

SUMBER DAYA LAHAN RAWA

**Dukungan Teknologi
Menuju Lumbung Pangan Dunia 2045**



IAARD PRESS

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Jalan Ragunan No. 29, Pasarminggu, Jakarta 12540
Telp. +62 21 7806202, Faks.: +62 21 7800644

Alamat Redaksi:

Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian
Jalan Ir. H. Juanda No. 20, Bogor 16122
Telp. +62-251-8321746. Faks. +62-251-8326561
e-mail: iaardpress@litbang.deptan.go.id

SUMBER DAYA LAHAN RAWA

Dukungan Teknologi
Menuju Lumbung Pangan Dunia 2045

Tim Penyunting:

Prof. Dr. Ir. Masganti, M.S.	Dr. Eni Maftu'ah, S.P., M.P.
Prof. Dr. Ir. M. Noor, M.S.	Dr. Maulia Aries Susanti, S.P., M.Sc.
Ir. R. Smith Simatupang, M.P.	Ir. M. Saleh, M.S.
Dr. Ir. M. Alwi, M.S.	Ir. Hendri Sosiawan, CESA.
Dr. Ir. Mukhlis, M.S.	Ir. Muhammad



RAJAWALI PERS
Divisi Buku Perguruan Tinggi
PT RajaGrafindo Persada
DEPOK

Perpustakaan Nasional: Katalog dalam Terbitan (KDT)

Tim penyunting, Masganti ...

SUMBER DAYA LAHAN RAWA Dukungan Teknologi Menuju
Lambung Pangan Dunia 2045 / tim penyunting, Masganti .
-- Ed. 1. --Cet. 1-- Depok: Rajawali Pers, 2019.
xx, 384 hlm., 23 cm
Bibliografi: hlm. 678
ISBN 978-623-231-087-2

Hak cipta 2019, pada penulis

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh isi buku ini dengan cara apa pun,
termasuk dengan cara penggunaan mesin fotokopi, tanpa izin sah dari penerbit

2019.2473 RAI

Tim Penyunting:

- | | |
|--------------------------------|-------------------------------------|
| ▪ Prof. Dr. Ir. Masganti, MS. | ▪ Dr. Ani Maftu'ah, SP. MP. |
| ▪ Prof. Dr. Ir. M. Noor, MS. | ▪ Dr. Maulia Aries Susanti, SP, MSc |
| ▪ Ir. R. Smith Simatupang, MP. | ▪ Ir. M. Saleh, MS. |
| ▪ Dr. Ir. M. Alwi, MS. | ▪ Ir. Hendri Sosiawan, CESA |
| ▪ Dr. Ir. Mukhlis, MS. | ▪ Ir. Muhammad |

SUMBER DAYA LAHAN RAWA

Dukungan Teknologi Menuju Lambung Pangan Dunia 2045

Cetakan ke-1, Agustus 2019

Hak penerbitan pada PT RajaGrafindo Persada, Depok

Editor : Hidayati
Setter : Jamal
Desain Cover : Tim Kreatif RGP

Dicetak di Rajawali Printing

PT RAJAGRAFINDO PERSADA

Anggota IKAPI

Kantor Pusat:

Jl. Raya Leuwinanggung, No.112, Kel. Leuwinanggung, Kec. Tapos, Kota Depok 16956
Tel/Fax : (021) 84311162 – (021) 84311163
E-mail : rajapers@rajagrafindo.co.id http:// www.rajagrafindo.co.id

Perwakilan:

Jakarta-16956 Jl. Raya Leuwinanggung No. 112, Kel. Leuwinanggung, Kec. Tapos, Depok, Telp. (021) 84311162. **Bandung**-40243, Jl. H. Kurdi Timur No. 8 Komplek Kurdi, Telp. 022-5206202. **Yogyakarta**-Perum. Pondok Soragan Indah Blok A1, Jl. Soragan, Ngestiharjo, Kasihan, Bantul, Telp. 0274-625093. **Surabaya**-60118, Jl. Rungkut Harapan Blok A No. 09, Telp. 031-8700819. **Palembang**-30137, Jl. Macan Kumbang III No. 10/4459 RT 78 Kel. Demang Lebar Daun, Telp. 0711-445062. **Pekanbaru**-28294, Perum De' Diandra Land Blok C 1 No. 1, Jl. Kartama Marpoyan Damai, Telp. 0761-65807. **Medan**-20144, Jl. Eka Rasmi Gg. Eka Rossa No. 3A Blok A Komplek Johor Residence Kec. Medan Johor, Telp. 061-7871546. **Makassar**-90221, Jl. Sultan Alauddin Komp. Bumi Permata Hijau Bumi 14 Blok A14 No. 3, Telp. 0411-861618. **Banjarmasin**-70114, Jl. Bali No. 31 Rt 05, Telp. 0511-3352060. **Bali**, Jl. Imam Bonjol Gg 100/V No. 2, Denpasar Telp. (0361) 8607995. **Bandar Lampung**-35115, Perum. Bilabong Jaya Block B8 No. 3 Susunan Baru, Langkapura, Hp. 081299047094.

