrasi dengan struktur berongga dan mengandung kation-kation alkali yang dapat dipertukarkan. Salah satu parameter zeolit alam yang dijadikan acuan uji mutunya adalah nilai kapasitas tukar kation (KTK). Mengacu pada SNI KTK zeolit 13-3494-1994, zeolit dinyatakan lolos uji mutu jika nilai KTK-nya $\geq 100 \text{ cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$. Salah satu metode penetapan KTK zeolit yang digunakan di laboratorium tanah Balai Penelitian Tanah (Balittanah) menggunakan metode perkolasi dengan larutan 1 N Amonium Asetat pH 7,0. Dari sejumlah contoh zeolit yang masuk ke laboratorium tanah Balittanah selama kurun waktu 6 tahun (2004 - 2010) sangat jarang mempunyai KTK $\geq 100 \text{ cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$, kecuali ada beberapa contoh zeolit dengan nilai KTK $\geq 80 \text{ cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$. KTK zeolit dengan KTK $\geq 80 \text{ cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$ mengindikasikan bahwa contoh zeolit tersebut adalah zeolit murni, artinya zeolit alam yang tidak dicampur dengan bahan lain. Berdasarkan fakta tersebut Ikatan Zeolit Indonesia (IZI) akan mengusulkan revisi SNI KTK zeolit 13-3494-1994 ke dalam lima kelas, masing-masing: Kelas-A $\geq 120 \text{ cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$ dinilai sangat baik; Kelas-B = 80 – 120 $\text{cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$ dinilai baik; Kelas-C = 60 – 80 $\text{cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$ dinilai cukup; Kelas-D = 40 –

60 cmol(+) kg⁻¹ dinilai kurang baik; Kelas-E < 40 cmol(+) kg⁻¹ dinilai bukan zeolite (Al-Djabri 2008).

Syarat mutu zeolit sebagai pembenah tanah pertanian antara lain: kadar zeolit minimal 50%, kadar air maksimal 10%, dan ukuran butir -10 + 48 mesh minimal 90%. Makin tinggi nilai KTK zeolit mengindikasikan bahwa kadar dan jenis zeolitnya > 50% serta sangat sedikit bahan pengotornya. Bahan pengotor zeolit terdiri dari felspar, kaolin, kuarsa, lempung, tufa dan lain-lain. Zeolit alam banyak digunakan sebagai tambahan makanan ternak, pengkaya pupuk/pembenah tanah, media pengolahan air limbah, media penyaring air bersih, penyerap limbah radio aktif.

Deposit zeolit di Indonesia

Mineral zeolit terdiri dari berbagai jenis seperti klinoptilolite, kabazit, modenit, filipsit, dan erionit. Dua jenis mineral zeolit di Indonesia umumnya didominasi oleh 2 jenis zeolit yaitu klinoptilolite dan mordenit (Sastiono 2004). Menurut informasi yang diperoleh dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara (2012), cadangan zeolit di Indonesia yang baru ditemukan tidak kurang dari 205.825.080 ton yang dijumpai di Tapanuli Utara (Sumut); Lahat (Sumatera Selatan); Lampung Barat dan Lampung Selatan (Lampung); Sukabumi, Bogor, Tasikmalaya (Jabar); Lebak (Banten); Banjarnegara (Jateng); Malang, Pacitan, Blitar, Trenggalek (Jatim); Flores (NTT); Sikka (NTT), dan Polmas (Sulawesi). Salah satu deposit sumber Zeolit klinoptilolite dijumpai di Desa Sidomulyo (Lampung Selatan) sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Proses penambangan deposit sumber zeolit klinoptilolite yang dijumpai di Desa Sidomulyo, Lampung Selatan

Zeolit sebagai pembenah tanah

Zeolit adalah salah satu pembenah tanah alami yang belum banyak dikenal dan digunakan petani, hal ini disebabkan sampai saat ini masih terbatas informasi data yang menjelaskan secara terperinci tentang jenis, dosis, manfaat, kendalanya. Zeolit sebagai pembenah tanah diberikan dalam jumlah tinggi ($> 1 \text{ t ha}^{-1}$) dapat memperbaiki sifat-sifat fisik, kimia, dan biologi tanah sehingga produksi pertanian dapat ditingkatkan. Petani di beberapa daerah telah menggunakan Zeolit, dengan kualitas sangat rendah, nilai KTK-nya $\leq 40 \text{ me100 g}^{-1}$, dan tidak meningkatkan produksi tanaman, sehingga petani tidak memanfaatkan Zeolit lagi.

Disamping itu, sering diinformasikan bahwa zeolit adalah pengganti pupuk, sehingga petani pada saat mengaplikasikan zeolit tidak menggunakan pupuk lagi, berakibat hasil tanaman tetap rendah. Pemberian zeolit yang diikuti pemberian pupuk anorganik berdasarkan konsep pemupukan berimbang serta pupuk organik dapat meningkatkan efisiensi pemupukan. Aplikasi kombinasi zeolit dan pupuk organik dapat memperbaiki stabilitas agregat tanah, meningkatkan KTK sehingga unsur hara di dalam tanah tidak mudah hilang tercuci dan dapat diserap akar tanaman. Zeolit bersifat tidak mengalami *break down* dan jumlahnya relatif tidak berkurang dalam tanah untuk meretensi unsur hara. Aplikasi zeolit ditujukan untuk memperbaiki kemampuan tanah dalam menahan unsur hara. Zeolit tidak bersifat asam dan penggunaannya dengan pupuk dapat menyangga pH tanah, sehingga dapat mengurangi takaran kapur.

Tabel 5. Pengaruh zeolit terhadap N diserap tanaman padi varietas Ciherang umur 6 MST menggunakan tanah Grumusol, Jawa Timur dari percobaan pot di rumah kaca

No.	Perlakuan	Konsentrasi N (%)	Serapan N tanaman (mg/pot)
1.	Kontrol lengkap	1,40	65
2.	NPK-petani	1,41	226
3.	NPK-uji tanah	2,05	461
4.	Zeolit 125 kg/ha + NPK-uji tanah	2,76	623
5.	Zeolit 250 kg/ha + NPK-uji tanah	2,62	558
6.	Zeolit 500 kg/ha + NPK-uji tanah	2,69	544

Sumber: Al-Djabri (2010a)

Al-Djabri (2010a) melaporkan kadar N dan serapan N tanaman padi umur 6 MST tertinggi dicapai pada perlakuan 125 kg zeoli tha^{-1} (Tabel 5). Meskipun serapan N cenderung semakin turun dengan semakin tinggi takaran zeolit, hal ini menunjukkan semakin banyak N memasuki pori-pori zeolit yang sewaktu-waktu akan

dilepaskan lagi untuk diserap tanaman. Nitrogen diserap tanaman pada perlakuan NPK-petani dan NPK-uji tanah lebih rendah dibanding dengan kombinasi perlakuan NPK-uji tanah dan Zeolit pada takaran 125, 250, dan 500 kg/ha⁻¹. Semakin tinggi standar mutu zeolit yang dicirikan dengan kadar zeolit minimal 50%, serta semakin tinggi KTK zeolit yang diberikan, maka semakin banyak N yang dijerap sementara dalam zeolit sehingga kehilangan N melalui volatilisasi atau pencucian diperkecil dan efisiensi pemupukan urea meningkat.

Pemberian pembenah tanah zeolit berpengaruh terhadap bobot gabah kering giling (GKG) dengan hasil tertinggi (6,52 ton/ha⁻¹) pada pemberian 2000 kg zeolit (Tabel 6). Dengan semakin tinggi dosis zeolit, maka semakin banyak NH₄⁺ dari pupuk urea yang disimpan yang dalam ruang pori zeolit. Residu zeolit dalam tanah yang masih mengandung NH₄⁺ akan dilepaskan lagi pada musim tanam berikutnya. Residu zeolit dalam tanah masih bertahan dalam waktu yang cukup lama, sebab zeolit tidak mengalami *break down* sehingga jumlahnya masih tetap dalam tanah.

Tabel 6. Pengaruh zeolit terhadap bobot gabah padi varietas Ciherang pada tanah Grumusol di Ngawi, Jawa Timur.

No.	Perlakuan	Bobot gabah kering giling (ton/ha)
1.	NPK-petani*	5,07 e
2.	NPK-uji tanah**	5,54 d
3.	Zeolit 250 kg/ha + NPK-uji tanah**	5,90 bc
4.	Zeolit 500 kg/ha + NPK-uji tanah**	5,97 bc
5.	Zeolit 1000 kg/ha + NPK uji tanah**	6,14 b
6.	Zeolit 2000 kg/ha + NPK-uji tanah**	6,52 a

Keterangan: * NPK-petani petani = 600 kg urea/ha + 100 kg ZA + 100 kg SP-18; **. NPK-uji tanah = 312,5 kg NPK-Kujang (30% N : 6% P₂O₅ : 8% K₂O) + 100 kg urea/ha + 200 kg SP-18/ha

Sumber: Al Djabri (2010a)

Zeolit dapat diberikan langsung ke tanah sebagai pembenah tanah atau diformulasikan dengan pupuk sebagai *slow release fertilizer* (SRF) atau pupuk lepas lambat. Formulasi (F1) adalah campuran zeolit + urea + SP-36 + KCl + ZA + ZnSO₄ + CuSO₄ + Borax + kompos jerami.

Formulasi (F2) dan formulasi (F3) masing-masing adalah urea dilapisi arang aktif dan arang biasa. Sedangkan formulasi (F4) adalah urea dicampur zeolit + asam humat. Hasil GKG panen tertinggi dari ke empat formulasi N tersebut adalah pada takaran 200 kg urea/ha⁻¹. Nilai RAE tertinggi dicapai pada semua formulasi (F1, F2, F3, F4) pada tingkat pemberian 200 kg urea/ha⁻¹. Namun nilai RAE tertinggi sampai

terendah dalam urutan $F1 > F4 > F3 > F2$ masing-masing dengan nilai RAE $169,11 \% > 127,65 \% > 116,11 \% > 110,73\%$.

Salah satu cara meningkatkan efisiensi serapan hara nitrogen (N) adalah memformulasi mineral zeolit dengan pupuk Urea secara proporsional. Meskipun demikian tidak hanya unsur hara N dalam bentuk NH_4^+ yang dapat memasuki ruang pori dalam Zeolit, tetapi unsur lainnya juga dapat memasuki ruang pori selama ukuran ion-ionnya lebih kecil dari ukuran ruang pori zeolit. Ion NH_4^+ yang memasuki ruang pori zeolit akan dilepaskan kembali secara lambat dari ruang pori zeolit dan langsung diserap akar, sehingga ion NH_4^+ tidak hilang tercuci. Zeolit sebagai pembenah tanah dalam pembuatan formulasi akan lebih baik jika ditambah juga dengan pupuk organik dalam bentuk kompos jerami sebagai sumber hara kalium (K), sehingga pupuk KCl yang harganya mahal tidak harus diberikan lagi.

Hasil penelitian Hartatik *et al.* (2015b) menunjukkan bahwa Zeolit berpengaruh nyata meningkatkan P tersedia, tetapi zeolit tidak berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai. Perlakuan $\frac{3}{4}$ x dosis NPK (Urea $37,5 \text{ kg ha}^{-1}$, SP-36 75 kg ha^{-1} dan KCl $112,5 \text{ kg ha}^{-1}$) yang dikombinasikan dengan pupuk organik nyata meningkatkan P tersedia dan hasil kedelai sebesar $1,58 \text{ t ha}^{-1}$ terjadi peningkatan hasil kedelai sebesar 31% dibanding dosis NPK rekomendasi, serta meningkatkan serapan hara N, P dan K.

Pupuk Urea dan KCl yang diberikan ke tanah yang sebelumnya sudah diberi Zeolit, maka kation NH_4^+ -Urea dan kation K^+ -KCl dapat terperangkap sementara dalam pori-pori zeolit yang sewaktu-waktu dilepaskan secara perlahan-lahan untuk diserap tanaman. Zeolit mempunyai kerangka terbuka dengan jaringan pori-pori yang mempunyai permukaan bermuatan negatif dapat mencegah pencucian unsur hara NH_4^+ -Urea dan kation K^+ -KCl keluar dari daerah perakaran. Zeolit berperan untuk menahan sementara unsur hara di daerah perakaran, sehingga pupuk Urea dan KCl yang diberikan lebih efisien. Jika takaran pupuk yang diberikan sesuai anjuran maka residu pupuk berakhir lebih lama dengan peningkatan hasil yang lebih tinggi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa formula pupuk Urea + Zeolit yang disalut Kitosan sampai inkubasi minggu keempat memberikan kelarutan N-total lebih rendah dari Urea prill, demikian juga pada inkubasi minggu kesepuluh dan kedua belas. Hal ini menunjukkan bahwa formula pupuk Urea + Zeolit yang disalut Kitosan mampu melepas N secara lambat pada inkubasi 2, 4, 10, dan 12 minggu (Hartatik & Wibowo 2019). Penelitian dan pengembangan nanoteknologi adalah upaya memanipulasi secara terkendali dari struktur skala nano dan mengintegrasikannya ke dalam komponen material yang lebih besar. Sifat khas dari Zeolit sebagai mineral berstruktur tiga dimensi bermuatan negatif dan memiliki pori-pori yang terisi ion-ion K, Na, Ca, Mg dan molekul H_2O , sehingga memungkinkan terjadinya pertukaran ion dan pelepasan air secara bolak-balik (Al-Djabri 2010b).

Leusit Sebagai Sumber Hara Kalium

Ketersediaan bahan baku industri pupuk berupa gas bumi terbatas dan penyediaan pupuk KCl sepenuhnya diimpor, sehingga harga pupuk KCl mahal dan sering tidak tersedia di lokasi. Oleh karena itu pemanfaatan agromineral sumber hara K dari batuan kaya unsur K sangat strategis dalam upaya mengurangi ketergantungan impor pupuk K dalam mempertahankan swasembada pangan. Jika pupuk K langka maka menjadi ancaman pada penurunan produktivitas dan kualitas hasil tanaman. Antisipasi juga perlu dilakukan jika terjadi embargo pupuk dari luar sehingga kita harus mencari sumberdaya agromineral potensial yang kaya K dan banyak terdapat di Indonesia. Sumber kalium yang digunakan sebagai bahan baku pupuk K umumnya berasal dari mineral silvit (KCl) atau mineral garam kalium lainnya, karena mengandung kadar K_2O yang tinggi ($\pm 60\%$). Indonesia tidak mempunyai sumber garam kalium tersebut. Sumber kalium bisa juga didapatkan dari limbah pertanian jerami, sekam, tandan kosong kelapa sawit, namun kandungannya kalium jauh lebih rendah dari pupuk KCl dan memerlukan dosis yang tinggi untuk memenuhi kebutuhan tanaman.

Deposit leusit

Menurut Pusat Sumberdaya Mineral Batubara dan Panas Bumi (2016) agromineral Leusit sebagai cadangan mineral pembawa kalium banyak terdapat di Kabupaten Situbondo, Jawa Timur sebesar 117,5 juta ton (tereka) dan 12,5 juta m^3 (terukur). Disamping leusit, mineral pembawa kalium lainnya yaitu feldspar yang terdiri dari mineral anortit, bitonit, labradorit, oligoklas, andesin, ortoklas dan sanidin tersebar di Provinsi Aceh, Sumatera Utara, Sumatera Barat, Bengkulu, Lampung, Banten, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Nusa Tenggara Timur, Kalimantan Barat, Gorontalo, Sulawesi Tengah dan Sulawesi Selatan dengan jumlah sumber daya hipotetik yang cukup tinggi. Cadangan mineral leusit pada batuan basal terdapat di Kabupaten Pati tereka sebesar 533.950.000 ton dan berupa batuan tuf tereka sebesar 132.420.000 ton dengan kadar K_2O berkisar 1,92 -8,79%.

Masalah pada agromineral sumber K adalah kadar hara K_2O dalam batuan dan mineral rendah (0,1 – 10%). Kondisi ini memerlukan intervensi teknologi agar K dalam jumlah sedikit pada batuan dapat dilepaskan kedalam tanah dan dapat diserap tanaman. Teknologi dilakukan dengan cara tepung batuan mineral diaktivasi terlebih dulu agar kelarutan hara K meningkat (Wahyudi dan Wahyudi 2013). Penggunaan tepung batuan mengandung mineral kalium silikat secara langsung membutuhkan dosis yang tinggi sehingga menjadi tidak ekonomis dan ketidakseimbangan hara tanah. Dalam eksploitasi batuan basalt atau tuf yang mengandung mineral kalium silikat dimana batuan tersebut bersifat sangat keras

sehingga dibutuhkan peralatan grinding yang lebih kuat untuk menghancurkan batuan menjadi tepung batuan dan biaya transportasi dari lokasi ke sentra produksi tanaman cukup mahal. Teknologi optimalisasi peningkatan kelarutan K_2O baik secara fisik, kimia dan biologi yang murah dan ramah lingkungan dapat dilakukan untuk mempercepat ketersediaan hara K asal batuan.

Pemanfaatan leusit sebagai sumber hara K bagi tanaman

Hasil penelitian potensi dan pemanfaatan tepung batuan berbahan mineral Leusit dari Pati sebagai bahan alternatif pupuk K (Hartatik *et al.* 2015a) dengan teknologi alkali fusi (pemanasan dan penambahan basa) menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kelarutan K tersedia (ekstrak asam sitar 2%) dari mineral leusit. Pada inkubasi 1, 3, 6 dan 9 bulan menunjukkan kelarutan berturut-turut sebesar 12, 27, 49 dan 50%, sedangkan Felspar asal Jepara kelarutan berturut-turut sebesar 94,1; 95,9; 97,2 dan 98,5% dibandingkan kontrol. Perlakuan pemanasan dan pemberian senyawa humat serta pupuk kandang pada tepung batuan tidak nyata meningkatkan kadar K potensial dan K tersedia. Pada percobaan rumah kaca, aplikasi secara langsung batu mineral alami yang mengandung leusit dari Pati dengan dosis 750 dan 1000 $kg\ ha^{-1}$ nyata meningkatkan biomas jagung, serta aplikasi formula pupuk majemuk NPK dengan dosis 300 – 600 $kg\ ha^{-1}$ dan batu mineral alami yang mengandung leusit dari Situbondo dengan dosis 500-1000 $kg\ ha^{-1}$ nyata meningkatkan biomas jagung dan tidak berbeda nyata dengan NPK standar (Hartatik *et al.*, 2015a).

Pada percobaan lapang Hartatik *et al.* (2016), perlakuan pupuk NPK dengan dosis 300 $kg\ ha^{-1}$ dan batu mineral Leusit Pati dosis 1.000 $kg\ ha^{-1}$ nyata meningkatkan bobot biji pipilan kering jagung masing-masing sebesar 6,54 dan 6,45 tha^{-1} yang tidak berbeda nyata dengan NPK standar. Peningkatan dosis pupuk NPK sampai 450 $kg\ ha^{-1}$ dan batu mineral Leusit Pati 2000 $kg\ ha^{-1}$ menunjukkan penurunan bobot biji pipilan kering jagung. Bobot biji pipilan kering terendah sebesar 1,45 tha^{-1} pada perlakuan kontrol (Tabel 7). Berdasarkan data bobot biji pipilan kering jagung menunjukkan bahwa perlakuan pupuk NPK dengan dosis 300 $kg\ ha^{-1}$ dan batu mineral dosis 1000 $kg\ ha^{-1}$ nyata meningkatkan bobot biji pipilan kering jagung yang tidak berbeda nyata dengan NPK standar.

Tabel 7. Bobot biji pipilan kering dan brangkasan jagung pada uji efektivitas pupuk majemuk NPK dan batu mineral Leusit Pati pada Oxisols Bogor, MK 2016

No.	Perlakuan	Bobot biji pipilan kering jagung ton ha ⁻¹	RAE %
1.	Kontrol	1.45 c	-
2.	NP	5.61 ab	-
3.	NPK standar	7.01 a	100
4.	NPK 150*)	6.21 ab	85.52
5.	NPK 300	6.54 a	91.47
6.	NPK 450	6.00 ab	81.80
7.	NPK 600	5.02 b	64.14
8.	Batu mineral Leusit Pati 500	5.26 ab	68.47
9.	Batu mineral Leusit Pati 1000	6.45 ab	89.99
10.	Batu mineral Leusit Pati 2000	5.30 ab	69.30
11.	Batu mineral Leusit Pati 4000	5.26 ab	68.44
	CV	16,28	

*) Angka pada kolom yang sama, diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji DMRT

Sumber: Hartatik *et al.* (2016)

Perlakuan pupuk majemuk NPK dan aplikasi batu mineral Leusit Situbondo nyata meningkatkan bobot biji pipilan kering jagung. Perlakuan pupuk NPK dengan dosis 300 kg ha⁻¹ dan batu mineral dosis 2.000 kg ha⁻¹ masing-masing sebesar 7,01 dan 6,38 tha⁻¹ yang tidak berbeda nyata dengan NPK standar. Terjadi peningkatan bobot biji pipilan kering jagung sebesar 14% dan 6%. Peningkatan batu mineral dosis 4000 kg ha⁻¹ menunjukkan penurunan bobot biji pipilan kering jagung. Perlakuan pupuk NPK dengan dosis 150-300 kg ha⁻¹ dan batu mineral dosis 500 - 2000 kg ha⁻¹ nyata meningkatkan bobot biji pipilan kering jagung yang tidak berbeda nyata dengan NPK standar (Tabel 8).

Peningkatan kelarutan dari batuan dan mineral kalium silikat secara biologi ke depan menjadi prioritas karena mudah, murah dan ramah lingkungan, sehingga penemuan isolat mikroba penyedia K sangat diperlukan. Karena kadar K₂O relatif rendah maka diperlukan peningkatan nilai tambah sebagai bahan baku sumber K untuk pupuk majemuk NPK melalui penyusunan formula pupuk. Dalam penyusunan formula pupuk majemuk NPK diperlukan kerjasama dengan industri pupuk terutama dalam teknologi produksi pupuk majemuk NPK yang berbahan baku sumber K berasal dari deposit batuan dan mineral kalium silikat dan dihitung kelayakan ekonomi dan lingkungan.

Tabel 8. Bobot biji pipilan kering dan brangkasan jagung pada uji efektivitas pupuk majemuk NPK dan batu mineral Leusit Situbondo pada Oxisols Bogor, MK 2016

No.	Perlakuan	Bobot biji pipilan kering jagung ton ha ⁻¹	RAE %
1.	Kontrol	1,86 c	-
2.	NP	6,08 ab	-
3.	NPK standar	6,01 ab	100
4.	NPK 150	7,28 a	130,54
5.	NPK 300	7,01 a	124,11
6.	NPK 450	6,20 ab	104,48
7.	NPK 600	6,65 ab	115,34
8.	Batu mineral Leusit Situbondo 500	6,20 ab	104,69
9.	Batu mineral Leusit Situbondo 1000	6,21 ab	104,69
10.	Batu mineral Leusit Situbondo 2000	6,38 ab	108,98
11.	Batu mineral Leusit Situbondo 4000	4,48 b	63,15
CV		19,75	

*) Angka pada kolom yang sama, diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji DMRT

Pemanfaatan tepung batuan yang mengandung mineral kalium silikat sebagai pupuk yang digunakan langsung disarankan pada lokasi dekat potensi deposit/insitu untuk mengurangi biaya produksi dan transportasi serta memberdayakan industri kecil menengah dalam proses produksi. Pemanfaatan tepung batuan mineral K silikat baik digunakan secara langsung atau diformulasi dalam bentuk pupuk majemuk NPK diharapkan dapat mensubstitusi sebagian pupuk KCl, yang selanjutnya diharapkan dapat berdampak terhadap peningkatan produktivitas tanah dan tanaman, pendapatan petani dan pemerintah daerah.

Diseminasi dan penyuluhan tentang pemanfaatan batuan dan mineral kalium silikat dalam peningkatan produktivitas tanah dan tanaman perlu dilakukan bekerjasama dengan Dinas Pertanian dan Pemda. Pemanfaatan tepung batuan mengandung mineral pembawa K sebaiknya diutamakan untuk lokasi tempat deposit, agar lebih ekonomis dan tidak memerlukan biaya transportasi. Kondisi demikian diharapkan dapat berdampak pada pengembangan industri kecil-menengah dalam mendorong ekonomi daerah lokasi deposit.

Lahan kering masam membutuhkan agromineral untuk meningkatkan produktivitas tanah dan tanaman yaitu kapur atau dolomit yang diperlukan untuk meningkatkan pH tanah. Agromineral yang kedua adalah fosfat alam yang sangat potensial sebagai sumber hara P yang mempunyai nilai tambah mudah larut pada tanah masam. Kapur/dolomit dan fosfat alam merupakan agromineral yang diperlukan dalam peningkatan produktivitas tanah dan tanaman, mudah didapat dan mudah aplikasinya.

PENUTUP

Peningkatan produktivitas lahan kering masam memerlukan amelioran agromineral seperti kapur atau dolomit untuk meningkatkan pH dan menurunkan aktivitas aluminium dapat ditukar. Sedangkan fosfat alam merupakan sumber pupuk P yang mudah larut dalam kondisi masam sehingga pemupukan P menjadi lebih efisien. Agromineral Zeolite berfungsi untuk meningkatkan kemampuan tanah memegang hara dan efisiensi pemupukan pada lahan kering masam. Sedangkan agromineral sumber hara K yaitu Leusit mampu menyediakan hara K dan meningkatkan produksi tanaman. Pemanfaatan agromineral kapur/dolomit dan fosfat alam berpotensi untuk dikembangkan dalam meningkatkan produktivitas tanah dan tanaman pada lahan kering masam.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian atas dukungan penyusunan naskah ini. Terima kasih disampaikan kepada Bapak Bayu Sayekti, Badan Sumberdaya Geologi atas informasi dan tambahan literatur yang diberikan. Dalam naskah ini Wiwik Hartatik adalah sebagai kontributor utama, dan Markus Anda sebagai kontributor anggota.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Djabri, M. 2008. Kajian metode penetapan kapasitas tukar kation zeolite sebagai pembenah tanah untuk lahan pertanian terdegradasi. *Jurnal Standardisasi*, 10 (2): 56 – 63.
- Al-Djabri, M. 2010a. Penggunaan mineral zeolite sebagai pembenah tanah pertanian dalam hubungan dengan standarisasinya dan peningkatan produksi tanaman pangan. *Jurnal Zeolit Indonesia*, 9 (1): 1 -12.
- Al-Djabri, M. 2010b. Nano technology of zeolite mineral for slow release nitrogen of urea fertilizer on Vertisols paddy soil. *International Conference on Materials Science and Technology (ICMST)*. Materials Science and Technology. First edition, p: 205 – 210.

- Arryanto, Y., Suwardi, Husaini, Affandi, H., Amini, S., Al Jabri, M., dan Siagian, P., Setyorini, D., Rahman, A., dan Pujiastuti Y. 2012. Zeolit dan Masa Depan Bangsa. Ikatan Zeolit Indonesia.
- Hartatik, W. dan Septiyana. 2012. Ameliorasi dan pemupukan untuk peningkatan produktivitas kedelai di lahan suboptimal. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pemupukan dan Pemulihan Lahan Terdegradasi. Bogor 29-30 Juni 2012. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian.
- Hartatik, W., Anda, M., dan Setyawati, T. 2015a. Penelitian Potensi dan Pemanfaatan Bahan Mineral sebagai Bahan Alternatif Pupuk K. Laporan Akhir KKP3N. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Hartatik, W., Septiyana, dan Wibowo, H. 2015b. Pengaruh Zeolit dan Pemupukan terhadap sifat Kimia Tanah dan Hasil Kedelai pada Ultisols, Lampung. Prosiding Himpunan Gambut Indonesia.
- Hartatik, W., Anda, M., dan Setyawati T. 2016. Penelitian Potensi dan Pemanfaatan Bahan Mineral sebagai Bahan Alternatif Pupuk K. Laporan Akhir KKP3N. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Hartatik, W. dan Purwani, J. 2017. Peningkatan produktivitas kedelai (*Glycine max* L.) pada Typic Kanhapludults dengan aplikasi pembenah tanah dan pupuk NPK. Jurnal Tanah dan Iklim, 41(2): 123-134. Doi: <http://dx.doi.org/10.21082/jti.v41n2.2017.123-134>.
- Hidayat, A. dan Mulyani, A. 2005. Lahan kering untuk pertanian. Hlm. 1-34 *Dalam* Teknologi Pengelolaan Lahan Kering Menuju Pertanian Produktif dan Ramah Lingkungan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Badan Litbang Pertanian.
- Khasawneh, F.E. and Doll, E.C. 1978. The use of rock phosphate for direct application to soils. *Advance in Agronomy*, 30: 159-206.
- Mulyani, A., Sukarman, dan Hidayat, A. 2009. Prospek perluasan areal tanam kedelai di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 3(1): 27-38.
- Pusat Sumberdaya Mineral Batubara dan Panas Bumi. 2016. Prospeksi Batuan Pembawa Kalium Kabupaten Pati, Provinsi Jawa Tengah. Laporan Akhir. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Badan Geologi.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara. 2012. Pemrosesan Mineral untuk Bahan Pupuk Skala Pilot di Citatah: Pengolahan Mineral Pembawa Kalium (K-Silikat) sebagai Bahan Baku Pupuk. Laporan Akhir. Puslitbang Tekmira.
- Rajan, S.S.S., Watkinson, J.H., and Sinclair, A.G. 1996. Phosphate rock for direct application to soils. *Advance in Agronomy*, 57: 77-159.
- Rochayati, S., Sutriadi, M.T., and Kasno, A. 2009. Pemanfaatan Fosfat Alam untuk Lahan Kering Masam. *dalam* Fosfat Alam. Balai Penelitian Tanah, Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Litbang Pertanian.
- Sastiono, A. 2004. Pemanfaatan zeolit di bidang pertanian. *Jurnal Zeolit Indonesia*, 3(1): 36 – 41.

- Subagyo, H., Suharta, N., dan Siswanto, A.B. 2004. Tanah-tanah pertanian di Indonesia. Hlm. 21–66. *Dalam* A. Adimihardja, L.I. Amien, F. Agus, D. Djaenudin (*Eds.*). Sumberdaya Lahan Indonesia dan Pengelolaannya. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Sudiyarso, M. 1999. Fosfat Alam sebagai Bahan Baku dan Pupuk Fosfat. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Suwardi. 2007. Pemanfaatan zeolit untuk perbaikan sifat-sifat tanah dan peningkatan produksi pertanian. Seminar Pembenah Tanah Menghemat Pupuk Mendukung Peningkatan Produksi Beras. Departemen Pertanian, Jakarta 5 April 2007.
- Wahyudi, A., Wahyudi, T. 2013. A literature study of benefiting K-bearing silicate rocks as raw materials for potassium fertilizer. *Indonesian Mining Journal*, 16(12): 101 -110. Doi: <https://doi.org/10.30556/imj.Vol16.No2.2013.428>.

KARAKTERISTIK DAN PENGELOLAAN LAHAN SAWAH “ASAM-ASAMAN” DI JAWA TIMUR

Chendy Tafakresnanto, Moh. Saeri, dan Zainal Arifin

Provinsi Jawa Timur sampai saat ini masih mampu memberikan dukungan produksi beras sebesar 13,054 juta ton atau sebesar 17,4% terhadap produksi Nasional. Untuk penambahan produksi beras hanya bertumpu pada peningkatan produktivitas dan indeks pertanaman (IP) padi. Untuk menambah lahan baru hampir tidak memungkinkan. Justru pengurangan lahan sawah subur akibat konversi penggunaan lahan untuk non pertanian sebesar 900 ha per tahun (Biro Pusat Statistik 2007). Dalam upaya peningkatan IP harus dibarengi dengan penataan jaringan irigasi, sementara itu ketersediaan air tiap tahunnya semakin berkurang. Peluang yang masih memungkinkan adalah peningkatan produktivitas padi. Namun demikian, data dari Dinas Pertanian Provinsi Jawa Timur menunjukkan bahwa rata-rata produktivitas padi selama 5 tahun terakhir (2014-2018) tidak meningkat secara nyata, yaitu berturut-turut mencapai 59,11 ku/ha (2014), 59,29 ku/ha (2015), 54,89 ku/ha (2016), 61,75 ku/ha (2017), dan 59,15 ku/ha (2018). Dilain pihak, masih terjadi senjang hasil antar lokasi (kabupaten/kota/kecamatan) dan antar musim tanam (Dinas Pertanian Provinsi Jawa Timur 2015-2019).

Musim tanam di Provinsi Jawa Timur dibagi menjadi 3 (tiga), yaitu *sub-round* Januari-April (MH), *sub-round* Mei-Agustus (MK1), dan *sub-round* September-Desember (MK2). Produktivitas padi rata-rata (rata-rata dari 38 kabupaten/kota selama lima tahun 2014-2018) terendah terjadi MK1, yaitu 55,84 ku/ha. Sementara produktivitas padi pada MH sebesar 59,73 ku/ha, dan pada MK2 paling tinggi, sebesar 62,87 ku/ha atau sekitar 0,7 t/ha lebih tinggi daripada produktivitas padi pada MK1.

Kenyataan di lapangan menunjukkan bahwa penerapan teknologi budidaya oleh petani belum bersifat spesifik lokasi dan musim serta cenderung bersifat umum dan relatif sama di semua lokasi dan musim. Sementara itu, telah dipahami dan diyakini bahwa keragaan dan hasil padi merupakan hasil interaksi antara genetik, lingkungan, manajemen (Kan *et al.*, 2010; Sitaresmi *et al.*, 2016). Aspek lingkungan sangat terkait dengan musim dan aspek manajemen lebih terkait dengan pengelolaan tanaman secara tepat, efisien, dan sesuai kondisi lingkungan (spesifik lokasi). Penurunan produktivitas padi pada MK1 tidak terlepas dari aspek biofisik lahan (lingkungan). Dari kajian di lapangan menunjukkan bahwa lahan yang sulit dalam pengendalian air, cenderung produktivitas padi pada MK1 lebih rendah. Lahan tersebut sering disebut dengan lahan sawah “asam-asaman”. Kondisi ini tidak terlepas dari kejar tanam, olah tanah kurang sempurna, sisa jerami belum terdekomposisi sempurna, dan petani cenderung mempertahankan air di lahan.

Tulisan ini bertujuan untuk memberikan informasi kondisi biofisik lahan sawah "asam-asaman" serta cara pengelolaan lahan dan tanamannya secara tepat, efisien dan sesuai kondisi lingkungan agar dapat diperoleh produktivitas padi yang optimal.

KONDISI BIOFISIK LAHAN SAWAH JAWA TIMUR

Areal persawahan di Provinsi Jawa Timur terluas di Indonesia, yaitu sebesar 1.287.355 Ha yang tersebar di seluruh kabupaten/kota (ATR/BPN 2019). Kabupaten Lamongan, Bojonegoro, dan Jember mempunyai luas baku sawah sangat luas. Persawahan tersebut terdiri atas lahan sawah irigasi seluas 898.290 Ha (69,78%), sawah tadah hujan seluas 379.505 Ha (29,48%), sawah lebak seluas 1.807 Ha (0,14%), dan lahan sawah tambak seluas 7.752 Ha (0,60%). Sawah lebak dijumpai di Kabupaten Lamongan, sedangkan sawah tambak dijumpai di Kabupaten Lamongan, Gresik, Kota Surabaya, dan Sidoarjo.

Optimalisasi lahan sawah dan penggenjotan produksi padi dalam 5 tahun (2015-2019) melalui Program Upaya Khusus (Upsus) Pajale dapat meningkatkan IP padi di Provinsi Jawa Timur dari 1,8 menjadi 2,01. Hampir seluruh lahan sawah tertanam pada MH, sedangkan pada MK1 sekitar 66,84% lahan sawah yang tertanam, sedangkan pada MK2 hanya sekitar 28,15% lahan sawah tertanam. Dengan kondisi demikian, Provinsi Jawa Timur menghasilkan sekitar 13,85 juta ton GKG. Berdasarkan data dari Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Provinsi Jawa Timur (2018), produktivitas padi pada MK1 cenderung rendah dibandingkan dengan MH dan MK2. Kondisi tersebut diduga dipengaruhi oleh mikro relief, dimana lahan mempunyai drainase tanah sangat buruk.

Guo dan Lin (2018) mengemukakan bahwa pada skala waktu tertentu, curah hujan, landform dan relief mempengaruhi akumulasi air di permukaan dan infiltrasi yang secara langsung menentukan jumlah input air ke dalam tanah dan aliran permukaan (*runoff*). Di sisi lain, pada skala waktu yang lebih lama, landform dan relief mempengaruhi pedogenesis dan distribusi tanah secara spasial, memanifestasikan berbagai unit tanah dan landform dalam suatu lanskap (Lin *et al.* 2005). Dengan cara ini, landform dan relief secara tidak langsung mempengaruhi aliran permukaan dengan mempengaruhi karakteristik tanah. Dengan demikian, analisis landform dapat bermanfaat dalam menjelaskan variasi hasil tanaman di lapangan selama beberapa musim tanam (Reuter *et al.*, 2005).

Lahan sawah di Provinsi Jawa Timur menempati berbagai landform, kelerengan, dan terbentuk dari beberapa bahan induk (BBSDLP 2016). Lahan sawahnya tersebar di berbagai kelerengan, sehingga sawah berteras mencapai sekitar 536.773 Ha (41,70%) (Tabel 1). Lahan sawah umumnya menempati landform dataran aluvial yang berkembang dari bahan endapan aluvium (liat dan pasir) dan dataran vulkanik yang berkembang dari bahan vulkanik dengan kelerengan <3%.

Tabel 1. Rincian penyebaran lahan sawah di Jawa Timur

No.	Landform	Bahan Induk	Kelerengan (%)						Jumlah
			<3	3-8	8-15	15-25	25-40	>40	
			 Ha.....						
1	Dataran banjir	Endapan liat dan pasir	68.619						68.619
2	Dataran aluvial	Endapan liat dan pasir	269.266						269.266
3	Dataran koluvial	Endapan liat dan pasir	72.460	8.689	23.966				105.114
4	Dataran fluvio marin	Endapan liat	24.752						24.752
5	Dataran karst	Batugamping	32.553	29.515	15.560				77.628
6	Perbukitan karst	Batugamping			828	18.262	5.482	5.822	30.395
7	Dataran tektonik	Batuliat berkapur	71.184	69.300	53.679				194.163
8	Perbukitan tektonik	Batuliat berkapur				21.764	5.971	812	28.548
9	Lereng vulkan	Andesit basalt			57.035	44.296	21.986	2.099	125.416
10	Dataran vulkanik	Andesit basalt	211.749	125.920	4.239				341.908
11	Pebukitan vulkan	Andesit basalt				4.376	13.746	3.425	21.547
T o t a l			750.582	233.424	155.306	88.698	47.185	12.159	1.287.355

Sumber : Diolah dari BBSDLP (2016)

Berdasarkan peta tanah semi detail menunjukkan bahwa tanah sawah di Provinsi Jawa Timur umumnya terbentuk dari bahan aluvium yang diklasifikasikan ke dalam Typic Endoaquepts (Gleisol Eutrik) dan bahan vulkan yang diklasifikasikan ke dalam Typic Epiaquepts (Gleisol Eutrik) dan Oxyaquic Eutrudepts (Kambisol Eutrik) (BBSDLP 2016). Bahan pembentuk tanah tersebut sangat menentukan karakteristik tanah dan produktivitas padi. Lahan sawah yang terbentuk dari bahan aluvium mempunyai produktivitas padi rata-rata lebih tinggi dibandingkan dari bahan vulkan maupun sedimen (Atekan 2009). Rincian klasifikasi tanah sawah di Jawa Timur disajikan pada Tabel 2.

SEBARAN LAHAN SAWAH “ASAM-ASAMAN”

Istilah lahan “asam asaman” merupakan istilah yang digunakan untuk lahan yang mengalami gejala “asam-asaman” atau “ambles”. Tanaman padi menguning kemerahan diawali dari ujung menjalar ke pangkal daun, tak lama kemudian mengering dan pertumbuhan terhenti. Ketika tanaman dicabut akarnya tampak berwarna cokelat, seperti warna besi berkarat, mudah mengelupas dan sebagian membusuk. Gejala “asam-asaman” atau “ambles” tersebut sering terjadi pada lahan sawah yang sulit dalam mengendalikan air yang menyebabkan besi dalam kondisi reduksi, sehingga mengakibatkan terjadi penurunan hasil padi. Penurunan hasil padi sering dialami oleh petani di Jawa Timur.

Tabel 2. Klasifikasi tanah sawah di Jawa Timur berdasarkan klasifikasi Taksonomi Tanah (Soil Survey Staff, 2014 dan sistem klasifikasi Nasional (Subardja *et al.*, 2014)

Klasifikasi Soil Survey Staff, 2014				Klasifikasi Nasional, 2014
Ordo	Subordo	Grup	Subgrup	Macam Tanah
Entisols	Aquents	Fluvaquents	Typic Fluvaquents	Aluvial Gleik
		Endoaquents	Sodic Endoaquents	Aluvial Eutrik
Andisols	Aquands	Typic Epiaquands	Typic Epiaquands	Andosol Gleik
Inceptisols	Aquepts	Epiaquepts	Vertic Epiaquepts	Gleisol Vertik
			Typic Epiaquepts	Gleisol Eutrik
		Endoaquepts	Vertic Endoaquepts	Gleisol Vertik
			Fluvaquentic Endoaquepts	Gleisol Fluvik
			Aeric Endoaquepts	Gleisol Eutrik
			Typic Endoaquepts	Gleisol Eutrik
	Udepts	Eutrudepts	Oxyaquic Eutrudepts	Kambisol Eutrik
			Aquic Eutrudepts	Kambisol Gleik
Vertisols	Aquerts	Epiaquerts	Typic Epiaquerts	Gleisol Vertik
		Endoaquerts	Typic Endoaquerts	Gleisol Vertik

Sumber : Diolah dari BBSDLP (2016)

Beberapa hasil penelitian membuktikan bahwa, ada perbedaan produksi tanaman di antara unit-unit landform (Reuter *et al.*, 2005). Hal ini diduga, adanya keterkaitan antara atribut landform tersebut dengan kondisi lingkungan mikro yang berpengaruh langsung pada pertumbuhan tanaman. Kalau terkait dengan lahan “asam-asaman” kondisi mikro relief yang mempengaruhi, dimana air sulit untuk dikeluarkan dari lahan. Dengan kata lain, setiap unit landform mencerminkan hasil yang spesifik, berdasarkan kondisi tanah dan lingkungan tumbuh tanaman, serta sejarah manajemennya. Dampak dari kondisi tersebut dapat bervariasi dari tahun ke tahun (Reuter *et al.*, 2005).

Provinsi Jawa Timur dilintasi oleh 2 (dua) sungai besar, yaitu: S. Bengawan Solo dan S. Brantas. S. Bengawan Solo melintasi Kabupaten Ngawi, Bojonegoro, Lamongan, dan Gresik sepanjang $\pm$ 580 km dan S. Brantas melintasi Kabupaten Blitar, Tulungagung, Kediri, Nganjuk, Jombang, Mojokerto, dan Sidoarjo sepanjang 315 km. Kedua sungai tersebut dalam proses endapan material membentuk rawa belakang dan dataran banjir cukup luas. Rawa belakang dan dataran banjir tersebut merupakan areal persawahan potensial.