PRAKATA

Pemerintah Indonesia menargetkan menjadi Lumbung Pangan Dunia (LPD) pada tahun 2045. Target tersebut dicapai memerlukan adanya strategi, salah satunya mengoptimalkan pemanfaatan lahan rawa pasang surut dan lebak. Sejarah ekstensifikasi pertanian di Indonesia, lahan rawa tercatat dibuka dan dikembangkan sejak tahun 1920-an sebagai areal usahatani padi, jagung, sayuran, dan buah-buahan dan beberapa tanaman tahunan seperti karet, kakao, jeruk, dan lainnya. Secara besar-besaran pemerintah membuka daerah rawa melalui Proyek Pembukaan Persawahan Pasang Surut (P4S) antara tahun 1979-1984 dengan rencana pembukaan 5,25 juta hektar di bawah Departemen Pekerjaan Umum (PU), tetapi terealisasi hanya 17%. Kemudian pembukaan satu juta hektar melalui Proyek Pembukaan Lahan Gambut (PLG) Sejuta Hektar di Kalimantan Tengah pada tahun 1996. Berbagai program peningkatan produksi dan produktivitas padi sudah dilakukan agar peningkatan produksi pangan nasional dapat dicapai khususnya pada lahan-lahan sawah irigasi, sedangkan lahan rawa masih belum disentuh secara proporsional.

Perubahan yang mendasar di antaranya laju dan tinggi tingkat alih fungsi lahan mendorong semakin diperhatikannya lahan rawa dalam mendukung upaya peningkatan produksi pangan nasional khususnya, dan mendukung keinginan Indonesia menjadi Lumbung Pangan Dunia (LDP) pada tahun

2045. Agar tercapai maksud tersebut perlu dipersiapkan inovasi teknologi untuk mengoptimalkan pemanfaatan dan mendorong upaya peningkatan produktivitas dan produksi pangan nasional. Lahan rawa umumnya memiliki produktivitas yang masih relatif rendah, namun dengan tersedianya inovasi teknologi yang sudah siap diimplementasikan pada tingkat lapangan akan mendorong percepatan upaya peningkatan produksi pangan tersebut.

Buku *SUMBER DAYA LAHAN RAWA: Dukungan Teknologi Menuju Lumbung Pangan Dunia 2045*, mengemukakan tentang berbagai inovasi teknologi pengelolaan lahan dan budi daya pertanian di lahan rawa, termasuk aspek sosial ekonomi dan kelebagaannya, disusun dalam empat bab utama. Bab I sebagai pendahuluan mengemukakan sekilas tentang kebutuhan dan peran inovasi teknologi pertanian di lahan rawa pada masa datang untuk mendukung pencapaian target dalam mewujudkan Indonesia sebagai Lumbung Pangan Dunia pada tahun 2045. Bab II tentang Pengelolaan Air dan Lahan yang mengemukakan teknologi dan aspek-aspek perbaikan dan peningkatan kualitas lahan dan air sehingga dapat mendukung upaya peningkatan produktivitas lahan dan tanaman. Bab III tentang Peningkatan Produktivitas Lahan yang mengemukakan tentang aspek-aspek dan inovasi teknologi peningkatan produktivitas lahan dan lingkungan hidup sehingga dapat terciptanya teknologi yang ramah lingkungan. Bab IV tentang Peningkatan Produktivitas Komoditas mengemukakan aspek-aspek inovasi teknologi budi daya pada berbagai komoditas sehingga peran lahan rawa lebih nyata dalam mendukung upaya peningkatan produksi pangan seperti padi, jagung, hortikultura, kelapa sawit, dan ternak sapi. Bab V adalah Penutup yang menyintesis secara keseluruhan tulisan dalam bab-bab sebelumnya dalam perspektif masalah pangan dan pencapaian peningkatan produksi hingga terwujudnya LPD tahun 2045.

Dengan tersusunnya buku ini, kami penyunting menghaturkan terima kasih kepada para penulis yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk mengisi buku yang ada di tangan Anda ini. Kami menyadari bahwa apa yang kami sajikan atau himpun dalam buku ini masih banyak kekurangannya. Oleh karena itu, tegur sapa berupa kritik dan saran untuk penyempurnaan isi buku ini sangat diharapkan dan disambut dengan senang hati sehingga pada edisi revisi nantinya dapat lebih sempurna. Namun demikian, kami berharap semoga buku ini dapat memberikan tambahan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) serta berguna dalam memajukan pengembangan lahan rawa untuk pembangunan pertanian di masa datang.

Banjarbaru, 30 Juni 2019

Tim Penulis

DAFTAR ISI

PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	
BAB I. PENDAHULUAN	1
1. Perspektif Lahan Rawa Sebagai Lambung Pangan Dunia <i>Muhammad Noor dan Mukhlis</i>	3
BAB II. PENGELOLAAN AIR DAN LAHAN	11
1. Pengelolaan Air untuk Pertanian Tanaman Padi di Lahan Rawa: Kasus Desa Jejangkit Muara, Kabupaten Barito Kuala, Kalimantan Selatan <i>Muhammad Noor, Izhar Khairullah, dan Hendri Sosiawan</i>	13
2. Rekonstruksi Minipolder dalam Area Polder Alabio untuk Pengelolaan Air di Lahan Rawa Lebak <i>Khairil Anwar, A. Rifki Hidayat dan Hendri Sosiawan</i>	35

3. Pengelolaan Lahan dan Tata Air Mikro pada Lahan Pasang Surut Bermasalah Keracunan Besi <i>Aidi Noor dan Rina Dirgahayu Ningsih</i>	54
4. Pengembangan Kelembagaan P3A dalam Mendukung Produksi Padi di Lahan Rawa <i>Yanti Rina dan Muhammad Alwi</i>	74
5. Pelindian Tanah Sulfat Masam dan Peranan Purun Tikus (<i>Eleocharis dulcis</i>) Serta Bulu Babi (<i>Eleocharis Retroflaksa</i>) untuk Memeperbaiki Kualitas Air Lindian <i>Muhammad Alwi dan Yanti Rina</i>	90
BAB III. PENINGKATAN PRODUKTIVITAS LAHAN	109
1. Pemupukan Padi Rendah Emisi Gas Rumah Kaca di Lahan Rawa <i>Eni Maftuah dan Ani Susilawati</i>	111
2. Pemupukan P Berbasis Mikroba Pelarut pada Padi <i>Arthanur Rifqi Hidayat dan Yuli Lestari</i>	137
3. Remediasi Lahan Rawa dengan Bahan Organik <i>Wahida An-Nisa Yusuf dan Koesrini</i>	159
4. Teknologi Bioleaching Untuk Mengurangi Kemasaman Tanah di Lahan Rawa Pasang Surut <i>Mukhlis dan Yuli Lestari</i>	172
BAB IV. PENINGKATAN PRODUKTIVITAS KOMODITAS	197
1. Teknologi Inovatif Peningkatan Produktivitas Jagung di Lahan Rawa Pasang Surut <i>R. Smith Simatupang dan Isri Hayati</i>	199
2. Teknologi Inovatif dan Strategi Pengembangan Bawang Merah di Lahan Rawa <i>Eni Maftuah dan Maulia A Susanti</i>	230

3. Teknologi Peningkatan Produktivitas Padi di Lahan Rawa Mendukung Kedaulatan Pangan <i>Masganti, Hendri Sosiawan, dan Ani Susulawati</i>	252
4. Teknologi Budidaya Cabai di Lahan Rawa <i>Muhammad Saleh dan Muhammad Alwi</i>	274
5. Peningkatkan Produktivitas Padi Varietas Unggul di Lahan Rawa <i>Izhar Khairullah dan Koesrini</i>	291
6. Potensi dan Prospek Inovasi Teknologi Integrasi Kelapa Sawit dan Sapi di Lahan Pasang Surut, Kalimantan Selatan <i>Eni S Rohaeni, M. Yasin, S. Nurawaliah dan Sara Sorayya Ermuna</i>	308
7. Pengelolaan Sumber daya Perikanan dalam Mendukung Optimalisasi Lahan Rawa <i>Retna Qomariah dan Susi Lesmayati</i>	327
BAB V. PENUTUP	355
1. Katalisasi Lahan Rawa Menuju Lumbung Pangan Dunia 2045 <i>Masganti, Hendri Sosiawan, Eni Maftuah, dan Mamat H.S.</i>	357
INDEKS	371
BIODATA PENULIS	377

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Perkiraan kontribusi tambahan produksi padi di lahan Rawa dari sepuluh provinsi terpilih di Indonesia	7
Tabel 2.	Luas penggunaan lahan di kecamatan Mandastana dan Jejangkit, kab. Barito Kuala, Kalimantan Selatan	21
Tabel 3.	Kualitas sumber air mini-polder Hambuku	47
Tabel 4.	Karakteristik tanah di lahan rawa pasang surut, Belandean dan Puntik Dalam, Kabupaten Barito Kuala	58
Tabel 5.	Hasil padi dan gejala keracunan besi pada tanaman padi di lahan rawa pasang surut, Belandean, Kalimantan Selatan, mk. 2004	61
Tabel 6.	Konsentrasi Fe (ppm) dalam organ tanaman padi yang berbeda pada beberapa varietas padi	63
Tabel 7.	Hasil gabah kering giling varietas yang diuji di lahan rawa pasang surut, Desa Puntik Dalam, Kalimantan Selatan, mk. 2006	65