Dari hasil analisis landform dan kajian di lapangan 20 tahun terakhir menunjukkan bahwa keberadaan S. Bengawan Solo dan S. Brantas turut menyumbang lahan “asam-asaman”, terutama S. Bengawan Solo. Lahan sawah

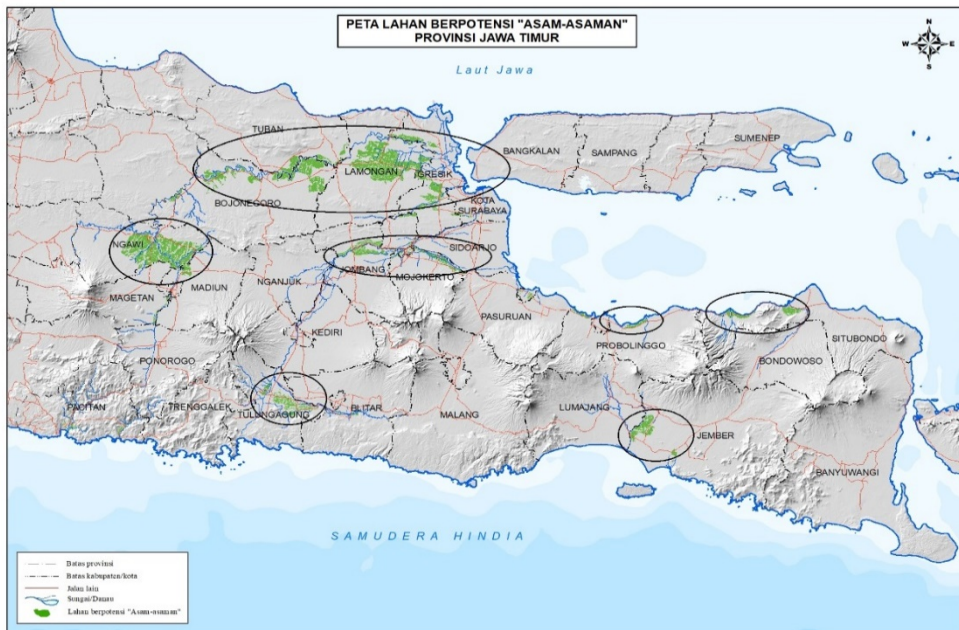
“asam-asaman” di Provinsi Jawa Timur mempunyai potensi penyebaran cukup luas, bahkan adanya jalan tol yang memotong persawahan juga berpotensi meningkatkan lahan sawah “asam-asaman”. Lahan sawah “asam-asaman” berpotensi dijumpai pada landform dataran banjir dan dataran aluvial. Apabila dicermati lebih rinci dan detail, dataran banjir tersebut berupa: rawa belakang, bekas tasik sungai, dan jalur sungai bermeander, sedangkan pada dataran aluvial terdapat pada lahan-lahan relatif cekung (lereng <1%), sehingga air susah keluar dari lahan. Rincian lahan sawah yang berpotensi menjadi lahan sawah “asam-asaman” di Provinsi Jawa Timur disajikan pada Tabel 3 dan penyebarannya disajikan pada Gambar 1.

Tabel 3. Rincian sebaran lahan sawah berpotensi lahan “asam-asaman” tahun 2016 di Provinsi Jawa Timur

No.	Kabupaten	Luas	
		Ha	%
1	Blitar	390	0,36
2	Bojonegoro	16.191	14,89
3	Gresik	9.057	8,33
4	Jembar	4.769	4,39
5	Jombang	4.982	4,58
6	Kota Mojokerto	448	0,41
7	Kota Pasuruan	468	0,43
8	Kota Surabaya	422	0,39
9	Lamongan	25.189	23,16
10	Madiun	1.436	1,32
11	Magetan	590	0,54
12	Mojokerto	3.822	3,51
13	Ngawi	24.193	22,24
14	Pacitan	1.582	1,45
15	Probolinggo	1.710	1,57
16	Situbondo	3.869	3,56
17	Tuban	4.370	4,02
18	Tulungagung	5.270	4,85
Total		108.758	100,00

Sumber : Diolah dari BBSDLP (2016)

Dari Tabel 3 menunjukkan bahwa lahan sawah berpotensi "asam-asaman" di Provinsi Jawa Timur seluas 108.558 ha atau 8,45 persen dari total luas lahan sawah Provinsi Jawa Timur. Kabupaten Lamongan, Ngawi, dan Bojonegoro merupakan kabupaten yang mempunyai penyebaran cukup luas, dimana kabupaten-kabupaten tersebut dilintasi Sungai Bengawan Solo.



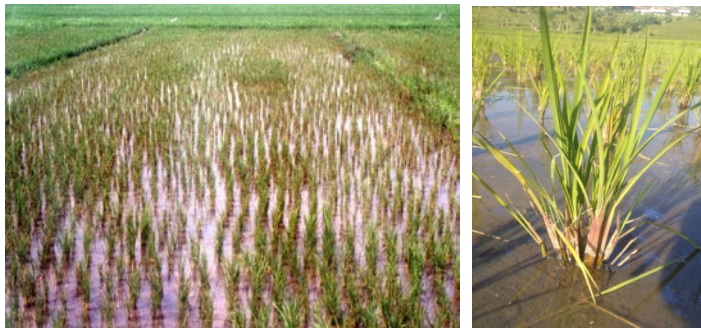
Gambar 1. Peta lahan sawah berpotensi "asam asaman"

TEKNOLOGI MENGATASI LAHAN "ASAM-ASAMAN"

Identifikasi Faktor Penyebab Lahan Sawah "Asam-Asaman"

Gejala "asam-asaman" pada tanaman padi hampir mirip dengan gejala hawar daun atau blast pada tingkat serangan tertentu, namun apabila diamati lebih detail terdapat perbedaan yang cukup jelas. Hawar daun disebabkan oleh bakteri *Xanthomonas oryzae*, sedangkan blast karena jamur *Pyricularia oryzae*. Gejala hawar daun diawali dengan munculnya bercak-bercak pada daun, makin lama semakin meluas dan menyebar sepanjang daun, tetapi akar tanaman tidak mengalami kerusakan. Sedangkan gejala "asam-asaman" diawali dengan klorosis pada helai daun dan akar mengalami kerusakan. Proses gejala "asam-asaman", awalnya hanya beberapa helai daun dalam satu rumpun yang menguning kemerahan, kemudian mengering, apabila berlanjut maka dalam beberapa hari hampir seluruh daun dalam satu rumpun mengering (Gambar 2). Gejala "asam

asaman ini biasanya terjadi pada MK1, saat padi mulai membentuk anakan atau padi berumur 10-20 hari setelah tanam (HST).

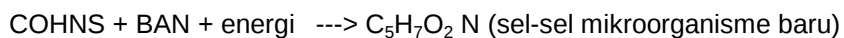


Gambar 2. Tanaman padi terkena gejala “asam asaman”

Kondisi yang memperparah terjadinya “asam-asaman” jika sisa-sisa jerami hasil panen belum/tidak terdekomposisi sempurna. Hal ini sering terjadi karena mengejar musim hujan, dimana lahan segera dilakukan olah tanah untuk tanam MK1. Dalam proses olah tanah tersebut sisa-sisa jerami masih segar masuk ke dalam tanah yang jenuh air dan oksigen sangat terbatas. Dalam kondisi demikian, sisa-sisa jerami tersebut dimanfaatkan dan diurai oleh mikroorganisme anaerobik atau fakultatif (BAN), dengan proses reaksi sebagai berikut :



atau



Kedua proses dekomposisi di atas menunjukkan bahwa aktifitas mikroorganisme di dalam tanah yang anaerob selain menghasilkan sel-sel mikroba baru juga menghasilkan senyawa-senyawa karbon dioksida (CO_2), amonia (NH_3), hidrogen sulfida (H_2S), dan metana (CH_4) serta senyawa lainnya, seperti amines. Produk-produk yang dihasilkan dari proses dekomposisi anaerobik berdampak negatif bagi tanaman padi, terutama H_2S dan CH_4 yang dapat meracuni tanaman dan akar tanaman yang paling dulu menerima akibatnya.

Dekomposisi oleh mikroorganisme anaerob akan mengganggu keseimbangan hara tanah, unsur-unsur hara esensial menjadi kurang tersedia bagi tanaman. Penambahan unsur hara N menggunakan Urea, justru semakin meningkatkan aktivitas mikroorganisme anaerob tersebut dan akan terjadi peningkatan koloni secara signifikan serta NH_3 akan meningkat. Koloni mikroorganisme yang menempel pada akar tanaman akan ikut mendegradasi akar-akar muda yang belum cukup kuat dan apabila diraba dengan jari tangan terasa licin dan warna akar seperti karat besi yang mudah mengelupas. Kerusakan

akar tanaman tersebut akan memutus suplai nutrisi ke bagian atas tanaman, seperti batang dan daun, sehingga menyebabkan batang dan daun menguning dan mati. Disamping itu, biomassa mikroorganisme yang langsung bersentuhan dengan akar akan ikut mendegradasi akar-akar muda tanaman.

Hasil kajian identifikasi dan karakterisasi lahan sawah yang mempunyai gejala "asam-asaman" menunjukkan warna matrik tanah kelabu kuat, kematangan tanah masih tergolong mentah (*unripe*) sampai dengan agak matang (*halfripe*), tidak/sedikit terdapat karatan (*mottles*), drainase tanah sangat terhambat, dan warna air di lahan seperti karat besi (Gambar 3). Hasil analisis contoh tanah lahan "asem aseman" sangat berbeda dibandingkan dengan lahan non "asam-asaman", terutama pada kandungan besi (Fe) tersedia (Tabel 4).

Air di lahan sawah "asam-asaman" umumnya sulit untuk dikeluarkan dari lahan, hal ini karena posisi lahan relatif cekung, lahan tergenang, dan tanah berlumpur cukup dalam (>30 cm). Dari Tabel 4 menunjukkan bahwa lahan sawah "asam-asaman" mempunyai reaksi tanah tergolong netral (pH 6,94), Kalium (K) tersedia tergolong rendah (20,69 ppm), Sulfur (S) tersedia tergolong rendah (4,36 ppm), besi (Fe) tersedia tergolong sangat tinggi (443,32 ppm).



Gambar 3. Kondisi air berkarat di lahan sawah "asam-asaman"

Tabel 4. Hasil analisis tanah lahan sawah berpotensi "asam asaman" dan tidak berpotensi "asam-asaman" di Jawa Timur tahun 2018

No.	pH	Status Hara Tanah								Lahan
		P ₂ O ₅		K ₂ O		Fe	Cu	Zn	S	
		Pot*	Ters	Pot	Ters					
		me/100g	ppm	me/100g	 ppm					
1	6,2 (AM)	64,55 (ST)	27,28 (T)	45,26 (ST)	33,55 (S)	188,88 (R)	0,04 (R)	1,64 (S)	101,76 (ST)	Non "asam asaman"
2	6,94 (N)	59,97 (ST)	23,82 (S)	58,17 (ST)	20,69 (R)	443,32 (ST)	0,07 (R)	1,9 (S)	4,36 (R)	"asam asaman"

Keterangan: Pot = potensial; Ters = tersedia; AM = agak masam; N = netral; ST = sangat tinggi; T = tinggi; S = sedang; R = rendah

Teknologi Mengatasi Lahan Sawah "Asam-Asaman"

Senjang hasil produktivitas padi umumnya masih terjadi cukup lebar, baik antar lokasi maupun antar musim. Upaya mengurangi atau mempersempit senjang hasil tersebut dapat dilakukan dengan penerapan teknologi yang sesuai kondisi lingkungan dan musim (teknologi spesifik lokasi dan musim). Penelitian senjang hasil antar lokasi dan musim (MH, MK1, dan MK2) telah dilakukan di Jawa Timur dan dihasilkan teknologi spesifik lokasi dan musim. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Sumarno dan Sutisna (2010) menunjukkan adanya kesesuaian varietas padi inbida yang diuji terhadap musim, ada yang sesuai untuk musim hujan, ada yang sesuai untuk musim kemarau dan ada yang sesuai untuk kedua musim tersebut, walaupun dengan tingkat hasil yang beragam.

Dari aspek pengelolaan hara, pendekatan pengelolaan hara spesifik lokasi untuk tanaman padi telah dikembangkan pada lahan sawah irigasi di Asia (Dobermann & Fairhurst, 2000). Pendekatan ini menekankan pada pemahaman potensi hasil dan senjang hasil sebagai dasar bagi perbaikan rekomendasi pengelolaan hara yang bersifat spesifik lokasi untuk musim tanam tertentu. Dobermann *et al.* (2004) mengatakan bahwa kebutuhan tanaman akan pemupukan NPK ditentukan dari selisih antara kebutuhan hara tanaman untuk mencapai target hasil realistis yang dapat dicapai dengan penyediaan hara asli dari dalam tanah dan air irigasi.

Hasil penelitian tahun 2015-2018 di Nganjuk dan Jombang pada lahan sawah "asam-asaman" menunjukkan bahwa pencelupan akar bibit padi ke dalam larutan ZnSO₄, penyemprotan tanaman dengan larutan ZnSO₄, pemilihan varietas padi, pembuatan saluran drainase/caren lebih banyak pada setiap petakan sawah mampu mengatasi gangguan pertumbuhan tanaman padi gejala "asam-asaman". Saluran drainase/caren untuk menghilangkan air dalam lahan memberikan

kontribusi cukup menonjol dalam perbaikan keragaan tanaman (Suyamto *et al.*, 2015; M. Saeri *et al.*, 2017; Saeri *et al.*, 2018). Tanaman padi yang dekat dengan saluran drainase tersebut tumbuh lebih baik, sehingga mampu meningkatkan hasil padi sebesar >21%.

Dari beberapa hasil penelitian dan kajian di lapangan dapat dibuat suatu arahan untuk mencegah terjadi gejala "asam-asaman" pada tanaman padi sebagai berikut:

1. Apabila jerami hasil panen dimasukkan dalam tanah maka perlu diberi biodekomposer yang dapat membantu mempercepat proses dekomposisi jerami pada kondisi aerob sampai mendekati C/N antara 12-15.
2. Pembuatan saluran drainase/caren diperbanyak di petak lahan, berupa saluran kemalir yang memotong petak.
3. Pencelupan akar bibit tanaman padi ke dalam larutan 2% ZnSO₄ (20 g/liter air).
4. Memilih varitas-varitas tanaman padi yang toleran, seperti varietas: Memberamo, Kali Mas, Sintanur, Inpari 43 dan Hibrida Mapan P05.

Untuk mengatasi gejala "asam-asaman" yang sudah terjadi di lahan sawah dapat dilakukan sebagai berikut:

1. Perbaiki drainase lahan, air segera dikeluarkan dari lahan, sehingga lahan tidak tergenang atau kondisi tanah macak-macak dipertahankan.
2. Pemberian ZnSO₄ sebanyak 15-20 kg per hektar atau 0,5% ZnSO₄ volume semprot 200 l/ha.
3. Jika sudah muncul tunas-tunas baru dan gejala "asam-asaman" telah berhenti/tidak bertambah dengan melihat kondisi akar yang sudah mulai tumbuh serabut akar baru berwarna putih maka pemupukan boleh diberikan.
4. Tidak diperbolehkan pemberian pupuk Nitrogen yang berasal dari Urea, sebaiknya menggunakan ZA dan pemberian pupuk P dan K sesuai anjuran.

PENUTUP

Gejala "asam-asaman" pada tanaman padi harus diwaspadai. Gejala ini umumnya terjadi pada MK1. Gejala "asam-asaman" ditandai dengan daun menguning kemerahan, akar tanaman berwarna seperti karat besi yang mudah mengelupas, dan pertumbuhan tanaman kerdil.

Lahan yang berpotensi "asam-asaman" terdapat pada landform dataran banjir dan dataran aluvial yang mempunyai drainase sangat terhambat.

Gejala "asam-asaman" dapat dicegah dengan pembuatan saluran drainase/caren pada petak lahan, pencelupan akar bibit tanaman padi ke dalam larutan ZnSO_4 , pemilihan varietas yang toleran, serta diyakini bahan organik (jerami) yang dimasukan dalam tanah benar-benar sudah terdekomposisi sempurna.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada teman peneliti BPTP Jawa Timur yang telah memberikan saran dan masukan serta teknisi BBSDLP, Afif Muzaki Ahsan yang telah membantu dalam pengelolaan data spasial. Terima kasih juga disampaikan kepada Tim Penyunting yang telah memberikan saran yang sangat baik serta Redaksi Pelaksana yang bekerja keras sehingga buku ini dapat terbit. Dalam naskah ini Chendy Tafakresnanto, Moh. Saeri, dan Zaenal Arifin adalah sebagai kontributor utama.

DAFTAR PUSTAKA

- Agraria dan Tata Ruang/Kepala Badan Pertanahan Nasional/ATR/BPN. 2019. Luas Baku Sawah. Kementerian ATR/BPN, Jakarta
- Atekan. 2009. Estimasi Luas Panen dan Produksi Padi Sawah melalui Analisis Citra Satelit Pada Lahan Sawah Berbeda Bahan Induk (Studi Kasus di Kabupaten Ngawi, Jawa Timur). Tesis, Sekolah Pasca Sarjana IPB. Bogor.
- Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian/BBSDLP. 2016. Peta Tanah Semi Detail Provinsi Jawa Timur, skala 1:50.000. Balitbangtan-BBSDLP, Bogor
- Biro Pusat Statistik. 2007. Statistik Indonesia. Badan Pusat Statistik, Jakarta.
- Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Provinsi Jawa Timur. 2018. Produksi Padi Menurut Kabupaten/Kota di Jawa Timur (Ton), 2007-2017. Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Provinsi Jawa Timur.
- Dobermann, A. and Fairhurst, T. 2000. Rice: Nutrient Disorders and Nutrient Management. IRRI. Makati City, The Philipines. 191 p.
- Dobermann, A., Witt, C., and Dawe, D. 2004. Increasing the Productivity of Intensive Rice Systems Through Side-Specific Nutrient Management. Science Publishers Inc. And International Rice Reserch Institute (IRRI).
- Guo, L. and Lin, H. 2018. Addressing Two Bottlenecks to Advance the Understanding of Preferential Flow in Soils. *Advances in Agronomy*, 147: 61-117.
- Kan, A., Kaya, M., Gurbuz, A., Sanli, A., Ozcan, K., and Ciftci, C.Y. 2010. A study on genotype x environment interaction in chickpea cultivars (*Cicer arietinum*

- L.) grown in arid and semi-arid conditions. *Scientific Research and Essays*, 5(10): 1164-1171. www.academicjournals.org/SRE.
- Lin, H., Wheeler, D., Bell, J., and Wilding, L. 2005. Assessment of Soil Spatial Variability at Multiple Scales. *Ecological Modelling*, 182(3-4): 271-290.
- Reuter, H.I., Giebel, A., and Wendroth O. 2005. Can landform stratification improve our understanding of crop yield variability. *Precision Agriculture*, 6(6): 521-537.
- Saeri, M., Suyamto, Suliyanto, dan Susanti, I. 2017. Pengembangan Teknologi Peningkatan Produktivitas dan Efisiensi Usahatani Padi pada MK-1. Laporan Akhir Kegiatan 2017. BPTP Jawa Timur.
- Saeri, M., Suyamto, Suliyanto, Kilmanun, J.C., dan Susanti, I. 2018. Pengembangan Rakitan Teknologi Pengurangan Senjang Hasil Padi Sawah Antar Musim Di Jawa Timur. Laporan Akhir Kegiatan 2018. BPTP Jawa Timur.
- Sitairesmi, Gunarsih, C., Nafisah, N., Nugraha, Y., Abdullah, B., Hanarida, I., Aswidinnoor, H., Muliarta, I.G.P., Daradjat, A. A., dan Suprihatno B. 2016. Interaksi Genotipe X Lingkungan Untuk Hasil Gabah Padi Sawah. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 35 (2): 89-97.
- Sumarno, and Sutisna, E. 2010. Identification of rice (*Oryza sativa* L.) varieties suitable for dry season and wet season planting. *Indonesian Journal of Agricultural Sciences*, 11(1): 24-31.
- Suyamto, Saeri, M., Kustiono, G., dan Suliyanto. 2015. Perakitan teknologi peningkatan produktivitas dan efisiensi padi MK1/gadu. Laporan Akhir Kegiatan 2015. BPTP Jawa Timur.

PERTANIAN KONSERVASI UNTUK LAHAN KERING IKLIM KERING

Umi Haryati

Lahan kering merupakan sumberdaya lahan yang potensial untuk dikembangkan sebagai lahan pertanian ditinjau dari segi luasan. Luas lahan kering di Indonesia mencapai 144.473.211 ha (Ritung *et al.*, 2015). Lahan kering adalah suatu hamparan lahan yang tidak pernah tergenang atau digenangi air pada sebagian besar waktu dalam setahun (Mulyani & Hidayat 2010; Mulyani *et al.*, 2014; Badan Litbang Pertanian 2014). Berdasarkan ketinggian dan curah hujan, lahan kering dapat dibedakan atas 4 agroekosistem, yaitu lahan kering dataran rendah iklim basah (LKDRIB), lahan kering dataran rendah iklim kering (LKDRIK), lahan kering dataran tinggi iklim basah (LKDTIB), dan lahan kering dataran tinggi iklim kering (LKDTIK) (Badan Litbang Pertanian 2014).

Dari luas lahan kering di Indonesia yang mencapai 144,47 juta ha, sekitar 99,65 juta ha (68,98%) merupakan lahan potensial untuk pertanian, sedangkan sisanya sekitar 44,82 juta ha tidak potensial untuk pertanian yang sebagian besar terdapat di kawasan hutan (Balitbang Pertanian 2015). Berdasarkan iklimnya, lahan kering tersebut dapat dikelompokkan lebih lanjut menjadi lahan kering beriklim basah seluas 133,7 juta ha dan lahan kering beriklim kering seluas 10,8 juta ha (Ritung *et al.* 2015). Dari 10,8 juta lahan kering beriklim kering, sekitar 5,2 juta ha (48,2%) berada di Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB) dan Nusa Tenggara Timur (NTT), sisanya menyebar di seluruh pulau di Indonesia terutama di wilayah timur (Mulyani & Mamat 2019).

Sebagian wilayah pertanian lahan kering di Indonesia yang merupakan lahan kering beriklim kering mempunyai keterbatasan sumberdaya air, kesuburan tanah dan kemiringan (lereng) untuk dipergunakan sebagai wilayah budidaya pertanian. Tantangan utama pemanfaatan lahan kering iklim kering untuk pertanian adalah terbatasnya ketersediaan sumberdaya air (Rachman 2018; Heryani & Rejekiningrum 2019) serta proses degradasi kualitas tanah yang cepat (Rachman 2018).

Lahan kering iklim kering tersebut mempunyai curah hujan < 2000 mm/tahun yang terjadi di dalam kurun waktu 3 sampai 5 bulan (Mulyani *et al.*, 2014). Sekitar 87-90% dari curah hujan pada musim hujan dari November sampai April, pada bulan yang lain (7-9 bulan) merupakan bulan yang sangat kering, dengan potensial supply air dari curah hujan hanya 10-13% dari total hujan setahun (Fahrudin *et al.*, 2017). Intensitas hujan yang tinggi pada musim hujan menunjukkan bahwa lahan kering pertanian berlereng sangat peka terhadap erosi, berbeda dengan kondisi yang terjadi pada musim kemarau yang panjang dimana

ketersediaan air sangat langka bahkan untuk kebutuhan rumah tangga (Rachman 2018). Tanpa irigasi suplemen maka lahan kering iklim kering (LKIK) tersebut tidak dapat dimanfaatkan secara optimal (Heryani & Rejekiningrum 2019).

Inovasi teknologi panca kelola LKIK mendukung swasembada pangan melalui paket teknologi meliputi: 1) pengelolaan air, 2) pemupukan berimbang, 3) pengelolaan bahan organik, ameliorasi dan konservasi tanah, 4) integrasi tanaman ternak, dan 5) penguatan kelembagaan tani (Balitbangtan 2018), diperlukan agar pemanfaatan LKIK untuk pertanian dapat optimal.

Pertanian konservasi (*conservation agriculture*) adalah salah satu alternatif praktek pertanian, khususnya di lahan kering yang dapat memperbaiki kualitas tanah pada lahan yang telah terdegradasi sehingga meningkatkan produktivitas tanaman, ketersediaan pangan, dan kualitas lingkungan (FAO 2015; Hobbs 2007; Kassam *et al.*, 2009; Derpsch *et al.*, 2010). Demikian juga hasil penelitian lain (Rachman 2018) telah membuktikan bahwa pertanian konservasi merupakan salah satu alternatif model praktek pertanian di lahan kering beriklim kering di Nusa Tenggara Timur yang dalam jangka panjang dapat memperbaiki kualitas tanah.

Model pertanian konservasi memadukan 3 komponen yaitu seminimal mungkin membongkar tanah melalui pengolahan tanah, pengembalian sisa tanaman ke lahan sebagai mulsa, dan rotasi tanaman baik secara spasial maupun temporal (FAO 2015). Pertanian konservasi yang dikenalkan oleh FAO dan telah diterapkan di banyak lokasi di NTB dan NTT dengan mengabungkan antara pemanfaatan bahan organik dan mulsa sisa tanaman, serta penutupan tanah (*cover crops*) oleh berbagai tanaman kacang-kacangan merambat, terbukti dapat meningkatkan produksi tanaman jagung dan menyimpan air, sehingga dapat meningkatkan indeks pertanaman menjadi IP-200 dan meningkatkan pendapatan petani (FAO 2018).

Makalah ini bertujuan untuk menganalisis potensi penerapan pertanian konservasi (*conservation agriculture*) di wilayah lahan kering beriklim kering.

KARAKTERISTIK WILAYAH LAHAN KERING IKLIM KERING

Penyebaran dan Karakteristik Tanah

Lahan kering beriklim kering (LKIK) terdiri dari LKIK dataran rendah dan dataran tinggi. Berdasarkan kondisi iklim, khususnya curah hujan, LKIK dataran rendah hanya $\pm 9,32$ juta ha (6,45%). LKIK dataran rendah terutama terdapat di Nusa Tenggara, serta sebagian kecil di Sulawesi bagian timur, Jawa bagian timur dan Papua bagian timur di sekitar Merauke. LKIK dataran tinggi hanya $\pm 1,43$ juta ha (0,99%), terdapat di Nusa Tenggara serta sebagian kecil Jawa Bagian Timur dan Sulawesi (Balitbang Pertanian 2015).

LKIK dataran rendah (< 700 m dpl) maupun LKIK dataran tinggi (> 700 m dpl) mempunyai karakteristik kimia dan fisika yang hampir sama kecuali ketinggian, ordo tanah dimana di dataran rendah ada Alfisols di dataran tinggi ada Andisols dan bahan organik yang di dataran rendah <1,5 % dan dataran tinggi > 1 % (Tabel 1). Sedangkan sifat yang lainnya yaitu sama-sama mempunyai curah hujan < 2000 m/tahun, regim kelembaban ustik, dengan solum yang tipis, fragmen kasar berbatu dan singkapan batuan, tekstur sedang sampai kasar berbatu. Sifat kimia tanah yaitu pH >5,5; kejenuhan Al < 10 %, kejenuhan basa (KB) > 50 % dan KTK >16 cmol⁺kg⁻¹ (Tabel 1).

Tabel 1. Karakteristik kimia, fisika, biologi dan lingkungan di lahan kering iklim kering

Karakteristik	LKIK Dataran Rendah	LKIK Dataran Tinggi
Elevasi (m dpl)	< 700	> 700
Curah hujan (mm)	< 2000	< 2000
Ordo Tanah:	Entisols, Inceptisols Alfisols, Mollisols, Vertisols	Entisols, Inceptisols Alfisols, Mollisols, Andisols
Regim kelembaban	Ustik	Ustik
Solum	Tipis	Tipis
Fragmen kasar	Berbatu, singkapan batuan	Berbatu, singkapan batuan
Tekstur	Sedang-kasar berbatu	Sedang-kasar berbatu
Kimia Tanah:		
pH	>5.5	>5.5
Bahan organik (%)	<1,5	>1.0
Kejenuhan Al (%)	<10	<10
Kejenuhan basa (%)	>50	>50
KTK (cmol ⁺ kg ⁻¹)	>16	>16
Penyebarannya	Jatim, Bali, NTB, NTT, Sulteng, Sultra, Kaltim	Jatim, Bali, NTB, NTT

Sumber: Badan Litbang Pertanian (2014)

Lahan kering beriklim kering mempunyai karakteristik tanah yang berbeda dengan lahan kering beriklim basah, terutama dari sifat biofisiknya di antaranya tanah bersolum dangkal dan sangat berbatu. Dari 5,2 juta hektar lahan kering iklim kering di kedua provinsi tersebut, lahan kering yang berbatu seluas 2,2 juta ha (42,3%) dengan bentuk wilayah datar sampai bergunung (lereng >40%). Meskipun demikian, ditinjau dari aspek kesuburan tanah dan kandungan haranya lebih baik dibandingkan di wilayah beriklim basah yang umumnya miskin hara dan bertanah masam (Mulyani & Mamat 2019). Keterbatasan air di wilayah beriklim kering menyebabkan proses pelapukan kimia berjalan lebih lambat sehingga proses pencucian lebih sedikit dan basa-basa lebih banyak tertinggal di lingkungan tanah (Subagyo *et al.*, 2000).

Pada umumnya, pelapukan dan hancuran batuan induk tanah di wilayah beriklim kering tidak seintensif di wilayah beriklim basah, sehingga pembentukan tanah terhambat dan solum tanah dangkal, berbatu dan banyak ditemukan singkapan batuan. Kondisi lahan seperti ini banyak dijumpai di NTT dan NTB. Bahan induk yang banyak ditemukan adalah batu kapur, batu gamping, sedimen dan vulkanik. Pencucian basa-basa rendah, sehingga umumnya kejenuhan basa >50% (*eutrik*), pH tanah netral dan cenderung agak alkalis (Mulyani *et al.*, 2013; Mulyani & Sarwani 2013).

Karakteristik Iklim

LKIK merupakan ekosistem yang tidak pernah tergenang atau digenangi air pada sebagian besar waktu dalam setahun atau sepanjang waktu, dan berada pada wilayah dengan total hujan < 2.000 mm tahun⁻¹, dan rata-rata bulan basah hanya 3-5 bulan (BBSDLP 2012; Badan Litbang Pertanian 2014; Mulyani *et al.*, 2014). Menurut klasifikasi Schmidt dan Ferguson, curah hujan di wilayah beriklim kering termasuk tipe D, E dan F, dan umumnya terdapat di wilayah NTB dan NTT. Curah hujan bersifat eratik yakni tercurah dengan jumlah yang sangat besar dalam waktu yang singkat, sehingga sebagian besar hujan hilang sebagai aliran permukaan. Distribusi curah hujan sepanjang tahun tidak merata, sehingga hanya dapat ditanami satu kali. Hasil pengamatan distribusi curah hujan bulanan rata-rata, tahun 2000-2010 di Desa Persiapan Puncak Jeringo, Kecamatan Suela, Kabupaten Lombok Timur, NTB Curah hujan tertinggi terjadi di bulan Januari sebesar 141,6 mm dan terendah terjadi di bulan Juli sebesar 5,6 mm (Heryani & Rejekiningrum 2019).

Tipe iklim kering dengan pola curah hujan II A, curah hujan 1.000-2.000 mm dengan jumlah bulan kering 5-8 bulan dan bulan basah <4 bulan, masing seluas 1,3 dan 2,3 juta ha, yang menyebar di seluruh kabupaten di NTB dan NTT. Bahkan ditemukan iklim kering dengan pola curah hujan I A, curah hujan <1.000 mm dengan jumlah bulan kering 7-10 bulan seluas 503.025 ha di NTB yang tersebar di Kabupaten Bima, Dompu dan Sumbawa (Pulau Sumbawa). Sedangkan di NTT seluas 644.780 ha tersebar di Kabupaten Manggarai, Ende, Sikka, Flores Timur, Lembata (Pulau Flores) dan Sumba Timur. Sedangkan dengan pola IC hanya terdapat di NTT yaitu terluas di Kabupaten Sumba Timur dan Manggarai (Mulyani & Mamat 2019).

PERTANIAN KONSERVASI (*CONSERVATION AGRICULTURE*)

Definisi

Sistem usahatani konservasi adalah usaha tani konservasi pada lahan pertanian merupakan suatu bentuk pengelolaan lahan pertanian yang mengintegrasikan teknik konservasi tanah dan air, baik mekanik maupun vegetatif dalam suatu pola sistem usaha tani tertentu (Sukmana *et al.*, 1990). Beberapa peneliti menyebutnya *conservation agriculture* (CA). Pada beberapa tahun terakhir,

CA telah dipromosikan untuk mengintensifkan sistem usahatani petani kecil di Sub-Saharan Africa (Benites & Ashburner 2003; FAO 2011).

CA merupakan sebuah pola tanam asli yang dikembangkan di Amerika dan Australia yang mengkombinasikan 3 prinsip kunci : i) kerusakan tanah minimum, misalnya tidak ada gangguan/perlakuan atau *inverse* tanah oleh cangkul atau bajak atau *minimum tillage*, ii) mempertahankan residu tanaman dari material tanaman yang hidup atau mati di atas permukaan tanah, iii) asosiasi dan rotasi tanaman untuk menurunkan dan mengatasi masalah hama dan penyakit tanaman di dalam sistem usahatani (FAO 2002; Kassam *et al.*, 2009; Erenstein *et al.*, 2012; Vanlauwe *et al.*, 2014). Sementara Vanlauwe *et al.* (2014) menambahkan bahwa seharusnya ada prinsip yang ke 4 yaitu pemupukan yang cukup untuk mendukung suksesnya implemenasi CA untuk petani kecil di Sub-Saharan Africa. CA merupakan sesuatu yang kompleks tetapi juga merupakan sistem pertanian yang cukup fleksibel yang dapat diadaptasikan secara luas dengan kondisi setempat (Waal 2007). CA bukan merupakan resep yang fix, keranjang rekomendasi atau *panacea* (obat mujarab atau obat segala macam penyakit), oleh karena itu perlu memperhitungkan kondisi dan masalah sosio-ekonomi petani (Thierfelder *et al.*, 2013).

Prinsip dasar pertanian konservasi ada 3 pilar, yaitu olah tanah terbatas, penutupan permukaan tanah, rotasi/tumpangsari. Olah tanah terbatas yang diterapkan adalah lubang permanen berukuran 40 x 40 x 40 cm, yang cocok diterapkan pada lahan berbatu dan tidak rata, sedangkan sistem alur lebih cocok diterapkan pada lahan kering yang datar dan kurang atau tidak berbatu. Lubang tanam tersebut diberi pupuk kandang atau kompos, dan ditanami jagung pada 4 penjuru lubang, dan ditumpangsarikan dengan berbagai kacang-kacangan atau tanaman merambat seperti labu kuning. Tanaman tumpangsari tersebut berfungsi sebagai tanaman penutup tanah yang dapat mengurangi evapotranspirasi dan menahan air di dalam tanah (Mulyani & Mamat 2019).

Termasuk ke dalam CA adalah pengolahan tanah konservasi. Pengolahan tanah/*tillage* dibagi dua yaitu pengolahan tanah konservasi dan pengolahan tanah konvensional (Koller 2003). Pengolahan tanah konservasi meliputi praktek pengolahan tanah, hampir tanpa gangguan tanah, yang bertujuan mempertahankan kelembaban tanah, menurunkan erosi dengan mempertahankan minimum 30 % dari permukaan tanah tertutupi oleh residu tanaman (Peigne *et al.*, 2007).

Pengaruh Pertanian Konservasi Terhadap Kualitas Tanah

Hasil penelitian Rachman (2018) di Desa Gunung Malang, Kabupaten Pringgabaya, Kabupaten Lombok Timur, Provinsi Nusa Tenggara Barat menunjukkan bahwa model pertanian konservasi (*conservation agriculture* = CA) berpengaruh nyata terhadap perbaikan *bulk density* (BD), kandungan bahan organik tanah dan P tersedia. Menanam jagung pada Model CA dengan lubang permanen (*permanen pit*) lebih baik dari pada model larikan/alur (*ripping*) dan praktek petani/konvensional setelah 4 tahun.

Tabel 2. Pengaruh pengolahan tanah konservasi terhadap bahan organik tanah, C-organik dan biomasa mikrobial tanah

Komponen Tanah	Perbandingan pengolahan tanah konservasi terhadap pengolahan tanah konvensional	Referensi
Bahan organik	Lebih banyak pada lapisan yang diolah Hampir sama dengan yang tidak diolah	Andrade <i>et al.</i> (2003) Kay & Vanden Bygaart (2002)
C-organik	Lebih banyak pada lapisan yang diolah Hampir sama dengan yang tidak diolah	Tebrugge & During (1999) and Andrade <i>et al.</i> (2003) Balesdent <i>et al.</i> (2000) and Deen & Kataki (2003)
Total karbon	Hampir sama antar lapisan permukaan Lebih banyak pada lapisan 0-5 cm tetapi hampir sama pada lapisan 5 – 20 cm yang tidak diolah	Anken <i>et al.</i> (2004) Six <i>et al.</i> (1999)
Biomasa mikrobial	Lebih banyak pada lapisan yang diolah Hampir sama pada lapisan yang tidak diolah Lebih aktif di lapisan 0-5 cm pada yang tidak diolah Tidak ada perbedaan totalnya pada lapisan 0-5 cm pada yang tidak diolah	Stockfisch <i>et al.</i> (1999) and Kay & VandenBygaart (2002) Aon <i>et al.</i> (2001) and Kay & VandenBygaart (2002) Alvarez & Alvarez (2000)
Keragaman mikrobial Organisme makro	Lebih banyak fungi dari pada bakteri pada residu tanaman di permukaan Lebih banyak spesies Anacid Lebih banyak spesies endogeic selama periode pendek Jika ada tapak bajak pada pengolahan tanah konservasi, spesies endogeic lebih sedikit Lebih banyak cacing dan nematoda Tergantung kedalaman dan intensitas pengolahan (tanpa olah > pengurangan pengolahan), waktu dan tipe tanah	Kladivko (2001) Rasmussen (1999) Chan (2001), Kladivko (2001) and Birkas <i>et al.</i> (2004) Chan (2001)

Sumber: (Peigne *et al.*, 2007)

Selain itu pengolahan tanah konservasi meningkatkan bahan organik permukaan tanah yang dapat meningkatkan stabilitas agregat yang selanjutnya menurunkan erosi (Franzluebbers 2002). Keuntungan lain dari aspek pengolahan konservasi adalah mempertahankan kelembaban tanah dan meningkatkan biodiversitas (Holland 2004).

Tabel 3. Pengaruh sistem pengolahan tanah konservasi terhadap kandungan N, P dan K

Komponen Tanah	Olah tanah konservasi <u>vs</u> olah tanah konvensional	Referensi
Total Nitrogen	Lebih banyak pada lapisan diolah dengan olah dangkal Hampir sama pada lapisan tanpa olah	Stockfisch <i>et al.</i> (1999)
N-organik	Lebih banyak pada lapisan diolah Hampir sama pada lapisan tanpa olah	Balesdent <i>et al.</i> (2000)
N yang dapat dimineralisasi	Lebih banyak pada lapisan diolah Hampir sama pada lapisan tanpa olah	Six <i>et al.</i> (1999) and Balesdent <i>et al.</i> (2000) Six <i>et al.</i> (1999)
N-termineralisasi	Lebih banyak pada lapisan diolah Hampir sama pada lapisan tanpa olah Lebih banyak pada lapisan diolah setelah 10 tahun Lebih sedikit di seluruh lapisan permukaan setelah 10 tahun Lebih banyak pada seluruh lapisan permukaan dalam jangka panjang Lebih sedikit pada seluruh lapisan permukaan dalam jangka pendek	Kandeler <i>et al.</i> (1998) and Young & Ritz (2000) Ahl <i>et al.</i> (1998) Andrade <i>et al.</i> (2003)
P-tersedia	Lebih banyak pada lapisan diolah Hampir sama pada lapisan tanpa olah	Rasmussen (1999)
K-tersedia	Lebih banyak pada lapisan diolah dengan olah dangkal Hampir sama pada lapisan tanpa olah	Rasmussen (1999)

Sumber: (Peigne *et al.*, 2007)

Pengolahan konservasi meningkatkan kualitas tanah dari segi kandungan bahan organik tanah, C-organik dan nitrogen/N, serta biomasa mikrobial tanah dibandingkan terhadap pengolahan konvensional (Tabel 2) serta memperbaiki dan meningkatkan kandungan N, P dan K (Tabel 3).

Tabel 4. Pengaruh sistem olah tanah konservasi terhadap beberapa sifat fisik tanah

Sifat Fisik Tanah	Olah tanah konservasi vs olah tanah konvensional	Referensi
Stabilitas agregat	Lebih stabil pada lapisan permukaan Lebih banyak perbedaan penurunan kandungan liat diantara sistem olah tanah	Ball <i>et al.</i> (1996), Arshad <i>et al.</i> (1999) and Stenberg <i>et al.</i> (2000) Tebrügge & Duering (1999)

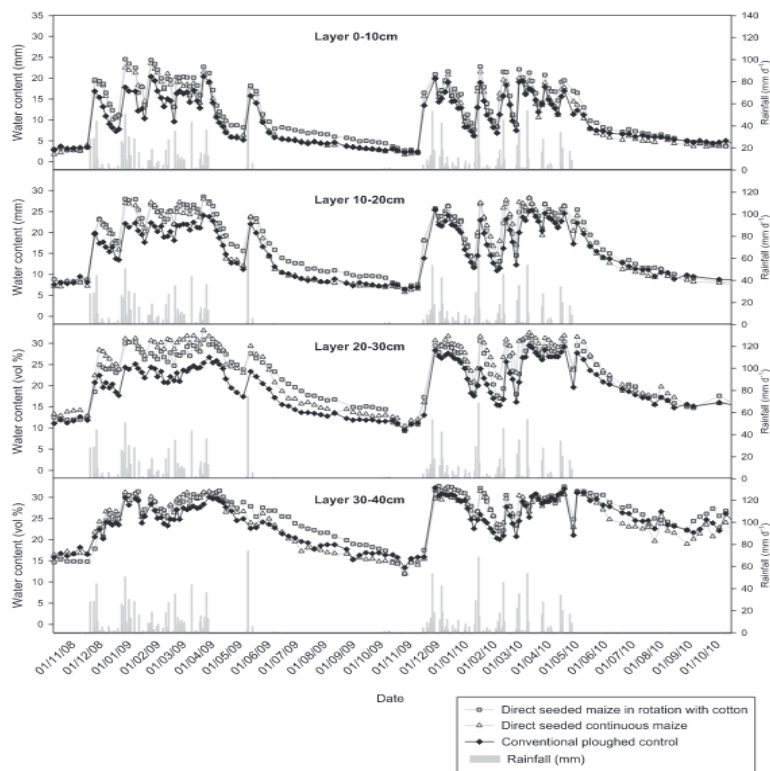
Sifat Fisik Tanah	Olah tanah konservasi vs olah tanah konvensional	Referensi
Porositas total	Lebih besar atau tidak berbeda pada lapisan 0-5 cm tanpa olah tanah Tidak ada perbedaan pada lapisan yang diolah dangkal Lebih sedikit pada lapisan tidak diolah pada seluruh lapisan permukaan (<i>top soil</i>)	Guerif (1994) and Rasmussen (1999) Ball & O'Sullivan (1987) and Kay & VandenBygaart (2002)
BD	Lebih besar atau tidak berbeda pada lapisan 0-5 cm tanpa olah tanah Lebih besar pada lapisan tidak diolah dan seluruh lapisan permukaan Tidak berbeda atau lebih tinggi pada subsoil	Tebrugge & During (1999) Arshad <i>et al.</i> (1999), Rasmussen (1999) and Deen & Kataki (2003) Tebrugge & During (1999)
Distribusi ukuran pori	Lebih banyak pori mikro dan meso pada olah tanah konservasi Lebih sedikit pori dengan diameter 30 – 100 um Lebih banyak biopori (diameter 100 - 500 um) Lebih sedikit bentuk pori irregular dan <i>elongated</i> >1000 um Lebih banyak konektivitas dari porositas biologi vertikal dalam jangka panjang	Guerif (1994) and Kay & VandenBygaart (2002) Chan (2001) Ball & O'Sullivan (1987) and Kay & VandenBygaart (2002) Chan (2001) and Anken <i>et al.</i> (2004)

Sumber: (Peigne *et al.*, 2007)

Selain berpengaruh terhadap kualitas kimia dan biologi tanah, olah tanah konservasi juga berpengaruh terhadap kualitas tanah dari segi sifat fisik tanah. Olah tanah konservasi dapat memperbaiki beberapa sifat fisik tanah diantaranya stabilitas agregat, porositas total, BD dan distribusi ukuran pori (Tabel 4).