Tabel 8.	Pengaruh pemberian bahan amelioran terhadap hasil Gabah dan skoring keracunan fe di lahan sulfat masam Bukaan baru, unit tatas, kalimantan tengah	66
Tabel 9.	Hasil gabah dan skoring gejala keracunan besi Beberapa varietas unggul di lahan pasang surut, Barito kuala, kalsel	67
Tabel 10.	Pengaruh dua level konsentrasi besi dalam larutan (143 dan 325 ppm fe) terhadap skoring fe dan berat kering tajuk tanaman padi	67
Tabel 11.	Analisis biaya dan pendapatan usahatani padi 1 ha Pada p3a dibina dan tidak dibina di lahan Rawa pasang surut	80
Tabel 12.	Pengeruh pelindian tanah sulfat masam menggunakan Air hujan, payau dan gambut terhadap peningkatan PH tanah dan penurunan konsentrasi Fe-total serta so_4^{2-}	101
Tabel 13.	Luas dan sebaran lahan rawa menurut Pulau di indonesia	115
Tabel 14.	Luas lahan rawa yang berpotensi untuk Pertanian padi sawah	115
Tabel 15.	Klasifikasi kesesuaian lahan rawa untuk Tanaman padi	116
Tabel 16.	Dosis pupuk dan cara pemberiannya pada padi Rintak di lahan rawa lebak.	121
Tabel 17.	P-tersedia, ph, al dan fe tanah sulfat masam Semarak, malaysia pada kedalaman yang berbeda	141
Tabel 18.	Produktivitas padi di tanah sulfat masam akibat Perbedaan pemberian kompos jerami dan pupuk p.	143
Tabel 19.	Pengaruh pemberian pupuk hayati, dolomit dan Basalt terhadap kadar n, p dan k jerami padi dan Gabah.	153

Tabel 20.	Pengaruh inokulasi bakteri pelarut fosfat Terhadap pertumbuhan dan hasil padi ciherang di tanah sulfat masam	154
Tabel 21.	Luas lahan rawa dan potensi untuk lahan sawah	161
Tabel 22.	Sifat kimia beberapa jenis bahan organik	165
Tabel 23.	Tipologi lahan sulfat masam dan penciri utamanya	175
Tabel 24.	Sifat kimia tanah sulfat masam (lapisan atas 0-50 Cm) di Kalimantan dan Sumatera	176
Tabel 25.	Hasil gabah kering giling beberapa varietas padi yang Diuji di lahan rawa pasang surut sulfat masam, desa Puntik Dalam, Kalimantan Selatan pada mk 2006	182
Tabel 26.	Pengaruh perbedaan konsentrasi al terhadap Rata-rata panjang akar dan persentase penurunan akar	183
Tabel 27.	Efektivitas beberapa isolate <i>t. Ferrooxidans</i> dalam Mengoksidasi besi ferro dan sulfur	188
Tabel 28.	Pengaruh beberapa isolat <i>t. Ferrooxidans</i> dan waktu Pencucian terhadap kadar s-pirit, besi dan sulfat Pada 4 minggu setelah inokulasi	189
Tabel 29.	Pengaruh beberapa isolat <i>t. Ferrooxidans</i> dan waktu Pencucian terhadap sifat kimia tanah setelah panen	189
Tabel 30.	Pengaruh beberapa isolat <i>t. Ferrooxidans</i> dan waktu Pencucian terhadap pertumbuhan dan hasil padi	190
Tabel 31.	Perkembangan luas panen, produktivitas dan produksi Jagung nasional	202
Tabel 32.	Takaran, porsi dan waktu pemberian pupuk n, p dan k pada tanaman jagung di lahan rawa	220
Tabel 33.	Potensi lahan rawa untuk pengembangan hortikultura	233
Tabel 34.	Karakteristik beberapa varietas bawang merah yang dapat beradaptasi di lahan rawa	237
Tabel 35.	Jenis amelioran terhadap pertumbuhan dan produksi Bawang merah di lahan gambut	239

Tabel 36.	Pengaruh jenis penyiraman terhadap pertumbuhan tanaman dan hasil bawang merah	241
Tabel 37.	Luas lahan rawa Indonesia	254
Tabel 38.	Luas lahan rawa di pulau Sumatera	255
Tabel 39.	Luas lahan rawa di pulau Kalimantan	255
Tabel 40.	Luas lahan rawa di pulau Papua	256
Tabel 41.	Rekomendasi varietas padi di lahan rawa	260
Tabel 42.	Sistem pengelolaan air di lahan pasang surut berdasarkan tipe luapan air	261
Tabel 43.	Rekomendasi pemupukan padi di lahan rawa berdasarkan tipologi lahan dan tipe luapan/ketinggian air	263
Tabel 44.	Kebutuhan amelioran untuk meningkatkan produktivitas padi di lahan pasang surut berdasarkan tipologi lahan dan tipe luapan	264
Tabel 45.	Pengaruh perbedaan sistem tanam terhadap komponen tanaman padi di lahan rawa pasang surut	265
Tabel 46.	Hama utama tanaman padi di lahan rawa dan cara pengendaliannya	266
Tabel 47.	Deskripsi cabai varietas lembang-1, tanjung-1 dan tanjung-2.	278
Tabel 48.	Kandungan gizi beberapa produk dari limbah kelapa sawit	312
Tabel 49.	Demplot di kelompok harapan makmur, desa Kolam Makmur, kec. Wanaraya, kab. Barito Kuala	318
Tabel 50.	Produksi kelapa sawit yang dihasilkan antara yang diberi pupuk kandang dan tanpa pupuk kandang	318
Tabel 51.	Analisis usaha pembesaran sapi potong selama 66 hari, skala 5 ekor	320
Tabel 52.	Analisis pendapatan pemeliharaan sapi potong Penggemukan (90 hari)	320

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1.** Peta penggunaan lahan Kecamatan Mandastana dan Jejangkit, kabupaten barito kuala, Kalimantan Selatan 20
- Gambar 2.** Peta daerah rawa desa Jejangkit Muara yang dikembangkan sebagai daerah pengembangan dan penerapan teknologi dalam gelar teknologi pada areal hps 2018 22
- Gambar 3.** Bangunan tanggul, saluran, dan pompa serta pertumbuhan tanaman padi di areal gelar teknologi hps di desa Jejangkit Muara, kab. Barito Kuala, Kalimantan Selatan. 22
- Gambar 4.** Peta posisi polder alabio dari kota Banjarmasin 39
- Gambar 5.** Zonasi tipe lebak, terdiri dari lebak dangkal (hijau), lebak tengahan (biru tua), lebak dalam (biru muda), dan lebak sangat dalam (merah). 40

Gambar 6.	Peta areal tanam saat ini pada polder alabio	43
Gambar 7.	Peta areal tanam bila dilakukan perbaikan sarana prasarana sesuai keperluan	43
Gambar 8.	Areal minipolder hambuku	46
Gambar 9.	Peta topografi minipolder hambuku	48
Gambar 10.	Keragaan infrastruktur mini-polder hambuku 2018. (1) Dan (2) pintu penghubung saluran irigasi polder dengan mini-polder; (3) saluran irigasi sungai nagara ke areal mini-polder; (4) jalan inspeksi irigasi yang berfungsi sebagai tanggul penahan air saluran irigasi polder dengan areal mini-polder, dibobol petani; (5) jembatan penghubung yang belum memiliki pintu pengendali air; dan (6) pintu penahan luapan sengai nagara.	49
	tanggul jalan yang ditinggikan	50
	penutupan lubang dengan karung pasir	50
Gambar 11.	Keragaan hasil rekonstruksi infastuktur mini Polder hambuku: (1) peninggian tanggul keliling; (2, 3 Dan 4) penutupan lubang dengan karung pasir, (5) rumah pompa; (6) peta jaringan tanggul dalam mini-polder	51
Gambar 12.	Model penataan saluran tata air mikro (tam) di lahan rawa pasang surut (sumber: dokumentasi balittra 2012)	78
Gambar 13.	Pertumbuhan tumbuhan purun Tikus dan Bulu Babi di kp. Belandean, kabupaten Barito Kuala, Kalimantan Selatan	99
Gambar 14.	Hubungan antara kemampuan purun tikus (Kanan) dan Bulu Babi (kiri) dalam menyerap Fe^{2+} dengan waktu pengukuran	100