Hasil penelitian Thierfeldera *et al.* (2013) selama 6 tahun di Zambia menunjukkan bahwa CA (tanam benih langsung/*direct seeding* dan tanam benih langsung, serta rotasi dengan kapas) dapat mempertahankan kelembaban tanah (Gambar 1), meningkatkan laju infiltrasi tanah 2-5 kali lipat dibandingkan dengan sistem pengolahan konvensional (kontrol) dari 7,8-33,6 menjadi 33,1-53,1 mm/jam; meningkatkan waktu penjenruhan (*time to pond*) dari 10,2 menjadi 11,6 detik dan dari 12,3 menjadi 14,9 detik serta mempertahankan kadar air tanah. Selain itu CA meningkatkan C-organik tanah 12% sementara sistem pengolahan konvensional menurunkan C-organik 15%.

Sumber: Thierfeldera et al. (2013)



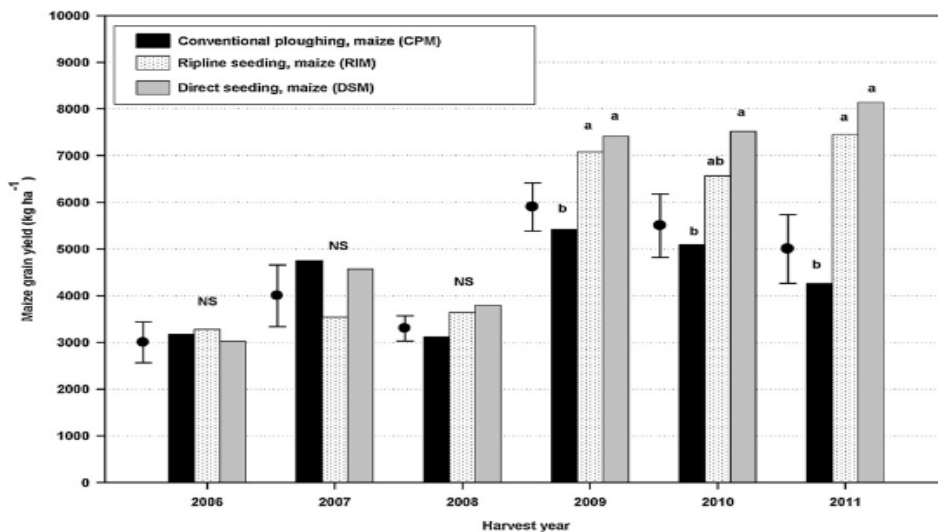
Gambar 1. Pengaruh pertanian konservasi (CA) terhadap kelembaban tanah di Zambia tahun 2013

Berdasarkan hasil analisis tanah sebelum implementasi pertanian konservasi (2014) dan sesudah pertanian konservasi (2018) menunjukkan bahwa pertanian konservasi dengan menerapkan tiga pilar tersebut diatas dapat meningkatkan kesuburan tanah dan retensi air (Mulyani *et al.*, 2018) dan meningkatkan produksi tanaman jagung (FAO 2018). Peningkatan kesuburan tanah di antaranya dicirikan oleh peningkatan kandungan bahan organik, N, pH, kejenuhan basa, kapasitas tukar kation, sedangkan kemampuan tanah mengikat air diindikasikan oleh air tersedia (pF 2,54 - pF 4,2).

Pengaruh Pertanian Konservasi Terhadap Produksi Jagung

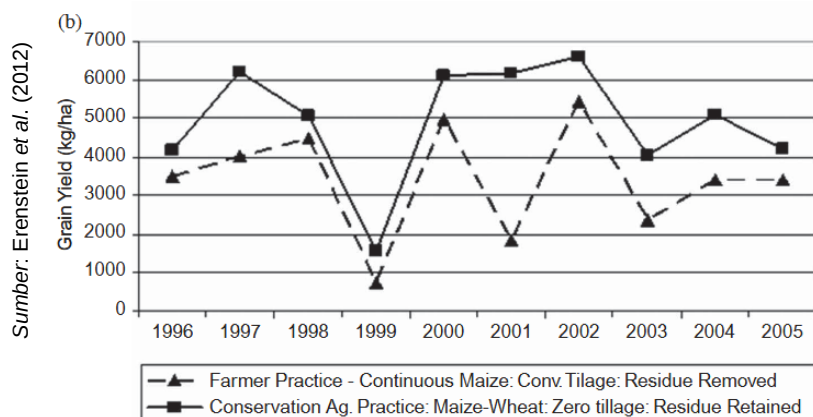
Di Mallende, Zambia, CA dengan cara tanam benih langsung dan pada jalur penarikan hewan meningkatkan produksi jagung rata-rata 75-91 % lebih tinggi dibandingkan terhadap pengolahan konvensional. Produksi jagung meningkat dari 4,0-5,5 ton/ha biji kering menjadi 6,5-8,0 ton/ha biji kering (Gambar 2) serta meningkatkan jumlah biomas (Thierfeldera *et al.*, 2013).

Sumber: Thierfeldera et al. (2013)



Gambar 2. Pengaruh CA terhadap produksi jagung selama 6 tahun di Mallende, Zambia

Hasil penelitian (Erenstein *et al.*, 2008 dan Sayre *et al.*, 2008 dalam Erenstein *et al.*, 2012) selama 10 tahun (dari tahun 1996 s/d 2005) di Mexico menunjukkan bahwa hasil jagung (4-7 t/ha biji kering) pada CA (tanpa olah tanah, residu tanaman) selalu lebih tinggi dan lebih stabil dibandingkan dengan cara petani (olah tanah konvensional, residu dikeluarkan) dengan hasil 3-5 t/ha biji kering meskipun dengan input yang optimum (Gambar 3).



Gambar 3. Pengaruh pertanian konservasi (CA) terhadap produksi jagung selama 10 tahun di Meksiko

Hasil penelitian Tim Sosek PK-FAO (2019) menunjukkan bahwa petani yang mempraktekkan CA mempunyai hasil jagung yang lebih tinggi dari pada petani non CA (Tabel 5). Pada MT I, hasil jagung berkisar hampir 4 t ha⁻¹ baik di Lombok maupun di Timor untuk petani CA, sedangkan non CA hasil jagung antara 2 s/d 3 t ha⁻¹. Dengan demikian, terdapat kenaikan produksi jagung 19,2 s/d 86,4 % pada MT I dan 47,6 s/d 81,7 % pada petani yang mempraktekkan CA. Dampak implementasi CA terhadap peningkatan produktivitas jagung dinyatakan oleh petani sekitar 44%, 80,5%, dan 88% masing-masing di Lombok, Sumba, dan Timor (Tim Sosek PK-FAO 2019).

Tabel 5. Hasil tanaman jagung (t ha⁻¹) petani pertanian konservasi (CA) dan non CA di Lombok, NTB dan Timor, NTT

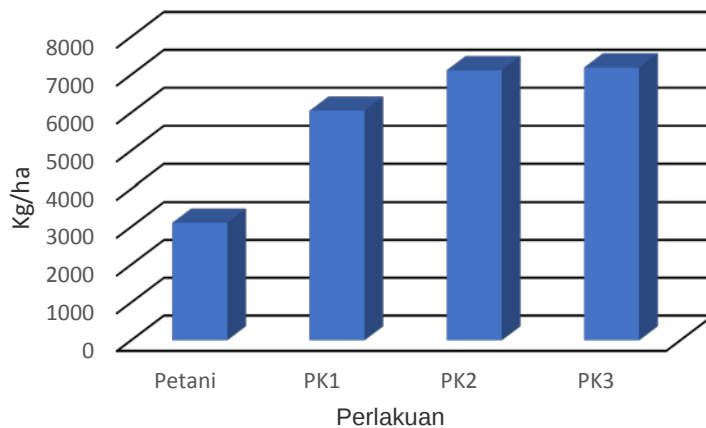
Musim Tanam	Lombok, NTB			Timor, NTT		
	CA	Non CA	Δ (%)	CA	Non CA	Δ (%)
MT-I	3,894	3,267	19,2	3,840	2,060	86,4
MT-II	4,138	2,803	47,6	2,580	1,420	81,7
Data base-line	3,274			0,901		

Sumber: Tim Sosek PK-FAO (2019), CA = *conservations agriculture*

Selanjutnya dilaporkan juga (Tim Sosek PK-FAO 2019) bahwa sebagian besar Petani CA di Sumba dan Timor menyatakan bahwa indeks pertanaman pada lahan kering juga meningkat, setidaknya mereka dapat menanam jagung dua kali setahun.

Hasil penelitian KP4S (Rachman *et al.*, 2018) menunjukkan bahwa hasil tanaman jagung di Lombok Timur dengan mempraktekkan pertanian konservasi (CA) dengan model lubang tanam permanen selalu lebih tinggi dari hasil jagung pada praktek petani (Gambar 5).

Sumber: Rachman et al. (2018)



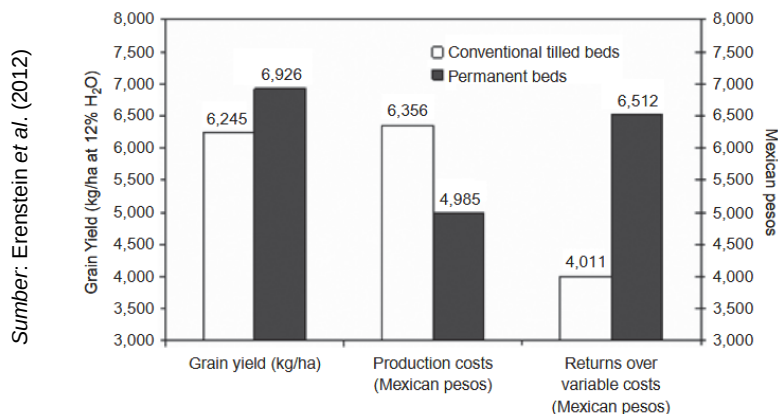
Keterangan: PK = pertanian konservasi, Petani = olah tanah sempurna, PK = lubang tanam permanen /olah tanah minimum.

Gambar 5. Pengaruh pertanian konservasi (PK) terhadap hasil jagung pada lahan kering iklim kering di Lombok Timur

Aspek Ekonomi Pertanian Konservasi

Hasil penelitian Ernstein *et al.* (2012) di Mexico memperlihatkan bahwa pertanian konservasi lebih menguntungkan dibandingkan dengan praktek konvensional petani. Pertanian konservasi memberikan nilai hasil dan pengembalian marginal (*return over variable cost*) yang lebih tinggi dengan biaya produksi yang lebih rendah dibandingkan praktek konvensional petani (Gambar 6).

Hasil survei sosek di Lombok, Sumba dan Timor menunjukkan bahwa pendapatan petani peserta pertanian konservasi lebih tinggi dari pada petani non CA; sekitar 36,5% di Lombok, 57% di Sumba, dan 77,1% di Timor. Kontribusi usahatani lahan kering terhadap total pendapatan mencapai sekitar 50%. Sebagian besar petani menyatakan pendapatan usahatani lahan keringnya meningkat setelah praktek CA yang dinyatakan oleh 96% Petani CA di Lombok, 80,5% di Sumba, dan 93,3% di Timor (Tim Sosek PK-FAO 2019).



Gambar 6. Pengaruh pertanian konservasi/CA terhadap parameter ekonomi

Adopsi Pertanian Konservasi

Penerapan CA oleh petani kecil di SSA tetap terbatas (Kassam *et al.*, 2009; Andersson And D'Souza 2013) dan sejumlah kendala penting untuk memperluas adopsi telah menjadi catatan penting. Kurangnya sumber bahan organik untuk memberikan penutupan permukaan tanah yang cukup dengan mulsa secara konsisten merupakan ranking diantara kendala teratas (Erenstein 2002; Giller *et al.* 2009), terutama di daerah dengan kebutuhan pakan ternak yang tinggi (Valbuena *et al.*, 2012). Pengolahan tanah minimal tanpa mulsa di permukaan tanah biasanya memberikan hasil tanaman yang rendah.

Sistem CA, terutama sistem olah tanah minimum dan tanpa olah tanah telah dikembangkan dan diadopsi dengan sukses terutama di Amerika Serikat, Negara-negara Amerika Latin, Eropa dan bagian tertentu dari Asia Selatan (contoh: lembah Indo-Gangetic) sebagai saran untuk memperbaiki konservasi tanah, mengurangi tenaga kerja dan kebutuhan energi dan dalam beberapa kasus meningkatkan level hasil (Derpsch 2001).

Pada tahun 2014, dilaporkan bahwa model ini telah diadopsi secara luas di Amerika Utara, Amerika Selatan dan Australia, terdapat sekitar 64 juta lahan pertanian di Amerika Selatan telah menerapkan pertanian konservasi (Kassam *et al.*, 2014).

Disamping adanya beberapa keuntungan/manfaat penerapan teknologi pertanian konservasi terhadap produktivitas tanaman terdapat pengaruh negatif dari sistem ini diantaranya adalah pertumbuhan gulma yang tidak terkendali, immobilisasi hara, terganggunya perkecambahan benih, potensi adanya hama ulat tanah dan penyakit, dan drainase buruk (Giller *et al.*, 2009). Namun hal tersebut bisa diatasi dengan cara mengendalikan gulma memakai pestisida, mengkomposkan

sisa tanaman sebelum dikembalikan kedalam tanah untuk mengatasi masalah imobilisasi hara (Rachman 2017). Selain efeknya terhadap peningkatan produktivitas yang membutuhkan waktu yang lama, kelemahan-kelemahan tersebut juga tentu akan berpengaruh terhadap adopsi sistem pertanian konservasi ini oleh petani. Hal ini karena petani harus mengeluarkan uang untuk membeli pestisida, menambah kegiatan baru bagi petani untuk mengumpulkan sisa tanaman, mengomposkan, lalu menyebarkan kompos yang sudah jadi ke lahan. Jika sejumlah kelemahan tersebut tidak tertangani dengan baik, maka akan menjadi kendala utama dalam meningkatkan adopsi model CA pada petani lahan kering berlahan sempit. Petani berlahan sempit umumnya kurang mempertimbangkan dampak positif yang bersifat jangka panjang dari suatu inovasi teknologi yang diperkenalkan dan lebih terpengaruh oleh manfaat jangka pendek dalam pengambilan keputusan (Rachman 2017).

Menurut hasil penelitian Tim Sosek PK-FAO (2019) petani mengadopsi sistem pertanian konservasi (CA) secara parsial. Petani yang mengadopsi teknik olah tanah minimum (50% - 100%); penutupan tanah (16% - 39%); dan rotasi tanaman (8% - 19,5%). Menurut petani pertanian konservasi (CA) adalah cara bertani lahan kering tanpa bakar, olah tanah minimum, memanfaatkan pupuk kandang, dan sisa-sisa tanaman untuk penutup tanah. Komponen CA yang dipandang baru oleh petani adalah sistem lubang tanam permanen (*permanent pit*), sistem alur (*ripping*), dan penggunaan mulsa untuk penutup tanah. Sebagian besar petani CA (68%) di Lombok menyatakan bahwa pengolahan tanah saat ini semakin mudah. Sekitar 64% Petani CA di Lombok, 71% di Sumba dan 88% di Timor menyatakan bahwa kesuburan tanahnya semakin membaik, sehingga penggunaan pupuk buatan berkurang.

STRATEGI IMPLEMENTASI PERTANIAN KONSERVASI DI LAHAN KERING IKLIM KERING

Analisis Agroekosistem

Tipe agroekosistem sangat menentukan jenis teknologi yang akan diimplementasikan atau diterapkan. Agar sistem/model pertanian konservasi/CA yang akan diimplementasikan dapat berkembang, maka sistem tersebut harus sesuai dengan kondisi agroekosistem setempat. Oleh karena itu diperlukan pendekatan agroekosistem dengan membagi wilayah ke dalam zona-zona agroekosistem. Setelah itu memilih model pertanian konservasi yang sesuai dengan zona tersebut.

Agar sistem/model pertanian konservasi (CA) yang akan diimplementasikan sesuai dengan kondisi agroekosistem setempat, maka setelah lokasi terpilih tahap berikutnya adalah pemahaman kondisi awal lokasi melalui analisis agroekosistem dengan cara *rapid rural appraisals/participatory rural appraisal* (RRA/PRA) dan studi base line. Anggota tim dalam RRA/PRA bersifat multidisiplin dan terpadu yang terdiri

dari peneliti, penyuluh, instansi terkait (Dinas pertanian, BPTP, Bappeda, aparat pemerintah daerah), teknisi dan petani.

Berdasarkan kondisi agroekosistem setempat, tim survey RRA/PRA memilih model pertanian konservasi alternatif berdasarkan zone/sub-zone agroekosistem yang ditemukan di lokasi. Pemilihan model pertanian konservasi dapat ditempuh dengan mempertimbangkan: a) *Indigenous knowledge*, b) Persepsi dan preferensi petani, c) Teknik pertanian konservasi tradisional, d) Penyesuaian pilihan dengan kondisi sosial-ekonomi, budaya serta status penguasaan lahan (Haryati 2008).

Pemilihan model pertanian konservasi yang akan diterapkan disesuaikan berdasarkan zona agroekosistem lahan kering iklim kering yang ada, dipilih bersama-sama dengan tim survey dan petani setempat yang akan menerapkan sistem pertanian konservasi tersebut. Sebagai contoh model CA dengan lubang permanen cocok diterapkan pada zona LKIK yang berbatu, sedangkan sistem alur (*ripping*) cocok diterapkan pada zona LKIK yang datar dan tidak berbatu (Mulyani & Mamat 2019).

Melibatkan petani sejak awal perencanaan merupakan salah satu kunci percepatan pengembangan teknologi yang akan diimplementasikan. Menurut Tim Sosek PK-FAO (2019) partisipasi petani dalam pengembangan pertanian konservasi/CA perlu terus ditingkatkan, terutama terkait dengan kearifan lokal dalam aspek konservasi tanah & air, dan pemilihan komoditas utama yang sesuai dengan zona agroekologi setempat.

Penempatan dan Pelatihan Sumberdaya Manusia (SDM)

Setelah pemilihan alternatif sistem pertanian konservasi yang akan diimplementasikan terpilih, tahap selanjutnya adalah penempatan sumberdaya manusia yang mempunyai keahlian untuk melatih petani dan petugas yang akan menangani penerapan pertanian konservasi di lokasi. Selanjutnya membangun model pertanian konservasi yang akan diterapkan pada demplot sebagai contoh untuk para petani lainnya. Demplot ditempatkan pada lahan petani yang kooperatif atau petani kooperator yang sudah ditentukan atau dipilih sebelumnya atau dapat juga ditempatkan pada lahan Ketua Kelompok Tani yang sudah ada atau sudah dibentuk sebelumnya.

Sebelum demplot dibuat diadakan pelatihan terhadap petani kooperator dan petugas yang akan ditempatkan untuk mendampingi para petani nantinya. Selain pelatihan tersebut dilaksanakan terhadap para petani, pejabat dan pengambil kebijakan di lokasi setempat juga disertakan sebagai peserta pelatihan agar nantinya dapat sebagai motivator dan pendukung para pelaku usahatani atau petani kooperator khususnya.

Pendampingan dan Penyuluhan

Model pertanian konservasi ini sangat bertolak belakang dengan kebiasaan petani, khususnya di negara berkembang, dimana pengolahan tanah menjadi tahapan yang wajib dilakukan pada setiap musim tanam (Rachman 2017). Oleh karena itu, perubahan pola pikir petani menjadi isu utama dalam memperkenalkan model pertanian konservasi. Pola pikir yang sebelumnya melakukan pengolahan tanah intensif setiap kali akan tanam dan membakar sisa tanaman agar lahan terlihat bersih berubah menjadi pengolahan tanah yang sangat terbatas dan sisa tanaman dijadikan sebagai mulsa. Petani perlu diyakinkan bahwa praktek pertanian yang selama ini dilakukan akan semakin menguruskan tanah yang akan berakibat pada semakin meningkatnya penggunaan pupuk kimia untuk mempertahankan produktivitas. Sebaliknya pertanian konservasi akan semakin menyuburkan tanah sehingga semakin meningkatkan keuntungan usahatani (Rachman 2017).

Pendekatan untuk merubah pola pikir tersebut dapat dilakukan melalui advokasi yang terus menerus dan pembangunan lahan percontohan (demplot) sebagai tempat pembelajaran (Rachman 2017). Dengan demikian diperlukan pendampingan dan penyuluhan di dalam implementasi pertanian konservasi di LKIK. Pendampingan dan penyuluhan ini juga merupakan salah satu alternatif solusi di dalam menghadapi kendala/masalah implementasi pertanian konservasi di LKIK. Pembinaan dan pendampingan petugas lapangan sangat diperlukan petani dan kelompoknya untuk mengembangkan pertanian konservasi setelah proyek berakhir (Tim Sosek PK-FAO 2019).

Kendala Implementasi Pertanian Konservasi dan Peluang Solusinya

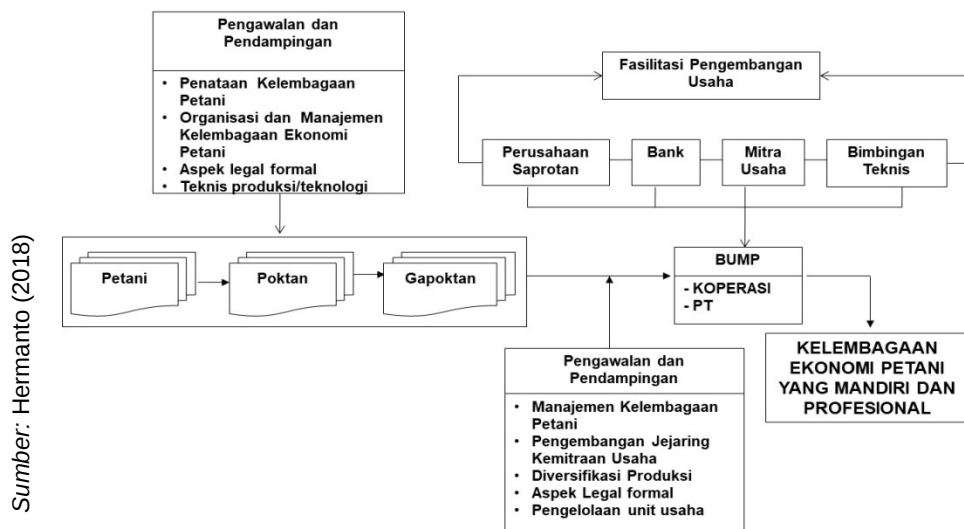
Pada umumnya petani berpendapat bahwa pertanian konservasi/CA itu hanya terkait dengan lubang tanam permanen (*permanen pit*) atau sistem alur (*ripping*) sehingga mereka merasakan beratnya mengimplementasikan pertanian konservasi pada lahan garapan yang lebih luas. Diperlukan kerja tenaga kerja sekitar 160 – 270 HOK ha⁻¹ dan 26 – 103 HOK ha⁻¹ untuk membuat tubang tanam permanen dan aplikasi ripping. Keterbatasan tenaga kerja merupakan kendala implementasi pertanian konservasi, hal ini dinyatakan oleh 80% petani di Lombok, 55% di Sumba, dan 54% di Timor (Tim Sosek PK-FAO 2019).

Selanjutnya Tim Sosek PK-FAO (2019) melaporkan bahwa kendala lain yang dihadapi petani dalam menerapkan pertanian konservasi adalah : (a) kekurangan peralatan untuk membuat lubang tanam permanen dan/atau kondisi lahan yang tidak/kurang sesuai (dilaporkan oleh petani Sumba dan Timor yang lahannya berbatu/ tanah dangkal, atau lahan yang sering terkena banjir/luapan air sungai/Naimana), (b) kekurangan Pukan, (c) Mukuna sebagai *legume cover crop* (LCC) masih belum cocok dengan budaya petani setempat, (d) rotasi tanaman pada wilayah dengan curah hujan terbatas/durasi pendek sulit diaplikasikan, (e) pilihan tanaman legume terbatas dan juga budaya petani yang memprioritaskan tanaman non-legume pada lahan garapannya. Namun ada indikasi kuat bahwa petani akan terus menerapkan prinsip-prinsip pertanian konservasi setelah proyek PK-FAO berakhir.

Penguatan Kelembagaan

Faktor-faktor yang harus diperhatikan untuk mewujudkan kelembagaan ekonomi petani yang mandiri dan profesional adalah seperti tergambar dalam Gambar 7 :

- Pengawasan dan pendampingan dalam hal : penataan kelembagaan petani, organisasi dan manajemen kelembagaan ekonomi petani, aspek legal formal dan teknis produksi teknologi;
- Fasilitasi pengembangan usaha yang meliputi : perusahaan saprotan, bank, mitra usaha dan bimbingan teknis;
- Pengawasan dan pendampingan dalam hal : manajemen kelembagaan petani, pengembangan jejaring kemitraan usaha, diversifikasi produksi, aspek legal formal, pengelolaan unit usaha.



Gambar 7. Penguatan kelembagaan petani kedepan dalam rangka pengembangan usaha tani lahan kering berbasis pertanian konservasi

Dukungan Kebijakan

Secara umum kebijakan pemerintah mengenai pembangunan pedesaan (termasuk pengembangan sistem pertanian konservasi /CA di pedesaan) didukung oleh UU No 6 tahun 2014 Pasal 78 yang menyebutkan bahwa: Pembangunan Desa bertujuan meningkatkan kesejahteraan masyarakat desa dan kualitas hidup manusia serta penanggulangan kemiskinan melalui pemenuhan kebutuhan dasar, pembangunan sarana dan prasarana desa, pengembangan potensi ekonomi lokal, serta pemanfaatan sumber daya alam dan lingkungan secara berkelanjutan. Pasal 80, dua dari lima prioritas pembangunan desa adalah: pengembangan ekonomi pertanian berskala produktif serta pengembangan dan pemanfaatan teknologi tepat guna untuk kemajuan ekonomi.

Selain aspek teknis, untuk keberhasilan dan keberlanjutan pengelolaan LKIK diperlukan sinergi program antara pemerintah pusat dan daerah. Selain itu peran serta pemerintah pusat dan daerah juga sangat penting dalam pendampingan dan pembinaan kelembagaan secara intensif agar pelaksanaan panca kelola lahan di LKIK berjalan secara berkesinambungan (Heryani & Rejekiingrum 2019).

Dukungan pemerintah dalam bentuk pelatihan, advokasi dan bantuan sarana produksi diperlukan untuk mempercepat adopsi model pertanian konservasi di tingkat petani. Selain itu pemerintah perlu mendukung dengan menyediakan subsidi pada tahun pertama dan kedua dari implementasi model pertanian konservasi (Rachman 2017).

PENUTUP

Keterbatasan sumberdaya air di wilayah lahan kering iklim kering (LKIK) merupakan salah satu kendala untuk pengembangan pertanian di wilayah ini. Dengan demikian, pengelolaan air menjadi titik ungit peningkatan produksi tanaman di wilayah ini. Oleh karena itu diperlukan teknologi yang dapat mempertahankan kelembaban tanah untuk mendukung pertumbuhan tanaman.

Pertanian konservasi dapat meningkatkan kualitas tanah berupa kesuburan tanah diantaranya sifat kimia tanah (kandungan C-organik, N-total, P dan K tersedia), sifat fisika tanah (BD, porositas, agregat, retensi air), sifat biologi tanah, produktivitas tanaman, mengurangi risiko kejadian iklim ekstrim dan meningkatkan pendapatan petani.

Analisis agroekosistem dan melibatkan petani sejak awal perencanaan, penempatan dan pelatihan sumberdaya manusia, pendampingan dan penyuluhan, alternatif solusi kendala implementasi, penguatan kelembagaan, dan dukungan kebijakan pemerintah merupakan kunci suksesnya strategi implementasi pertanian konservasi di lahan kering iklim kering.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian atas dukungan untuk penyusunan makalah ini. Terima kasih disampaikan kepada Kepala Balai Tanah yang telah memberikan motivasi dan semangatnya, teman-teman peneliti yang telah membantu mengumpulkan dan memberikan informasi dan tambahan referensi. Dalam naskah ini Umi Haryati adalah sebagai kontributor utama.

DAFTAR PUSTAKA

- Andersson, J.A. and D'Souza, S. 2013. From adoption claims to understanding farmers and contexts: a literature review of Conservation Agriculture (CA) adoption among smallholder farmers in southern Africa. *Agric. Ecosyst. Environ.*
- BBSDLP. 2012. Lahan Sub Optimal: Potensi, Peluang, dan Permasalahan Pemanfaatannya untuk Mendukung Program Ketahanan Pangan. Disampaikan dalam Seminar Lahan Sub Optimal, Palembang. Maret 2012. Kementerian Ristek dan Teknologi.
- Badan Litbang Pertanian. 2014. Road Map Penelitian dan Pengembangan Lahan Kering. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Derpsch, R. 2001. Conservation tillage, no-tillage and related technologies. *In: Garcia-Torres L, Benites J, Martinez-Vilela A. (Eds.): 1st World Congress on Conservation Agriculture, vol. 1: Keynote Contributions. FAO, Rome, Italy, pp. 161–170.*
- Derpsch, R., Friedrich, T., Kassam, A., and Li H. 2010. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 3(1): 1–25.
- Erenstein, O. 2002. Crop residue mulching in tropical and semi-tropical countries: an evaluation of residue availability and other technological implications. *Soil Till. Res.* 67, 115–133. Elsevier.
- Erenstein, O., Sayre, K., Wall, P., Hellin, J., and Dixon, J. 2012. Conservation agriculture in maize-and wheat-based systems in the (sub) tropics: Lessons from Adaptation Initiatives in South Asia, Mexico, and Southern Africa. *Journal of Sustainable Agriculture*, 36:180–206, 2012. DOI: 10.1080/10440046.2011.620230
- FAO. 2002. Conservation Agriculture: Case Studies in Latin America and Africa. FAO Soils Bulletin, FAO, Rome.

- FAO. 2011. Save & Grow. A Policymakers Guide to the Sustainable Intensification of Smallholder Crop Production. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, pp.116.
- FAO. 2015. Conservation Agriculture. <http://www.fao.org/ag/ca/1a.html>
- FAO. 2018. Promoting Conservation Agriculture for Productivity, Production, and Climate Resilience in Indonesia. Presentation on Project Final Workshop, Kupang 7-9 February 2019.
- Fahrudin, M.H., Idrin, and Mahrup. 2017. Study of water management on rainfed land in downstream Renggung watershed. *Meteorol Hydro. Water Manage*, 5(1):29-35.
- Franzluebbers, A.J. 2002. Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. *Soil & Tillage Research*, 66: 95–106.
- Giller, K.E., Witter, E., Corbeels, M., and Tittonell, P. 2009. Conservation agriculture and smallholder farming in Africa: The heretics' view. *Field Crops Research*, 111: 23-34.
- Haryati, U. 2008. Strategi implementasi sistem usahatani konservasi di lahan kering daerah aliran sungai bagian hulu. *Konservasi Tanah dan Air Sebagai Solusi dalam Menghadapi Perubahan Iklim Dalam* Murti Laksono, K., Agus, F., Tarigan, S.D., Dariah, A., Nurida, N. L., Santoso, H., Sinukaban, N., dan Gintings A N. (Eds.): Prosiding Seminar dan Kongres Nasional MKTI VI, Cisarua, Bogor 17 - 18 Desember 2007. Masyarakat Konservasi Tanah dan Air Indonesia (MKTI). Jakarta. Hlm : 15 - 37.
- Heryani, N. dan Rejeki Ningrum, P. 2019. Pengembangan pertanian lahan kering iklim kering melalui implementasi panca kelola lahan. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 13 (2): 63-71.
- Holland, J.M. 2004. The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 103: 1–25.
- Hobbs, P.R. 2007. Conservation agriculture: What is it and why is it important for future sustainable food production?. *J.of Agricultural Science*, 145(2): 127.
- Kassam, A., Friedrich, T., Shaxson, F., and Pretty J. 2009. The spread of conservation agriculture: justification, sustainability and uptake. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 7: 292–320.
- Kassam, A., Friedrich, T., Derpsch, R., and Kienzle, J. 2014. Worldwide adoption of conservation agriculture. 6th World Congress of Conservation Agriculture, 22-27 June, 2014. Winnipeg, Canada.
- Koller, K. 2003. Techniques of soil tillage. In: *Soil tillage in agroeco-systems* (ed. A. El Titi), pp. 1–25. CRC Press, Boca Raton, FL
- Mulyani, A. dan Hidayat, A. 2009. Peningkatan kapasitas produksi tanaman pada lahan kering. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 3 (2): 73-84.

- Mulyani, A. dan Sarwani M. 2013. Karakteristik dan potensi lahan sub optimal untuk pengembangan pertanian di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan* 7(1):47-55.
- Mulyani, A., Sukarman, Mamat-H.S., Las, I., dan Agus, F. 2014. Sistem Kebijakan Strategi Pemanfaatan dan Pengelolaan Sumberdaya Lahan untuk Mendukung Pembangunan Pertanian. Laporan Akhir No. 2/LT/BBSDLP/2014. Balai Besar litbang Sumberdaya Pertanian, Bogor.
- Mulyani, A., Nursyamsi, D. dan Las, I. 2014. Percepatan pengembangan pertanian lahan kering iklim kering di Nusa Tenggara. *Pengembangan Inovasi Pertanian* 7 (4):187-198.
- Mulyani, A., Suratman, Subandiono, R.E. dan Irawan. 2018. Laporan Akhir Survei Bio-Fisika Tanah dan Sosial Ekonomi Pasca Proyek FAO. Kerjasama Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian dengan FAO, Jakarta.
- Mulyani, A dan Mamat-H.S. 2019. Pengelolaan lahan kering beriklim kering untuk pengembangan jagung di Nusa Tenggara. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 13 (1): 41-52.
- Rachman, A. 2017. Peluang dan tantangan implementasi model pertanian konservasi di lahan kering. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 11(2) : 77- 90.
- Rachman, A. 2018. Changes in soil quality under conservation agriculture practices in West Nusa Tenggara, Indonesia. *Jurnal Tanah dan Iklim* 42 (1) : 27 – 36.
- Ritung, S., Suryani, E., Subardja, D., Sukarman, Nugroho, K., Suparto, Hikmatullah, Mulyani, A., Tafakresnanto, C., Sulaeman, Y., Subandiono, R.E., Wahyunto, Ponidi, Prasajo, N., Suryana, U., Hidayat, H., Priyono, A., dan Supriatna, W. 2015. Husen *et al.* (Eds.): *Sumberdaya Lahan Pertanian Indonesia: Luas, Penyebaran, dan Potensi Ketersediaan*. Badan Penelitian dan Pengembangan Penelitian. Jakarta, IAARD Press. 98 Hlm.
- Sukmana, S., Syam, M., dan Adimihardja, A. 1990. Petunjuk Teknis Usahatani Konservasi Daerah Aliran Sungai. Proyek Penelitian Penyelamatan Hutan Tanah dan Air (P3HTA). Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian. 84 p.
- Subagyo, H., Suharta, N., Siswanto, A.B. 2000. Tanah Tanah Pertanian Di Indonesia. Halaman 21-66. *Dalam* Adimihardja, A., Amien, I., Agus, F., dan Djaenudin, D. (Eds.): *Sumberdaya Lahan Indonesia dan pengelolaannya*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor
- Tim Sosek PK-FAO. 2019. Aspek Sosial – Ekonomi Implementasi Pertanian Konservasi pada Lahan Kering Iklim Kering. Laporan Tim Sosek PK- FAO. Lokakarya Akhir Proyek Pertanian Konservasi – FAO. Kupang, 7 Februari 2019.

- Thierfelder, C., Mwilab, M., and Rusinamhodzia, L. 2013. Conservation agriculture in eastern and southern provinces of Zambia: Long-term effects on soil quality and maize productivity. *Soil & Tillage Research* 126 (2013): 246–258 Doi: <https://doi.org/10.1016/j.still.2012.09.002>
- Peigne, J., Ball, B.C., Roger-Estrade, J., and David, C. 2007. Is conservation tillage suitable for organic farming? A review. *Soil Use and Management*. The Authors. Journal compilation British Society of Soil Science, 23(2):129-144 Doi: 10.1111/j.1475-2743.2006.00082.x
- Vanlauwe, B., Wendt, J., Giller, K.E., Corbeels, M., Gerard, B., and Nolte, C. 2014. A fourth principle is required to define Conservation Agriculture in sub-Saharan Africa: The appropriate use of fertilizer to enhance crop productivity. *Field Crops Research*, 155: 10–13.

MANAJEMEN SUMBER DAYA AIR UNTUK MENINGKATKAN PRODUKSI PERTANIAN LAHAN KERING BERIKLIM KERING

Nono Sutrisno dan Budi Kartiwa

Salah satu tantangan utama lahan kering beriklim kering adalah mengelola air dengan tepat bertujuan untuk mendapatkan air, melestarikannya, menggunakannya secara efisien, dan untuk menghindari kerusakan pada tanah. Lahan kering beriklim kering di Indonesia mempunyai banyak kendala dalam meningkatkan produksi pertanian dan kualitasnya. Kendala utama peningkatan produktivitas lahan kering adalah ketersediaan air yang terbatas pada musim kemarau. Kendala lainnya adalah kesuburan tanah yang rendah khususnya kandungan bahan organik rendah. Pada lahan kering beriklim kering, hujan sebagai sumber air sangat terbatas, oleh karena itu air akan menjadi kendala utama untuk produksi pertanian. Ketersediaan air untuk memenuhi kebutuhan air tanaman merupakan faktor penentu bagi keberlanjutan produksi dan produktivitas tanaman pada lahan kering. Upaya peningkatan produksi pertanian pada lahan kering diperlukan air irigasi suplemen yang dapat memenuhi kebutuhan air pada saat tidak ada hujan. Karena air merupakan salah satu sumber daya alam yang sangat esensial bagi sistem produksi pertanian, air mutlak diperlukan untuk semua kehidupan tumbuhan dan hewan. Bagi pertanian tidak hanya berkaitan dengan aspek produksi, melainkan juga sangat menentukan potensi perluasan areal tanam (ekstensifikasi), luas areal tanam, intensitas pertanaman (IP), serta kualitas hasil (Kurnia 2004).

Secara umum kondisi lahan kering beriklim kering mempunyai permasalahan sumber daya lahan (tanah, iklim ketersediaan air) yang spesifik. Ketersediaan air yang terbatas dengan curah hujan rendah kurang dari 2.000 mm/tahun. Banyak tempat yang sangat kering, curah hujan kurang dari 1.000 mm/tahun dengan bulan kering 7-8 bulan. Karena keterbatasan air, hanya bisa tanam satu kali tanam dalam setahun. Di sisi lain, sumber air permukaan (air sungai) dan air tanah yang tersedia belum dimanfaatkan secara optimal. sehingga sangat potensial untuk dikembangkan dengan dukungan inovasi eksplorasi sumber air (Mulyani *et al.*, 2014). Ditambahkan oleh Kartiwa (2007), lahan kering beriklim kering yang ada di Nusa Tenggara Timur khususnya di Kabupaten Sumba Timur, merupakan wilayah spesifik yang kerap mengalami kekeringan. Profil klimatologis di wilayah tersebut dicirikan oleh jumlah curah hujan relatif rendah (< 1000 mm) dengan durasi penyebaran hujan yang sangat pendek dan terkonsentrasi pada 2 – 3

bulan dalam setiap tahunnya dan di sisi lain evapotranspirasi yang terjadi sangat menguras kebutuhan air tanaman.

Kendala lainnya menurut (Mulyani *et al.*, 2014) kondisi lahan kering beriklim kering di Nusa Tenggara Timur sebagian besar mempunyai kedalaman tanah (solum) dangkal dan berbatu. Selain itu, sebagian besar bentuk wilayah pada lahan kering beriklim kering seperti di NTB dan NTT berbukit dan bergunung dengan lereng 15-40%, bahkan sebagian lahan memiliki lereng > 40%, sementara masyarakat memerlukan lahan untuk berusaha tani dan tidak ada pilihan lahan lain untuk dikembangkan.

Sebagai penghasil bahan pangan, potensi lahan kering sangat tinggi seperti yang disampaikan oleh Kasryno *et al.* (2012) serta Meinzen-Dick dan Mwangi (2009), sekitar 40% lahan pertanian dunia adalah lahan kering, dengan distribusi sebagai berikut: terluas berada di Asia sebesar 34,4%, ke dua terluas di Afrika sebesar 24,15% dan di Amerika sebesar 24,03%. Lahan kering tersebut merupakan sumber daya yang dimiliki oleh pemerintah secara nasional, regional, maupun pemerintah lokal, dan kelompok masyarakat atau individu. Ditambahkan oleh Smith *et al.* (2009 dalam Sutrisno *et al.* 2012), 30% persen tanaman yang dikonsumsi di berbagai sudut dunia berasal dari lahan kering baik lahan kering beriklim kering maupun beriklim basah. Dalam sistem global, lahan kering menempati hampir 72% dan terletak di negara berkembang, dari porsi tersebut, sekitar 90% menjadi andalan kehidupan di daerah pedesaan. Dalam kaitannya dengan memposisikan lahan kering sebagai sumberdaya pertanian masa depan, maka pemanfaatan lahan kering perlu diperluas dan lebih memberikan aspek penting, utamanya untuk pengembangan pertanian tanaman pangan sebagai penopang kehidupan berbagai masyarakat, dengan tetap menjaga peranannya sebagai stabilisasi dan peningkatan fungsi ekosistem (Minardi 2016).

Upaya peningkatan produksi pertanian pada lahan kering beriklim kering dilakukan dengan mengirigasi lahan pertanian karena sumber air dari hujan tidak mencukupi untuk 2 kali tanam (Harmato *et al.*, 2019). Irigasi suplemen yang dilakukan harus memenuhi kebutuhan minimum air tanaman agar tanaman menghasilkan. Kondisi demikian dapat dilakukan dengan menerapkan sistem irigasi yang efisien dan efektif dari mulai eksploitasi yang ramah lingkungan, desain jaringan irigasi yang tepat, serta irigasi hemat air yang dapat meningkatkan layaran irigasi dan indeks pertanaman atau meningkatkan luas tanam sehingga produksi pertanian meningkat.

Secara khusus upaya yang tepat untuk lahan kering iklim kering di kabupaten Sumba Timur adalah menerapkan adaptasi sistem budidaya pertanian yang mempertimbangkan pemanfaatan air secara optimal. Sumba Timur memiliki lahan kering yang cukup luas dan beriklim kering memerlukan sentuhan teknologi

pengelolaan air agar dapat mengoptimalkan ketersediaan air yang terbatas. Ketersediaan air yang semakin terbatas memerlukan strategi pengelolaan air yang aplikatif dan partisipatif. Pengelolaan air yang aplikatif mempunyai makna bahwa introduksi teknologi yang direkomendasikan dapat langsung dimanfaatkan oleh petani secara mudah, menguntungkan secara ekonomi dan ramah lingkungan. Aspek partisipatif berarti aplikasi teknologi tersebut telah mempertimbangkan kebutuhan dan peran serta petani setempat, sehingga aplikasi teknologi yang diintroduksi dapat berkesinambungan (Kartiwa 2007).