Gambar 15.	Hubungan antara kemampuan purun tikus (Kanan) dan bulu babi (kiri) dalam menyerap fe-total dengan waktu pengukuran	100
Gambar 16.	Hubungan antara kemampuan purun tikus (Kanan) dan bulu babi (kiri) dalam menyerap so_4^{2-} dengan waktu pengukuran (sumber: Alwi 2011)	101
Gambar 17.	Hubungan antara konsentrasi fe^{2+} , fe-total, dan so_4^{2-} pada air lindian dengan waktu pengukuran (sumber: Alwi 2011)	103
Gambar 18.	Sistem pergerakan hara pada pertanaman padi	118
Gambar 19.	Fluks emisi n_2o kumulatif pada fase pertanaman padi akibat perlakuan penghambat nitrifikasi	129
Gambar 20.	Hubungan antara jenis dan dosis bahan organik dengan dosis fosfat alam terhadap p-tersedia	140
Gambar 21.	Kemampuan bakteri pelarut p melarutkan fosfat tidak larut $ca_3(po_4)_2$ pada mediumpikovskaya (Foto: Yuli Lestari).	144
Gambar 22.	Mekanisme pengkhelatan al dan fe oleh asam organik di dalam tanah (Panhwar <i>et al.</i> 2016).	147
Gambar 23.	Skema mekanisme mineralisasi dan immobilisasi p oleh mikroba pelarut p.	150
Gambar 24.	Hasil panen jagung muda siap untuk dijual ke pasar, harga rp. 2.500-3.000/Tongkol (Dok. Simatupang 2018)	210
Gambar 25.	Skematis tata cara jagung menggunakan metode zig zag	215
Gambar 26.	Keragaan pertanaman jagung yang ditanam menggunakan metoda zig zag (Dok. Simatupang2018)	216
Gambar 27.	Hasil panen ubinan jagung hibrida, di lahan rawa lebak (dok. Pprn ii, oktober 2018)	216

Gambar 28.	Cara penyiapan lahan untuk areal pertanaman jagung pada tanah mineral di lahan rawa pasang surut (dok. Balittra)	218
Gambar 29.	Pembuatan saluran untuk mengelola air di areal pertanaman jagung pada musim hujan di lahan gambut (dok. Simatupang 2018)	218
Gambar 30.	Mesin pemanen jagung (<i>corn combine harvester</i>)	222
Gambar 31.	Persiapan lahan untuk budi daya bawang merah di lahan rawa	236
Gambar 32.	Jenis-jenis bawang merah yang dapat dibudidayakan di lahan rawa (dok. Balittra 2018; balitsa 2018)	238
Gambar 33.	Penanaman bawang merah	240
Gambar 34.	Penyiraman bawang merah dengan springkler dan manual	241
Gambar 38.	Sungkup plastik untuk budi daya bawang merah di musim hujan	242
Gambar 36.	Alur sistem perbenihan bawang merah sesuai sk dirjen hortikultura no 101/sr.120/D/iii/2008, tanggal 24-3-2008 (sumber; baswarsiati <i>et al.</i> 2015).	245
Gambar 37.	Budi daya cabai di lahan rawa lebak Tengahan pada musim kemarau (dokumentasi saleh 2000).	277
Gambar 38.	Semai i di bak semaian (a), semai ii di polybag (b) (dokumentasi saleh 2018).	280
Gambar 39.	Tanaman cabai dengan mulsa kayu Apu (a) mulsa eceng gondok (b). (Dokumentasi saleh 2018).	282
Gambar 40.	Cabai yang di panen muda (a), cabai yang di panen tua (b) (dokumentasi Saleh 2019).	285
Gambar 41.	Cabai yang dikeringkan (dokumentasi Saleh 2019)	286

Gambar 42.	Skematik pembagian lahan pasang surut berdasarkan tipe luapan.	294
Gambar 43.	Klasifikasi lahan rawa lebak berdasarkan tinggi dan lama genangan air	294
Gambar 44.	Keragaan hasil varietas inpara di lahan Rawa pasang surut, kabupaten Barito Kuala, kalsel, mk 2016 (sumber: koesrini <i>et al.</i> 2017)	300
Gambar 45.	Adaptasi varietas inpara 2 dan inpara 3 di lahan rawa pasang surut, kabupaten Barito Kuala, Kalimantan Selatan mk 2018 (sumber: koesrini 2018)	301
Gambar 46.	Budi daya ikan dalam kolam	340
Gambar 47.	Budi daya ikan dalam karamba	341
Gambar 48.	Budi daya ikan dalam fish pen/hampang	343
Gambar 49.	Budi daya ikan dalam jaring tancap	345