Kondisi bentuk wilayah pada lahan kering beriklim kering yang sebagian besar berbukit dan bergunung. Disisi lain masyarakat memerlukan lahan untuk berusaha tani maka diperlukan pemilahan lahan berdasarkan lereng dan inovasi teknologi pendukungnya, seperti konservasi tanah dan air untuk keberlanjutan dan kelestarian lingkungan. Kearifan lokal yang dilakukan petani dan sangat bermanfaat untuk usahatani yang berkelanjutan adalah menyusun batu menjadi teras batu dan pematang pada lahan usahanya merupakan tindakan yang tepat karena dapat mengurangi erosi dan aliran permukaan. Pada daerah seperti demikian dan daerah berlereng, pengolahan tanah menggunakan traktor sulit dilakukan. Oleh karena itu, sistem tanam umumnya tanpa olah tanah, pembersihan lahan dengan ditebas, dibakar atau dengan herbisida, serta tanam dengan tugal (Mulyani *et al.*, 2014).

Secara keseluruhan dari permasalahan pertanian lahan kering beriklim yang komplek dapat disampaikan solusinya agar menjadi pertanian lahan kering yang tahan (*resilience*) terhadap keterbatasan sumber daya alam tanah, iklim dan air serta dapat meningkatkan produktivitasnya yaitu dengan menerapkan manajemen sumber daya lahan dan air.

Tujuan penulisan makalah ini adalah menyampaikan solusi untuk mengatasi permasalahan pengelolaan lahan kering beriklim kering dengan menerapkan manajemen lahan dan air yang dapat meningkatkan produksi pertanian lahan kering.

MANAJEMEN PENGELOLAAN AIR UNTUK PERTANIAN LAHAN KERING

Dalam rangka membangun pertanian lahan kering yang tahan terhadap keterbatasan sumber daya alam tanah, iklim dan air, diperlukan manajemen pengelolaan sumber daya air yang khas dalam menyediakan ketersediaan air secara kontinyu pada lahan kering beriklim kering dan berkelanjutan (Magaly Koch and Thomas M. Missimer 2016). Ketersediaan air yang terus menerus sepanjang tahun, akan dapat mengoptimalkan lahan kering yang tersedia. Upaya menyeluruh untuk keberlanjutan ketersediaan air memerlukan penanganan sumber daya air

secara tepat dari mulai hulu yang merupakan sumber air sampai hilir pendistribusian. Penanganan pada bagian hulu tidak akan sama dengan bagian hilir.

Pada dasarnya, terdapat hubungan interaktif antara sumber daya tanah dan air, ditunjukkan dengan terjadinya degradasi lahan. Degradasi lahan akan mempengaruhi performa sumber daya air, sumber daya air akan terdegradasi karena sifat fisik tanah rusak, tidak dapat menampung dan menahan air. Pada lahan yang tidak dikelola dengan baik, air yang tersedia bagi tanaman sangat rendah berkisar 40-50% dari curah hujan, bahkan pada lahan yang terdegradasi sangat kecil hanya 5% dari curah hujan. Pada kondisi air tidak langka pun, kekeringan dapat terjadi jika kesuburan tanah rendah, pengelolaan tanah dan tanaman tidak optimal, seperti tidak digunakan varietas yang toleran kekeringan, yang pada akhirnya curah hujan ada yang tidak dipergunakan secara optimal untuk pertumbuhan (vegetatif) maupun pada fase generatif tanaman (Humphreys *et al.*, 2008).

Adanya keterpaduan antara lahan dan air, mengharuskan dilakukan pengelolaan lahan yang tepat agar ketersediaan air untuk irigasi tersedia secara cukup. Demikian juga sebaliknya, pengelolaan air yang tepat akan meningkatkan produktifitas lahan pertanian. Kondisi demikian ditunjukkan dengan ketersediaan air sepanjang tahun baik *green water* maupun *blue water* yang akan digunakan untuk air pertanian maupun yang lainnya. Pengelolaan secara terpadu dilakukan dari mulai hulu sampai hilir suatu DAS. Pengelolaan lahan yang tepat di daerah hulu, akan dapat menentukan produksi air di hilir demikian juga keberlanjutannya. Pengelolaan lahan dan air merupakan suatu kesatuan yang tidak dapat dipisahkan dalam meningkatkan produksi pertanian pada lahan kering beriklim kering.

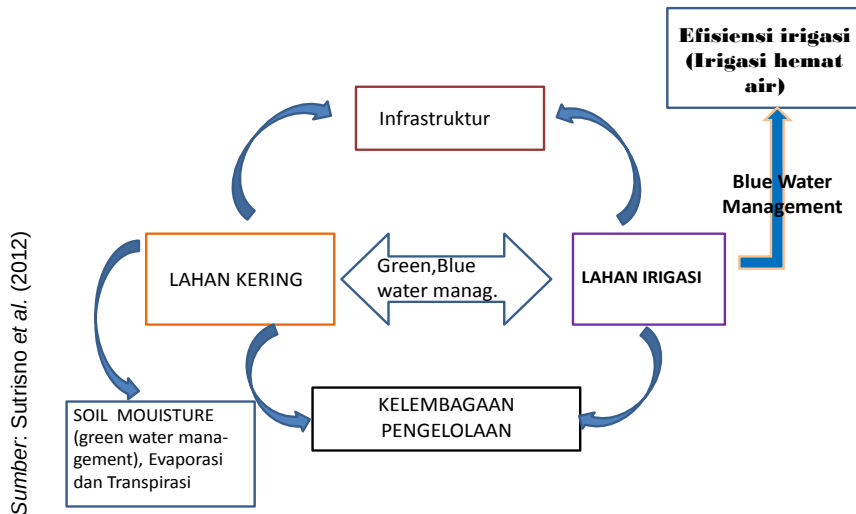
Upaya pengelolaan sumber daya air selanjutnya adalah membangun paradigma pengelolaan air harus secara menyeluruh tidak saja yang menyangkut *blue water* tetapi juga *green water* (Falkenmark dan Rockstrom 2006). *Blue water* adalah air yang berasal dari hujan yang kemudian ditampung dalam sungai, waduk, atau air tanah yang kemudian dimanfaatkan untuk irigasi. *Green water* adalah bagian dari hujan yang menjadi kelembaban tanah dan yang langsung dipakai dalam proses evaporasi dan transpirasi. Dalam implementasinya, pengelolaan sumber daya air baik *blue water* dan *green water* harus ada keterpaduan yakni pada bagian hulu menerapkan konservasi lahan dan konservasi air lebih ditekankan selanjutnya dibangun pendistribusiannya secara efisien dan efektif serta berkedilan. Untuk pengelolaan *blue water*, perlu dibangun infrastruktur air berupa dam parit atau embung serta melakukan pendistribusian yang efisien dan efektif. Kebijakan pembangunan infrastruktur air dengan pendistribusian harus mendukung semua agroekosistem, lahan sawah lahan tadah hujan dan lahan kering. Pemanfaatan *green water* untuk tanaman dan hilang akibat tranpirasi merupakan pengelolaan yang tepat (Falkenmark & Rockstrom 2006)

Dalam upaya membangun paradigma *green water* untuk mewujudkan keterpaduan pengelolaan tanah dan air melalui *soil tillage* dan *water harvesting*. Dengan pemahaman tentang konsep *green water* dan *blue water*, perubahan lanskap karena perubahan penggunaan lahan atau sebab lainnya akan membawa konsekuensi pada keseimbangan *green water* dan *blue water*. Saat ini, untuk kebanyakan negara tropis Asia, besarnya angka *green water* sekitar 65%, sedangkan sisanya 35% masuk dalam kategori *blue water* (Falkenmark 2008 dalam Asdak 2015). Untuk ketahanan pangan jangka panjang, termasuk untuk kebutuhan air pada lahan sawah, sawah tadah hujan dan lahan kering, diperlukan peningkatan persediaan *blue water* sehingga mampu menyediakan air untuk peningkatan produksi pertanian. Namun demikian, peningkatan jumlah *blue water* harus dapat dikendalikan karena apabila tidak terkendali berpotensi meningkatkan daya rusak air (banjir dan tanah longsor).

Angka keseimbangan yang diperkirakan tepat adalah 55% untuk *green water* dan 45% untuk *blue water*, diharapkan menjadi angka keseimbangan yang cukup memadai untuk peningkatan produksi pertanian dan pengendalian daya rusak air (Asdak 2015). Berdasarkan pendekatan keseimbangan antara *green* dan *blue water* tersebut, tumpang-tindih program-program konservasi sumber daya air dapat dikendalikan. Oleh karena itu, implementasi *Integrated Water Conservation Management* (IWCM) seharusnya didasarkan pada pembagian kategori *green water* dan *blue water*. Untuk kategori *green water*, kebijakan nasional IWCM yang menjadi tanggung-jawab Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), termasuk jajarannya di daerah, adalah kegiatan penghijauan dan reboisasi, pengembangan hutan rakyat/adat, *agroforestry*, dan pembuatan dam penahan (*check dam*), sedangkan Kementerian Pertanian dan jajarannya di daerah diharapkan mengembangkan kebijakan nasional IWCM yang relevan dengan pengelolaan sistem pertanian yang telah mempertimbangkan kaidah-kaidah konservasi tanah dan air termasuk pengembangan perkebunan yang lebih efisien dalam pemanfaatan air. Untuk kategori *blue water*, kebijakan nasional IWCM yang menjadi tanggung-jawab Kementerian Pekerjaan Umum utamanya adalah pembangunan waduk, embung, dan perbaikan sungai dan saluran-saluran irigasi. Untuk peningkatan cadangan air tanah, khususnya melalui injeksi air tanah, tanggung-jawabnya dibebankan pada Kementerian Pekerjaan Umum (Asdak 2015).

Mengingat sifat air yang mengalir dan adanya hubungan interaktif antara *blue water* maupun *green water management* maka paradigma pengelolaan air tersebut hendaknya dibangun dalam suatu kerangka keterpaduan dalam suatu bentangan wilayah seperti Daerah Aliran Sungai. Untuk melihat lebih jelas keterpaduan antara pengelolaan *blue water* dan *green water* terhadap reservoir atau embung atau dam parit pada lahan kering dan lahan irigasi, dapat dilihat pada Gambar 1.

KONSEP MEMBANGUN KETERPADUAN PENGELOLAAN AIR



Gambar 1. Keterpaduan antara pengelolaan *blue water* dan *green water* terhadap pembangunan irigasi pada lahan kering dan lahan irigasi

Dalam pelaksanaan pemenuhan kebutuhan air tanaman, Kementerian PUPR terus berupaya meningkatkan ketahanan air nasional, yakni dengan menambah jumlah tampungan dan suplai air untuk kebutuhan tanaman dan domestik. Penambahan tampungan diantaranya dilakukan dengan membangun 65 bendungan dan 1.053 embung dalam kurun waktu 2015-2019. Selain itu, Kementerian PUPR juga membangun jaringan irigasi seluas 865.393 hektar (ha) dan penyediaan air bersih 21.500 liter per detik selama periode 2015-2018. Indonesia hingga kini memiliki 235 bendungan besar yang mampu mengairi sawah irigasi sebanyak 11 % dari total 7,2 juta ha lahan irigasi. Sawah irigasi lainnya di irigasi dari mata air yang tersedia setempat-setempat (lokal), dari sumber air saluran alamiah yang tersedia dan dari sumur dangkal yang sengaja dibuat. Bila 65 bendungan selesai dibangun dan berfungsi, akan menambah luas lahan pertanian yang mendapat suplai irigasi premium (3 kali tanam dalam satu tahun) atau irigasi dari air bendungan menjadi 19%-20%. Sementara 29 bendungan yang selesai akan memberikan suplai pada areal irigasi seluas 258.902 hektar dengan total kapasitas tampung 2,15 miliar m³, mereduksi banjir 5.720 m³/detik, suplai air baku 24,86 m³/detik dan potensi listrik 150 MW (Bappenas 2003; Hadimoelyono 2019).

UPAYA PENINGKATAN *BLUE WATER* DAN *GREEN WATER* SERTA IRIGASI PADA LAHAN KERING

Perencanaan dan pengelolaan sumber daya air konvensional fokus pada air yang mengalir, atau *blue water* yang dapat memenuhi kebutuhan penyediaan air untuk irigasi dan pembangunan infrastruktur. Tetapi *blue water* hanya mewakili sepertiga dari sumber daya air dari curah hujan. Air hujan akan kembali ke atmosfer sebagai aliran uap yang didominasi oleh penggunaan air konsumtif tanaman. Berdasarkan hasil analisis dari bahan pangan, perlu diperhatikan bentuk kedua dari sumber air yaitu adanya air yang meresap/infiltrasi dari curah hujan yang secara alami terjadi, yang selanjutnya kembali ke atmosfer (Falkenmark & Rockstrom 2006)

Pendapat Falkenmark dan Rockstrom, (2006) selanjutnya mengatakan bahwa tantangan pengelolaan sumber daya air di masa depan menjadi lebih kompleks daripada digambarkan sebelumnya. Bukan hanya masalah alokasi air antara irigasi untuk pertanian, industri, dan kota tetapi melibatkan keputusan sulit untuk menyeimbangkan *green water* dan *blue water* untuk pangan, air dan masyarakat. Kondisi demikian akan mengubah peran perencanaan dalam pengelolaan sumber daya air. Perencanaan dan pengelolaan sumber daya air harus menggabungkan aktivitas penggunaan lahan yang mengkonsumsi *green water* dan interaksinya dengan *blue water*, yang akan menghasilkan runoff dan pengisian ulang air tanah

Hal lain yang perlu diperhatikan dalam manajemen sumber daya air, diperlukan keterpaduan yang serasi dengan pengelolaan lahan. Bertujuan untuk menampung air (*blue water*) sebanyak-banyaknya serta meresapkan air aliran permukaan sebanyak-banyaknya ke dalam tanah yang selanjutnya disebut *green water*. Peningkatan efisiensi *green water* adalah dengan mengurangi evaporasi. Upaya yang dilakukan dalam pengelolaan *blue water* dan *green water* adalah membangun dan mengoperasikan dam parit yang dapat memanen air (*water harvesting*), dan menerapkan teknologi pengelolaan kelengasan tanah. Dam parit berfungsi memanen air yang akan mengurangi volume air aliran permukaan dan meningkatkan cadangan air tanah serta ketersediaan air bagi tanaman. Artinya pengelolaan *blue water* dan *green water* dilakukan secara bersama untuk meningkatkan ketersediaan air pada lahan kering yang dapat mendukung peningkatan produktivitas lahan kering.

Panen Hujan Aliran Permukaan

Berapa macam upaya pengelolaan *blue water* dan *green water* yang sudah dilakukan dan yang akan dikembangkan adalah panen air untuk lahan kering. Panen air adalah upaya menampung air hujan dan aliran permukaan untuk disalurkan ke tempat penampungan yang akan digunakan untuk mengirigasi tanaman pada saat diperlukan khususnya pada musim kemarau. Panen air berfungsi menyediakan

sumber air irigasi pada musim kemarau dan berfungsi mengurangi banjir pada musim hujan. Teknologi pemanenan air sangat bermanfaat untuk lahan yang tidak memiliki jaringan irigasi atau sumber air bawah permukaan tanah (*groundwater*). Beberapa macam panen air yang dapat diterapkan dalam upaya pemanenan air hujan dan aliran permukaan adalah: pembuatan dam parit pada anak sungai, embung, pembuatan saluran peresapan, rorak, mulsa vertical, gulud pemanen air dan pengelolaan bahan organik.

Dam parit (*Channel reservoir*) berfungsi untuk mengurangi kecepatan dan volume air aliran anak sungai yang merupakan kumpulan dari air aliran permukaan yang ditampung dalam dam parit, kemudian mendistribusikannya ke areal tanam. Pada musim hujan, areal tanam akan bertambah karena ada tambahan air yang ditampung, dan pada musim kemarau air yang ditampung dalam dam parit akan menjadi sumber air irigasi dan dapat meningkatkan indeks pertanian (IP) dan areal tanam. Selanjutnya, adanya air yang ditampung dalam dam parit, dapat mengurangi volume air anak sungai yang masuk ke sungai utama yang berarti dapat mengurangi banjir pada musim hujan. Sebagai contoh, dam parit yang dibuat di Sungai Cipucung yang merupakan anak sungai Ciliwung hulu dengan volume 107 m^3 , yang posisinya di zona prioritas 1 atau daerah yang mempunyai jaringan hidrologi paling rapat, dapat mengurangi aliran permukaan sebesar 0,5 %. Hal ini berarti volumen air yang masuk ke Sungai Ciliwung hulu berkurang 0,5 % bila kita membangun dam parit dengan volumen hanya 107 m^3 (Heryani *et al.*, 2005; Sutrisno 2005).

Embung merupakan bangunan yang sengaja dibangun dan berfungsi selain sebagai pemanen aliran permukaan dan air hujan, juga sebagai tempat resapan yang akan mempertinggi kandungan air tanah. Tujuan pembuatan embung adalah untuk penyediaan air di musim kemarau. Embung hendaknya dibangun dekat dengan saluran air dan pada lahan dengan kemiringan antara 5-30%, agar limpasan air permukaan cepat mengisi embung dan sebaliknya air dari embung dapat dengan mudah disalurkan ke lahan usaha tani secara gravitasi. Macam-macam embung yang ada adalah:

1. Embung pertanian dirancang untuk irigasi lahan pertanian dalam skala yang cukup luas. Embung ini biasanya dibuat permanen atau semi permanen. Semen dan plastik dibutuhkan untuk membuat dasar dan dinding kedap air. Embung tradisional.
2. Embung tradisional adalah embung yang dibuat atas inisiatif pribadi petani. Biasanya hanya berupa galian tanah dengan volume yang tidak terlalu besar. Embung tradisional biasanya dibuat pada tanah-tanah yang lapisan bawahnya kedap air, dapat pula dibuat pada dasar sungai yang mengering di musim kemarau. Dalam beberapa kasus, embung dibuat berukuran kecil, yang sering

disebut juga sebagai embung mikro atau kedung. Umumnya petani membuat kedung dengan volume $\pm 100 \text{ m}^3$ yang biasanya dibuat secara gotong royong.

Saluran peresapan berfungsi untuk menampung air aliran permukaan dan meningkatkan daya resap air ke dalam tanah. Tanah yang digali untuk saluran dapat digunakan untuk pembuatan bedengan. Tanah galian tersebut juga dapat diletakkan pada bagian bawah saluran dan membentuk guludan. Untuk menjaga kestabilannya, guludan ini perlu ditanami dengan rumput penguat seperti rumput bahia (*Paspalum notatum*), rumput pait (Sunda) (*Paspalum conjugatum*), rumput bedé (*Brachiaria decumbens*), akar wangi (*Vetiveria zizanioides*), atau pohon legum seperti lamtoro (*Leucaena leucocephala*), gamal (*Glyricidia sepium*), dan lain-lain.

Rorak adalah lubang atau penampung yang dibuat memotong lereng, berukuran kecil sampai sedang, dibuat di bidang olah atau di saluran peresapan atau pada SPA yang ditujukan untuk: (a) menampung dan meresapkan air aliran permukaan ke dalam tanah, (b) memperlambat laju aliran permukaan, (c) pengumpul sedimen yang memudahkan untuk mengembalikannya ke bidang olah, dan (d) jika dibangun pada saluran peresapan akan meningkatkan efektivitas saluran peresapan tersebut.

Mulsa vertikal (*slot mulch*) rorak dapat diisi dengan sisa tanaman atau serasah (mulsa) untuk meningkatkan kemampuan rorak dalam menyimpan dan menjerap sedimen. Kombinasi antara rorak dan mulsa ini disebut sebagai mulsa vertikal (*slot mulch*). Mulsa vertikal atau disebut juga jebakan mulsa adalah bangunan menyerupai rorak yang dibuat memotong lereng dengan ukuran yang lebih panjang bila dibandingkan dengan rorak (Subagyono *et al.* 2004). Rorak yang dikombinasikan dengan mulsa dapat mengurangi erosi 94%. Teknik tersebut juga dapat digolongkan sebagai suatu cara pemanenan air yang tergolong efektif, salah satunya dicerminkan oleh kemampuannya dalam pemeliharaan lengas tanah (Noeralam 2002).

Gulud pemanen air yang diterapkan pada lahan kering yang miring, merupakan alternatif lain untuk memanen air dan yang selanjutnya dapat meningkatkan kelengasan tanah. Gulud pemanen air yang dilengkapi dengan strip rumput terbukti mampu meningkatkan kadar air tanah dan selain itu, dapat mengendalikan erosi. Gulud pemanen air memberikan kontribusi yang lebih besar dari teras gulud dalam peningkatan kelengasan tanah. Dari hasil penelitian Haryono *et al.* (2000) di Desa Mekarsari, Kecamatan Praya Barat, Kabupaten Lombok Tengah, Nusa Tenggara Barat, melaporkan bahwa tingkat kelengasan tanah tersebut sangat ditentukan oleh jaraknya dari gulud pemanen air. Kelengasan yang sangat signifikan pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman dan terutama kontribusinya dalam memperpanjang masa tanam dijumpai pada jarak hingga 50 cm dari gulud pemanen air.

Pengelolaan bahan organik. Bahan organik dalam tanah dapat meningkatkan kemampuan tanah menahan air. Kemampuan tanah menahan air, bervariasi antara satu tempat dengan tempat lainnya, yang salah satunya disebabkan oleh kandungan bahan organik yang berbeda. Demikian juga pemberian bahan organik ke dalam tanah untuk peningkatan kemampuan menahan air sangat ditentukan oleh takaran dan macam bahan organik yang diaplikasikan (Abdurachman *et al.*, 2008). Aplikasi mulsa yang berfungsi dapat memperbaiki kesuburan tanah yaitu menambahkan C organik dan mengurangi erosi. Mulsa adalah bahan-bahan yang terdiri dari sisa-sisa panen, daun-daun yang gugur, plastik atau lainnya yang disebar atau digunakan untuk menutup permukaan tanah. Dari segi konservasi air, mulsa digunakan untuk mengurangi penguapan (evaporasi), melindungi tanah dari pukulan langsung butir-butir hujan, sehingga mengurangi kepadatan tanah, dan kapasitas infiltrasi menjadi lebih besar. Mulsa dapat disediakan di areal pengelolaan maupun didatangkan dari luar lahan pengelolaan berupa sisa-sisa panen, hasil pangkasan tanaman, plastik dan lain-lain (Suwardjo *et al.*, 1989).

IRIGASI HEMAT AIR UNTUK LAHAN KERING

Upaya peningkatan produksi pertanian dan kualitasnya pada lahan kering setelah tersedia air pada embung atau dam parit adalah melakukan irigasi sesuai dengan kebutuhan tanaman. Irigasi adalah segala usaha manusia yang berhubungan dengan perencanaan dan pembuatan sarana untuk menyalurkan serta membagi air ke bidang-bidang tanah pertanian secara teratur, serta membuang kelebihan air yang tidak diperlukan lagi. Irigasi diperlukan untuk memenuhi kebutuhan air tanaman serta, oleh karena itu air irigasi harus diberikan dalam jumlah dan waktu yang tepat dengan kualitas air yang baik.

Dalam kegiatan irigasi dikenal istilah pemakaian air konsumtif dan kebutuhan air tanaman. Pemakaian air konsumtif adalah jumlah air pada suatu areal pertanaman yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan transpirasi, pembentukan jaringan tanaman dan diuapkan dari permukaan tanah dan air (evaporasi), serta diintersepsi tanaman (Arsyad 1971 *dalam* Kurnia 2004). Kebutuhan air tanaman adalah pemakaian air konsumtif ditambah jumlah air untuk mencapai kapasitas lapang dan perkolasi

Berdasarkan luas potensial lahan kering beriklim basah dan beriklim kering yang dapat digunakan untuk tanaman pangan sangat luas, maka optimalisasi pertanian lahan kering harus dilakukan agar dapat meningkatkan produksi pertanian menuju target jangka panjang menjadi lumbung pangan dunia. Khusus untuk lahan kering beriklim kering yang kendala utamanya adalah ketersediaan air yang terbatas, memerlukan optimalisasi penggunaan air dari sumber air yang tersedia, baik air permukaan (air sungai, embung/ danau) maupun air tanah dalam (Mulyani *et al.*,

2014). Irigasi suplemen ter yang sumber airnya dari air permukaan atau air tanah dalam memerlukan dukungan teknologi eksplorasi, eksploitasi sumber air, desain pendistribusian yang efisien serta pemberian irigasi terhadap tanaman dengan teknologi irigasi hemat air.

Efisiensi dari suatu teknologi irigasi sangat terkait 3 hal meliputi : (i) Teknik distribusi dari sumber menuju lahan (ii) Teknik teknik penyiraman serta (iii) Aplikasi dosis dan frekuensi Irigasi menurut kebutuhan tanaman.

Teknik distribusi irigasi terdiri dari saluran terbuka dan saluran tertutup/pipa. Saluran terbuka cocok diaplikasikan pada lahan datar. Kapasitas pengaliran pada teknik ini relatif besar dan debit yang dialirkan tidak mengalami penyusutan pada titik debit masuk hingga debit keluar. Kapasitas pengaliran sangat tergantung pada beberapa faktor meliputi lebar saluran, kedalaman saluran, kemiringan saluran, jenis permukaan saluran yang menentukan faktor kekasaran.

Saluran tertutup cocok diaplikasikan pada daerah berbukit dan bergelombang. Kapasitas pengaliran terbatas, dan dapat terjadi penyusutan dari debit masuk menjadi debit keluar. Kapasitas dan penyusutan debit tergantung pada beberapa faktor meliputi panjang pipa, diameter pipa, jumlah dan jenis sambungan pipa serta beda tinggi antara sumber dan target. Semua faktor ini terangkum dalam nilai yang disebut *head loss*.

Teknik penyiraman dapat dikategorikan kedalam 4 jenis yang berbeda yaitu lele (*submersion irrigation*), parit (*furrow irrigation*), teknik penyiraman menggunakan emitter irigasi, serta teknik penyiraman manual disebut teknik kocoran. Irigasi lele adalah teknik penyiraman dengan cara lahan digenangi hingga mencapai tingkat kejenuhan tertentu. Teknik ini sangat boros air, hanya dapat diterapkan apabila sumber air melimpah dan air dapat dialirkan secara gravitasi tanpa menggunakan pompa. Sedangkan irigasi parit adalah teknik yang hampir sama dengan sistem lele yaitu dengan cara menggenangi dan membasahi lahan akan tetapi pembasahan hanya dilakukan pada jalur tanaman.

Teknik irigasi yang lebih efisien dibandingkan teknik irigasi sebelumnya adalah teknik irigasi menggunakan Emitter. Emitter adalah komponen dalam sistem irigasi yang berfungsi untuk memancarkan air dengan karakteristik tertentu (debit, tekanan, jangkauan). Teknik irigasi menggunakan emitter hanya dapat diaplikasikan dalam sistem irigasi dengan teknik distribusi saluran tertutup/pipa pada tekanan sedang sampai tinggi ($> 0,8$ bar) baik menggunakan bantuan dorongan pompa maupun mengandalkan energi potensial (beda ketinggian yang besar >10 m antara sumber dan target). Ada 3 jenis emitter yaitu emitter dengan kapasitas tekanan dan debit rendah (irigasi tetes), emitter tekanan dan debit sedang (irigasi semprot), serta emitter tekanan dan debit tinggi (irigasi curah atau *sprinkler irrigation*, *big gun sprinkler*).

Irigasi tetes adalah sistem irigasi yang memungkinkan air diberikan dari tetesan air yang keluar dari emiter, sehingga air hanya membasahi zona perakaran sehingga menjadi hemat. Irigasi tetes merupakan salah satu teknologi irigasi yang bertujuan memanfaatkan ketersediaan air yang sangat terbatas secara efisien dan meningkatkan nilai pendayagunaan air. Teknologi ini sangat cocok diterapkan pada lahan kering beriklim kering dengan topografi relatif landai. Prinsip pendistribusian air pada sistem irigasi tetes adalah dengan menyalurkan air dari tangki penampungan yang ditempatkan pada posisi lebih tinggi dari lahan usaha tani, melalui selang irigasi. Teknik ini sangat efisien dalam penggunaan air tetapi hanya cocok untuk usaha budidaya tanaman bernilai ekonomi tinggi, karena biaya infrastrukturnya yang tinggi.

Irigasi semprot adalah sistem irigasi yang memungkinkan air diberikan dalam bentuk butir halus, salah satunya adalah irigasi kabut. Irigasi ini merupakan irigasi yang cocok untuk tanaman pangan maupun hortikultura. Irigasi kabut termasuk irigasi hemat air, sangat efisien, irigasinya memancar dari bawah seperti hujan tetapi butiran lebih halus. Selang irigasi kabut merupakan selang khusus yaitu selang Sumisansui Mark II yang mampu mengeluarkan debit sebesar 5 liter/jam/m.

Irigasi curah termasuk sistem irigasi bertekanan tinggi, menggunakan emiter yang berputar dan dapat mendistribusikan air berbentuk curah hujan, dengan instalasi permanen. Irigasi tipe ini dapat mendistribusikan air irigasi dengan debit irigasi menengah dengan jangkauan radius maksimum 15 m. Teknik irigasi ini cocok untuk tanaman sayuran.

Irigasi curah berpindah adalah salah satu jenis sistem irigasi modern yang mengintegrasikan antara *big gun sprinkler* dengan pompa bertekanan tinggi yang dihubungkan melalui jaringan distribusi irigasi baik pipa maupun selang. Merupakan irigasi tipe curah yang tidak permanen sehingga dapat dipindahkan secara cepat. Irigasi tipe ini dapat mendistribusikan air irigasi dengan debit irigasi cukup tinggi melebihi 1,5 liter/detik dan dengan jangkauan cukup jauh mencapai 25 meter (jari-jarinya). Teknik irigasi ini cocok baik untuk tanaman palawija seperti jagung maupun tanaman perkebunan seperti tebu.

Di beberapa sentra pertanian yang memiliki sumber air terbatas, dikenal teknik irigasi hemat air dikenal dengan teknik kocor yaitu irigasi sangat hemat yang biasa dilakukan petani Grobogan dan beberapa petani di daerah yang airnya terbatas (Harmanto *et al.*, 2019). Teknik kocor adalah teknik pemberian irigasi dengan cara tanaman disiram satu per satu pada areal perakaran menggunakan alat bantu penyiraman. Sejak jaman dahulu, alat kocor adalah cerek/gembor terbuat dari tanah liat dengan volume 5 – 10 liter. Saat ini, alat kocor tersebut berupa tanki air gendong kapasitas 10-15 lt yang terhubung dengan pipa PVC yang dilengkapi dengan katup yang dapat dibuka/tutup untuk mengatur pemberian air. Alat ini sudah diproduksi dan dipasarkan pada beberapa wilayah tertentu yang sudah mengenal

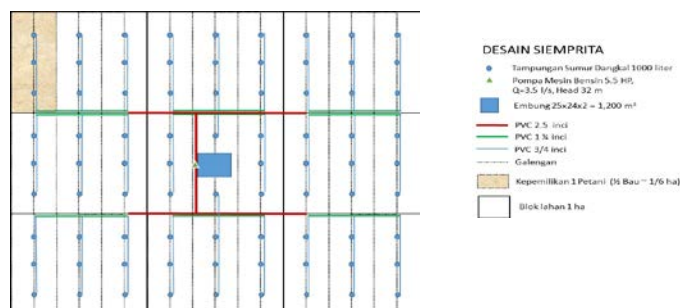
teknik kocor. Permasalahan dari alat kocor konvensional dosis irigasi tidak diberikan berdasarkan kebutuhan air tanaman akan tetapi diberikan menurut perkiraan dari petani.



Gambar 2. Irigasi kocor menggunakan gembor dan alat kocor masa kini di Desa Tambiredjo, Grobogan

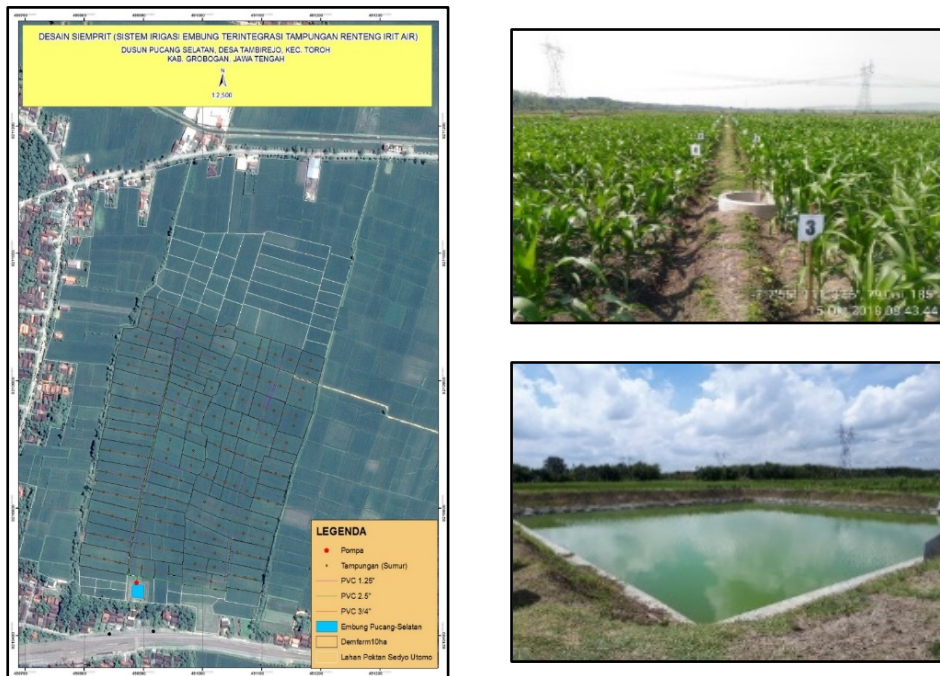
Sistem Irigasi Hemat Air Sumber Air Embung

Embung telah banyak dibangun di beberapa lokasi oleh beberapa kementerian seperti Kemen PUPR, Kementan serta Kemen PDT. Akan tetapi banyak fakta di lapangan menunjukkan bahwa pemanfaatan embung untuk irigasi hingga saat ini belum optimal. Hal ini disebabkan belum tersedianya teknologi pendistribusian air dari embung yang efisien dan efektif menyebabkan petani memilih untuk tidak menanam walaupun sumber air di embung masih melimpah. Berdasarkan kondisi demikian, Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi telah mengembangkan sistem irigasi hemat air untuk mengoptimalkan pemanfaatan sumber air dari embung yang disebut SIEMPRITA (Sistem Irigasi Embung Terkoneksi Tampungant Renteng Irit Air). Konsep desain SIEMPRITA disajikan dalam Gambar 3 serta contoh designnya di Kabupaten Grobogan disajikan dalam Gambar 4.



Gambar 3. Konsep desain sistem irigasi embung terkoneksi tampungan renteng irit air (SIEMPRITA)

SIEMPRITA adalah sistem irigasi yang mengkoneksikan embung dengan tampungan secara berantai (renteng) melalui pipa distribusi. Tampungan dapat berupa sumur dangkal dari buis beton kedap air maupun bak tampung di atas permukaan tanah. Fungsi tampungan adalah untuk menampung air yang didistribusikan dari embung pada interval tertentu menggunakan tenaga dorong pompa, lalu menyiramkan air yang tertampung, pada tanaman satu per satu menggunakan alat siram khusus, yang mampu memberikan air dengan volume sesuai kebutuhan tanaman menurut fase pertumbuhannya. SIEMPRITA adalah sistem irigasi yang dapat mengoptimalkan pemanfaatan sumber irigasi yang berasal dari embung.



Gambar 4. Desain Sistem Irigasi Embung Terkoneksi Tampungan Renteng Irit Air (SIEMPRITA) di Kabupaten Grobogan

Irigasi sederhana yang dikembangkan di lahan kering beriklim kering di beberapa tempat dilakukan oleh petani berdasarkan kearifan lokal yang ada. Dilakukan irigasi suplementer yang bertujuan mengairi sawah tadah hujan maupun kebun campuran pada lahan kering. Pembangunan infrastruktur panen air berupa dam parit, dapat meningkatkan *blue water* untuk irigasi lahan kering sehingga indeks pertanaman meningkat. Pendistribusian air dari dam parit dilakukan dengan saluran terbuka yang dibangun oleh petani. Perbaikan dan pelebaran saluran sesuai dengan debit dari dam parit yang telah ditambah, dapat meningkatkan indeks pertanaman sawah tadah hujan dan tanaman pangan lainnya seperti jagung. Saluran irigasi

sederhana yang dibangun petani mengelilingi bukit di Desa Segawe, Kecamatan Pagerwojo, Kabupaten Tulung Agung, dapat mengairi sawah tadah hujan seluas 50 ha. Setelah dibangun dam parit dibagian hulunya sebagai sumber air irigasi, dapat mengiri sawah tadah hujan dan lahan kering beriklim kering lebih dari 200 ha (Kartiwa *et al.*, 2018). Kondisi demikian terjadi karena debit air yang dialirkan melalui saluran irigasi yang telah diperlebar ditambah sesuai dengan kebutuhan air untuk tanaman..

Irigasi lahan kering beriklim kering yang diterapkan di Desa Mbawa, Kecamatan Donggo, Kabupaten Bima, Nusa Tenggara Timur dilakukan dengan cara meningkatkan *blue water* dengan pendistribusian saluran terbuka. Irigasi yang dilakukan dapat meningkatkan luas tanam lahan kering artinya memperluas areal pertanaman atau meningkatkan indeks pertanaman. Pembuatan saluran terbuka (*open channel*) yang dibangun sepanjang 300 meter, dapat meningkatkan indeks pertanaman tanaman padi gogo seluas kurang lebih 25 ha. Bila saluran irigasi dibangun lagi sesuai dengan ketersediaan lahan dan air, akan dapat meningkatkan produksi pertanian lahan kering lebih tinggi. Demikian juga irigasi hemat air terhadap lahan sawah tadah hujan yang mempunyai curah hujan rata-rata 2021 mm/tahun dengan 4 bulan kering di Desa Panunggalan, Kecamatan Pulokulon dan Desa Tambirejo, Kecamatan Toroh, Kabupaten Grobogan, dapat meningkatkan indeks pertanaman yang tadinya 2 kali tanam menjadi 3 kali tanam (Harmanto *et al.*, 2019). Dalam pelaksanaan pemberian irigasi untuk pertanian lahan kering, akan lebih optimal kalau diterapkan irigasi hemat air yang dapat meningkatkan luas layanan irigasi atau dapat meningkatkan luas panen artinya dapat meningkatkan produksi pertanian lahan kering beriklim kering.

KEBIJAKAN PENGELOLAAN AIR PADA LAHAN KERING BERIKLIM KERING

Pengelolaan sumber daya air yang harus dilakukan pada masa yang akan datang menjadi lebih kompleks. Keseimbangan antara *green water* dan *blue water* harus diperhatikan peruntukannya baik untuk pengadaan bahan pangan, domestik dan industri, tidak hanya pengalokasian untuk irigasi pertanian, industri, dan domestik/kota saja. Kondisi demikian mengharuskan penyesuaian perencanaan yang berperan dalam pengelolaan sumber daya air. Perencanaan dan pengelolaan sumber daya air yang melibatkan aktivitas penggunaan lahan yang mengkonsumsi *green water* dan interaksinya dengan *blue water* harus terpadu yang akan menghasilkan aliran permukaan untuk dipanen dan pengisian ulang air tanah (*ground water recharge*).

Potensi lahan kering sebagai penghasil bahan pangan sangat tinggi, yaitu 40% lahan pertanian dunia, dengan distribusi terluas berada di Asia dan terluas ke dua di Afrika dan Amerika. Di Indonesia, lahan kering merupakan sumber daya lahan yang sangat berpotensi sebagai penghasil bahan pangan. Tanaman yang

dikonsumsi di berbagai sudut dunia berasal dari lahan kering baik lahan kering beriklim kering maupun beriklim basah. Dalam kaitannya lahan kering sebagai sumberdaya pertanian masa depan, maka pemanfaatan lahan kering perlu dioptimalkan terutama untuk pengembangan pertanian tanaman pangan dengan tetap menjaga kelestarian lingkungannya.

Dalam rangka membangun pertanian lahan kering yang tahan terhadap keterbatasan sumber daya alam tanah, iklim dan air, diperlukan manajemen pengelolaan sumber daya air yang khas dalam menyediakan ketersediaan air secara kontinyu pada lahan kering beriklim kering dan berkelanjutan. Untuk mencapai tujuan tersebut, diperlukan upaya menampung air (*blue water*) sebanyak-banyaknya serta meresapkan air aliran permukaan sebanyak-banyaknya ke dalam tanah (*green water*). Upaya yang dilakukan dalam pengelolaan *blue water* adalah membangun infrastruktur air seperti embung dan dam parit/bendung yang dapat memanen air. Pengelolaan *green water* dilakukan dengan menerapkan teknologi pengelolaan kelengasan tanah antara lain mengurangi evaporasi yang merugikan karena menghilangkan sejumlah air ke udara menjadi air yang terbuang. Pembangunan penampung air dapat dilakukan pada daerah yang mempunyai sumber air maupun pada daerah yang tidak mempunyai sumber air yang hanya mengandalkan panen air dari aliran permukaan yaitu dengan cara panen air aliran permukaan dari *catchmen area* yang tersedia.

Dalam upaya peningkatan produksi pertanian pada lahan kering setelah tersedia air pada embung atau dam parit, dilakukan penerapan irigasi hemat air yang prinsipnya adalah berdasarkan kebutuhan air minimum dalam tanah. Irigasi diberikan sesuai dengan kebutuhan minimum air tanaman yaitu lebih rendah dari kebutuhan yang biasa diberikan. Pemberian air irigasi pada tanaman dengan jumlah air yang sama dapat meningkatkan produksi. Irigasi hemat air yang diterapkan, diperlukan untuk memenuhi kebutuhan air tanaman, oleh karena itu air irigasi harus diberikan dalam jumlah dan waktu yang tepat dengan kualitas air yang baik. Irigasi hemat air yang diterapkan pada lahan kering iklim kering adalah, irigasi tetes (*drip irrigation*) dan Irigasi kabut (*hose spray irrigation*), diterapkan pada kondisi bentuk wilayah datar sampai berombak. Irigasi curah (*impact sprinkler irrigation*) digunakan pada kondisi bentuk wilayah berombak sampai bergelombang (*undulating-rolling*), Irigasi curah berpindah (*big gun sprinkler irrigation*) digunakan pada kondisi bentuk wilayah berombak sampai berbukit dan irigasi kocor (irigasi yang dilakukan terhadap setiap tanaman) bisa dilakukan pada kondisi bentuk wilayah datar sampai berbukit.

PENUTUP

Lahan kering beriklim kering di Indonesia mempunyai potensi yang besar sebagai penghasil bahan pangan. Tetapi dalam pengelolaannya, mempunyai banyak kendala dalam meningkatkan produksi pertanian. Kendala utama peningkatan produktivitas lahan kering adalah ketersediaan air yang terbatas pada musim kemarau. Kendala lainnya adalah kesuburan tanah yang rendah khususnya kandungan bahan organik rendah. Dalam kaitannya dengan memposisikan lahan kering sebagai sumberdaya pertanian masa depan, maka pemanfaatan lahan kering perlu diperluas dan lebih memberikan aspek penting, utamanya untuk pengembangan pertanian tanaman pangan sebagai penghasil bahan pangan.