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB I

PENDAHULUAN

PERSPEKTIF LAHAN RAWA SEBAGAI LUMBUNG PANGAN DUNIA

Muhammad Noor dan Mukhlis

Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa

Jl. Kebun Karet, Loktabat Utara, Banjarbaru, Kalimantan Selatan

Email: m_noor_balittra@yahoo.co.id

RINGKASAN

Pemerintah telah menyusun rencana dan peta jalan (*road map*) serta rancang bangun (*grand design*) untuk menjadi Lumbung Pangan Dunia (LPD) pada tahun 2045. Meskipun disadari, target untuk mencapai LPD tersebut akan menemui permasalahan yang cukup kompleks, pemerintah tetap menunjukkan keseriusannya melalui berbagai program seperti UPSUS PAJALE (Upaya Khusus Padi, Jagung dan kedelai); SIWAB (Sapi Indukan Wajib Bunting); SERGAP (Serapan Gabah Petani); ASTAN (Asuransi Petani) untuk peningkatan produksi pangan dan kesejahteraan petani. Lahan rawa adalah salah satu agroekosistem yang maha luas dapat menjadi tumpuan untuk mendukung upaya menjadikan Indonesia sebagai LPD pada tahun 2045. Melalui optimasi lahan rawa akan diperoleh tambahan produksi sekitar 67,54 juta ton gabah/tahun. Dukungan yang diperlukan adalah komitmen yang kuat, baik dari pemerintah pusat maupun daerah, motivasi pelaku terutama petani dan penyuluh di lapangan, gerakan bersama semua pihak terkait, dan implementasi perencanaan sesuai dengan prioritas, langkah, dan tahapan, serta fokus.

I. PENDAHULUAN

INDONESIA pernah mencapai swasembada beras pada tahun 1985 dan 2008, tetapi setahun kemudian setelah tahun 1986 dan 2009 kembali menjadi importir. Namun tekad pemerintah untuk mencapai kembali swasembada tidak pernah padam. Berbagai upaya telah dilakukan oleh Kementerian Pertanian khususnya dan Pemerintah Indonesia umumnya, antara lain perbaikan infrastruktur pertanian (misalnya saluran irigasi, dam parit, tabat, embung, sumur dangkal); penyediaan bantuan alat dan mesin pertanian (misalnya traktor, *excavator*, mesin tanam, mesin panen, pompa air), bantuan benih unggul, subsidi pupuk, dan asuransi petani. Kementerian Pertanian juga melibatkan aparat TNI dalam kerja sama pengawalan dan percepatan peningkatan luas tanam (LTT) serta pembelian gabah petani (SERGAB) oleh Bulog. Disiapkannya asuransi pertanian bagi petani yang gagal panen. Upaya-upaya di atas sudah mulai menunjukkan hasilnya. Dalam dua tahun terakhir (2016-2017) Indonesia sudah tidak lagi mengimpor beras, kecuali hanya untuk memenuhi Cadangan Beras Nasional (Tempo 2018).

Ke depan pemerintah telah menyusun (*road map*) serta (*grand design*) untuk menjadi LPD pada tahun 2045. Dalam rencana jangka panjang—sesuai *Nawacita*—pemerintah telah menyusun rancang bangun dan peta jalan melalui program jangka pendek (tahunan) dan jangka menengah (5 tahunan) untuk mencapai swasembada dan ekspor terhadap delapan komoditas pangan strategis, antara lain padi, jagung, kedelai, gula (tebu), bawang merah, cabai, bawang putih, dan daging sapi sehingga pada tahun 2045—bertepatan satu abad Kemerdekaan Indonesia—Indonesia menjadi LPD (Kementan 2017).

Di tengah program inisiasi pembangunan pertanian seperti UPSUS PAJALE (Upaya Khusus Padi, Jagung, dan Kedelai); SIWAB (Sapi Indukan Wajib Bunting); SERGAP (Serap Gabah Petani); ASTAN (Asuransi Petani) untuk peningkatan produksi pangan dan kesejahteraan petani muncul masalah-masalah baru, antara lain pupuk palsu, pestisida palsu, beras plastik, mafia pangan, dan impor ilegal. Sementara masalah-masalah klasik seperti degradasi lahan, krisis air, kekeringan, kebakaran lahan, kebanjiran, longsor, konversi lahan sawah, perubahan iklim (seperti *El-Nino* tahun 2015) dan serangan hama wereng (seperti pertengahan tahun 2017) senantiasa terus mengintai, sehingga juga patut mendapatkan perhatian khusus. Oleh karena itu, sebagian orang mempertanyakan

tentang keseriusan pemerintah ataukah hanya mimpi di siang bolong untuk menjadikan Indonesia sebagai LPD.

Dilema petani sebagaimana dikatakan Wolf (1983) dalam bukunya *Petani, Suatu Tinjauan Antropologis* bahwa gagalnya atau lambannya pembangunan pertanian bukanlah sebab petani yang tidak mau berubah, tetapi lebih sebagai akibat. Oleh karena itu, permasalahannya bukan pada petani, tetapi situasi dan kondisi yang sering disebut dengan “sistem” yang mengikat dan menjerat petani sehingga tidak mempunyai daya dan semangat untuk meningkatkan produksi dan kehidupannya. Permasalahan pangan memang sangat kompleks dan rumit seperti dikemukakan Milikan dan Hapgood (1972) dalam laporan panjangnya yang berjudul *Dilemma Pertanian di Negara-negara Berkembang*, yang mengemukakan tentang lika-liku pembangunan pertanian di negara-negara terbelakang sehingga disimpulkan bahwa “Tidak Ada Panen yang Gampang atau *No Easy Harvest*”. Namun demikian, bukan hal yang mustahil, usaha pertanian di Indonesia menjadi sebuah *succes story* karena didukung oleh sumber daya lahan, di antaranya lahan rawa, inovasi teknologi dari hasil penelitian dan pengembangan, dan kelembagaan yang mumpuni menjadikan Indonesia benar-benar sebagai Lumbung Pangan Dunia.