Upaya peningkatan produksi pertanian pada lahan kering, diperlukan manajemen sumber daya air yang tepat dengan memperhatikan keterpaduan yang serasi dengan pengelolaan lahan. Tujuannya adalah menampung air (*blue water*) sebanyak-banyaknya serta meresapkan air aliran permukaan sebanyak-banyaknya ke dalam tanah yang selanjutnya disebut *green water*. Beberapa macam panen air yang dapat diterapkan dalam upaya pemanenan air hujan dan aliran permukaan adalah: pembuatan dam parit pada anak sungai, embung, pembuatan saluran peresapan, rorak, mulsa vertical, gulud pemanen air dan pengelolaan bahan organik. Dalam implementasinya, peningkatan produksi pertanian dilakukan dengan mengirigasi lahan pertanian karena sumber air dari hujan terbatas. Irigasi suplementer yang dilakukan harus memenuhi kebutuhan minimum air tanaman agar tanaman menghasilkan. Kondisi demikian dapat dilakukan dengan menerapkan sistem irigasi yang efisien dan efektif dari mulai eksploitasi yang ramah lingkungan, desain jaringan irigasi yang tepat, serta irigasi hemat air yang dapat meningkatkan layaran irigasi dan indeks pertanaman atau meningkatkan luas tanam sehingga produksi pertanian meningkat.

Prinsip penerapan teknologi hemat air berdasarkan kebutuhan air minimum dalam tanah. Irigasi diberikan sesuai dengan kebutuhan minimum air tanaman yaitu lebih rendah dari kebutuhan yang biasa diberikan. Pemberian air irigasi pada tanaman dengan jumlah air yang sama dapat meningkatkan produksi. Pemberian air irigasi dengan jumlah air yang lebih sedikit menghasilkan produksi yang sama atau bahkan lebih tinggi. Nisbah antara produksi yang dihasilkan tanaman (kg/ha) dan volume air irigasi yang digunakan untuk menghasilkan panen (m^3/ha), meningkat. Beberapa macam irigasi hemat air adalah: Irigasi Tetes (*Drip Irrigation*), irigasi curah (*impact sprinkler irrigation*), irigasi curah berpindah (*big gun sprinkler irrigation*), irigasi kabut (*hose spray irrigation*) dan irigasi kocor.

UCAPAN TERIMA KASIH

Disampaikan ucapan terima kasih kepada Kepala Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian dan Kepala Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi atas dukungannya dalam penyusunan naskah Buku Bunga Rampai ini. Terima kasih disampaikan kepada teman sejawat peneliti yang telah membantu memberikan tambahan literatur dan informasi yang berkaitan dengan tulisan yang disusun, dan para teknisi yang telah membantu memberikan data sekunder sebagai pendukung tulisan ini. Ucapan yang sama disampaikan kepada Tim Penyunting, serta Redaksi Pelaksana yang telah bekerja dengan baik sehingga terbitnya buku ini. Dalam naskah ini Nono Sutrisno dan Budi Kartiwa adalah sebagai kontributor utama.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C. 2015. Manajemen Konservasi Sumber Daya Air Terpadu: Pra-Syarat Ketahanan Pangan. Seminar Nasional Pengelolaan Sumber Daya Alam Dan Lingkungan Hidup. Program Magister dan Doktor Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana Universitas Diponegoro. Semarang.
- Falkenmark, M., Rockström, J. 2006. The new blue and green water paradigm: breaking new ground for water resources planning and management. *Journal of Water Resources Planning and Management* © ASCE / May/June 2006/129.
- Hadimoeljono, B. 2019. Kementerian PUPR Targetkan 29 Bendungan Selesai Sampai Akhir 2019. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR).
<https://www.pu.go.id/berita/view/16788/kementerian-pupr-targetkan-29-bendungan-selesai-sampai-akhir-2019>
- Harmanto, Heryani, N., Sutrisno, N., Sudarman, K. 2019. Pengembangan Sistem Usaha Pertanian Inovatif Lahan Kering Berbasis Pengelolaan Air. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi kerjasama Pemerintah Daerah Kabupaten Buton Utara. Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Haryono, Sutrisno, N., Vadari, T., Kurnia, U. 2000. Pengaruh gulud pemanen air terhadap peningkatan kelembapan tanah pada lahan kering beriklim kering. hlm. 275-282 *dalam* Prosiding Kongres Nasional VII HITI. Bandung, 2-4 Nopember 1999. Himpunan Ilmu Tanah Indonesia.
- Heryani, N., Sutrisno, N., dan Pudjilestari, N. 2005. Panen hujan dan aliran permukaan serta peranan dam parit dalam peningkatan produktivitas lahan. *Jurnal Sumberdaya Lahan*. Vol.1(1). Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan.

- Humphreys, E., Peden, D., Twomlow, S., Rockström, J., Oweis, T., Huber-Lee, A., and Harrington, L. 2008. Improving rainwater productivity: Topic 1 synthesis paper. CGIAR Challenge Program on Water and Food. Colombo. 19 p.
- Kartiwa, B., Sosiawan, H., Sudarman, K., dan Sumarno. 2007. Pengelolaan Sumberdaya Air Partisipatif di Nusa Tenggara Timur (Studi Kasus Desa Kambatatana, Kecamatan Pandawai, Kabupaten Sumba Timur NTT). Balai Penelitian Agroklimat Dan Hidrologi. Balai Besar Sumber Daya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Kartiwa, B. 2018. Teknologi Panen Air dan Irigasi Hemat Air. Sosialisasi dan Bimbingan Teknis Pengelolaan Air. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi. Balai Besar Sumber Daya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Kartiwa, B., Sudarman, K., dan Sutrisno. N. 2018. Model Pengelolaan Air Terpadu untuk Meningkatkan Produksi Pertanian dan Indeks Pertanaman Tanaman Pangan. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi. Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Kasryno, F. dan Haryono, S. 2012. Pertanian lahan kering sebagai solusi untuk mewujudkan kemandirian pangan masa depan. *Dalam* Dariah, A. *et al.* (Eds.) Prospek Pertanian Lahan Kering dalam Mendukung Ketahanan Pangan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Koch, M., and Missimer, T.M. 2016. Water Resources Assessment and Management in Drylands. *Water* 2016, 8, 239; Doi:10.3390/w8060239.
- Kurnia, U. 2004. Prospek pengairan pertanian tanaman semusim lahan kering. *Jurnal Litbang Pertanian*, 23 (4), 2004. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Meinzen-Dick, R. and Mwangi, E. 2009. Cutting the web of interests: pitfalls of formalizing property rights. *Land Use Pol.* 26, 36–43. Doi:10.1016/j.landusepol.2007.06.003.
- Minardi, S. 2016. Optimalisasi Pengelolaan Lahan Kering Untuk Pengembangan Pertanian Tanaman Pangan. Pidato Pengukuhan Guru Besar Ilmu Tanah Pada Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret. <https://library.uns.ac.id/optimalisasi-pengelolaan-lahan-kering-untuk-pengembangan-pertanian-tanaman-pangan/>
- Mulyani, A., Nursyamsi, D., dan Las, I. 2014. Percepatan pengembangan pertanian lahan kering iklim kering di Nusa Tenggara. *Pengembangan Inovasi Pertanian*, 7(4): 187-198. Doi: <http://dx.doi.org/10.21082/pip.v7n4.2014.187-198>.
- Noeralam A. 2002. Teknik Pemanenan Air yang Efektif dalam Pengelolaan Lengan Tanah Pada Usaha Tani Lahan Kering. Desertasi. Program Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor.

- Subagyono, K., Haryati, U., dan Talao'ohu, S.H. 2004. Teknologi konservasi air pada pertanian lahan kering. Hlm. 151–188. *Dalam* Konservasi Tanah pada Lahan Kering Berlereng. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Sutrisno, N, Sawijo, dan Pujilestari, N. 2003. Pengelolaan Air dan Pengembangan Pertanian Berkelanjutan untuk Penanggulangan Banjir dan Kekeringan. Laporan Akhir Penelitian. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi dan Proyek Pembinaan Perencanaan Sumber Air Ciliwung – Cisadane.
- Sutrisno, N., Dariah, A., dan Pasandaran, E. 2012. Memperkuat kemampuan pertanian lahan kering dalam menghadapi perubahan iklim. *Dalam* Dariah *et al.* (Eds.): Prospek Pertanian Lahan Kering Dalam Mendukung Ketahanan Pangan. Badan Penelitian Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian.
- Sutrisno, N., Pasandaran, E., dan Suherman. 2012. Manajemen sumberdaya lahan dan air mendukung keberlanjutan ketersediaan pangan. *Dalam* Ananto *et al.* (Eds.): Kemandirian Pangan Indonesia dalam Perspektif Kebijakan MP3EI. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian.
- Suwardjo, H., Abdurachman, A., Abujamin, S. 1989. The use of crop residue mulch to minimize tillage frequency. *Pemberitaan Penelitian Tanah dan Pupuk*, 8: 31–37.

TEKNOLOGI PERBAIKAN KUALITAS TANAH DI LAHAN BEKAS TAMBANG TIMAH UNTUK PERTANIAN

Umi Haryati dan Irawan

Pertambahan penduduk mengakibatkan kebutuhan pangan semakin tinggi, menyebabkan kebutuhan lahan pertanian semakin meningkat. Di lain pihak, luas lahan subur semakin berkurang akibat alih fungsi lahan pertanian ke penggunaan non pertanian. Hal ini menyebabkan usaha ekstensifikasi pertanian meluas ke lahan suboptimal termasuk lahan bekas tambang, dalam hal ini lahan bekas tambang timah. Pemanfaatan lahan eks penambangan untuk perluasan areal pertanian merupakan suatu peluang, setelah terlebih dahulu direklamasi untuk meningkatkan daya dukung dan daya guna bagi produksi biomassa (Mulyanto 2008). Upaya pemanfaatan lahan bekas tambang perlu memperhatikan aspek-aspek teknis (seperti kualitas tanah, erosi dan pencemaran logam berat), dan nonteknis (kesiapan masyarakat beralih usaha, kekurangan tenaga terampil, penyediaan dana, dan sebagainya) (Dariah *et al.*, 2010).

Ditinjau dari segi luasan, lahan bekas tambang timah berpotensi untuk dijadikan lahan budidaya pertanian, namun memerlukan tindakan dan input teknologi reklamasi dan rehabilitasi yang tepat terlebih dahulu sebelumnya agar lahan tersebut optimal untuk pertumbuhan tanaman (Sukarman & Husnain 2016).

Pulau Bangka merupakan salah satu lokasi tambang timah terbesar di Indonesia. Lahan bekas tambang timah di Pulau Bangka terdiri dari lahan darat seluas 72.400 ha (90,48%) dan kolong bekas galian tambang yang umumnya berisi air seluas 7.618 ha (9,52%) dari yang terpetakan seluas 80.018 ha (Sukarman dan Agustian 2016; Sukarman dan Husnain 2016). Kolong kedalamannya bisa mencapai >30 meter, jumlahnya mencapai 2500 buah dan terbanyak berada di Bangka Tengah (PT. Timah, 2013).

Penambangan selain berdampak positif terhadap perekonomian juga berdampak negatif terhadap lingkungan dan landscape (Nurcholis *et al.* 2018, Anshari *et al.* 2018). Beberapa penelitian yang telah dilakukan di lahan bekas tambang menunjukkan perubahan kualitas lingkungan pada lahan tambang (Sams & Beer 2000; Nurcholis *et al.*, 2013, Simate & Ndlovu 2014). Penambangan timah berdampak negatif pada ekologi karena hilangnya flora dan fauna, serta menurunnya kesuburan tanah, menyebabkan erosi, menurunnya kualitas air dan menghancurkan komunitas mikroba, kehilangan biodiversitas, berkurangnya habitat hewan liar, dan degradasi daerah penampung air (Dubey *et al.*, 2006; Setiadi 2006; Simarmata 2007; Sitorus *et al.*, 2008). Perubahan tataguna dan penutupan lahan di

suatu *catchment area* menyebabkan peningkatan aliran permukaan sampai 48 % (Alfa *et al.*, 2018). Hal tersebut menyebabkan degradasi lahan berupa kerusakan bentang lahan, kerusakan sifat fisik, tercampurnya lapisan olah tanah dan tanah bawah, rendahnya bahan organik dan tersingkapnya lapisan beracun (Sukarman & Husnain 2016).

Tanah pada lahan bekas tambang timah didominasi oleh fraksi pasir dengan kandungan bahan organik yang sangat rendah (Asmarhansyah 2015; Sukarman & Agustian 2016; Sukarman & Gani 2017) dan hal tersebut menyebabkan tanah mempunyai retensi hara yang rendah sehingga ketersediaan hara rendah (kesuburan kimia rendah), sifat fisik tanah terutama kemampuan tanah memegang air rendah. Dengan demikian tanah kurang dapat mendukung pertumbuhan tanaman yang optimal. Selain itu kehidupan dan keanekaragaman hayati di dalam tanah akibat pertambangan timah juga dilaporkan sangat menurun drastis dan memburuk (Romero *et al.*, 2005). Dengan demikian, secara keseluruhan kualitas tanah pada lahan bekas tambang timah tidak baik atau buruk, sehingga diperlukan teknologi untuk perbaikan kualitas tanah tersebut.

Pemanfaatan tanah pada lahan bekas tambang timah untuk pertanian setelah dilakukan reklamasi adalah rehabilitasi dan ameliorasi tanah untuk menciptakan konsidi yang kondusif untuk pertumbuhan tanaman. Teknologi tersebut diantaranya adalah teknologi konservasi tanah dan air (Haryati *et al.*, 2017), ameliorasi dengan biostimulant dan CaO (Nurcholis *et al.*, 2018), teknologi pemupukan dan pembenah tanah (Hanura 2005; Subardja *et al.*, 2012; Asmarhansyah 2015), teknologi pengelolaan bahan organik *in situ* (Erfandi 2017), teknologi peningkatan kapasitas tanah memegang air (Haryati 2010) serta teknologi integrasi tanaman-ternak (Hasnelly *et al.*, 2014).

Tulisan ini merupakan tinjauan tentang dampak penambangan timah dan teknologi perbaikan kualitas tanahnya untuk pertanian berdasarkan hasil-hasil penelitian yang telah dicapai sebelumnya.

DAMPAK PENAMBANGAN TIMAH TERHADAP KUALITAS TANAH

Lingkungan dan Lansekap

Penambangan menyebabkan terjadinya perubahan besar pada *landscape* dan berdampak negatif pada ekologi karena hilangnya flora dan fauna serta menurunnya kesuburan tanah, menyebabkan erosi, menurunnya kualitas air dan menghancurkan komunitas mikroba (Dubey *et al.*, 2006). Kualitas dan kesehatan ekosistem tanah di Indonesia menurun secara drastis (lahan kritis terus meningkat) sejalan peningkatan intensifikasi dan ekstensifikasi pertanian, kegiatan industri kehutanan dan pertambangan (Simarmata 2007). Perencanaan penutupan tambang

(termasuk reklamasinya) pada umumnya tidak terintegrasi dengan operasi pertambangan sejak awal sampai penutupan, sehingga pasca penambangan timbul berbagai masalah (Dariah *et al.*, 2010).

Penambangan berpengaruh sangat nyata terhadap lingkungan hidup. Selama kegiatan operasi penambangan berlangsung, kawasan yang semula tertutup vegetasi berubah menjadi lahan terbuka dengan topografi yang sangat bervariasi. Kondisi tanah asli mengalami perubahan setelah penambangan, dan erosi menyebabkan sedimentasi saluran air dan sungai. Selain itu terjadi gangguan terhadap vegetasi, hewan dan tanah yang ada, serta ekosistem alami. Dampak kehilangan vegetasi dan degradasi lahan secara potensial dapat menyebabkan erosi tanah, kehilangan biodiversitas, berkurangnya habitat hewan liar, dan degradasi daerah penampungan air (Setiadi 2006).

Secara umum, lahan bekas tambang timah terdiri dari kolong (lahan bekas penambangan yang berbentuk semacam danau kecil dengan kedalaman mencapai 40 m), *overburden* (timbunan liat hasil galian), dan hamparan taling yang berupa rawa atau lahan kering (Sujitno 2007). *Tailing* merupakan bahan dengan komponen utama berupa fraksi pasir bercampur kerikil, dan sejalan dengan waktu timbunan *tailing* ini akan membentuk hamparan *tailing* (Latifah 2000).

Hermawan *et al.* (2009) menyatakan bahwa kegiatan penambangan timah di Provinsi Bangka Belitung yang dilakukan dengan cara terbuka telah menimbulkan perubahan lingkungan dengan menurunkan produktivitas tanah dan mutu lingkungan. Selanjutnya Hermawan *et al.* (2009) mendapatkan bahwa dampak langsung penambangan timah secara terbuka di Bangka Belitung telah menurunkan produktivitas lada dari 2 t/ha (tahun 2000) menjadi 1 t/ha (tahun 2004), kerusakan hutan 60% dari luas total hutan (tahun 2007), terdapat 887 kolong dengan kedalaman 9,5 m (tahun 1999) menjadi >1.000 kolong (tahun 2009), dan juga terjadi pendangkalan sungai. Terbentuknya kolong (lubang bekas penggalian timah) menyebabkan perubahan topografi daratan yang semula kering menjadi tergenang. Jumlah kolong yang terdapat di Pulau Bangka dan Belitung sampai dengan tahun 2006 adalah 991 buah dengan luas total 4.638 ha (Bapedalda Provinsi Kepulauan Bangka Belitung 2007).

Pada lahan bekas tambang tampak berupa kolong (yang berbentuk danau kecil dengan kedalaman mencapai 40 m), timbunan liat hasil galian (*overburden*), dan hamparan *tailing* (sisir pencucian bahan galian) yang berupa rawa atau lahan kering (Herjuna 2011). Latifah (2003) mengindikasikan bahwa sejalan dengan waktu, timbunan *tailing* akan membentuk hamparan *tailing* yang semakin luas.

Dampak negatif akibat kegiatan pertambangan timah antara lain terjadinya penurunan kualitas tanah dan jumlah serta jenis vegetasi alami (Sitorus *et al.* 2008).

Selain itu, pertambangan timah juga dapat mengakibatkan dampak secara sosiologis yaitu terjadinya perubahan budaya dan adat istiadat setempat. Vegetasi yang rusak, tanah lapisan atas (*top soil*) hilang dan tanah tidak berprofil menimbulkan populasi dan aktivitas mikroba menjadi terganggu (Kundu & Ghose 1997). Dengan terjadinya perubahan kualitas tanah menyebabkan tanah menjadi tidak subur dan sulit untuk dibudidayakan (Ghose 2004). Hal demikian menyebabkan bertambah luasnya lahan terlantar dan kritis. Kerusakan lingkungan yang dihadapi selain tanah, juga terhadap perairan dan permukaan air tanah, flora dan fauna serta pencemaran udara (Wong 2003; Sheoran *et al.*, 2008). Propinsi Bangka Belitung mempunyai 1.645.414 ha lahan kritis, serta memiliki 887 kolong (danau kecil) dengan luas kolong 1.712, 62 ha sebagai dampak penambangan timah (Ali 2008).

Luas lahan bekas tambang timah di Bangka telah mencapai 400.000 ha dan menjadi lahan pasir kuarsa dengan telaga yang menganga dan tumpukan galian yang menggunung (Ferry 2011). Lahan tersebut tidak dapat dimanfaatkan untuk lahan budi daya pertanian karena lahan pasir kuarsa mengandung pasir sampai 93%, kandungan bahan organik yang rendah, tidak dapat menahan air, dan ketersediaan unsur hara yang sangat rendah (Noviardi *et al.*, 2003).

Sifat-Sifat Tanah (Fisik, Kimia, dan Biologi)

Kegiatan pertambangan menimbulkan kerusakan sifat fisik dan kimia tanah, serta menurunnya kesuburan tanah, dan menghancurkan komunitas mikroba (Dubey *et al.* 2006). Kegiatan penambangan dapat menyebabkan perubahan pada struktur tanah akibat penggalan *top soil* untuk mencapai lapisan bahan tambang yang lebih dalam (Herjuna 2011). Hasil penelitian Sitorus *et al.* (2008) menunjukkan bahwa sifat fisik *tailing* tidak mudah berubah dengan bertambahnya waktu. *Tailing* berusia 25 tahun belum menyamai tanah asli.

Indikator kunci untuk mengevaluasi kualitas tanah pada lahan bekas tambang adalah kandungan bahan organik tanah (*soil organic matter* = SOM), reaksi tanah (pH), berat isi tanah (*bulk density* = BD), kapasitas air tersedia (*available water content* = AWC), agregasi (*water stable agregate* = WSA), dan respirasi tanah, namun dapat ditambahkan indikator lain sesuai tujuan evaluasi dan kondisi geografis lahan yang akan dievaluasi (Rachman *et al.*, 2017).

Tanah pada lahan bekas tambang memiliki kandungan bahan organik yang sangat rendah (Subardja *et al.*, 2010a, 2010b, 2012; Asmarhansyah dan Subardja 2012; Asmarhansyah 2015; Sukarman & Husnain 2016; Sukarman & Gani 2017; Haryati *et al.*, 2019) sehingga aktivitas dan populasi mikroba tanah rendah (Romero *et al.*, 2005; Ferry & Balitri 2011), reaksi tanah masam (Grant *et al.*, 2002; Yang *et al.*, 2006, Martin-Crespo *et al.*, 2010), kapasitas tukar kation rendah (Subardja *et al.*,

2010a, 2010b, 2012; Asmarhansyah & Subardja 2012; Asmarhansyah 2015; Sukarman & Husnain 2016; Sukarman & Gani 2017; Haryati *et al.*, 2019), sangat miskin kandungan unsur hara (Grant *et al.*, 2001; Tjhiaw & Djohan 2009), tanah padat sehingga BD tanah tinggi (Haryati *et al.*, 2019), dan pada umumnya terkontaminasi logam berat (Romero *et al.*, 2005). Logam berat yang banyak di dalam *tailing* adalah Hg, Cd, Pb, Cu dan mineral lain seperti Cr. Sebagian mineral seperti Cu, Fe, Zn dibutuhkan oleh makhluk hidup seperti tanaman (Jones dan Jacobsen 2005). Menurut Juhri (2017), logam berat yang terserap oleh tanaman sayuran berpotensi menimbulkan dampak terhadap kandungan gizi sayuran. Bahkan kandungan logam berat dalam sayuran jika dikonsumsi dapat menyebabkan keracunan bagi manusia.

Tanah di lahan bekas tambang timah didominasi pasir kuarsa yang masam, sangat miskin hara, kurang kandungan bahan organik, tidak dapat menahan air dan rendah jumlah mikroorganismenya. Nilai pH tanah bekas tambang sekitar 3,6 – 4,6, dengan kandungan N, P dan K masing-masing hanya 0,02%, 2, 8 – 3,9 ppm dan 4,9 – 9,6 ppm (Ferry dan Balitri 2011). Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Sukarman dan Gani (2017) yang menunjukkan bahwa karakteristik tanah lahan bekas tambang timah di Pulau Bangka dan Belitung baik tanah pucuk, *tailing* dan mineral lapisan bawah didominasi oleh pasir, pH, C-organik, KTK, KB dan unsur hara lainnya rendah (Tabel 1).

Rendahnya aktivitas biologi pada tanah di lahan bekas tambang timah dapat dilihat dari rendahnya kandungan total bakteri dan fungi. Hal ini sangat erat hubungannya dengan kandungan C-organik yang sangat rendah sementara itu aktivitas biologi tanah sangat membutuhkan C-organik sebagai sumber energi. Asmarhansyah (2016) melaporkan bahwa populasi bakteri total dan fungi total dari lahan bekas penambangan timah Desa Cambai, Bangka Tengah masing-masing sebesar $7,12 \times 10^9$ CFU g⁻¹ tanah dan $2,03 \times 10^7$ propagul g⁻¹ tanah. Umur revegetasi lahan pasca tambang timah juga mempengaruhi populasi fauna tanah. Nurtjahja *et al.* (2007b) dalam penelitiannya mengungkapkan bahwa densitas populasi *Collembola* semakin meningkat dengan dugaan semakin meningkatnya bahan organik yang ditunjukkan dengan semakin lamanya umur revegetasi lahan pasca tambang timah di bawah tegakan *Acacia mangium* di Pulau Bangka. Nurtjahya (2007b) melaporkan bahwa densitas populasi *Collembolas* pp. tertinggi pada umur revegetasi 13 tahun (4816 ind. m^{-2}) lebih dari dua belas kali lebih besar dibandingkan dengan hasil penelitian revegetasi *tailing* timah dengan sepuluh jenis pohon lokal berumur satu tahun di Pulau Bangka (375 ind. m^{-2}) dan sedikit lebih besar dibandingkan dengan di lahan tidak terganggu di bawah tegakan sepuluh jenis pohon lokal yang sama berumur satu tahun yakni 4519 ind. m^{-2} .

Tabel 1. Karakteristik sifat tanah lahan bekas tambang timah di Pulau Bangka dan Belitung

Karakteristik	Tanah Pucuk	<i>Tailing</i>	Material Lapisan Bawah	Tanah Campuran
Pasir (%)	61,3	82,4	62,7	62
Debu (%)	10,5	5,4	8,9	9
Liat (5)	28,2	12,2	28,4	29
Tekstur	Lempung liat berpasir	Pasir	Lempung liat berpasir	Lempung liat berpasir
pH tanah	4,2	4,9	4,8	4,53
C-Organik (%)	0,15	0,16	0,12	0,66
Basa-basa (cmol/100 g)	0,60	0,83	1,05	0,85
KTK (cmol/100g)	6,95	2,48	3,83	4,58
KB (%)	10	35	33	18
Cu (ppm)	0,65	0,54	0,58	0,49
Pb (ppm)	7,59	9,99	16,91	7,61
Cd (ppm)	td	td	0,09	td
Hg (ppm)	td	0,0019	0,0082	td

Sumber: Sukarman dan Gani (2017)

TEKNOLOGI PERBAIKAN KUALITAS TANAH

Teknologi Rehabilitasi dan Pengendalian Erosi (Teknologi Konservasi Tanah dan Air)

Teknologi rehabilitasi dan pengendalian erosi sangat diperlukan pada areal lahan bekas tambang, karena seperti telah dikemukakan sebelumnya bahwa penambangan timah telah menyisakan lansekap yang tidak beraturan dan miring sehingga menimbulkan erosi. Hasil-hasil penelitian telah membuktikan bahwa beberapa metode teknik konservasi tanah baik mekanik maupun vegetatif dapat mengendalikan erosi sampai dibawah nilai erosi yang dapat ditoleransikan (*tolerable soil loss* = TSL). Teknik konservasi tanah tersebut yang sesuai dan dapat diimplementasikan pada lahan bekas tambang timah diantaranya adalah teras gulud, teras individu, rorak (teknik konservasi mekanik) serta sistem pertanaman lorong (*alley cropping*), strip rumput, sistem pertanaman searah kontur, penanaman tanaman penutup (*cover crops*), pengaturan pola tanam (*cropping system*) sistem agroforestry/ multi strata (*multy storey*) dan pemanfaatan mulsa sisa tanaman (Tabel 2).

Tabel 2 Alternatif teknik konservasi tanah yang disarankan dan dapat diimplementasikan di areal rawan erosi pada lahan bekas tambang timah

No	Teknik konservasi tanah	Sumber
1	Pencegahan erosi mekanik	
1.1	Teras gulud	Haryati <i>et al.</i> (1989, 2007); Sukmana <i>et al.</i> (1990); Agus dan Widiyanto (2004)
1.2	Teras individu	Haryati <i>et al.</i> (1989); Agus dan Widiyanto 2004
1.3	Rorak	Brata (2002)
2	Pencegahan erosi vegetatif	
2.1	Sistem pertanaman lorong (<i>alley cropping</i>)	Haryati <i>et al.</i> (2007); Sukmana <i>et al.</i> (1990); Agus dan Widiyanto (2004)
2.2	Strip rumput	Agus dan Widiyanto (2004)
2.3	Sistem pertanaman searah kontur (<i>contour cropping</i>)	Agus dan Widiyanto (2004); Haryati <i>et al.</i> (2013a)
2.4	Tanaman penutup (<i>cover crop</i>)	Sukmana <i>et al.</i> (1990); Agus dan Widiyanto (2004).
2.5	Sistem pola tanam (<i>cropping system</i>)	Sukmana <i>et al.</i> (1990); Agus dan Widiyanto (2004).
2.6	Multi strata/ <i>storey</i>	Agus dan Widiyanto (2004).
2.7	Mulsa sisa tanaman	Sukmana <i>et al.</i> (1990); Agus dan Widiyanto (2004).

Sumber: Haryati *et al.* (2017)

Jenis tanaman penutup tanah yang sering digunakan adalah jenis kacang-kacangan (*legume cover crop*) karena mampu menghasilkan hijauan, memiliki kandungan N tinggi, dan mudah lapuk (Asmarhansyah 2017). *Legume cover crop* mampu menghasilkan 2-3 ton ha bahan organik pada saat umur tiga bulan dan menghasilkan 3-6 ton ha -11 pada saat umur enam bulan (Hairiah *et al.*, 2003). Enam bulan setelah penanaman pada *overburden* lahan bekas tambang timah, LCC jenis *P. javanica* memiliki kemampuan lebih tinggi dalam menutup permukaan tanah (1,3 m) dan menghasilkan biomassa (308,8 g) dibandingkan jenis *C. mucunoides*. Pola tanam baris dapat menutup permukaan tanah (1,2 m²) lebih cepat dan menghasilkan biomassa lebih tinggi (380,7 g) dibandingkan penerapan pola tersebar (Narendra dan Pratiwi 2014).

1. Pengembalian sisa tanaman (biomas) ke dalam tanah baik sebagai mulsa maupun pupuk hijau. Mulsa adalah bahan-bahan (sisa-sisa panen, plastik dan lain-lain) yang disebar atau digunakan untuk menutup permukaan tanah. Mulsa dapat disediakan di areal pengelolaan maupun didatangkan dari luar lahan pengelolaan berupa sisa-sisa panen, hasil pangkasan tanaman, plastik dan lain-lain. Mulsa sisa tanaman dapat diberikan dengan jalan menyebarkannya secara merata di permukaan tanah. Mulsa tersebut selain dapat melindungi tanah dari daya rusak butir-butir hujan serta mengurangi aliran permukaan, memelihara kelembapan tanah, serta mengurangi evaporasi dari permukaan tanah, juga merupakan sumber bahan organik dan unsur hara bagi tanaman.

Bahan mulsa yang baik adalah bahan yang sukar melapuk seperti jerami padi, jagung, dan atau rumput hasil penyiangan (Subagyo et al., 2004).

2. Rotasi atau pergiliran tanaman. Rotasi atau tumpang gilir tanaman pokok dengan tanaman legum penutup tanah akan meningkatkan penyediaan bahan organik sebagai mulsa. Tanaman legum yang dapat digilirkan, antara lain adalah bengkok (*Mucuna* sp.), kacang tunggak, dan lain-lain. Tanaman-tanaman tersebut relatif toleran terhadap kekeringan. Bahan organik dapat ditambahkan ke dalam tanah sebagai mulsa atau ditanamkan di dalam lapisan olah sebagai pupuk hijau.
3. Sistem *Alley cropping* (pertanaman lorong). Sistem pertanaman lorong adalah suatu sistem usahatani yang menanam tanaman utama diantara lorong-lorong yang dibentuk oleh tanaman pagar (*hedge row*). Tanaman pagar tersebut biasanya merupakan tanaman leguminosa pohon/semak yang ditanam rapat dan dipangkas secara periodik dan hasil pangkasannya diberikan sebagai pakan ternak dan atau dikembalikan ke tanah sebagai mulsa atau pupuk hijau. Sistem ini sudah terbukti dapat menghasilkan bahan organik *in situ* yang dapat meningkatkan bahan organik di dalam tanah (Haryati et al., 2007; Sukmana et al., 1990) dan akhirnya meningkatkan kualitas tanah (Haryati et al., 2007; Sukmana et al., 1990). Tanaman pagar dengan hasil pangkasan yang cukup tinggi adalah *Flengingia congesta*, *Glirisidia* sp, *Calliandra* sp, (Haryati et al., 2007; Sukmana et al., 1990; Agus & Widiyanto 2004).

Teknologi Ameliorasi

Selain implementasi teknologi rehabilitasi lahan, pada lahan bekas tambang timah juga patut diaplikasikan inovasi teknologi untuk meningkatkan produktivitas lahan dan tanaman mencakup aplikasi amelioran dan pemupukan. Asmarhansyah (2017) mengemukakan bahwa setelah penataan lahan, penggunaan amelioran merupakan salah satu kunci dalam pemanfaatan lahan bekas tambang timah untuk pertanian. Berbagai hasil penelitian pemberian amelioran dan pemupukan pada beberapa komoditas pertanian di lahan bekas tambang timah memberikan hasil yang cukup signifikan.

Hadi dan Sudiharto (2004) menyatakan langkah awal yang dilakukan pada lahan bekas tambang adalah melalui peningkatan kadar bahan organik tanah. Pusat Penelitian Bioteknologi Hutan dan Lingkungan, IPB (2002) menyatakan bahwa aplikasi teknologi telah dicobakan untuk memperbaiki kondisi lahan *tailing* dan meningkatkan pertumbuhan tanaman, seperti pemberian bahan organik, pupuk kimiawi, mulsa, rhizobium, mikoriza, dan asam humat.

Hasil penelitian Suryani et al. (2007) menunjukkan bahwa aplikasi pupuk organik kotoran ayam dosis 10 t/ha pada lahan bekas tambang timah Merawang,

Bangka, memberikan hasil kacang tanah terbaik. Sementara itu Asmarhansyah *et al.* (2010) melaporkan bahwa pengkajian uji adaptasi beberapa varietas padi di lahan sawah bekas tambang timah Bangka Tengah dengan menggunakan pupuk anorganik urea 300 kg/ha, SP -36 200 kg/ha KCl 350 kg/ha, kapur 5 t/ha dan bahan organik 10 t/ha, menunjukkan bahwa tanaman padi varietas Banyuasin; IR-64, Inpara 1 memiliki produktivitas masing-masing sebesar 3,7t/ha; 3,3 t/ha; 2,88 t/ha; dan 2,47 t/ha.

Hermawan *et al.* (2006) melaporkan bahwa di lahan bekas tambang timah Desa Merawang, Bangka, penggunaan pupuk organik 4 t/ha dan kapur 1 t/ha serta pemupukan anorganik pada tingkat dosis 250 kg NPK/ha, 00 kg Urea/ha, 100 kg SP-36/ha dan 50 kg KCl/ha diperoleh hasil bahwa untuk tanaman mentimun produksi tertinggi mencapai 741,5 kg/ha, untuk tanaman kacang panjang produksi tertinggi 90,7 kg/ha, untuk tanaman sawi produksi tertinggi 121 kg/ha, sedangkan untuk tanaman kangkung produksi tertinggi 710 kg/ha.

Setelah dibangun menjadi sawah berteras, sampai saat ini produktivitasnya masih rendah, pengelolaan lahan belum optimal, berbagai kendala muncul terutama oleh masalah ketersediaan air, keragaman sifat tanah (tekstur, ketebalan lapisan olah tanah, kemasaman tanah, dan kahat hara), pengaruh pencemaran logam berat, dan keracunan besi (Asmarhansyah *et al.*, 2010).

Aplikasi amelioran diyakini mampu memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah mengingat kemampuan amelioran dalam meningkatkan kapasitas menahan air dan hara, menstabilkan suhu tanah, memasok kebutuhan hara dan mineral esensial tanaman, dan meningkatkan populasi biota tanah (Asmarhansyah 2017, Sutono *et al.*, 2018).

Teknologi Peningkatan Kapasitas Memegang Air (*Water Holding Capacity* = WHC)

Adanya tekstur tanah yang didominasi oleh fraksi pasir, struktur yang lepas dengan ruang pori total, pori air tersedia, pori drainase lambat yang rendah disertai pori drainase cepat yang tinggi pada tanah di lahan bekas tambang timah menyebabkan tanah tidak dapat meretensi air atau tanah mempunyai kemampuan memegang air (*water holding capacity* = WHC) yang rendah (Ferry & Balitri 2011; Haryati *et al.*, 2019). Oleh karena itu diperlukan teknologi yang mampu meningkatkan kemampuan tanah memegang air.

Beberapa hasil penelitian telah membuktikan bahwa peningkatan kandungan bahan organik di dalam tanah dapat memperbaiki agregasi tanah atau stabilitas agregat tanah, sehingga proporsi pori pemegang air di dalam tanah meningkat. Selain itu aplikasi pembenah tanah berupa pupuk kandang, biochar

ataupun campuran keduanya dapat meningkatkan pori air tersedia dan agregasi tanah (Nurida *et al.*, 2013; Haryati *et al.*, 2019).

Biochar atau arang yang dikombinasikan dengan pupuk kandang atau kompos menjadi pembenah tanah yang efektif untuk meningkatkan hasil tanaman palawija pada lahan pasir *tailing* timah. Bahan tersebut selain sukar terdekomposisi juga dapat meningkatkan kandungan air di dalam tanah. Fellet *et al.* (2011) menyatakan bahwa biochar membantu memantapkan terbentuknya fitostabilisasi lahan bekas tambang. Karena mampu meningkatkan pH, retensi nutrisi, kapasitas pertukaran kation dan kapasitas penampung air, menurunkan ketersediaan Cd, Pb, Ti dan Zn dalam *tailing* tambang. Terdapat dua perilaku yang baik dari pembenah tanah campuran biochar dengan pupuk kandang atau kompos yaitu saling membantu dalam mempertahankan retensi air. Pupuk kandang atau kompos akan segera terdekomposisi dan terjadi mineralisasi bahan organik sedangkan biochar sulit terdekomposisi sehingga dapat mempertahankan kandungan C tanah dalam jangka waktu relatif lama. Kedua hal tersebut sangat membantu dalam meningkatkan daya dukung tanah terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Biochar dapat dibuat dari batang atau ranting pohon

Integrasi Sistem Tanaman-Ternak

Memperhatikan sifat lahan bekas tambang timah, langkah awal yang ditempuh adalah melakukan perbaikan kualitas lahan secara *in situ* dan berkelanjutan melalui pendekatan usahatani secara terintegrasi antara ternak, rumput ternak, dan komoditas pertanian dengan menerapkan konsep *crops-livestock system* merupakan suatu alternatif yang cukup menjanjikan karena perbaikan lahan akan berjalan secara *in situ*.

Keuntungan yang didapatkan pada system integrasi tanaman-ternak adalah: (1) lahan bekas penambangan timah yang semulanya rusak, setelah adanya penambahan bahan organik dari kotoran ternak maka lahan menjadi produktif, (2) kesejahteraan petani meningkat setelah adanya usahatani tanaman sayuran, (3) petani yang tadinya tidak ada pendapatan dari lahan bekas galian timah, kini ada pendapatan (Hasnelly *et al.*, 2014).

Asmarhansyah (2017) mengemukakan bahwa Introduksi Sistem Pertanian Terpadu (*Integrated Farming Systems*) di lahan bekas tambang timah diharapkan mampu memperbaiki kualitas lahan bekas tambang timah sebagai lahan pertanian. Pada sistem ini terdapat korelasi antara ternak-tanaman dimana residu tanaman dapat digunakan sebagai sumber pakan ternak, sementara kotoran ternak sebagai sumber pupuk organik. Penerapan sistem ini diyakini mampu meningkatkan pendapatan petanian dan terciptanya sistem pertanian yang kelanjutan, dan berwawasan lingkungan.



Gambar 1. Keragaan tanaman jagung (kiri) dan tanaman cabe (kanan) di lahan bekas tambang Bukit Kijang, Kecamatan Namang, Kabupaten Bangka Tengah, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung



Gambar 2. Keragaan rumput penutup tanah (kiri) dan rumput pakan ternak (kanan) pada lahan bekas tambang di Bukit Kijang, Kecamatan Namang, Kabupaten Bangka Tengah, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung

DUKUNGAN KEBIJAKAN DAN REKOMENDASI

Kebijakan Aspek Legal

Kegiatan pertambangan di Indonesia diatur dalam peraturan perundang-undangan yang dikeluarkan oleh dua kementerian, yaitu Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral dan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Indonesia telah memiliki peraturan-perundangan yang mengharuskan perusahaan tambang untuk menerapkan rehabilitasi progresif pada wilayah-wilayah tambang. Penerapan kegiatan rehabilitasi progresif secara baik dan benar diyakini

dapat mengurangi kerusakan yang diakibatkan oleh kegiatan tambang. Di dalam kenyataannya masih banyak perusahaan tambang yang belum memenuhi kewajiban-kewajiban sesuai peraturan tersebut, terutama pada kegiatan tambang skala kecil.

Kebijakan pemulihan atau reklamasi lahan bekas tambang, yang didefinisikan sebagai kegiatan yang bertujuan untuk memperbaiki atau menata kegunaan lahan bekas tambang agar dapat berfungsi dan berdayaguna sesuai dengan peruntukannya telah diatur dalam beberapa peraturan perundangan, yakni: (a) UU No. 11/1967, tentang Ketentuan-Ketentuan Pokok Pertambangan; (b) PP No. 32/1969, tentang Pelaksanaan UU No. 11/1967 tentang Ketentuan-Ketentuan Pokok Pertambangan; (c) PP No. 75/2001 tentang Perubahan Kedua Atas PP No. 32/1969; (d) Kepmen Pertambangan dan Energi No. 1211.K/1995 tentang Pecegahan dan Penanggulangan Perusakan dan Pencemaran Lingkungan Pada Kegiatan Pertambangan Umum; dan (d) KepDirjen PU No. 336/1996 tentang Jaminan Reklamasi. Khusus pada UU No. 11 tahun 1967 tidak mengatur secara jelas dan rinci mengenai cara-cara pengelolaan lingkungan wilayah pertambangan. Ketentuan reklamasi yang diatur dalam pasal 30 hanya mewajibkan penambang melakukan reklamasi lahan bekas tambang (galian) dimana pemegang kuasa pertambangan yang bersangkutan diwajibkan mengembalikan tanah sedemikian rupa, sehingga tidak menimbulkan bahaya penyakit atau bahaya bagi masyarakat sekitarnya, sedangkan pemulihannya diserahkan kepada alam. Undang-undang ini tidak mengatur soal sanksi apabila hal ini dilanggar. Perihal sanksi tersebut baru diatur dalam beberapa tahun kemudian pada UU yang berbeda, yaitu UU Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup (Undang-Undang No. 4 Tahun 1982) pasal 20 dan 22 yang menyatakan bahwa pelaku perusakan dan atau pencemaran lingkungan hidup dapat dikenai sanksi pidana selain diharuskan membayar ganti rugi kepada rakyat yang dirugikan dan kepada negara untuk pemulihan kembali lingkungan yang rusak atau tercemar.

Kendala utama dalam masalah reklamasi dan pengembangan lahan bekas tambang terkait dengan aspek pengawasan dan pengendalian. Dalam hal ini, dibutuhkan konsistensi penegakan hukum yang sangat tergantung pada keberanian dan konsistensi aparat penegak hukum dan pemangku kebijakan terhadap berbagai pelanggaran dan tidak cukup hanya dengan melakukan pembiaran. Selain itu kendala teknis juga sangat menentukan, yaitu keterbatasan kapasitas teknis perusahaan untuk melakukan rehabilitasi dan pengembangan lahan bekas tambang. Demikian juga kemampuan aparat pemerintah yang semestinya tidak hanya mengawasi dan mengevaluasi kegiatan rehabilitasi, tetapi juga harus menyediakan bimbingan teknis untuk pelaksanaan rehabilitasi lahan bekas tambang yang efektif.

Kebijakan Teknis

Berdasarkan Pedoman Penilaian Kriteria Keberhasilan Reklamasi lahan yang tertuang dalam Peraturan Menteri Energi dan Sumberdaya Mineral No. 18 Tahun 2008, reklamasi yang mengarah kepada revegetasi lahan bekas tambang dinilai dari berbagai aspek, yaitu penataan lahan yang berkaitan dengan pekerjaan sipil, persiapan lahan untuk dapat ditanami sesuai perencanaan, dan teknik penanaman. Keberhasilan revegetasi pada lahan bekas tambang sangat ditentukan oleh banyak hal, diantaranya adalah: (1) aspek penataan lansekap, (2) kesuburan media tanam, dan (3) penanaman dan perawatan tanaman. Penataan lansekap sangat berkaitan dengan aspek konservasi tanah dan air serta rencana penggunaan lahan bekas tambang. Sementara itu dalam kesuburan media sangat ditentukan oleh sifat-sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Kemudian tidak kalah penting juga aspek penanaman dan perawatan tanaman.

Penyebab kurang berhasil rehabilitasi lahan bekas tambang dimulai dengan masalah teknis reklamasi lahan bekas tambang sampai kepada masalah peraturan dan perundang-undangan yang ada serta lemahnya komitmen pengambil kebijakan dan pelaksana kebijakan, serta lemahnya penegakan hukum. Kondisi ini diperparah dimasa otonomi, dimana sumberdaya alam dikuras secara berlebihan untuk berbagai kegiatan politik. Kebijakan yang diambil para pemegang kekuasaan sering tidak pro pada pelestarian kualitas dan daya dukung sumberdaya alam.

Berdasarkan hasil penilaian kesesuaian lahan yang dilaksanakan oleh Badan Penelitian dan Pengembangan melalui Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian (Tim Peneliti BBSDLP 2016) sebagian besar lahan bekas tambang timah di Provinsi Kepulauan Bangka dan Belitung tergolong Kelas Tidak Sesuai Saat Ini (Kelas N1) untuk pertanian (51,47%), Kelas Sesuai Marjinal atau S3 (29,87%) tergolong tidak sesuai atau Kelas N2 (8,93%), dan berupa kolong seluas 124.838 ha atau 9,73% Lahan-lahan yang tergolong Kelas N1 dan S3 masih memungkinkan dimanfaatkan untuk pengembangan areal pertanian, baik tanaman pangan, hortikultura, perkebunan dan peternakan tetapi memerlukan biaya investasi agar dapat menghasilkan. Salah satu dukungan kebijakan yang diperlukan adalah penyediaan sumber modal untuk investasi dan biaya operasional penerapan teknologi rehabilitasi lahan bekas tambang untuk usaha pertanian. Apabila peraturan perundangan terkait dengan kewajiban pihak penambang untuk melakukan reklamasi, penataan dan revegetasi lahan bekas tambang, maka tahap selanjutnya yang diperlukan adalah kegiatan rehabilitasi lahan bekas tambang untuk kegiatan budidaya pertanian yang sesuai dengan kelas kesesuaian tanamannya, baik tanaman pangan, hortikultura, perkebunan, atau kayu-kayuan (tanaman kehutanan).

Teknologi rehabilitasi lahan bekas tambang sudah cukup banyak diteliti dan dikembangkan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian melalui BBSDLP telah melakukan demonstrasi plot pengelolaan lahan bekas tambang timah di Kabupaten Bangka Tengah, Babel. Kunci keberhasilan rehabilitasi lahan bekas tambang timah adalah “investasi” bahan organik dan pemupukan berimbang. Sumber bahan organik bisa berupa pupuk kandang atau kotoran hewan/ternak, biomass sisa-sisa tanaman dan tanaman penutup tanah. Investasi pupuk kandang sebanyak 30-40 ton/ha sangat diperlukan agar tanaman bisa tumbuh dan menghasilkan. Pemberian pupuk kandang tersebut perlu dimbangi dengan penanaman tanaman penutup tanah seperti mukuna (bunguk) dan pemupukan berimbang sesuai dengan jenis tanaman yang akan dikembangkan. Bukan hanya pupuk sumber hara makro, tetapi juga diperlukan pupuk sumber hara mikro karena kesuburan tanah pada lahan bekas tambang sangat rendah.

Rekomendasi

Pemanfaatan lahan bekas tambang timah untuk budidaya pertanian dapat dilakukan dengan pendekatan pengembangan pertanian terpadu atau terintegrasi antara komoditas pertanian, tanaman pakan ternak, dan usaha peternakan. Apapun jenis komoditas pertanian yang akan dikembangkan pada wilayah tersebut harus didahului dengan pengembangan atau penguasaan peternakan dan rumput pakan ternak.

PENUTUP

Areal lahan bekas tambang merupakan lahan yang potensial ditinjau dari segi luasan untuk dimanfaatkan sebagai lahan budidaya pertanian dalam menunjang peningkatan produksi komoditas pertanian mendukung swasembada pangan. Tanah pada lahan bekas tambang timah merupakan tanah yang sudah terdegradasi berat, sehingga pemanfaatannya untuk pertanian diperlukan inovasi teknologi perbaikan kualitas tanah agar dapat mendukung pertumbuhan dan produksi tanaman yang optimal.

Telah banyak teknologi peningkatan kualitas tanah yang dihasilkan berdasarkan penelitian penelitian terdahulu di lahan bekas tambang timah. Dalam implementasinya teknologi yang diperlukan tersebut haruslah teknologi yang sesuai dengan kondisi agroekosistem setempat termasuk kondisi social dan ekonomi petani setempat. Disamping itu diperlukan pula sosialisasi teknologi yang akan diimplementasikan serta bimbingan baik teknis dan nonteknis dalam penerapannya. Bimbingan dan penyuluhan perlu dilakukan secara rutin dan berkesinambungan kepada para pelaku pertanian, pertambangan dan pemangku kebijakan sehingga ada kesamaan persepsi dan preferensi diantara unsure-unsur tersebut.

Selain dukungan yang bersifat teknis, adanya dukungan kebijakan yang kondusif dari para stake holder atau para pemangku kebijakan dalam bentuk peraturan-peraturan lokal dan atau undang-undang yang telah diberlakukan serta dalam pelaksanaannya diperlukan komitmen yang kuat antara stake holder dan pelaku pertambangan serta pelaku pertanian. Dengan demikian diharapkan tidak terjadi konflik kepentingan antara pemerintah, pelaku pertambangan dan pelaku pertanian tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Kepala Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian dan Kepala Balai Tanah atas dukungan dalam penyusunan naskah ini. Terima kasih disampaikan kepada teman - teman sejawat peneliti yang telah membantu memberikan informasi dan tambahan referensi. Dalam makalah ini Umi Haryati dan Irawan adalah sebagai kontributor utama.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F. dan Widiyanto. 2004. Petunjuk Praktis Konservasi Pertanian Lahan Kering. World Agroforestry Centre. ICRAF. Southeast Asia. Bogor.
- Alfa, M.I., Ajibike, M.A., Adie, D.B., and Mudiare, O.J. 2018. Assessment of the effect of land use /land cover changes on total runoff from Ofu River catchment in Nigeria. J. Degrade. Min. Land Manage, 5(3): 1161-1169, DOI: 10.15243/jdmlm. 2018.053.1161.
- Anshari, M.F., Boedianto, E., Fernandes, A.A.R., and Arisoesilaningsih, E. 2018. Hydroseeding application using pioneer local plant seeds for coal postmining soil in Tanah Laut Regency, South Kalimantan. J. Degrade. Min. Land Manage, 5(4): 1335-1345. Doi: 10.15243/jdmlm. 2018.054.1335.
- Ali, E.M. 2008. Kebijakan Lingkungan hidup d Propinsi Kepulauan Bangka Belitung. Makalah Seminar Bangka I Conex (21-24 November 2008). Pangkalpinang, Bangka.
- Agustian, A., Kariyasa, K., Friyatno, S., Suci, K., dan Suryadi, M. 2016. Potensi lahan dan karakteristik sosial ekonomi pengembangan pertanian pada lahan bekas tambang timah di Provinsi Bangka dan Belitung. Makalah disampaikan dalam Kongres HGI dan Seminar Nasional Pengelolaan Lahan Suboptimal Berkelanjutan, Bogor 26-28 Oktober 2016.
- Asmarhansyah, Issukindarsyah, Pertiwi, M.D, Hermawan, A., Estika, P.E, Rusmawan, D., Muzammil, dan Sutiman. 2010. Pengkajian System Pengelolaan Hara Tanah Dan Percepatan Usaha Pertanian Pasca

Penambangan Timah. Laporan Akhir Pengkajian. BPTP Kepulauan Bangka Belitung. 42 hlm.

- Asmarhansyah dan Subardja, D. 2012. Strategi pemanfaatan lahan bekas tambang timah untuk kegiatan pertanian produktif di Kepulauan Bangka Belitung. Hlm. 479-489 *Dalam* Rejekiningrum *et al.* (Eds.): Prosiding Nasional Sumberdaya Lahan Pertanian. Banjarbaru, 13-14 Juli 2011. Buku I. Inovasi Teknologi Pengelolaan Sumberdaya Tanah dan Tanaman. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian.
- Asmarhansyah. 2015. Characteristics of physical and chemical properties of former-tin mining areas for crop production in Bangka Island. *In* Rejekiningrum *et al.* (Eds.): Prosiding Nasional Sistem Informasi dan Pemetaan Sumberdaya Lahan Mendukung Swasembada Pangan. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan. Bogor.
- Asmarhansyah. 2016. Improving soil properties and yield of corn (*Zea mays* L.) by application of organic amendment on abandoned tin-mining areas in Bangka Island. *Jurnal Trop Soils*, 21 (3): 141-151. Doi: 10.5400/jts.2016.v21i3. 141-151.
- Asmarhansyah. 2017. Inovasi teknologi untuk peningkatan produktivitas lahan bekas tambang timah. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 11(2): 91-106. Doi: 10.21082/jsdl.v11n2.2017.91-106.
- Bapedalda Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. 2007. Kondisi kerusakan lingkungan hidup di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Bahan Presentasi Bapedalda Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, Pangkalpinang.
- Dariah, A., Rachman, A., dan Kurnia U. 2004. Erosi dan degradasi lahan kering di Indonesia. Hlm. 1-11. *Dalam* Kurnia *et al.* (Eds): Konservasi Tanah dan Air. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Badan Litbang Pertanian.
- Dariah, Abdurachman, A., dan Subardja, D. 2010. Reklamasi lahan eks-penambangan untuk perluasan areal pertanian. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 4(1):1-12.
- Dubey, K., Singh, V.K., Mishra, C.M., and Kumar A. 2006. Use Of Biofertilizer for Reclamation of Silica Mining Area. Makalah disampaikan pada Billings Land Reclamation Symposium, 4 – 8 Juni 2006.
- Dong-sheng, Z., Gang-wei, F., Li-qiang, M., Wang, An, and Yu-de, L. 2009. Harmony of largescale underground mining and surface ecological environment protection in desertdistrict - a case study in Shendong mining area, northwest of China. *Procedia Earth and Planetary Science*, Vol.1 pp 1114–1120.

- Elfida. 2007. Analisis pola spasial tambang timah rakyat sebagai masukan dalam penentuan kebijakan tata ruang di Kabupaten Bangka. Tesis. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Erfandi, D. 2017. Pengelolaan Lansekap Lahan Bekas Tambang : Pemulihan Lahan dengan Pemanfaatan Sumberdaya Lokal (*in-situ*). Jurnal Sumberdaya Lahan, 11(2) : 55 – 66. DOI: 10.21082/jsdl.v11n2.2017.55-66.
- Fellet, G., Marchiol, L., Vedove, G.D., and Peressotti A. 2011. Application of biochar on mine tailings: Effects and perspectives for land reclamation. 83 (9): 1262-126783. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2011.03.053.
- Ferry, Y. dan Balitri. 2011. Penanaman lada di bekas tambang timah. Sinar tani, Edisi 23 Pebruari - 1 Maret 2011 No.3394 Tahun XLI.
- Ferry, Y. 2011. Inovasi praktis atasi masalah perkebunan rakyat. Jurnal Agro Inovasi 3394, Hlm. 2 - 15.
- Grant, C.D., Campbell, C.J., and Charnock, N.R. 2002. Selection of species suitable for derelict mine site rehabilitation in New South Wales, Australia. Water, Air and Soil Pollution, 139: 215-235.
- Hanura. 2005. Perbaikan Sifat Kimia Bahan *Tailing* Asal Lahan Pasca Penambangan Timah Yang Diberi Kompos Dan Pengaruhnya Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kedelai. Thesis. Program Studi Ilmu Tanaman Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya.
- Haryati, U., Thamrin, M., dan Suwardjo. 1989. Evaluasi beberapa model teras pada Latosol Gunasari DAS Citanduy. Hlm. 187-195 *Dalam* Prosiding Pertemuan Teknis Penelitian Tanah: Bidang Konservasi Tanah dan Air. Bogor, 22-24 Agustus 1989. Puslitbangtanak, Bogor.
- Haryati, U., Subagyo, K., Tala'ohu, S.H., Sutono, dan Adimihardja, A. 2007. Aplikasi mulsa dan teknik irigasi untuk tanaman cabai lahan kering pada Typic Kanhapludults Tamanbogo, Lampung. Hlm 31-46. *Dalam* Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor, 14 - 15 September 2006. Buku III. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Litbang Pertanian. Departemen Pertanian.
- Haryati, U. 2010. Peningkatan Efisiensi Penggunaan Air untuk Pertanian Lahan Kering Berkelanjutan Melalui Berbagai Teknik Irigasi pada Typic Kanhapludult Lampung. Desertasi. Program Studi Ilmu Tanah, Sekolah Pascasarjana, IPB. Bogor.
- Haryati U., Sutono, S., dan Rachman A. 2017. Rekomendasi Teknologi Konservasi Tanah untuk Penanggulangan Faktor Pembatas pada Tipe Agroekosistem Lahan Kering Hlm : 381-406 *Dalam* Agus *et al.* (Eds.) Strategi dan Teknologi Pengelolaan Lahan Berbasis Agroekosistem dan Kesesuaian Lahan untuk Pengembangan dan Peningkatan Produksi Komoditas Pertanian Strategis.

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian.
Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian.

- Haryati, U., Sutono, S., dan Subiksa, I.G.M. 2019. Pengaruh amelioran terhadap perbaikan sifat tanah dan produksi cabai rawit (*Capsicum frutescens*) pada lahan bekas tambang timah.
- Hasnelly, Z., Herwan, Nurhayati, Nuraini, Rahmat-Hasan. 2014. Hlm 354-363. *Dalam* Lokakarya Pengembangan Jejaring Litkaji Sistem Integrasi Tanaman-Ternak. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Kepulauan Bangka Belitung.
- Herjuna, S. 2011. Pemanfaatan Bahan Humat dan Abu Terbang Untuk Reklamasi Lahan Bekas Tambang. Thesis. Sekolah Pasca Sarjana. IPB. Bogor.
- Hermawan, A., Phoppy, A., dan Pertiwi, M.D. 2009. Penanganan Dampak Negatif Penambangan Timah pada Sistem Produksi Pertanian: Tinjauan teoritis analisis ekonomi. Buku I, Semilokan Inovasi Sumberdaya Lahan. Hlm. 347-362.
- Jones, C., Jacobsen, J. 2005. Plant Nutrition and Soil Fertility. MSU Extension Services. Montana State University, Bozeman, MT 59717.
- Juhri, D.A. 2017. Pengaruh logam berat (kadmium, kromium, dan timbal) terhadap penurunan berat basah kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forsk) sebagai bahan penyuluhan bagi petani sayur. Jurnal Lentera Pendidikan Pusat Penelitian LPPM UM Metro, 2 (2): 220-229.
- Kundu, N.K. and Ghose, M.K. 1997. Soil profile Characteristic in Rajmahal Coalfield area. Indian Journal of Soil and Water Conservation, 25(1): 28-32.
- Latifah, S. 2000. Keragaman Pertumbuhan *Acacia mangium* Wild pada lahan bekas tambang timah (studi kasus di area kerja PT. Tambang Timah). Tesis Magister Ilmu Kehutanan Program Pascasarjana IPB, Bogor.
- Latifah, S. 2003. Kegiatan Reklamasi Lahan Pada Bekas Tambang. Program Ilmu Kehutanan, Jurusan Manajemen Hutan, Universitas Sumatera Utara.
- Martin-Crespo, T., Ignacio-San, Jose, C.D., Gomez-Ortiz, D., Martin-Velazquez, S., and Lillo-Ramos, J. 2010. Monitoring study of the mine pond reclamation of Mina Concepcion, Iberian Pyrite Belt (Spain). Environ Earth Sci., 59: 1275-1284.
- Mulyanto, B. 2008. Hubungan fungsi tanah dan kelembagaan pengelolaan kawasan pasca tambang. Makalah disampaikan dalam Seminar dan Workshop Reklamasi dan Pengelolaan Kawasan Tambang Pasca Penutupan Tambang. Pusat Studi Reklamasi Tambang. LPPM-Institut Pertanian Bogor, 22 Mei 2008.

- Narendra, B.H. dan Pratiwi. 2014. Pertumbuhan *Cover crops* pada lahan *overburden* bekas tambang timah di Pulau Bangka. *Indonesian Forest Rehabilitation Journal*, 2 (1): 15-24.
- Noviardi, Razizta, Irianta, Sukmayadi, B., Kumoro, D., Djakamiharja, Y., dan Subarja, A. 2003. Studi pengelolaan dan pemanfaatan lahan bekas penambangan timah di Pulau Bangka. <http://opac.geotek.lipi.go.id>. [10 Februari 2015].
- Nurtjahya, E., Setiadi, D., Guhardja, E., Muhadiono, dan Setiadi, Y. 2007b. Populasi *Collembola* di lahan revegetasi tailing timah di Pulau Bangka. *Biodiversitas*.Vol. 8 (4): 309-313.
- Nurcholis, M., Wijayani, A., and Widodo, A. 2013. Clay and organic matter applications on the coarse quartzzy tailing material and the sorghum growth on the post tin mining at Bangka Island. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 1(1):27- 32.
- Nurcholis, M., Wijaya, M., and Ratminah, W.D. 2018. Application of biostimulant and CaO to remediate acid mine drainage on the coal mining land in Lampung Sumatra Island. *Journal Degraded Mining Lands Managememnt*, 5(4): 1347-1354, Doi: 10.15243/jdmlm. 2018.054.1347.
- PT. Timah. 2013. Reklamasi Lahan Bekas Tambang P.T. Timah (Persero) Tbk Disampaikan Pada Lokakarya Memantapkan Upaya Rehabilitasi Lahan Bekas Tambang Melalui Peningkatan Kapasitas Pelaksana. Bogor, 11---12 September 2013
- Rachman, A., Sutono, Irawan, dan Suastika, I.W. 2017. Indikator kualitas tanah pada lahan bekas penambangan. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 11(1): 1- 10. Doi: <http://dx.doi.org/10.21082/jsdl.v11n1.2017.1-10>.
- Romero, E., Benitez, E., and Nogales, R. 2005. Suitability of wastes from olive-oil industry for initial reclamation of a Pb/Zn mine tailing. *Water, Air, and Soil Pollution*, 165: 153–165.
- Sams, J.I. and Beer, K.M. 2000. Effects of Coal-mine Drainage on Stream Water Quality in the Allegheny and Monongahela River Basin: Sulfate Transport and Trends (pp. 1-23). US Department of the Interior, US Geological Survey, National Water Quality Assessment Program.
- Simate, G.S. and Ndlovu S. 2014. Acid mine drainage: Challenges and opportunities. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2(3):1785-1803. Doi: 10.1016/j.jece.2014.07.021.
- Setiadi, Y. 2006. The revegetation strategies for rehabilitating degraded land after mine operation. www.mm.helsinki.fi. (diakses tanggal 24 Nopember 2019).
- Sheoran, A.S., Sheoran, V., and Poonia, P. 2008. Rehabilitation of mine degraded land by metallophytes. *Mining Engineers Journal*, 10 (3) :11-16.

- Simarmata, T. 2007. Revitalisasi kesehatan ekosistem lahan kritis dengan memanfaatkan pupuk biologis mikoriza dalam percepatan pengembangan pertanian ekologis di Indonesia. *VISI* (2007), 15 (3): 289 – 306.
- Sitorus, S.R.P., Kusumastuti, E., dan Badri, L.N. 2008. Karakteristik dan teknik rehabilitasi lahan pasca penambangan timah di Pulau Bangka dan Singkep. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 27: 57 – 74.
- Subardja, D., Kasno, A., Suryani, E. 2010a. Teknologi pemulihan lahan bekas tambang timah untuk pertanian di Bangka Belitung. Hlm. 369-382 *Dalam* Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pemupukan dan Pemulihan Lahan Terdegradasi. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian. Jakarta.
- Subardja, D., Kasno, A., Sutono, dan Sosiawan, H. 2010b. Identifikasi dan karakterisasi lahan bekas tambang timah untuk pencetakan sawah baru di Perlang, Bangka Tengah. Hlm. 109 -122. *Dalam* Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor, 30 November - 1 Desember 2010.
- Subardja, D. A. Kusno, dan Sutono. 2012. Teknologi pencetakan sawah pada lahan bekas tambang timah di Bangka Belitung. 2012. Hlm. 111-122. *Dalam* Prosiding Seminar Nasional Topik Khusus Teknologi Pemupukan dan Pemulihan Lahan Terdegradasi. BBSDLP, Bogor.
- Subagyo, K., Haryati, U., dan Talao'hu, S.H. 2004. Teknologi Konservasi Air Pada Pertanian Lahan Kering.
- Sujitno, S. 2007. Sejarah Penambangan Timah di Indonesia Abad ke-18 – Abad ke-20, PT. Timah (Persero) Tbk, Pangkalpinang.
- Sukarman, Agustian, A. 2016. Survai, Pemetaan Lahan dan Analisis Sosial Ekonomi di Bekas Tambang. Laporan Akhir Rencana Operasional Penelitian. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian.
- Sukarman dan Husnain. 2016. Karakteristik Lahan Bekas Tambang dan Permasalahannya di Bangka Belitung dan Pulau Buru *Dalam* Pasandaran *et al.* (Eds.): Sumberdaya Lahan dan Air. Prospek Pengembangan dan Pengelolaan. Hal :54-71. IAARD Press.
- Sukarman dan Gani, R.A. 2017. Lahan bekas tambang timah di Pulau Bangka dan Belitung dan kesesuaiannya untuk komoditas pertanian. *Jurnal Tanah dan Iklim* 41 (2): 92 – 100.
- Sukmana, S., Syam, M., dan Adimihardja, A. 1990. Petunjuk Teknis Usahatani Konservasi Daerah Aliran Sungai. Proyek Penelitian Penyelamatan Hutan Tanah dan Air (P3HTA). Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian. 84 p.
- Suryani, E., Saleh, Khadijah, N.S. 2007. Pengaruh dua jenis tanah bekas tambang timah dan dosis pupuk kandang terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman

kacang tanah (*Arachis hypogaeae* L). Prosiding Seminar Nasional Dukungan Terhadap Teknologi Pertanian Dalam Upaya Peningkatan Produksi dan pendapatan Usahatani.

- Sutono, S., Haryati,U., dan Agus, F. 2018. Karakteristik tanah dan strategi rehabilitasi lahan bekas tambang timah di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 12 (2): 99-116. Doi: 10.21082/jsdl.v12n2.2018.99-116
- Tim Peneliti BBSDLP. 2016. Atlas Peta Tanah Lahan Bekas Tambang Tingkat Semi Detail Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Kementerian Pertanian. 158 Hlm.
- Tjhiaw, G., Djohan, T.S. 2009. Suksesi vegetasi alami di bekas tambang timah pulau Bangka (Succession of natural vegetation in post tin mining Bangka Island). *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 16(1): 23-41.
- Wong, M.H. 2003. Ecological restoration of mine degraded soils, with emphasis on metal contaminated soils. *Chemosphere* 50,775–780.
- Yang, J.E, Skousen, J.G, Yong-Sik, Ok, Kyung-Yoal, Yoo, and Hee-Joung, K. 2006. Reclamation of abandoned coal mine waste in Korea using lime cake by-products. *Mine Water and the Environment* 25: 227–232.
- Zipper, C.E., Burger, J.A., Barton, C.D., and Skousen, J.G. 2012. Rebuilding soils on mined land for native forests in Appalachia. *Soil Science Society of American Journal*, 77:337-349. Doi: <https://doi.org/10.2136/sssaj2012.0335>.

PENINGKATAN PRODUKTIVITAS TANAH BERPASIR

Yiyi Sulaeman dan Sukarman

Pada saat ini untuk mendapatkan lahan yang dapat dijadikan sebagai lahan pertanian baru semakin sulit. Menurut Mulyani dan Agus (2017) untuk mendapatkan areal perluasan baru lahan pertanian dapat diarahkan ke lahan terlantar, salah satu diantaranya adalah tanah pasir/tanah berpasir. Selanjutnya Sukarman *et al.* (2017) menyatakan bahwa tanah pasir adalah tanah yang penyusunnya sebagian besar berupa bahan tanah berukuran pasir (*sand*) yaitu partikel tanah yang berukuran antara 0,05 - 2,0 mm.

Berdasarkan bahan yang membentuk tanah tersebut, tanah pasir dapat dipilah menjadi: (1). Tanah pasir vulkanik, (2). Tanah pasir endapan, (3). Tanah pasir pantai, (4). Tanah pasir bekas tambang, dan (5). Tanah pasir dari batuan sedimen. Tanah pasir vulkanik umumnya berasal dari bahan piroklastika hasil erupsi gunung berapi seperti yang dijumpai di lereng Gunung Sinabung (Sukarman dan Suparto 2015; Anda *et al.* 2016), lereng G. Merapi (Wahyunto *et al.* 2012). Tanah pasir pantai banyak dijumpai antara lain di pantai selatan P. Jawa yang memanjang mulai dari Jawa Tengah bagian barat sampai ke Jawa Timur. Sementara itu tanah pasir di lahan bekas tambang timah (*tailing*) banyak dijumpai di Pulau Bangka dan Belitung (BBSDL 2016). Sedangkan tanah pasir yang berasal dari endapan/batuan sedimen adalah tanah yang terbentuk dari endapan pasir dan batupasir (*sandstone*). Tanah pasir yang berkembang dari endapan pasir yang didominasi oleh pasir kuarsa adalah tanah Spodosols atau Podsol (Prasetyo *et al.*, 2006).

Secara nasional tanah berpasir menyebar terpencar-pencar dalam luasan yang kecil. Tetapi, tanah ini merupakan sumber penghidupan utama bagi masyarakat setempat. Tanah berpasir merupakan salah satu sumberdaya potensial pada kondisi tanah yang produktif untuk pertanian yang semakin terbatas. Kecuali tanah pasir dari bahan vulkanik, tanah pasir lainnya merupakan tanah bermasalah karena selain bertekstur yang kasar, juga mempunyai ketersediaan hara yang sangat rendah. Tanah berpasir pun semakin menarik perhatian yang diperkuat oleh adanya contoh keberhasilan dibudidaya pertanian tanah berpasir. Namun demikian dengan pengelolaan yang tepat, tanah ini dapat dijadikan sebagai lahan pertanian yang produktif. Jenis paket teknologi yang diperlukan, pemahaman karakteristik tanah berpasir, dan sebarannya merupakan tiga unsur utama yang harus diperhatikan dalam budidaya tanah berpasir. Tanah berpasir dapat digunakan untuk budidaya tanaman pangan semusim, tanaman sayuran, tanaman tahunan dengan pola tumpangsari atau tumpang gilir.

Tanah pasir kuarsa yang umumnya bukan merupakan tanah pasir vulkanik, yaitu tanah Podsol, Regosol Kuarsik, serta *tailing* bekas tambang timah, secara umum dan alami tidak cocok untuk pembudidayaan tanaman semusim/umur pendek. Tanah jenis ini sangat sedikit mengandung unsur hara, baik mikro maupun makro, serta mineral lainnya. Jika ditanami, tanaman tidak mendapat hara dalam jenis dan jumlah yang cukup baik untuk pertumbuhan apalagi untuk pembungaan/ pembuahan. Tanah ini banyak dijumpai di Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Kalimantan Timur, Kepulauan Bangka-Belitung dan Papua. Berdasarkan hasil penelitian dan percobaan yang dilakukan Badan Litbang Pertanian dan beberapa Universitas di Indonesia, dengan pengelolaan yang tepat dengan teknik pengolahan tanah yang tepat dapat menghasilkan produksi yang tinggi.

Tulisan ini bertujuan untuk memberikan informasi sebaran dan karakteristik tanah pasir, teknologi tersedia yang dapat digunakan untuk meningkatkan produktivitas tanah berpasir, meliputi teknologi pengelolaan lahan, varietas, dan budidaya.

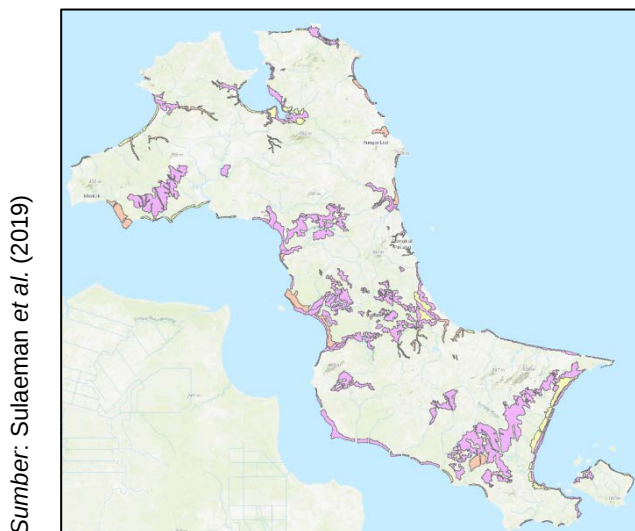
SEBARAN SPASIAL TANAH BERPASIR

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDL P) telah mempublikasikan atlas peta tanah skala 1:50.000 untuk seluruh kabupaten dan kota se-Indonesia. Kelebihan dari atlas peta ini adalah bahwa satuan peta tanah dibatasi secara lebih detil dibandingkan dengan peta tanah skala 1:250.000. Dalam peta ini, tanah berpasir tidak secara eksplisit dinyatakan dalam keterangan peta tanah. Dalam legenda peta tanah diterangkan tentang sifat tanah berupa nama tanah berdasarkan klasifikasi tanah nasional dan Taksonomi Tanah, drainase, kedalaman solum, tekstur tanah, reaksi tanah, kapasitas tukar kation dan kejenuhan basa. Selain itu diberikan juga keterangan mengenai landform, bentuk wilayah, bahan induk, serta proporsi luasan nama tanah di setiap satuan peta tanah. Nama tanah yang bertekstur pasir dalam klasifikasi tanah nasional yang digunakan adalah Jenis tanah Regosol, Arenosol dan Podsol (Subardja *et al.*, 2016).

Berdasarkan hal tersebut di atas, untuk tujuan identifikasi sebaran tanah berpasir, setidaknya ada tiga tahap kegiatan perlu dilakukan yaitu: (i) membuat konversi nama tanah ke tanah berpasir, (ii) menghitung luasan nama tanah yang tergolong tanah berpasir tadi untuk setiap satuan peta tanah, dan (iii) memberikan label kepada setiap nomor satuan peta tanah yang memiliki tanah berpasir proporsinya dalam satuan peta tanah, dimana kode proporsi (P, D, M, T) disesuaikan warnanya. Kode ini untuk memberikan pembaca peta kemungkinan keliru informasi dari sebaran tanah berpasir. Tim BBSDL P menerapkan tahapan itu untuk identifikasi sebaran tanah bermasalah, termasuk di dalamnya tanah berpasir, seperti dibahas

oleh Sulaeman *et al.* (2019). Hasilnya mendapatkan bahwa luas tanah berpasir di Indonesia sekitar 2,1 juta ha atau sekitar 1,14% dari luas tanah nasional.

Gambar 1 menyajikan contoh sebaran tanah berpasir di Pulau Bangka. Peta ini mengidentifikasi areal tanah berpasir berdasarkan satuan peta tanah dan warna menunjukkan proporsi tanah berpasir di areal tersebut. Seperti dilihat, peta menyajikan 3 warna berbeda: warna kuning untuk kurang dari 50%, warna orange untuk 75% atau lebih dan sisanya antara 50-75%. Persentase ini juga sekaligus menunjukkan akurasi data 50% artinya setengah wilayah tersebut kemungkinan akan dijumpai tanah berpasir. Karena ini hanya estimasi saja, maka pemetaan tanah berpasir yang diperlukan dan dilakukan secara selektif sesuai dengan prioritas dan tujuan pemanfaatannya.



Gambar 1. Sebaran tanah berpasir di Pulau Bangka, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung

Tanah pasir umumnya dijumpai di sekitar pantai, pedalaman dataran rendah hingga di pegunungan. Perbedaan lokasi ini umumnya berhubungan dengan jenis dan tipe bahan penyusunnya. Tanah berpasir di sekitar pantai umumnya berupa pasir kuarsa warna putih atau bahan yang bersifat “inert” sulit didekomposisi. Contoh yang nyata adalah pasir putih di daerah pantai Parangtritis Yogyakarta atau wilayah pantai lainnya. Tanah berpasir di pedalaman dataran rendah juga bisa pasir kuarsa yang berwarna keputihan, seperti beberapa tanah berpasir di Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah dan Kalimantan Timur.

Jenis tanah pasir lainnya yang berasal dari batuan endapan adalah tanah pasir berupa *ironstone* yang berwarna kemerahan. Tanah ini terbentuk akibat tersingkapnya lapisan plintit seperti yang bisa dijumpai di wilayah Pleihari (Kalimantan Selatan), Bungamayang (Lampung) dan wilayah Kurik (Merauke). Penelitian mengenai karakteristik tanah Lateritik dari Pleihari pernah dilakukan oleh Achmad Hidayat pada tahun 1994-1995 (Hidayat 1996). Hidayat (1996) mengemukakan bahwa Lateritik di Pleihari terbentuk proses desilikasi dan akumulasi besi disertai proses pembentukan plintit dan konkresi besi serta proses *braunifikasi*. Tanah Laterit tersebut mempunyai susunan mineral pasir didominasi mineral resisten atau konkresi besi ($> 90\%$), sedangkan mineral mudah lapuk $< 1\%$. Selain kandungan hara makro, basa-basa serta KTK yang sangat rendah, juga mempunyai jerapan fosfat maksimum yang tergolong sangat tinggi.

Tanah pasir yang sering dijumpai adalah tanah pasir yang berasal dari sisa penambangan timah di Provinsi Kepulauan Bangka dan Belitung. Tanah pasir ini umumnya berupa tumpukan sisa hasil prosesing pencucian bahan yang mengandung timah. Umumnya bertekstur kasar, berwarna putih, sebagian besar berupa pasir kuarsa yang disebut *tailing*. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Sukarman dan Gani (2017) mendapatkan bahwa tanah bekas tambang yang berupa *tailing* di kedua pulau tersebut digolongkan kedalam tanah hasil ubahan manusia (antropogenik). Tanahnya tergolong kedalam tanah yang belum berkembang dengan susunan horison A-C. Klasifikasinya menurut klasifikasi Tanah Nasional (Subardja *et al.*, 2016) pada kategori Macam tanah sebagai Regosol Arenik, Regosol Kuarsik dan Regosol Distrik.

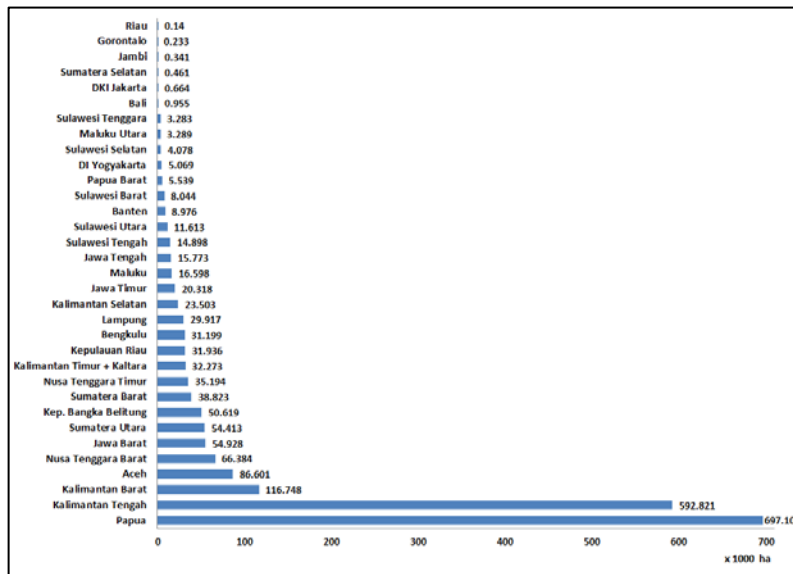
Tanah berpasir putih adalah tanah berpasir yang didominasi oleh pasir kuarsa. Tanah ini dapat dijumpai di wilayah Ketapang Kalbar, Kalimantan Tengah, Kalimantan Timur. Dalam klasifikasi tanah nasional tanah ini termasuk Jenis Tanah Podsol, Regosol (Kuarsik) (Subardja *et al.*, 2016).

Tanah berpasir di wilayah pegunungan vulkanik, merupakan fraksi pasir dari berbagai bahan piroklastik vulkanik, seperti di wilayah sekitar Gunung Sinabung (Sumatera Utara), Gunung Galunggung (Jawa Barat), Gunung Merapi (Jawa Tengah), Gunung Kelud, Gunung Bromo (Jawa Timur), Gunung Payung (Minahasa Tenggara), dan wilayah gunung api lainnya. Karakteristik tentang tanah pasir vulkanik hasil erupsi Gunung Sinabung dilakukan pada tahun 2012-2013 (Sukarman dan Suparto 2015) serta Anda *et al.* (2016). Sementara karakteristik tanah pasir vulkanik Gunung Merapi dilakukan oleh Anda *et al.* (2012) dan Wahyunto *et al.* (2012).

Gambar 2 menyajikan perkiraan luasan tanah berpasir menurut wilayah provinsi. Di Sumatera, tanah berpasir paling banyak dijumpai di Provinsi Aceh, Sumatera Utara, dan Kepulauan Bangka-Belitung. Di Pulau Jawa, tanah berpasir banyak dijumpai di Jawa Barat, Jawa Timur, Jawa Tengah. Di Kalimantan, tanah

berpasir berada banyak dijumpai di Kalimantan Tengah dan Kalimantan Barat. Di Sulawesi, tanah berpasir terdapat di Sulawesi Tengah dan Sulawesi Utara. Di wilayah Bali-Nusa Tenggara tanah berpasir berada di Provinsi Nusa Tenggara Barat. Di wilayah Maluku-Papua berada di Provinsi Maluku dan Papua.

Sumber: Sulaeman *et al.* (2019)



Gambar 2. Sebaran dan tipe tanah berpasir menurut Provinsi

Penyusunan bahan tanah berpasir dan cara pengendapannya, dan bentuknya (bulat atau tajam-tajam) membedakan produktivitas tanah berpasir. Dua hal ini saja cukup menunjukkan pengelolaan yang spesifik dari tanah berpasir. Tanah berpasir dari sekitar sungai besar, kualitas bahan penyusunnya ditentukan oleh bahan di daerah hulunya. Jika daerah hulunya kaya akan bahan vulkanik piroklastik atau intrusi, maka tanahnya biasanya subur. Tetapi jika wilayah hulu berupa batupasir, maka tanah berpasir kurang subur dibandingkan yang berasal dari vulkanik. Tanah berpasir karena endapan marin di pinggir pantai biasanya berupa pasir kuarsa, bahan yang sangat miskin hara secara alami. Tanah berpasir di daerah datar dan berbatasan dengan gambut juga banyak berasal dari pasir kuarsa yang juga tidak subur.

Tanah berpasir yang terbentuk akibat letusan gunung berapi tersusun dari berbagai bahan mineral yang umumnya kaya mineral mudah lapuk dan subur. Menurut Sukarman *et al.* (2020) tanah yang berasal dari erupsi gunung berapi umumnya banyak mengandung mineral-mineral primer sebagai sumber unsur hara tanah esensial seperti kalsium (Ca), kalium (K), magnesium (Mg), natrium (Na), besi (Fe), fosfat (P), dan belerang (S), serta unsur hara mikro seperti boron (B), mangan

(Mn) dan tembaga (Cu). Adanya kandungan unsur-unsur hara tersebut dalam mineral primer menandakan tanah vulkanik secara potensial maupun aktual mempunyai kesuburan yang tinggi. Sentra sayuran di Berastagi, Sumatera Utara, Pacet, Pengalengan dan Lembang di Jawa Barat, Dataran tinggi Dieng di Jawa Tengah hingga ke Batu di Jawa Timur adalah tanah dari pasir vulkanik, yang berwarna kehitaman. Sentra Salak di Minahasa Tenggara dan Salak Pondoh di Kabupaten Sleman Yogyakarta juga tanahnya berupa berasal pasir vulkanik berwarna kehitaman.

Di Sulawesi, tanah berpasir biasanya terbentuk dalam talus, yaitu kipas-kipas aluvial atau karena proses urugan bahan. Tanah berpasir dari kipas aluvial di wilayah Donggala merupakan sentra Kakao dan kelapa. Di daerah ini bahan pasir berasal dari granit atau dasit, yang gambar/peta wilayah pengendapannya menyudut menandakan terjadi akibat proses koluviasi.

Di daerah semiarid seperti di Provinsi Nusa Tenggara Timur dan Nusa Tenggara Barat tanah berpasir yang dijumpai umumnya terbentuk karena pelapukan yang tidak intensif. Oleh karena itu di wilayah ini tanah berpasir tersebut bercampur dengan kerikil, kerakal dan sering berbatu. Bahan induknya berupa batuan intrusi vulkan berupa granit atau dari bahan berkapur. Curah hujan rata-rata tahunan maupun bulanan yang sangat rendah menyebabkan lambatnya pelapukan sehingga terbentuk tanah dangkal berbatu.

Tanah berpasir dapat dibedakan berdasarkan warnanya sebagai tanah berpasir hitam, tanah berpasir putih, dan tanah berpasir kemerahan. Tanah berpasir hitam ini dijumpai di daerah sekitar gunung api. Tanah hitam didominasi oleh fraksi pasir yang berupa mineral-mineral berwarna kelam. Tanah-tanah di sekitar Gunung Merapi seperti di Kabupaten Sleman termasuk kategori ini. Tanah seperti ini juga dijumpai di sekitar Gunung Payung di Kabupaten Minahasa Selatan yang merupakan tanah produktif untuk jagung dan salak lokal. Tanah ini termasuk tanah Andisols (Typic Udivitrands, Typic Ustivitrands) atau Entisols (Typic Udipsamment, Typic Ustipsamment).

Tanah berpasir kemerahan adalah tanah berpasir yang didominasi oleh kromos. Kromos adalah batu besi (*ironstone*) dengan aneka ukuran diameter. Tanah berpasir kemerahan dapat diamati di daerah Bungamayang (Lampung), Pleihari (Kalsel) dan beberapa tempat di Papua bagian selatan yang terjadi ketika lapisan plintit yang dulunya di bawah permukaan tanah kemudian tersingkap akibat lapisan atas yang mulai menipis. Tanah ini termasuk tanah yang dulunya adalah termasuk kedalam tanah Podsolik Plintik, Oksisol Plintik dan Lateritik (Subardja *et al.* 2016).

KARAKTER KHUSUS TANAH BERPASIR

Tanah terdiri dari partikel-partikel pasir, debu dan liat dalam berbagai perbandingan. Tanah berpasir didominasi oleh partikel pasir namun proporsinya beragam antar tempat. Selain itu, tanah berpasir bisa juga bercampur dengan fraksi yang lebih besar yaitu kerikil, kerakal, dan batu. Tanah berpasir yang berkerikil dan berbatu banyak dijumpai di lahan kering beriklim kering. Menurut Mulyani dan

Mamat (2019) di Provinsi Nusa Tenggara Barat dan Nusa Tenggara Timur, banyak dijumpai tanah berpasir yang berkerikil dan berbatu. Produktivitas tanah berpasir ini sangat ditentukan oleh kandungan liatnya.

Tabel 1 menunjukkan contoh profil tanah berpasir yang menurut klasifikasi tanah tergolong Typic Udipsamments. Tanah berada pada landform teras marin subresen, dataran pantai dan dataran pasang surut. Meski semua fraksi pasir dominan, namun kandungan fraksi liat beragam. Adanya perbedaan kandungan fraksi liat dan fraksi debu ini yang menyebabkan struktur ruang pori dan total pori serta kemampuan memegang air yang beragam, juga termasuk agregasi tanahnya.

Tabel 1. Sebaran ukuran butir dan kesuburan tanah pasir (Typic Udipsamments)

Kedalaman	Pasir	Debu	Liat	pH H ₂ O ₂	pH KCl	C	N	C/N	P ₂ O ₅ ⁻ Tot	K ₂ O Tot	P ₂ O ₅ Bray
AG 15. Typic Udipsamments Kurik (Merauke), dataran pasang surut, endapan pasir, perkebunan besar, kelapa											
0 – 13	89	6	5	7,8	7,3	2,62	0,21	13	311	93	15,3
13 – 52	91	7	2	8,5	7,5	0,14	0,02	7	121,0	94	2,5
52 – 70	93	1	6	8,7	7,7	0,11	0,01	11	115,0	101	1,3
70 – 90	57	17	26	8,7	7,8	0,66	0,07	9	87,0	140	0,6
90 – 104	94	6	-	8,7	8,5	0,14	0,01	14	127,0	100	1,5
104 – 140	66	14	20	8,8	8,1	0,35	0,03	12	90,0	134	1,5
HP 2. Aquic Udipsamment Pasahari (P. Seram), dataran pantai, endapan pasir, kayu besi dan kelapa											
0-16	66	11	6	5,2	4,2	0,74	0,08	9	36	36	-
16-45	73	11	1	6,8	5,3	0,35	0,03	12	9	22	-
45-75	67	12	7	5,6	4,6	0,05	-	-	-	-	-
75-110	72	8	3	5,5	4,5	0,09	-	-	-	-	-
0-17	98	2	0	4,2	3,2	1,80	0,10	18	2	2	-
17-38	99	1	0	4,5	3,7	0,36	0,02	18	1	1	-
38-61	98	1	1	5,0	4,3	0,33	0,02	17	0	1	-
61-97	97	2	1	5,0	4,5	0,29	0,01	29	1	1	-
97-157*	98	1	1	3,1	3,0	0,95	0,04	24	1	2	-
157-207*	90	5	5	2,7	2,6	1,90	0,04	48	4	3	-

*Horison spodik

Pada profil AG15, pH tanah termasuk basa berkisar dari 7,8 hingga 8,8, namun pada posisi Profil HP2 pH tanah tergolong masam yang berkisar dari 5,2 hingga 6,8. Dan ini wajar karena pada posisi HP2 tanah tergenang sehingga memungkinkan air tanah mengandung asam-asam organik. Kondisi pH ini akan mengatur kelarutan dari ion-ion dalam air tanah.

Kandungan karbon tanah juga sangat-rendah yang kurang dari 1%, yang mengindikasikan bahan organik tanah yang rendah, selain itu bahan organik tanah sudah tergolong matang seperti ditunjukan oleh CN rasio yang rendah. Artinya, aktivitas mikroba di sini terbatas karena sumber energi yang terbatas. Sementara itu, datanya menunjukkan adanya keragaman dalam kandungan P dan K total, yang sangat dipengaruhi oleh penyusun mineralnya. Namun, P yang tersedia tergolong sangat rendah.

Tabel 2. Kandungan basa-basa dan kapasitas tukar kation pada tanah berpasir (Typic Udipsamments)

Kedalaman	Ca	Mg	K	Na	Sum	CTC	KB	Al	H
AG 15. Typic Udipsamment Kurik (Merauke), dataraan pasang surut, endapan pasir, perkebunan besar, kelapa									
0 – 13	24,9	5,4	0,4	0,3	31,0	15,5	>100	0,00	0,02
13 – 52	13,5	3,5	0,9	0,2	18,1	6,4	>100	0,00	0,00
52 – 70	18,9	4,3	1,3	0,4	24,9	6,4	>100	0,00	0,00
70 – 90	30,4	12,0	2,6	1,4	46,4	16,9	>100	0,00	0,00
90 – 104	16,2	4,3	1,5	0,5	22,5	6,4	>100	0,00	0,00
104 -140	29,1	10,8	1,7	1,2	42,8	10,9	>100	0,00	0,00
HP 2, Aquic Udipsamment Pasahari (P. Seram), dataran pantai, endapan pasir, kayu besi dan kelapa)									
0-16	4,1	1,4	0,1	0,2	5,8	6,4	91	0	0,2
16-45	4,1	1,1	0,1	0,2	5,6	1,9	100	0	0,1
45-75	7,8	3,9	0,1	0,3	12,1	8,5	100	0	0,1
75-110	6,1	1,8	0,1	0,3	7,3	4,8	100	0	0,1
P 3. Typic Haplorthods, Kabupaten Kutai, Kalimantan Timur ¹									
0-17	2,01	0,66	0,02	0,01	2,70	5,43	-	0,48	0,01
17-38	0,50	0,45	0,02	0,01	0,98	0,21	-	0,08	0,00
38-61	0,45	0,36	0,02	0,01	0,84	0,07	-	0,06	0,02
61-97	0,45	0,40	0,02	0,01	0,88	0,35	-	0,20	0,08
97-157*	0,51	0,48	0,02	0,02	1,03	12,46	-	3,61	2,79
157-207*	0,61	0,23	0,02	0,02	0,88	6,99	-	8,90	13,75

Sumber: Prasetyo et al. (2006) *horizon spodik

Tabel 2 menunjukkan kandungan basa-basa dan kapasitas tukar kation pada tanah berpasir. Kapasitas tukar kation tergolong sangat rendah, kurang dari 15 cmol/kg tanah. Profil HP2 mempunyai rejim kelembaban *aquic*, kandungan ion H cukup tinggi yang disebabkan karena adanya asam-asam organik yang terlarut di air tanah. Hal tersebut menunjukkan bahwa kemampuan tanah berpasir menyimpan kation-kation sangat rendah.

Kandungan basa-basa yang dapat dipertukarkan juga tergolong rendah hingga sangat rendah. Kandungan kalsium umumnya kurang dari 8 cmol/kg, magnesium umumnya kurang dari 2 cmol/kg, kalsium, kalium dan natrium umumnya pada kisaran dari 1 cmol/kg. Kandungan kalsium dan magnesium yang relatif tinggi pada profil AG15, diduga itu akibat perlakuan penambahan kapur pertanian yang biasa dilakukan oleh perusahaan untuk mengelola tanahnya. Pengapuran adalah cara ameliorasi yang baik untuk meningkatkan pH tanah dan penambahan kandungan kalsium.

Menurut definisinya, tanah berpasir mempunyai tekstur berpasir dan atau pasir berlempung atau kandungan fraksi pasir 80% atau lebih, yang diukur dari permukaan tanah hingga kedalaman 50 cm. Kedalaman ini adalah tempat akar tanaman tumbuh dan melakukan aktivitas penyerapan hara, yang pada akhirnya menentukan pertumbuhan dan perkembangan tanaman bagian atasnya.

Kasno dan Subardja (2010) meneliti tanah berpasir dari tanah Podsol/Spodosols, menyimpulkan bahwa tekstur tanahnya berpasir dengan kandungan pasir sekitar 69-98%. Tanah memiliki sifat masam, C organik bervariasi dari rendah sampai tinggi, rendah fosfat, kalium, magnesium dan kapasitas tukar kation (KTK). Sebaliknya, dalam horizon spodik, kandungan karbon organik, total nitrogen dan KTK lebih tinggi, serta aluminium yang ditukar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa horizon spodik di perkebunan kelapa sawit mempunyai ketebalan bervariasi antara 30 dan 70 cm.

Tanah pasir kuarsa banyak dijumpai di Pulau Bangka dan Belitung yang merupakan lahan bekas tambang timah. Tanah pasir ini merupakan limbah *tailing* dari prosesing bijih tambang timah yang menutupi lansekap baik di dalam maupun di luar lokasi penambangan (Sukarman dan Gani 2017). Hasil penelitian Nurtjahya dan Agustina (2015) mendapatkan bahwa penambangan timah di Pulau Bangka dan Belitung merubah kandungan pasir dalam tanah dari 70% menjadi 97%. Selanjutnya Dariah *et al.* (2010) mendapatkan bahwa limbah *tailing* ini mempunyai daya dukung yang sangat rendah untuk kehidupan flora maupun fauna, karena mempunyai tekstur tanah didominasi pasir kuarsa (>90%), dengan C organik <1%, sehingga kemampuan memegang hara dan air sangat rendah. Selain itu, kandungan hara, kapasitas tukar kation (KTK), dan kejenuhan basa (KB), tidak mendukung persyaratan tumbuh tanaman. Permasalahan yang serupa terjadi juga di lahan bekas tambang timah di Negara Malaysia. Menurut Ashraf *et al.* (2010) operasi penambangan timah di Malaysia menghasilkan area lahan *tailing* tandus yang meliputi areal seluas 250.000 hektar di daerah Bestari Jaya yaitu salah satu daerah penambangan timah tertua di Selangor, Malaysia.

Tabel 3. Komposisi mineral fraksi liat dan fraksi pasir dari tanah berpasir pedon P3

Kedalaman (cm)	Kuarsa	Fragmen batuan	Turmalin	Anatas	Zirkon	Kaolinit	Illit	Vermikulit
0 - 17	100	tr	tr	tr	tr	(+)	+	(+)
17 - 38	99	1	tr	-	tr	-	-	-
38 - 61	100	tr	tr	tr	tr	(+)	+	(+)
61 - 97	100	tr	tr	tr	tr	-	-	-
97-157	100	tr	tr	tr	tr	(+)	+	(+)
157-207	99	1	tr	tr	tr	+++	+	(+)

Keterangan: tr = kandungan <1%; +++= banyak; += sedikit, (+)= sangat sedikit.

Sumber: Prasetyo *et al.*, 2006

Akibat tanah didominasi oleh partikel pasir, maka 3 masalah pokok muncul yaitu:

- Tanah mudah kering. Hal ini diakibatkan tanah yang poros sehingga air irigasi ataupun air hujan mudah lolos. Sementara tanaman memerlukan kelembaban yang cukup untuk pertumbuhannya dan setiap jenis tanaman memerlukan tingkat kelembaban berbeda.
- Tanah bertemperatur tinggi atau panas. Air berperan mendinginkan temperatur tanah sehingga jika air tidak tersedia atau tanah tidak lembab maka tempertaur tanah akan meningkat, yang pada konsisi tertentu dapat menghambat pertumbuhan tanaman.
- Daya ikat hara rendah, seperti ditunjukkan oleh kapasitas tukar kation yang rendah. Hal tersebut disebabkan oleh kandungan liat, bahan organik dan koloid yang sangat rendah. Karena vegetasi yang jarang tumbuh di tanah berpasir maka masukan bahan organik dari sisa tanamanpun kurang, akibatnya bahan organik tanah rendah.
- Kandungan hara rendah khususnya pada tanah berpasir kuarsa. Hara tanah berasal dari meneralisasi bahan mineral dan juga bahan organik. Karena sumber hara sedikit dan lebih khusus pada tanah kuarsa yang sangat miskin hara maka secara otomatis hara yang tersedia untuk tanaman pun rendah. Demikian juga dari pasir hitam, meskipun pasir hitam dapat mengeluarkan hara namun hara tersebut cepat hilang karena tidak bisa dipegang oleh koloid tanah yang berukuran liat.

TEKNOLOGI PENGELOLAAN TANAH

Pengelolaan tanah pasir berbeda dari pengelolaan tanah lainnya karena teksturnya yang khas, yaitu kasar. Karena tekstur inilah, tanah berpasir ini ringan

diolah. Selain teksturnya, konsistensi tanah termasuk sangat gembur sehingga sangat memudahkan umbi untuk berkembang. Terkait kesburuannya, pengelolaan tanah berpasir harus dibedakan antara pengelolaan pasir pantai, pasir vulkanik, pasir dari bahan aluvium/koluvium dan pasir bekas lahan tambang.

Tanah pasir pantai biasanya mempunyai kegaraman yang tinggi. Garam ini membuat pertumbuhan tanaman terganggu dan hanya tumbuhan khusus yang dapat tumbuh. Tanah berpasir pantai ini sering ditumbuhi secara alami oleh pohon kayu-kayuan sejenis Katapang, semak dan tanaman yang marayap. Tanah pasir pantai ini umumnya berwarna putih yang didominasi oleh kuarsa, namun ada juga yang berwarna kekuningan, kemerahan dan lainnya. Pengelolaan pertama terutama ditujukan untuk mengatasi masalah tingginya kegaraman. Kegaraman biasanya semakin berkurang dengan bertambahnya jarak dari laut.

Tanah pasir pedalaman biasanya berada di dataran dan mendekati lahan gambut. Tanah ini juga asam seperti tanah pasir pantai namun airnya tidak asin atau payau. Adapaun air adalah tawar dan di beberapa tempatnya airnya berwarna kehitaman.

Tanah pasir bekas tambang umumnya mempunyai kandungan pasir sangat tinggi (>75%), dengan penyusunnya berupa pasir kuarsa. Selain masalah ketersediaan air, ketersediaan hara yang rendah juga menjadi masalah utama. Pemupukan dengan pemberian bahan organik yang tinggi merupakan salah satu upaya agar tanah pasir bekas tambang dapat dibudidayakan untuk tanaman pertanian, baik tanaman pangan, hortikultura maupun tanaman tahunan.

Pengelolaan Kelembaban dan Temperatur Tanah

Salah satu upaya yang dapat dilakukan dalam mempertahankan kelembaban tanah pasir agar dapat mendukung pertumbuhan tanaman adalah dengan pemberian mulsa. Menurut Heryani *et al.* (2013) penggunaan mulsa dalam budidaya tanaman, berfungsi memelihara kelembaban tanah, menstabilkan suhu tanah, menekan pertumbuhan gulma, memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas tanah menahan air, pori aerasi, dan infiltrasi, serta mempertahankan kandungan bahan organik sehingga produktivitas tanahnya terpelihara. Salah satu penggunaan mulsa adalah penggunaan mulsa jerami, mulsa plastik dan serasah. Oleh karena itu untuk menjaga agar kelembaban tanah berpasir dapat terjaga maka penggunaan mulsa terutama terutama mulsa jerami, mulsa plastik maupun mulsa serasah sangat diperlukan.

Salah satu teknik pengelolaan kelembaban tanah dan temperatur tanah adalah melalui pembangunan sistem irigasi. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Sutono *et al.* (2007) di Dongggala, Sulawesi Tengah pada tanah berpasir merekomendasikan penggunaan sistem siraman (*sprinkler*), sistem tetes (*drip*) dan sistem bawah permukaan tanah untuk memberikan air serta memelihara

kelembaban tanah. Dengan rekayasa lahan dan iklim mikro pertanian, pertanian hortikultura di lahan pasir pantai berkembang pesat, dan produktivitasnya bisa melebihi produktivitas di lahan sawah, padahal semula lahannya adalah lahan marginal.

Untuk menanggulangi masalah cekaman kekeringan dapat dilakukan dengan memilih varietas tanaman yang toleran terhadap cekaman kekeringan. Hasil penelitian Parwata *et al.* (2014) dalam budidaya tanaman jarak pagar di lahan berpasir mendapat bahwa genotipe tanaman jarak pagar yang toleran terhadap cekaman kekeringan memiliki pertumbuhan vegetatif lebih cepat, serta rasio akar tajuk yang lebih kecil, jika dibandingkan dengan genotipe yang peka. Genotipe IP-1A merupakan genotipe yang paling toleran dan sesuai untuk dikembangkan di lahan pasir pantai berdasarkan pertumbuhan dan hasil biji yang dicapai. Pada tahun pertama, genotipe IP-1A menghasilkan 33,54 g biji kering tanaman⁻¹ (setara dengan 0,15 ton ha⁻¹).

Pengelolaan Bahan Organik Tanah dan Penambahan Tanah Liat

Pemberian pupuk organik maupun tanah bertekstur liat dimaksudkan untuk memperbaiki sifat fisik tanah (perbaikan struktur tanah, imbang pori makro dan mikro sehingga air dapat cukup tersedia), perbaikan sifat kimia (peningkatan ketersediaan hara), dan sifat biologi tanah (peningkatan mikroba tanah yang berperan positif bagi tanaman).

Pemberian bahan organik adalah suatu keharusan dalam mengelola tanah berpasir. Bahan organik yang diberikan dapat berupa: pupuk hijau, kotoran ternak, kotoran ayam, sisa tanaman atau kompos. Pupuk organik berupa pupuk organik cair perlu diberikan namun juga perlu penambahan bahan organik berupa padatan. Tekstur berpasir ini menyebabkan konsistensi tanah yang lepas dan pori-pori tanah yang besar, sehingga kemampuan tanah dalam memegang air dan memegang hara sangat rendah. Penambahan bahan organik akan memperbaiki struktur tanah. Banyak kasus yang menunjukkan keberhasilan dari pengelolaan tanah berpasir berada di pengelolaan bahan organik ini.

Dengan penambahan bahan organik, tanah berpasir akan mampu menyimpan air sehingga tanah akan tetap lembab, hara yang ditambahkan dari pupuk juga akan lebih erat dipegang oleh tanah yang bercampur dengan bahan organik ini. Penambahan bahan organik tanah berarti peningkatan jumlah koloid tanah akan dapat memegang hara dan air lebih banyak. Bahan organik yang diberikan disarankan adalah pupuk organik berupa pupuk kandang atau kompos. Pupuk organik tersebut disatukan ke dalam tanah saat pengolahan tanah. Pupuk organik kandang atau kompos dapat diberikan secara bertahap. Pupuk kandang ini akan memperbaiki struktur tanah karena bahan organik ini mampu menjadi

perekat partikel tanah sehingga tanah membentuk gumpalan dari yang tadinya lepas. Pupuk organik juga akan meningkatkan daya simpan air dalam tanah sehingga tanah lebih lembab dan air tersedia untuk keperluan tanaman.

Djayadi *et al.* (2011) telah melakukan percobaan penambahan tanah liat ditambah bahan organik pada tanah berpasir yang digunakan untuk memproduksi benih kacang tanah di Situbondo, Jawa Timur. Hasilnya mendapatkan bahwa pemberian tanah liat bersama-sama dengan bahan organik ke tanah berpasir meningkatkan stabilitas agregat, total porositas tanah, kadar air tersedia, dan penurunan kepadatan tanah. Respon pertumbuhan fisik kacang tanah pada tanah berpasir yang ditambah dengan tanah liat dan bahan organik ditunjukkan dengan meningkatnya tinggi tanaman dan jumlah tunas. Namun, perbedaan interval irigasi (10 hari dan 20 hari) tidak mempengaruhi sifat fisik tanah dan pertumbuhan tanaman.

Percobaan yang serupa dilakukan juga oleh Purwantono *et al.* (2011) dengan bahan organik berupa kotoran unggas dan tanah liat berasal dari tanah Vertisols. Hasilnya mendapatkan bahwa pemberian pupuk kotoran unggas dan tanah Vertisols di tanah berpasir menurunkan kepadatan partikel tanah dan kepadatan tanah, mengurangi porositas tanah dan meningkatkan kapasitas air yang tersedia, serta meningkatkan KTK tanah. Penerapan kotoran unggas dan Vertisols penting bagi nutrisi tanah yang tersedia di tanah berpasir. Kombinasi penggunaan kotoran unggas 60 Mg ha⁻¹ dan Vertisols 10% adalah perlakuan amandemen tanah terbaik untuk meningkatkan ketersediaan nutrisi dan mengurangi pencucian nutrisi di tanah berpasir.

Percobaan penambahan abu vulkanik Gunung Kelud dan kompos dilakukan oleh Melsandi dan Priono (2015) pada tanah berpasir (Psamments) yang ditanami ubi jalar di Desa Pasir, Kecamatan Pakis, Malang Selatan Jawa Timur. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa penambahan abu vulkanik Gunung Kelud dan yang dicampur dengan kompos mampu meningkatkan permeabilitas tanah, pH tanah, C-organik, dan K-total, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap kandungan N total, ketersediaan P dan K total. Perlakuan 10% abu vulkanik + 5 t kompos / ha menghasilkan bobot umbi segar tertinggi untuk varietas Manohara dan Ayamurazaki. Kandungan karbohidrat tertinggi dari varietas Manohara diperoleh melalui aplikasi abu vulkanik 20% + kompos 2,5 t / ha, sedangkan varietas Ayamurazaki diperoleh melalui aplikasi abu vulkanik 30% + 2,5 t / ha.

Sukartono *et al.* (2011) telah mengevaluasi hasil studi lapangan mengenai efek aplikasi biochar pada status kesuburan tanah, serapan hara, dan hasil jagung di tanah berpasir Lombok, selama musim hujan 2010-2011 dan musim kemarau 2011. Aplikasi Biochar meningkatkan status kesuburan tanah, terutama kandungan C-organik tanah, KTK, P tersedia, K dapat ditukar, Ca, dan Mg, dan peningkatan

serapan hara dan hasil jagung. C-organik meningkat dari sekitar 0,9% (tanah yang tidak diolah) menjadi sekitar 1,20% (diolah dengan biochar). Tanah yang diperlakukan dengan biochar secara konsisten memiliki kandungan C organik yang lebih tinggi, yang juga tetap lebih stabil dibandingkan dengan tanah yang diperlakukan dengan yang lainnya.

Pengelolaan Hara Tanah

Aplikasi pupuk *slow release* yang dikombinasikan dengan pupuk organik merupakan input yang sangat tinggi ketika kelapa sawit ditanam di Spodosols (Kasno dan Subardja 2010). Tanah Spodosols merupakan tanah berpasir kuarsa dengan sifat-sifat kimia yang kurang baik serta mempunyai kandungan unsur hara yang sangat rendah (Tabel 4 dan 5). Produktivitas tanah Spodosols tergolong sangat rendah, dan tidak sesuai untuk berbagai tanaman pertanian, sehingga penggunaannya lebih tepat untuk hutan lindung. Tanah Spodosols yang digunakan untuk pertanian, memerlukan masukan yang tinggi. Selain memerlukan jenis pupuk yang *slow release*, juga memerlukan lebih banyak pupuk makro dan mikro lainnya. Atau akan lebih baik jika pupuk N dan K ditambahkan 3-4 kali setiap tahunnya.

Tabel 4. Tekstur, pH tanah dan kandungan bahan organik pada tanah berpasir (Jenis Spodosols)

Kode Lokasi	Tekstur (%)			pH		C-Organik %
	Pasir	Debu	Liat	H ₂ O	1N KCl	
AL-01	79	20	1	4,0	3,0	2,95
AL-09	94	6	0	3,8	3,3	0,71
AL-10	92	8	0	4,0	3,2	2,10
AL-14	69	31	0	4,2	3,6	2,91
AL-19	85	12	3	3,9	3,1	2,05
AL-22	89	9	2	4,4	4,0	1,34
DS-01	98	2	0	4,1	3,1	1,97
DS-02	92	5	3	3,5	3,0	1,77
DS-03	95	3	1	3,5	3,2	1,10
RR-03	91	2	7	3,8	3,1	3,60
RR-08	93	5	2	4,3	4,2	0,09
AL-21	98	2	0	4,0	3,1	1,67
DS-04	96	4	0	3,9	3,0	3,54

Sumber: Kasno dan Subardja (2010)

Tabel 5. Hasil analisis sifat kimia tanah berpasir (Jenis Spodosols) pada lahan yang ditanami kelapa sawit

Kode Lokasi	N Total %	P Total mg/100g	P-tersedia mg P/kg	K-dd cmol _c /kg	Mg-dd cmol _c /kg	CEC
AL-01	0,23 S	4,4 SR	1,70 SR	0,07 SR	0,22 R	5,26 SR
AL-09	0,07 SR	4,4 SR	2,01 SR	0,02 SR	0,22 R	1,99 SR
AL-10	0,18 S	13,1 SR	1,53 SR	0,02 SR	0,41 ST	5,38 SR
AL-14	0,23 S	8,7 SR	1,96 SR	0,03 SR	0,51 ST	6,68 SR
AL-19	0,16 S	13,1 SR	2,93 SR	0,02 SR	0,31 ST	5,45 SR
AL-22	0,11 R	4,4 SR	1,22 SR	0,02 SR	0,22 L	1,75 SR
DS-01	0,13 R	4,4 SR	1,27 SR	0,06 SR	0,19 SR	2,42 SR
DS-02	0,15 S	13,1 SR	0,92 SR	0,06 SR	0,16 SR	2,68 SR
DS-03	0,09 R	8,7 SR	0,79 SR	0,00 SR	0,12 SR	1,83 SR
RR-03	0,27 ST	17,5 SR	3,23 SR	0,03 SR	0,52 ST	4,84 SR
RR-08	0,01 SR	13,1 SR	0,44 SR	0,00 SR	0,09 SR	0,47 SR
AL-21	0,13 R	8,7 SR	2,05 SR	0,03 SR	0,13 SR	3,09 SR
DS-04	0,127 ST	13,1 SR	2,05 SR	0,03 SR	0,56 ST	6,34 SR

Keterangan : SR = Sangat rendah, R = Rendah, T = Tinggi, ST = sangat tinggi, dd = dapat ditukar

Sumber: Kasno dan Subardja (2010)

Pupuk bukan satu-satunya input untuk tanah Spodosols, tetapi juga membutuhkan perbaikan untuk meningkatkan kemampuan tanah dalam menahan unsur hara tanah dan unsur hara yang ditambahkan dengan pemupukan. Untuk keperluan perkebunan perlu menerapkan sistem lubang lebar dan dalam untuk yang kemudian ditimbun dengan tanah yang sudah dicampur dengan bahan organik yang merupakan media yang aman untuk pertumbuhan akar dengan optimal.



Gambar 3. Profil tanah berpasir (Jenis tanah Podsol/Spodosols) di Kalimantan Barat

Penelitian tentang pemanfaatan bahan organik untuk perbaikan beberapa sifat tanah pasir Pantai Selatan Kulon Progo, dilaksanakan di rumah kaca Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan bahan organik dapat meningkatkan sifat tanah pasir pantai Selatan Kulon Progo. Pemberian kompos kotoran sapi (P1), kotoran ayam (P2), daun gamal (P3) dan daun angkana (P4) dapat memperbaiki sifat fisik tanah (Kelengasan tanah, porositas tanah, dan berat volume) dan sifat kimia tanah (pH tanah, C-organik tanah dan Bahan organik tanah). Pemberian kompos daun angkana memberikan pengaruh yang terbaik dalam memperbaiki beberapa sifat fisik dan kimia tanah seperti kadar lengas, berat volume tanah, porositas tanah dan C- Organik tanah.

Tabel 6. Hasil analisis daun kelapa sawit dari tanah pasir (Jenis Spodosols)

Kode Profil	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Zn	B
	%					ppm.....			
DS-1	2,63 o	0,23 o	0,62 k	0,51 o	0,52 o	0,11 k	2 k	22 o	19 o
DS-2	1,40 k	0,12 k	0,40 k	0,33 k	0,46 o	0,06 k	2 k	21 o	16 o
DS-3	2,31 k	0,15 k	0,60 k	0,24 k	0,35 o	0,05 k	2 k	14 o	17 o
DS-4	2,87 o	0,22 o	0,78 k	0,37 k	0,41 o	0,12 k	2 k	19 o	20 o

Keterangan : o = optimal, k = kekurangan hara

Sumber: Kasno dan Subardja (2010)

Nurhayati *et al.* (2018) menyatakan bahwa wijen diakui sebagai tanaman minyak potensial yang sehat karena dapat digunakan untuk mengendalikan beberapa penyakit. Wijen dapat tumbuh dengan baik dalam struktur tanah yang ringan seperti tanah pantai berpasir dengan aplikasi pupuk campuran. Hasil penelitian di daerah pantai berpasir Keburuhan, Purworejo, Jawa Tengah menunjukkan bahwa aplikasi pupuk campuran antara kotoran ayam dan pupuk anorganik meningkatkan kandungan klorofil, laju asimilasi bersih, volume akar wijen baik di musim hujan dan musim kemarau.

KOMODITAS YANG SESUAI DI TANAH BERPASIR

Tanah berpasir mempunyai kondisi wilayah perakaran yang spesifik terutama kemampuan air yang rendah. Varietas tanaman yang tahan kekeringan yang dapat dibudidayakan pada tanah berpasir. Varietas-varietas yang mempunyai perakaran panjang perlu dikembangkan. Akar yang panjang akan mampu menjangkau hara dan air ke areal yang lebih dalam atau akar menuju kesamping atau ke atas permukaan tanah untuk mencari hara dan air.

Jika berpedoman kepada kelas kesesuaian lahannya, maka tanah pasir terutama pasir kuarsa akan tergolong kedalam kelas tidak sesuai (*Not suitable*) atau

kelas N (Ritung *et al.*, 2012). Oleh karena itu yang dimaksud dengan komoditas yang sesuai di tanah pasir dalam naskah ini adalah dalam kelas kesesuaian lahan potensial, yaitu tanah pasir sudah diberi perlakuan agar tanaman dapat tumbuh dengan baik.

Kelapa

Tanaman kelapa (*Cocos nucifera* L) adalah salah satu komoditi perkebunan yang mempunyai peranan penting dalam perekonomian nasional dengan hasil utama adalah kopra. Seluruh bagian tanaman dapat dimanfaatkan sehingga tanaman kelapa di kenal sebagai pohon kehidupan (*Tree of Life*). Selain itu, tanaman kelapa merupakan tanaman sosial karena +98% diusahakan oleh petani (Balai Penelitian Tanaman Palma 2015).

Kelapa merupakan tanaman yang dapat tumbuh di tanah berpasir khususnya di daerah pantai atau pegunungan. Beberapa perusahaan perkebunan mengelola tanaman kelapa ini secara lebih baik melalui pemupukan dan pemberian bahan organik. Kelapa lebih pas di wilayah ini karena akar serabut mempunyai akar nafas dan memungkinkan akar mencari hara dan air ke arah samping.

Tanaman kelapa banyak ditemukan di wilayah tropis termasuk Indonesia. Tanaman yang termasuk ke dalam golongan monokotil atau berkeping satu ini dapat tumbuh sampai ketinggian 1.000 meter di atas permukaan laut, tetapi yang paling optimal sampai ketinggian 450 m di atas permukaan laut (Balai Penelitian Tanaman Palma 2015). Akan tetapi, kelapa dapat tumbuh dengan baik jika berada di dekat pantai atau di tanah berpasir. Oleh sebab itu, budidaya tanaman kelapa banyak di temukan di wilayah pesisir. Semua bagian dari tanaman kelapa bisa dimanfaatkan. Kopra dan minyak kelapa menjadi barang berekonomis tinggi.

Kelapa Sawit

Kelapa sawit merupakan komoditas unggulan, sebagai salah satu penyumbang devisa yang besar komoditas perkebunan. Namun untuk mencari lahan kelas 1 (S1) bagi perluasan areal tanaman ini semakin terbatas. Dengan demikian pengembangan kelapa sawit mengarah pada lahan-lahan marjinal, termasuk lahan berpasir (PPKS 2017).

Kelapa sawit juga banyak ditanam di tanah berpasir, bahkan beberapa tempat dikelola oleh suatu perusahaan perkebunan. PPKS (2017) menyatakan bahwa tanaman kelapa sawit dapat dibudidayakan pada tanah berpasir seperti tanah Spodosols dengan pengelolaan yang tepat diantaranya adalah: (1). memperbaiki media tumbuh tanaman, (2) memperbaiki iklim mikro dan (3). pemupukan yang tepat.

Perbaikan media tumbuh tanaman meliputi: pembuatan silt pit (rorak) dan parit *discontinue* (dengan memecah lapisan padas jika memungkinkan) guna

menghindari kelebihan air saat musim hujan dan menyediakan air saat musim kemarau. Untuk meningkatkan kapasitas memegang air dan meningkatkan kesuburan tanah perlu dilakukan pemberian bahan organik secara rutin menggunakan tandan kosong sawit (TKS) atau kompos dengan dosis TKS 200kg/pohon atau kompos 100kg/pohon.



Gambar 4. Tanaman kelapa di sawit pada tanah pasir (Jenis tanah Spodosols)

Perbaikan iklim mikro dilakukan dengan: menjaga kelembaban tanah dengan menghindari pengendalian gulma secara *blanket*, penanaman tanaman penutup tanah (*Mucuna*) pada masa tanaman belum menghasilkan dan penanaman pakis lunak pada masa tanaman menghasilkan yang diikuti pengendalian gulma secara selektif, pengaturan peletakan pelepah hasil tunasan dengan pola “Ushape”

Pemupukan yang tepat dilakukan: untuk meningkatkan kemampuan tanah “memegang” air dan hara perlu dilakukan perbaikan fisik tanah melalui aplikasi bahan organik (tandan kosong, pupuk kandang, dan lain-lain), penggunaan pupuk slow release (makro dan mikro), pengaturan frekuensi pemupukan yang tepat.

Kurma

Tanaman kurma termasuk ke dalam keluarga palma banyak tumbuh di daratan pasir. Pohon kurma berukuran sedang dengan tinggi antara 15 – 25 meter, batang tunggal yang berasal dari sistem akar tunggal. Buah kurma memiliki nilai jual yang tinggi dan sudah banyak di ekspor ke berbagai negara. Kandungan nutrisi yang terdapat di buah kurma dapat menggantikan gula darah yang hilang di dalam tubuh, terutama pada orang – orang yang sedang berpuasa.

Ubi Kayu/Singkong

Ubi kayu merupakan tanaman “multiguna” karena umbi, batang dan daunnya bermanfaat. Umbi ubi kayu kaya gizi, mengandung karbohidrat 34%, protein 1,2%, lemak 0,3%, fosfor 40%, berbagai unsur mineral, dan bahkan vitamin. Bagian kulit umbi dan limbah industri pati (onggok) digunakan sebagai bahan pakan

ternak. Di pedesaan, batang muda dan daun banyak dimanfaatkan sebagai bahan pakan ternak, dan batang ubi kayu kering sebagai bahan bakar (Saleh *et al.*, 2016).

Ubi kayu tumbuh sangat baik pada ketinggian tempat 10 – 700 m di atas permukaan laut, tanahnya bertekstur berpasir atau berdebu dengan kandungan liat rendah. Sangat Secara umum ubi kayu sangat sesuai ditanam pada tanah yang gembur agar perkembangan umbi optimal, dan memudahkan proses pemanenan. Masalah utama tanah pada sentra ubi kayu adalah kemasaman tanah tinggi, pencucian hara dan keracunan Al, bahan organik tanah rendah, efisiensi pemupukan rendah, peka erosi, serta kandungan P dan K potensial dan tersedia sangat rendah (Saleh *et al.* 2016). Masalah utama pada tanah berpasir adalah bahan organik tanah rendah, kandungan basa-basa rendah, serta kandungan P dan K rendah-sangat rendah. Berdasarkan uraian di atas maka untuk budidaya ubi kayu tanah pasir harus diberi kompos/pupuk organik, atau tanah liat, serta diberi pupuk lengkap N, P dan K.

Jagung

Kebutuhan jagung nasional terus meningkat, terutama untuk pakan dan industri. Untuk pakan saja, permintaan jagung dewasa ini sudah mencapai lebih dari 50% kebutuhan nasional. Hal ini menuntut perlunya upaya peningkatan produksi secara berkelanjutan (Puslitbangtan 2016). Salah satu jenis lahan yang memungkinkan untuk ditanami jagung adalah tanah berpasir. Namun karena sifat tanah pasir yang bertekstur kasar, rendah bahan organik dan rendah kandungan hara, serta cepat mengalami kekeringan, maka untuk budidaya jagung perlu dilakukan beberapa upaya khusus.

Pemberian pupuk organik/bahan organik yang dicampur tanah liat merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan kandungan C organik dalam tanah dan meningkatkan kapasitas menahan air dari tanah berpasir. Bahan organik yang digunakan dapat berupa pupuk kandang (kotoran ayam, kotoran sapi, kotoran kambing dan lainnya). Pemupukan lengkap akan lebih meningkatkan produksi jagung dan perlu dilakukan secara bertahap mengingat sifat tanah pasir yang bersifat porous.

Selain itu penanganan organisme pengganggu tanaman (OPT), perlu dilakukan baik pada lahan sebelum tanaman jagung ditanam, maupun setelah ada tanamannya. Pengalaman para petani di Kalimantan Barat, di dalam tanah berpasir kuarsa berkembang biak ulat tanah, yang selalu menggerogoti akar tanaman yang berakar serabut. Salah satu cara untuk membasmi ulat dalam tanah pasir yaitu dengan menyiram lahan menggunakan air panas, sebelum pelaksanaan penanaman jagung.

Pengelolaan air adalah juga kunci dalam budidaya pada tanah berpasir. Beberapa petani menggunakan sprinkle air untuk memenuhi kebutuhan air pada pertanaman jagung di tanah berpasir.

Buah Naga

Tanah pasir di pegunungan banyak ditanamai buah naga seperti di Sleman. Saat ini buah naga sudah banyak dibudidayakan di Indonesia. Sesuai dengan habitat asalnya, buah naga harus ditanam di tanah berpasir dengan durasi sinar matahari yang panjang serta bersuhu 38°C– 40°C. Meskipun demikian, buah naga masih memerlukan unsur hara yang lebih agar dapat tumbuh dan berbuah lebih cepat. Oleh karena itu tanah pasir sangat memerlukan penambahan bahan organik yang cukup tinggi (> 5 ton/ha), pemupukan N, P dan K serta unsur mikro terutama Cu, Zn dan B. Dalam 1 tahun tanaman buah naga dapat mencapai ketinggian lebih dari 3 meter.

Cabai

Cabai dapat ditanam dengan baik di tanah berpasir, seperti yang ditunjukkan oleh para petani di Kulonprogo tepatnya di sepanjang Pantai Parang Trisik, Kelompok Tani Sidodadi. Di sini cabai rawit varietas Hilux tumbuh subur. Pada tanah berpasir ini 1 pohon bisa menghasilkan 2 kg cabai. Hasilnya bagus dan ukuran buahnya besar-besar. Di bawah sinar matahari pekat dan lahan berpasir, komoditas pedas ini mampu mewarnai lahan yang hampir disebut sulit ditanami tersebut. Dengan bermodalkan pupuk kandang kotoran ayam dan air tawar, cabai bisa tumbuh subur di sini.

Umur tanaman cabainya dalam 75 hari sudah dapat dipanen. Petani sekitar juga disiplin untuk mengganti komoditas tanamannya apabila sudah 12 sampai 15 kali panen. Mereka menjaga betul komitmen ini sebagai upaya memutus siklus hama. Pengelolaan lahan berpasir untuk tanam cabai tidaklah sulit. Pasir cukup diberi pupuk kandang sebagai unsur hara dan memperhatikan jadwal penyiraman. Untuk tanaman cabai rawit, penyiraman dilakukan tiap tiga hari sekali. Sementara untuk cabai keriting atau cabai besar, penyiraman dilakukan setiap hari.

Semangka

Tanaman Semangka (*Citrullus lanatus*) termasuk tanaman merambat yang cocok dibudidayakan di tanah yang memiliki struktur berpasir. Kondisi tanah yang kering dan kelembaban rendah diperlukan tanaman semangka. Tidak hanya itu saja, semangka membutuhkan sinar matahari yang lebih untuk dapat tumbuh dengan baik.

Tanah berpasir tidak perlu dibajak, cukup dicangkul dan dicacah agar teksturnya tidak memadat. Bedengan dibuat tidak terlalu tinggi karena lahan berpasir cepat menyerap air sehingga tidak diperlukan drainase. Untuk memenuhi agar tanah pasir dapat mengikat air dan pupuk serta unsur hara lebih banyak sangat diperlukan pemberian pupuk kandang.

Dalam pemupukan semangka pupuk dasar yang diberikan berupa NPK 15-15-15. Aplikasi NPK tersebut dengan cara ditabur bersamaan pupuk kandang di permukaan bedengan yang telah dibasahi siraman air terlebih dulu yang dilanjutkan dengan penutupan mulsa.

Bawang Merah

Saat ini sudah banyak dilakukan budidaya bawang merah di tanah berpasir seperti yang terdapat di Bantul, Yogyakarta. Sebelumnya sebagian besar masyarakat tidak yakin jika lahan berpasir dapat ditanami oleh tanaman palawija seperti cabai dan bawang merah. Namun, saat ini ada sekitar lebih dari 2.000 meter persegi lahan pasir diolah dan ditanami oleh bawang merah dan cabai. Selain diberi pemupukan lengkap dan pemberian pupuk kandang, tanaman harus sering disiram setidaknya dua kali dalam sehari agar tidak kekeringan.

Dalam budidaya bawang merah diterapkan prinsip pengendalian hama terpadu (PHT) serta pengembangan fertigasi kabut. Dengan penerapan PHT dan fertigasi kabut hasil produksi cabai dan bawang merah meningkat dua hingga tiga kali lipat. Hasil produksi cabai meningkat dari 8 ton/ha menjadi 17 ton/ha, sedangkan produksi bawang merah meningkat dari 7,5 ton/ha menjadi 24 ton/ha". Pengendalian hama terpadu adalah suatu konsep pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT) dengan menerapkan pendekatan ekologis serta berbagai teknik pengendalian yang menjadi suatu kesatuan pengelolaan. Prinsip dasar PHT diantaranya adalah budidaya tanaman sehat, pemanfaatan musuh alami, pengamatan dan pemantauan secara rutin dan petani sebagai ahli PHT. Implementasi prinsip PHT yang dilakukan kelompok tani Pasir Makmur adalah dengan memanfaatkan tanaman refugia sebagai trap barrier hama dan penerapan teknologi fertigasi kabut (Direktorat Perlindungan Hortikultura 2018).

Jarak Pagar

Jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) sebagai sumber potensial bahan bakar nabati mempunyai beberapa keunggulan antara lain: dapat tumbuh pada tanah-tanah yang ketersediaan air dan unsur haranya terbatas atau lahan-lahan marginal termasuk tanah berpasir. Namun demikian lahan dengan air yang tidak tergenang merupakan tempat yang optimal. Bila perakarannya sudah cukup berkembang, jarak pagar dapat toleran terhadap tanah-tanah masam, terbaik pada

pH 5,5-6,5. Curah hujan tidak kurang dari 600 mm/tahun (Hendra & Wijayanto 2008).

Hasil penelitian Djajadi dan Hidayati (2013) mendapatkan bahwa pemberian amandemen tanah (berupa tanah liat dan bahan organik) dapat meningkatkan sifat kimiawi tanah berpasir dan pertumbuhan tanaman Jarak pagar. Penambahan 10% dan 1,6% bahan organik ke tanah berpasir meningkatkan C organik tanah, N total dan K yang dapat ditukar serta meningkatkan pertumbuhan tanaman Jarak pagar sangat nyata.

PENUTUP

Tanah pasir di Indonesia menempati areal seluas 2,1 juta ha atau sekitar 1,14% dari luas tanah nasional. Penyebarannya berada hampir di seluruh Provinsi dengan luasan yang berbeda-beda. Provinsi Papua dan Kalimantan Tengah merupakan provinsi yang mempunyai tanah pasir paling luas. Tanah ini merupakan salah satu alternatif untuk areal perluasan lahan pertanian baru.

Tanah pasir dari bahan vulkanik, endapan aluvium dan pasir pantai yang mempunyai sifat kimia baik, masih potensial untuk dimanfaatkan sebagai areal pengembangan areal pertanian. Berbagai komoditas pertanian tanaman semusim yang berhasil dibudidayakan dengan baik pada tanah berpasir adalah: jagung, singkong; tanaman sayuran: cabai, bawang merah, buah naga, semangka; tanaman perkebunan: gamal, kelapa, kelapa sawit, kurma; tanaman kehutanan pantai.

Lahan berpasir merupakan lahan yang sebagian besar tanahnya bertekstur pasir. Lahan yang demikian umumnya mempunyai masalah dengan sifat fisik tanah yang sedikit menyerap air sehingga mudah kekeringan, kandungan bahan organik rendah, hara makro dan mikro sangat rendah.

Pemberian bahan/pupuk organik, tanah liat dan pupuk lengkap lainnya merupakan kunci keberhasilan pemanfaatan tanah untuk dapat dimanfaatkan untuk budidaya pertanian. Teknologi pengelolaan tanah berpasir yang diterapkan berupa: pengelolaan kelembaban dan temperatur tanah, pengelolaan bahan organik dan penambahan tanah liat, dan pengelolaan hara tanah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian melalui DIPA Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Badan Litbang Pertanian, Kepala Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian atas dukungan terhadap penelitian ini. Kepada Dwi Oksanti Saparina terima kasih atas bantuannya

dalam analisis data spasial. Terima kasih juga disampaikan kepada para reviewer atas koreksi dan sarannya untuk perbaikan tulisan ini. Yiyi Sulaeman dan Sukarman adalah masing-masing sebagai kontributor utama yang mengembangkan idea, analisis, dan penulisan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anda, M., Kasno, A., dan Sarwani M. 2012. Sifat dan khasiat material letusan Gunung Merapi untuk perbaikan tanah pertanian. Hlm. 87-96. *Dalam* Noor M, Mamat HS dan Sarwani M. (Eds.): Kajian Cepat Dampak Erupsi Gunung Merapi 2010 Terhadap Sumberdaya Lahan Pertanian dan Inovasi Rehabilitasinya. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Anda, M., Suparto, dan Sukarman. 2016. Characteristics of pristine volcanic materials: Beneficial and harmful effects and their management for restoration of agroecosystem. *Science of the Environmental*, 543: 480-402.
- Ashraf, A., Maah, M.J., and Yusoff, I.B. 2010. Study of water quality and heavy metals in soil and water of exmining area Bestari Jaya, Peninsular Malaysia. *International Journal of Basic & Applied Sciences IJBAS-IJENS*, 10(03): 7-23.
- Astutik, D., Yudhono, P., and Waluyo, S. 2017. The growth of two cultivars mung bean under different sweet corn shelter density in sandy soil coastal area. *Ilmu Pertanian*, 2(3): 106–111.
- Balai Penelitain Tanaman Palma. 2015. Petunjuk Teknis Budidaya Tanaman Kelapa Dalam. Balai Penelitian Tanaman Palma, Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian. 82 Hlm.
- BBSDLP (Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian). 2016. Atlas Peta Tanah Lahan Bekas Tambang Tingkat Semi Detail di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Dariah, A., Abdurachman, A., dan Subardja, D. 2010. Reklamasi lahan eks-penambangan untuk perluasan areal pertanian. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 4(1): 1-12.
- Direktorat Perlindungan Hortikultura. 2018. Bertanam Cabai dan Bawang Merah di Tanah Pasir Mensejahterakan Petani. [https:// ditlin.hortikultura.pertanian.go.id/index.php/artikel/detail/BertanamCabai-dan-Bawang-Merah-di-Tanah-Pasir-Mensejahterakan-Petani](https://ditlin.hortikultura.pertanian.go.id/index.php/artikel/detail/BertanamCabai-dan-Bawang-Merah-di-Tanah-Pasir-Mensejahterakan-Petani).

- Djajadi, Heliyanto, B., dan Hidayah, N. 2011. Changes of physical properties of sandy soil and growth of physic nut (*Jatropha curcas* L.) due to addition of clay and organic matter. *AGRIVITA*, 33 (3): 245-250.
- Djajadi dan Hidayati, S.N. 2013. Effect of irrigation interval and soil amendments on soil organic c, nitrogen and potassium of sandy soil and growth of *Jatropha curcas* L. *AGRIVITA*, 35(2): 160-166. Doi: 10.17503/agrivita.v35i2.298.
- Hasibuan, A.S.Z. 2015. Pemanfaatan bahan organik dalam perbaikan beberapa sifat tanah pasir pantai selatan Kulon Progo. *Planta Tropika: Jurnal Agrosains*, 3 (1): 31-40. Doi: 10.18196/pt.2015.037.31-4.
- Hendra, J. dan Wijayanto, B. 2008. Teknologi Budidaya Jarak Pagar. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Lampung, Balai Pesar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 19 hlm. ISBN: 978-979-1415-36-1.
- Heryani, N., Kartiwa, B., Sugiarto, Y., dan Handayani, T. 2013. Pemberian mulsa dalam budidaya cabai rawit di lahan kering: dampaknya terhadap hasil tanaman dan aliran permukaan. *J. Agron. Indonesia*, 41(2): 147 – 153.
- Hidayat, A. 1996. Karakteristik dan Genesis Tanah Oxisol di Daerah Perkebunan Tebu Lahan Kering Pleihari Kalimantan Selatan. Disertasi S3. Program Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Kasno, A. dan Subardja, D. 2010. Soil fertility and nutrient management on Spodosols for oil palm. *AGRIVITA*, 32(3): 285-292.
- Kusumastuti, L., Astuti, A., and Sarjiyah. 2017. Contribution of rhizobium–mycorrhiza–Merapi-indigenous rhizobacteria association on growth and yield of three cultivars soybean cultivated on coastal sandy soil. *Planta Tropika: Jurnal Agrosains*, 5(1): 7-14.
- Larasati, N.D., Budiyanto, G., and Widyastuti, T. 2017. Application of cow rumen liquid in palm sugar waste compost for cultivating sweet corn in coastal sandy soil of samas beach Bantul. *Planta Tropika: Jurnal Agrosains*, 5 (2): 96-105.
- Melsandi, H. and Prijono, S. 2015. The use of volcanic ash from the eruption of Mount Kelud in East Java for improving yield of sweet potato grown on a sandy soil. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 2(4): 409 – 414.
- Nurhayati, D.R, Yudono P, Taryono, dan Hanudin, E. 2018. Pengaruh waktu pemupukan pada dua musim tanam terhadap karakter Wijen Sbr-1 dan Sbr-3 di Lahan Pasir Pantai, Caraka Tani. *Journal of Sustainable Agriculture*, 33(1): 19-25.
- Parwata, I.G.M.A, Indradewa, D., Yudono, P., Kertonegoro, B.D.J., dan Kusmarwiyah, R. 2014. Respon pertumbuhan dan hasil tanaman jarak pagar

- (*Jatropha curcas* L.) terhadap cekaman kekeringan di lahan pasir pantai pada tahun pertama siklus produksi. *J. Agron. Indonesia*, 42(1): 59 – 65.
- Prasetyo, B.H., Sulaeman, Y., Subardja, D., and Hikmatullah. 2006. Characteristics of Spodosols in relation to soil management for agriculture in Kutai Regency, East Kalimantan. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 24: 69-79.
- Purwantono, A.S.D., Indradewa, D., Sudira, P., Kertonegoro, B.D.J. 2011. Effect of poultry manure and Vertisols matter on availability and leaching of macronutrients in coastal sandy soil. *Journal Tropical Soils*, 16 (1): 17-24.
- Pusat Penelitian Kelapa Sawit/PPKS. 2017. Pengelolaan dan Pemupukan Lahan Marjinal untuk Tanaman Kelapa Sawit. <https://www.iopri.org/wp-content/uploads/2017/12>.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan (Puslitbangtan). 2016. Pedoman Umum PTT Jagung, Cetakan Keempat. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian. 26 Hlm. ISBN: 978-979-1159-31-9.
- Putra, F.P., Yudono, P., dan Waluyo, S. 2018. Perubahan Komposisi Gulma pada Sistem Tumpangsari Padi Gogo dengan Kedelai di Lahan Pasir Pantai. *J. Agron. Indonesia*, 46(1): 33-39.
- Ritung, S., Nugroho, K., Mulyani, A., dan Suryani, A. 2012. Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan untuk Komoditas Pertanian. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian. 161 hlm.
- Saleh, N., Taufiq, A., Widodo, Y., Sundari, T., Gusyana, D., Rajagukguk, R.P., dan Suseno SA. 2016. Pedoman Budi Daya Ubi Kayu di Indonesia. IAARD Press. Badan Litbang Pertanian. 76 hlm.
- Sukarman dan Suparto. 2015. Sebaran dan karakteristik material vulkanik hasil erupsi Gunung Sinabung di Sumatera Utara. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 39(1): 9-18.
- Sukarman dan Gani, R.A. 2017. Lahan bekas tambang timah di Pulau Bangka dan Belitung, Indonesia dan kesesuaiannya untuk komoditas pertanian. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 41(2): 101-112.
- Sukarman, Dariah, A., dan Suratman. 2020. Tanah vulkanik di lahan kering berlereng dan potensinya untuk pertanian di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian* 9(1): 21-34. Doi: 10.21082/jp3.v39n1.2020.p21-34.
- Sukartono, Utomo, W.H., Kusuma, Z., dan Nugroho, W.H. 2011. Soil fertility status, nutrient uptake, and maize (*Zea mays* L.) yield following biochar and cattle manure application on sandy soils of Lombok, Indonesia *Journal of Tropical Agriculture*, 49 (1-2): 47-52, 2011.

- Sutono, S., Hartatik, W., dan Purnomo J. 2007. Penerapan Teknologi Pengelolaan Air dan Hara Terpadu untuk Bawang Merah di Donggala. Balai Penelitian Tanah, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian. 41 hlm.
- Wahyunto, Kuncoro, D., Nugroho, K., dan Sarwani, M. 2012. Jenis material erupsi Gunung Merapi dan dampaknya terhadap sumberdaya lahan. Hlm. 25-44. *Dalam* Noor M, Mamat HS dan Sarwani M. (Eds.): Kajian Cepat Dampak Erupsi Gunung Merapi 2010 Terhadap Sumberdaya Lahan Pertanian dan Inovasi Rehabilitasinya. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.

PERLUNYA KESESUAIAN INOVASI TEKNOLOGI UNTUK LAHAN BERKARAKTER KHUSUS

Chendy Tafakresnanto

Pengelolaan lahan di Indonesia yang mempunyai banyak karakter memerlukan inovasi teknologi siap pakai yang sesuai dengan masing-masing karakter lahannya. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan telah banyak menghasilkan berbagai inovasi teknologi untuk berbagai karakter lahan. Inovasi teknologi siap pakai tersebut harus didiseminasikan ke para praktisi pertanian dan petani agar dapat digunakan di lapangan dalam upaya untuk meningkatkan produksi pertanian yang lebih nyata.

Dalam buku ini disampaikan berbagai pengertian dan permasalahan tentang apa yang dimaksud dengan lahan berkarakter khusus, terutama pada lahan rawa, lahan sawah, lahan kering masam, lahan vulkanik, lahan dataran tinggi berlereng, lahan kering beriklim kering, lahan bekas tambang dan lahan berpasir. Meskipun dalam naskah ini masih ada dijumpai istilah-istilah yang spesifik ilmu tanah seperti nama tanah berdasarkan klasifikasi tanah nasional atau *soil taxonomy*, tetapi secara umum istilah-istilah yang digunakan sebagian besar bisa dimengerti oleh pembaca, terutama para praktisi pertanian, maupun para peneliti di bidang pertanian.

Berbagai inovasi teknologi yang dikemukakan dalam tulisan di buku ini jika diterapkan di lapangan diharapkan akan memberikan jalan keluar untuk mengatasi berbagai masalah di pada tanah-tanah yang mempunyai karakter khusus. Dengan dapat diterapkannya inovasi teknologi tersebut, pada gilirannya akan dapat meningkatkan produksi pertanian dan pendapatan petani. Inovasi teknologi yang dikemukakan dalam buku ini juga diharapkan dapat digunakan dalam proses bimbingan teknis (Bimtek) maupun proses diseminasi. Melalui proses diseminasi dan bimtek diharapkan para praktisi pertanian dan petani akan dapat mengerti dan menerima yang akhirnya akan memanfaatkan teknologi dan informasi tersebut. Sejalan dengan itu, inovasi teknologi sumberdaya lahan berkarakter khusus ini dapat dilaksanakan melalui demplot dan temu lapang.

Dalam buku ini topik terbanyak yang dikemukakan adalah inovasi teknologi tentang rawa, baik rawa lebak, rawa pasang surut, maupun gambut. Hal ini merupakan sesuatu hal yang positif, karena akhir-akhir ini lahan rawa merupakan salah satu lahan yang sedang gencar dikembangkan, terutama untuk pengembangan *food estate* di lahan rawa Kalimantan Tengah. Adanya bahasan mengenai pertanian konservasi di lahan kering beriklim kering merupakan salah satu

topik yang sangat bermanfaat dalam rangka pembangunan pertanian di daerah beriklim kering seperti di Nusa Tenggara Barat maupun di Nusa Tenggara Timur.

Adanya pembahasan mengenai inovasi teknologi di lahan vulkanik sangat menunjang program pengembangan dan lahan dataran tinggi dan beriklim basah, terutama khususnya dalam program pengembangan *food estate* di Sumatera Utara. Materi mengenai perbaikan tanah dan pemupukan berimbang di lahan kering masam merupakan topik yang sangat sesuai dengan kondisi tanah di Inonesia yang sebagian besar merupakan tanah lahan kering masam. Disajikannya karakteristik dan pengelolaan lahan sawah “asam-asam”, merupakan yang jarang dibahas dan diketahui oleh para praktisi pertanian, peneliti bahkan sampai pejabat pengambil kebijakan di tingkat daerah maupun di tingkat pusat. Meskipun sawah “asam-asam” ini hanya dikenal di Jawa Timur namun jika permasalahannya bisa ditanggulangi akan berdampak positif terhadap produksi padi tingkat nasional.

Lahan bekas tambang dan tanah berpasir merupakan lahan marjinal atau suboptimal yang sudah mulai dimanfaatkan untuk pengembangan pertanian, ditengah semakin sulitnya mencari lahan baru untuk pengembangan pertanian. Upaya melalui penerapan teknologi, ternyata kedua jenis lahan tersebut bisa “disulap” menjadi lahan pertanian yang produktif. Dari penerbitan buku ini banyak harapan yang ingin diraih, semoga pembangunan pertanian di negeri kita akan semakin maju.

SEKILAS TENTANG PENULIS

Ai Dariah. Peneliti Ahli Utama, Bidang Kepakaran Pengelolaan Lahan, Air dan Iklim pada Balai Penelitian Tanah, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDL), Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.

Email: aidariah@yahoo.com

Antonius Kasno. Peneliti Ahli Utama, Bidang Kepakaran Kimia dan Kesuburan Tanah pada Balai Penelitian Tanah, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDL), Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.

Email: antkasno@gmail.com

Ani Susilawati. Peneliti Ahli Madya Bidang Kepakaran Ilmu Tanah, Agroklimatologi, dan Hidrologi, Bidang Penelitian Pengelolaan Lahan, Air dan Iklim di Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa (Balittra), Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDL), Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian.

Email: ani.nbl@gmail.com

Budi Kartiwa. Peneliti Ahli Madya, Bidang Kepakaran Kepakaran Ilmu Tanah, Agroklimatologi dan Hidrologi pada Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDL), Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.

Email: budi.kartiwa@gmail.com

Chendy Tafakresnanto. Peneliti Ahli Madya, Bidang Kepakaran Pedologi dan Penginderaan Jarak Jauh pada Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDL), Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.

Email: chttafak@gmail.com

Eni Maftu'ah. Peneliti Ahli Madya, Bidang Kepakaran Ilmu Tanah, Agroklimatologi, dan Hidrologi, Bidang Penelitian Pengelolaan Lahan, Air dan Iklim di Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa (Balittra), Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDL), Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian.

Email: eni_balittra@yahoo.com

Eva Berlian E. Pangaribuan. Peneliti Ahli Pertama, Bidang Kepakaran Budidaya Tanaman Pangan dan Hortikultura, Bidang Penelitian Budidaya dan Produksi Tanaman di Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa (Balittra), Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDL), Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian.

Email: evaberlianbalittra@yahoo.co.id

Hendri Sosiawan. Peneliti Ahli Madya, Bidang Kepakaran Ilmu Tanah, Agroklimatologi dan Hidrologi pada Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi (Balitklimat), Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan

Pertanian (BBSDLP), Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.

Email: hsosiawan30@gmail.com

Husnain. Kepala Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP), Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.

Email: husnainuut@yahoo.com

Irawan. Peneliti Ahli Utama, Bidang Kepakaran Ekonomi Pertanian pada Balai Penelitian Tanah (Balittanah), Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP), Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.

Email: irawan1109@gmail.com

Khairil Anwar. Peneliti Ahli Utama, Bidang Kepakaran Ilmu Tanah, Agroklimatologi, dan Hidrologi, Bidang Penelitian Pengelolaan Lahan, Air dan Iklim di Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa (Balittra), Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP), Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian.

Email: khairil1960@yahoo.com

Markus Anda. Peneliti Ahli Utama, Bidang Kepakaran Pedologi dan Penginderaan Jarak Jauh pada Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP), Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.

Email: markusandas@yahoo.com

Masganti. Profesor Riset, Bidang Kepakaran Ilmu Tanah, Agroklimatologi, dan Hidrologi, Bidang Penelitian Pengelolaan Lahan, Air dan Iklim di Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa (Balittra), Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP), Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian.

Email: masgambut59@yahoo.com

Moh Saeri. Peneliti Ahli Madya, Bidang Kepakaran Sistem Usaha Pertanian dan Sosial Ekonomi Pertanian pada Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Timur (BPTP Jatim), Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian (BBP2TP). Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.

Email: saerimoh@yahoo.com

Muhammad Noor. Profesor Riset, Bidang Kepakaran Ilmu Tanah, Agroklimatologi, dan Hidrologi, Bidang Penelitian Pengelolaan Lahan, Air dan Iklim di Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa (Balittra), Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP), Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian.

Email: m_noor_balittra@yahoo.co.id.

Mukhlis. Profesor Riset, Bidang Kepakaran Ilmu Tanah, Agroklimatologi, dan Hidrologi, Bidang Penelitian Pengelolaan Lahan, Air dan Iklim di Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa (Balittra), Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP), Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian.

Email: mukhlisbalittra@yahoo.com

Nono Sutrisno Saad. Peneliti Ahli Madya, Bidang Kepakaran Ilmu Tanah, Agroklimatologi dan Hidrologi pada Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP), Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.
Email: ns_saad85@gmail.com

R. Smith Simatupang, Peneliti Ahli Utama, Bidang Kepakaran Tanaman Pangan, Hortikultura dan Perkebunan, Bidang Penelitian Budidaya Tanaman di Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa (Balittra), Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP), Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian.
Email: rsmith_simatupang@yahoo.co.id

Sukarman. Profesor Riset, Bidang Kepakaran Pedologi dan Penginderaan Jarak Jauh pada Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP), Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.
Email: sukarmandr@yahoo.co.id

Umi Haryati. Peneliti Ahli Utama, Bidang Kepakaran Konservasi Tanah dan Air pada Balai Penelitian Tanah (Balittanah), Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP), Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.
Email: umiharyati@yahoo.com

Wahida Annisa Yusuf. Peneliti Ahli Madya, Bidang Kepakaran Ilmu Tanah, Agroklimatologi, dan Hidrologi, Bidang Penelitian Pengelolaan Lahan, Air dan Iklim di Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa (Balittra), Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP), Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian.
Email: annisa_balittra@yahoo.com

Wiwik Hartatik. Peneliti Ahli Utama, Bidang Kepakaran Kimia dan Kesuburan Tanah pada Balai Penelitian Tanah (Balittanah), Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP), Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.
Email: wiwik_hartatik@yahoo.com

Yanti Rina D. Peneliti Ahli Utama, Bidang Kepakaran Ekonomi Sumberdaya Alam dan Lingkungan. Bidang Penelitian Ekonomi Pertanian dan Kebijakan Pertanian pada Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa (Balittra), Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP), Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.
Email : tuha13@yahoo.co.id

Yiyi Sulaeman. Kepala Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa (Balittra), Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP), Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.
Email: y.sulaeman@gmail.com

Zainal Arifin. Peneliti Ahli Utama, Bidang Kepakaran Budidaya dan Produksi Tanaman pada Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jawa Timur, Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian (BBP2TP). Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.
Email: arifin_bptpjatim@yahoo.co.id

SEKITAR PENYUSUN

Prof (R) Dr. Ir. Sukarman MS, lahir di Ciamis, Jawa Barat, tanggal 12 September 1956. Memperoleh gelar Sarjana Pertanian Jurusan Ilmu Tanah dari Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor pada tahun 1979. Memperoleh gelar Magister Sains dan Doktor Bidang Ilmu Tanah dari Fakultas Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor masing-masing tahun 1989 dan 2006.

Menduduki Jabatan struktural di lingkup Pusat Penelitian Tanah dan Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian mulai tahun 1993-2011. Menjabat sebagai Ketua Kelompok Peneliti Sintesis Kebijakan di Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, sejak tahun 2018 sampai sekarang.

Jabatan fungsional peneliti diawali sebagai Asisten Peneliti Muda tahun 1990, dan memperoleh jabatan sebagai Peneliti Akhli Utama tahun 2017. Dikukuhkan sebagai Professor Riset dengan judul orasi “Akselerasi Inovasi Pedologi dalam Optimalisasi Penggunaan Tanah Vulkanik Mendukung Pembangunan Pertanian Berkelanjutan” pada tanggal 29 Oktober 2019 di Bogor.

Menghasilkan 135 karya tulis ilmiah, baik yang ditulis sendiri maupun dengan penulis lain dalam bentuk buku, jurnal, prosiding dan makalah yang diterbitkan termasuk 17 diantaranya dalam bahasa Inggris. Menghasilkan 141 Atlas Peta Tanah, Kesesuaian Lahan yang ditulis bersama penulis lain. Buku yang pernah disusun adalah: “Tanah Andosol di Indonesia” tahun 2014 dan “Pedoman Pengamatan Tanah di Lapangan” tahun 2017.

Berpengalaman sebagai Penyunting “Kumpulan Policy Brief Kebijakan Sumberdaya Lahan Mendukung Pembangunan Pertanian” pada tahun 2018, Penyunting “Policy Brief Ragam Kebijakan Sumberdaya Lahan” tahun 2019, Penyunting “Policy Brief Lahan Rawa Mendukung Kedaulatan Pangan tahun” 2019 dan Ketua Penyunting Jurnal Sumberdaya Lahan sejak tahun 2019. Selain sebagai penyunting, juga sering diminta untuk menjadi mitra bestari pada Jurnal Tanah dan Iklim, Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian dan Jurnal Sumberdaya Lahan sebelum tahun 2019, dan Perspektif Review Penelitian Tanaman Industri.

Aktif dalam organisasi profesi ilmiah, yaitu sebagai anggota Himpunan Ilmu Tanah Indonesia (HITI) (1983-sekarang), sebagai anggota dan pengurus Himpunan Gambut Indonesia (HGI) (2015 - sekarang) dan Anggota dan Pengurus Himpunan Peneliti Indonesia (2019 - sekarang) Kota Bogor.

Memperoleh tanda penghargaan Satyalancana Karya Satya X Tahun (1999) dan XX Tahun (2007) dari Presiden Republik Indonesia.

Prof. (R). Dr. Ir. Irsal Las, M.S, lahir di Solok pada tanggal 6 Agustus 1950 menyelesaikan pendidikan Strata 1 pada Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang (1976) dan menyelesaikan pendidikan S2 dalam bidang Agrometeorologi di Institut Pertanian Bogor (1982). Memperoleh gelar Doktor dalam bidang Agroklimatologi pada perguruan tinggi yang sama pada tahun 1992 dengan disertasi "Pemilayahan Komoditi Pertanian Berdasarkan Model Iklim Kabupaten Sikka dan Ende, Nusa Tenggara Timur". Irsal Las adalah Peneliti Utama di bidang Agroklimat dan Pencemaran Lingkungan, pada kelompok peneliti di Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Lahan Pertanian.

Sepanjang kariernya telah menulis lebih dari 215 makalah ilmiah dalam bidang agroklimatologi, ekofisiologi, agroekologi dan sumberdaya lahan dan lingkungan yang sebagian besar diterbitkan pada berbagai jurnal ilmiah, atau bagian dari buku dan prosiding. Beberapa diantaranya berupa policy brief atau policy paper untuk bahan kebijakan Kementerian Pertanian, terutama dalam aspek iklim/agroklimat, pemupukan, sumberdaya lahan dan lingkungan.

Pernah mengikuti berbagai pelatihan dan pendidikan non-gelar, di dalam maupun di luar negeri, yang berkaitan dengan kepakaran. Pendidikan manajemen dan kepemimpinan yang diikuti adalah Sekolah Kepemimpinan Tingkat Madya (SPADYA) Deptan- LAN angkatan 51 dan lulus sebagai peserta terbaik pertama, dan pada tahun 1998 mengikuti pendidikan Sekolah Kepemimpinan Tingkat Menengah (SPAMEN) Angkatan H-3/1998 dan lulus sebagai peserta terbaik keempat.

Selain sebagai peneliti, Irsal Las pernah mengembangkan karier sebagai pejabat struktural antara lain: Kepala Balai Penelitian Padi (Balitpa, sekarang BB Penelitian Padi), pada tahun 2000-2005; Kepala Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP) hingga masa pensiun struktural pada tahun 2010.

Jabatan lain yang pernah diemban terkait dengan profesinya yakni: Ketua/Tim Penyunting (5 buah jurnal dan buku) dan Penyunting buku Prosiding (6 buah) yang diterbitkan oleh lembaga penelitian lingkup Badan Litbang Pertanian, Perguruan Tinggi dan Himpunan Profesi Ilmiah.

Irsal mencapai jenjang Ahli Peneliti Utama (APU) bidang Agroklimat dan Lingkungan pada tahun 2001. Dikukuhkan sebagai Professor Riset pada 5 Januari 2006 dengan judul orasi: Menyiasati Fenomena Anomali Iklim Bagi Pemantapan Produksi Padi Nasional Pada Era Revolusi Hijau Lestari".

Penghargaan yang pernah diperoleh atas prestasi dan pengabdianya, antara lain adalah: (a) sebagai Peserta Terbaik Pertama SPADYA Angkatan 53/1994, (b) Peserta Terbaik Keempat SPAMEN-LAN Angkatan H-3/1998, (c) Perhargaan Ketahanan Pangan dari Metri Pertanian Tahun 2003, (d) Satya Lencana Karya Setya dari Presiden RI (2005), dan (e) Satya Lencana Wira Karya dari Presiden RI (2011).

Prof. (R). Dr. Ir. Muhammad Noor, MS, lahir di Banjarmasin, Kalimantan Selatan, tanggal 21 Nopember 1957. Memperoleh gelar Sarjana Pertanian dari Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada pada tahun 1983; gelar Magister Sains dari Fakultas Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor pada tahun 1989, dan gelar Doktor dari Universitas Gadjah Mada pada tahun 2004. Dikukuhkan sebagai Profesor (Riset) Bidang Kesuburan Tanah dan Biologi Tanah oleh Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) pada tanggal 11 Desember 2014.

Muhammad Noor adalah peneliti utama di bidang kesuburan tanah dan biologi tanah, pada kelompok peneliti Pengelolaan Air di Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa (BALITTRA), Kementerian Pertanian. Mempunyai sekitar 150 karya tulis ilmiah (KTI) dalam bahasa Indonesia dan beberapa diantaranya dalam bahasa Inggris yang tersebar pada berbagai jurnal, prosiding, dan monograf. Selain itu, juga kerap menulis opini pada berbagai tabloid, majalah, surat kabar, dan media-info lainnya dengan jumlah sekitar 100 karya tulis dengan beragam topik dari masalah sumber daya lahan, budidaya pertanian, pengelolaan lahan, air sampai lingkungan hidup. Juga menyusun lebih dari 10 buku teks yang diterbitkan oleh penerbit nasional (*publishing house*) antara lain: Padi Lahan Marginal (Penerbit Penebar Swadaya Jakarta, 1996); dan Trivia Rawa : Serba-Serbi Sumber Daya Lahan Rawa (GMUP, Yogyakarta, 2021).

Beberapa kegiatan yang terkait dengan profesinya antara lain; Aktif mengikuti berbagai forum ilmiah, mengajar, membimbing, dan menguji mahasiswa S1, S2, dan S3 pada Universitas Lambung Mangkurat di Banjarmasin/Banjarbaru dan Universitas Gadjah Mada di Yogyakarta serta beberapa perguruan tinggi swasta, memberikan pelatihan dan pendidikan (kursus) di beberapa lembaga pemerintah, perkebunan swasta, dan beberapa lembaga swadaya masyarakat. Penyunting antara lain Buku Policy Brief dari Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian (sejak tahun 2016), Jurnal Sumberdaya Lahan Pertanian (sejak tahun 2019); buku Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa (sejak 2006), Mitra Bestari beberapa jurnal di lingkungan Perguruan Tinggi dan Badan Litbang Pertanian (Kementan), dan Lingkungan Hidup dan Kehutanan (LHK) 2015-2020.

Penghargaan yang telah diperoleh antara lain: sebagai Pemenang II pada Lomba Karya Tulis dalam rangka Hari Ulang Tahun Tabloid Sinar Tani ke-36 pada tahun 2006 dan Pemenang II Lomba Karya Tulis Penulisan Opini Majalah Swadaya 2016. Mendapatkan Anugerah Agro Inovasi sebagai Inovator Luar Biasa pada Bidang Hak Cipta dan Merek dari Menteri Pertanian pada tahun 2011 serta memperoleh Research Grant dari Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian pada 2011.

Dr. Ir. Chendy Tafakresnanto, MP, lahir di Banyuwangi pada tanggal 22 Desember 1961. Mendapat gelar sarjana pertanian, jurusan Ilmu Tanah Tanah pada tahun 1986 dari Fakultas Pertanian UGM Yogyakarta. Sedangkan Pendidikan S2 dari jurusan ilmu-ilmu pertanian, program studi Ilmu Tanah UGM Yogyakarta tahun 2002. Gelar doktor diperoleh dari Fakultas Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor pada tahun 2012

Selain sebagai peneliti, Chendy Tafakresnanto pernah mengembang sebagai pejabat struktural yaitu: Kepala Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Provinsi Jawa Timur sejak tahun 2016 sampai tahun 2019. Saat ini yang bersangkutan kembali lagi sebagai peneliti di Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian di Bogor.

Jenjang fungsional Asisten Peneliti Madya diperoleh pada tahun 1997 pada bidang survei, pemetaan tanah dan evaluasi lahan. Saat ini jabatan fungsionalnya adalah sebagai Peneliti Akhli Madya. Selain itu, juga aktif mempublikasikan karya ilmiah dan hasil penelitian lebih dari 20 makalah, baik sebagai penulis tunggal, utama atau anggota yang telah diterbitkan dalam jurnal maupun prosiding. Serta mempresentasikan karya-karya ilmiah dan hasil-hasil penelitian dalam forum seminar, lokakarya, pertemuan ilmiah, ceramah ilmiah, pelatihan serta diskusi ilmiah. Selain itu aktif sebagai penyunting dalam berbagai Prosiding dan Penyunting buku antara lain: Buku “Petunjuk Teknis Budidaya Tumpangsari Pajale Sistem Tanam Rapat”, “Budidaya Tumpangsasi Tebu dan Kedelai” (Bulai), dan “Budidaya Komoditas Pekarangan.

INDEKS

A

adaptif, 9, 16, 20, 21, 25, 57, 58, 68, 83, 88, 119, 131, 139, 150
adopsi, 110, 132, 151, 271, 276
agregat, 77, 219, 265, 277
agroekosistem, 104, 164, 258, 272, 273, 277, 284, 318
agroforestry, 285, 309
agromineral, 2, 223, 224, 239, 243
alofan, 158
amelioran, 6, 12, 17, 18, 19, 25, 36, 37, 39, 40, 44, 60, 64, 68, 77, 79, 100, 106, 110, 118, 126, 139, 193, 202, 204, 208, 212, 214, 222, 233, 243, 311, 312, 321
Andisol, 172
Andosol, 163, 174, 358
apatit, 228
Arenosol, 327
aspek legal, 275

B

bawang merah, 5, 13, 19, 20, 21, 22, 23, 28, 29, 160, 346, 347, 348
berbatu, 260, 261, 262, 273, 274, 275, 282, 331, 332
biologi tanah, 32, 36, 37, 76, 77, 86, 158, 198, 207, 233, 236, 266, 277, 307, 312, 316, 337, 361
biomassa, 76, 116, 118, 202, 253, 263, 265, 303, 310
blue water, 284, 285, 287, 288, 289, 296, 297, 298, 299
bulk density, 263, 307

C

cabai, 5, 6, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 28, 160, 164, 165, 173,

219, 314, 320, 321, 346, 347, 348, 350

conservation agriculture, 259, 262, 263, 279
cover crops, 259, 309
cropping system, 309

D

degradasi lahan, 5, 6, 7, 30, 31, 32, 70, 71, 163, 165, 168, 169, 170, 177, 182, 186, 188, 189, 193, 195, 284, 304, 305, 319
dekomposer, 1, 35, 37, 39, 40, 41, 43, 76, 85
demplot, 146, 149, 273, 274, 352
direct seeding, 266
diseminasi, 149, 352
dolomit, 17, 19, 20, 60, 62, 79, 118, 198, 202, 205, 207, 208, 209, 210, 214, 218, 219, 223, 224, 225, 226, 227, 230, 243
dukungan kebijakan, 121, 122, 277, 316, 318

E

ekologi, 6, 7, 32, 175, 189, 303, 305
emisi GRK, 11, 36, 39, 40
Entisols, 173, 191, 207, 215, 260, 331
erosi dipercepat, 182, 187, 189
Eutrik, 248

F

fisika tanah, 207, 276
fosfat alam, 218, 219, 223, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 243

G

gambut terdegradasi, 1, 8, 9, 24, 25, 26, 31, 32, 34, 35, 36, 38, 39, 40
gas rumah kaca, 5, 44, 187

green water, 284, 285, 287, 288, 289,
297, 298, 299, 300
guano, 228

H

hidrologi, 7, 12, 25, 26, 32, 48, 65, 77,
157, 289
hortikultura, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15,
17, 20, 21, 22, 24, 26, 33, 43, 68,
140, 141, 156, 160, 169, 179, 223,
293, 316, 337, 349

I

Inceptisols, 204, 211, 214, 218, 220,
260
infiltrasi, 192, 247, 266, 288, 337
integrasi tanaman ternak, 259
intensitas pertanaman, 144, 148, 281

K

Kambisol, 197, 222, 248
kapasitas memegang air, 343
kapasitas tukar kation, 77, 163, 197,
205, 225, 233, 234, 244, 267, 307,
327, 333, 334, 335
kapur pertanian, 198, 202, 205, 208,
214, 223, 224, 227, 334
kejenuhan al, 225, 227
kejenuhan basa, 163, 165, 197, 198,
200, 222, 260, 261, 267, 327, 335
kelembaban tanah, 25, 38, 112, 138,
263, 264, 266, 267, 276, 284, 337,
343
keracunan besi, 57, 62, 63, 64, 65, 78,
110, 115, 116, 117, 126, 139, 312
kimia tanah, 37, 44, 51, 52, 62, 77, 81,
86, 105, 106, 107, 115, 118, 119,
123, 175, 198, 200, 208, 210, 215,
219, 222, 229, 260, 276, 306, 340,
341
klinoptilolite, 234, 235
korporasi, 147, 148, 149

kualitas tanah, 2, 7, 76, 77, 78, 87, 118,
186, 217, 258, 259, 265, 266, 276,
303, 304, 306, 307, 311, 318, 322

L

lahan bekas tambang, 1, 2, 8, 303, 304,
305, 306, 307, 308, 309, 310, 311,
312, 313, 314, 315, 316, 317, 318,
319, 321, 323, 324, 326, 334, 352
lahan berlereng, 2, 165, 169, 176, 177,
178, 179, 180, 181, 182, 183, 184,
185, 188, 189, 190, 194
lahan berpirit, 1, 48, 54, 55, 57, 58, 61,
62, 64, 65, 66
lahan gambut dangkal, 10, 13
lahan gambut terdegradasi, 1, 5, 7, 8, 9,
10, 12, 13, 24, 26, 28, 29, 31, 32, 33,
34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43
lahan kering iklim kering, 196, 258, 259,
260, 261, 270, 273, 276, 277, 278,
279, 282, 298, 301
lahan kering masam, 1, 2, 197, 198,
201, 202, 203, 204, 205, 206, 207,
209, 210, 211, 212, 213, 214, 216,
217, 218, 219, 222, 223, 225, 226,
231, 232, 243, 352, 353
lahan kritis, 188, 305, 306, 323
lahan potensial, 33, 47, 48, 49, 64, 105,
106, 123, 129, 258, 342
lahan rawa pantai, 95, 100
lahan sulfat masam aktual, 50, 71, 105,
107
lahan sulfat masam potensial, 50, 52,
70, 75, 105, 107
leusit, 223, 239, 240
longsor, 156, 159, 162, 163, 167, 169,
176, 178, 182, 183, 184, 185, 187,
188, 189, 190, 191, 192, 194, 196,
285
lubang tanam permanen, 269, 270,
272, 274, 275
lambung pangan dunia, 105, 108, 121,
122, 292

M

manajemen, 30, 142, 145, 148, 246,
283, 288, 298, 299, 359
metode agronomi, 192
metode sipil teknis, 193
mikroba dekomposer, 63, 81, 83
Mollisols, 260
mulsa, 15, 16, 25, 259, 271, 272, 274,
289, 290, 291, 299, 309, 310, 311,
320, 337, 346, 350

N

nitrogen, 49, 64, 82, 83, 158, 173, 217,
219, 237, 238, 244, 255, 264, 265,
334, 349

O

olah tanah konservasi, 126, 265, 266
olah tanah minimum, 270, 271, 272
olah tanah sempurna, 116, 117, 270
olah tanah sempurna bersyarat, 116,
117
organisme pengganggu tanaman, 110,
120, 127, 168, 345, 347
overburden, 305, 306, 310, 322
Oxisols, 197, 198, 200, 202, 204, 209,
214, 215, 217, 218, 220, 241, 242

P

paludifikasi, 6
panacea, 262
panca kelola, 259, 276, 278
participatory rural appraisal, 272
pasir kuarsa, 32, 176, 199, 201, 306,
307, 326, 327, 328, 329, 330, 334,
336, 342
pembenah tanah, 76, 100, 167, 198,
207, 216, 217, 223, 224, 226, 233,
234, 236, 237, 238, 244, 304, 312
pemberian mulsa, 12, 15, 193, 337

pemupukan berimbang, 2, 12, 25, 66,
71, 75, 76, 85, 86, 89, 166, 198, 223,
233, 236, 259, 317, 353
penambangan timah, 304, 305, 306,
308, 309, 313, 322, 323, 329, 334
penataan lahan, 1, 13, 14, 16, 25, 113,
114, 115, 131, 138, 204, 211, 214,
311, 316
pengapuran, 204, 206, 215, 216, 219,
220, 225
pengelolaan air makro, 137, 138
permanen pit, 263, 274
pertanian konservasi, 196, 259, 262,
263, 267, 268, 269, 270, 271, 272,
273, 274, 276, 277, 279, 353
pintu tabat, 14, 25, 58
Podsol, 326, 327, 329, 334, 341
Podsolik, 197, 209, 215, 222, 331
pola tanam, 13, 55, 137, 144, 173, 174,
193, 205, 217, 231, 262, 309
pupuk hayati, 76, 81, 82, 83, 85, 86, 89,
90, 139, 217

R

rawa lebak, 13, 14, 15, 46, 48, 67, 108,
109, 129, 130, 133, 134, 136, 137,
140, 141, 142, 150, 151, 152, 153,
352
regim kelembaban, 260
Regosol, 327, 329
retensi air, 267, 277, 313
return over variable cost, 270
ripping, 263, 272, 273, 274, 275
rotasi tanaman, 259, 262, 272, 275

S

salinitas, 1, 2, 75, 92, 93, 95, 96, 97,
100, 101
saluran drainase dangkal, 17
sawah berteras, 180, 183, 184, 247,
312
sediment enrichment ratio, 185
sistak, 58

sistem produksi, 70, 90, 111, 112, 145, 149, 281
 sistem surjan, 16, 25, 114, 115, 125, 131, 137, 139, 141
 sistem tabat, 99, 113
 sistem tukang, 114
 sistem usaha tani, 153, 262
 slow release, 231, 237, 244, 339, 344
 soil neutralizer, 224, 226
 solum dangkal, 222
 Spodosols, 326, 334, 339, 340, 341, 343, 350
 stabilitas agregat, 207, 211, 219, 236, 264, 266, 312, 338
 strategi implementasi, 86, 277
 subsidi, 35, 36, 39, 40
 sulfat masam terdegradasi, 71, 74, 76, 79, 84, 85
 swadaya petani, 1, 30, 31, 34, 38, 39, 41

T

tailing, 305, 306, 307, 308, 311, 312, 322, 326, 327, 329, 334
 tanah vulkanik, 1, 2, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 331
 tanpa olah tanah, 116, 265, 268, 271, 283
 tata air mikro, 58, 65, 99, 112, 131, 137, 138, 152

teras bangku, 193
 teras gulud, 193, 205, 290, 309
 tillage, 126, 262, 263, 277, 278, 279, 280, 285, 302
 time to pond, 266

U

Ultisols, 90, 191, 197, 198, 201, 202, 204, 205, 209, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 222, 225, 231, 244
 UPJA, 144, 145, 149
 usaha tani, 23, 29, 86, 143, 144, 145, 147, 148, 149, 151, 160, 165, 166, 168, 169, 170, 262, 289, 293
 Ustik, 260

V

varietas unggul, 68, 74, 88, 116, 119, 137, 139, 140, 143, 150, 152, 202, 219, 233

Z

zeolit, 168, 223, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 245

Pengelolaan Lahan Berkarakter Khusus

Indonesia adalah negara yang luas, dengan berbagai variasi iklim, ketinggian tempat, bahan induk serta tutupan vegetasi yang sangat berpengaruh terhadap proses pembentukan tanahnya. Oleh karena itu tanah di Indonesia sangat bervariasi dengan karakter yang sangat berbeda-beda. Untuk mendapatkan produktivitas tanah yang optimal jika tanah tersebut dimanfaatkan, maka diperlukan pengelolaan lahan yang sesuai dengan karakter yang dimiliki oleh masing-masing tanah tersebut.

Naskah yang disusun dalam buku ini berdasarkan hasil-hasil penelitian para peneliti Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian baik berupa hasil penelitian terbaru maupun yang agak lama dan belum banyak dipublikasikan atau didiseminasikan, tetapi masih relevan dengan topik buku ini.

Buku ini memuat berbagai teknologi pengelolaan lahan yang dikaitkan dengan karakter masing-masing tanah yang dijumpai di Indonesia, mulai dari tanah rawa, lahan kering berlereng, termasuk di dalamnya lahan vulkanik, lahan bekas tambang, tanah berpasir, lahan kering masam, dan lahan kering beriklim kering. Informasi tersebut diharapkan akan memberikan pemahaman kepada para pengambil kebijakan maupun kepada para praktisi pertanian bahwa setiap tanah harus diperlakukan berbeda sesuai dengan karakter masing-masing tanahnya.

Kami memaklumi bahwa buku ini masih jauh dari sempurna. Namun kami berharap bahwa buah fikiran para peneliti yang berkiprah di bidang sumberdaya lahan ini, dapat dijadikan rujukan bagaimana cara pengelolaan lahan yang tepat dalam upaya untuk meningkatkan produktivitas tanpa menimbulkan kerusakan lahan dan lingkungannya.



ISBN 978-602-344-311-6



Pengelolaan Lahan Berkarakter Khusus

Sukarmann