Tulisan ini mengemukakan tentang semangat dan aksi pemerintah dalam tahapan menuju Lumbung Pangan (Nasional) Berkelanjutan dan LPD melalui optimalisasi lahan rawa.

II. MENJADIKAN RAWA SEBAGAI LUMBUNG PANGAN DUNIA

Hari Pangan Sedunia (HPS) yang dideklarasikan pertama kali tahun 1945 dan diperingati setiap tahun di seluruh dunia pada tanggal 16 Oktober. Pada peringatan HPS ke-38 secara nasional yang ditempatkan di lahan rawa Desa Jejangkit Muara, Kecamatan Jejangkit, Kabupaten Barito Kuala, Kalimantan Selatan pada tanggal 18 Oktober 2018 menjadi momentum untuk menguatkan cita-cita besar pemerintah, khususnya Kementerian Pertanian untuk menjadikan Indonesia sebagai LPD pada tahun 2045 bertepatan dengan satu abad Kemerdekaan Indonesia. Gelar teknologi di lokasi HPS di atas ditambah dengan gelar teknologi inovasi pengelolaan lahan untuk tipikal rawa lebak di Taman Sains Pertanian (TSP) Lahan Rawa, Banjarbaru (Kalsel) memperkuat semangat pemerintah, khususnya Kementerian Pertanian untuk mengoptimalkan lahan rawa yang selama ini belum banyak disentuh.

Menjadikan lahan rawa yang maha luas sebagai lumbung pangan bukan saja pilihan, tetapi tuntutan karena desakan tingginya pertambahan penduduk, yaitu sekitar 3 juta/tahun dan pesatnya konversi lahan yang rata-rata hampir 100 ribu hektar/tahun. Namun upaya menjadikan lahan rawa sebagai lumbung pangan juga bukan hal yang mudah—semudah membalik telapak tangan—tentu memerlukan perencanaan yang tepat dan jitu.

Potensi lahan rawa memang maha luas sekitar 34,12 juta hektar, tersebar di tiga pulau besar Kalimantan, Sumatera, dan Papua. Namun di antaranya baru sekitar 2,27 juta hektar yang dibuka pemerintah secara terintegrasi dengan program transmigrasi dan 3,00 juta hektar dibuka oleh masyarakat setempat secara swadaya. Pembukaan lahan rawa di atas umumnya untuk budi daya padi. Menurut Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian (BBSDLP 2016) luas lahan rawa yang potensial untuk tanaman pangan (padi sawah) mencapai 14,18 juta hektar. Diperkirakan baru sekitar 6,0-6,5 juta hektar yang telah dimanfaatkan dan hanya sekitar 3,0-3,5 juta hektar yang menjadi sawah atau lahan untuk padi selebihnya masih berupa semak belukar, hutan sekunder atau rawa monoton yang tergenang sepanjang tahun.

Berdasarkan analisis potensi dari Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian (BBSDLP 2011), kontribusi tambahan produksi gabah dari lahan rawa yang tersebar di sepuluh provinsi melalui:

- (1) Perluasan areal dengan dasar terdapat sekitar 1.110.494 hektar lahan rawa yang sudah dibuka, tetapi belum dimanfaatkan, apabila kemudian ditanami padi dengan IP 100 dan produktivitas 3,0 t gabah kering giling (GKG)/ha, maka diperoleh tambahan produksi sebanyak **3,33** juta t GKG/tahun;
- (2) Peningkatan produktivitas apabila dilakukan di areal 899.823 ha rawa pasang surut dan 259.533 ha rawa lebak dengan melalui pemberian input yang cukup sehingga produktivitas meningkat dari 3,0 t GKG/ha menjadi 5,0 ton GKG/ha, maka diperoleh tambahan produksi sebanyak **1,74** juta t GKG/tahun;
- (3) Peningkatan Indeks Pertanaman (IP) dari IP 100 menjadi IP 200 pada luas lahan sekitar 3,0 juta hektar, dengan asumsi produktivitas 5,0 t GKG/ha, maka diproyeksi tambahan hasil masing-masing **2,70** juta t GKG/tahun di lahan rawa pasang surut dan 0,78 juta t GKG/tahun di lahan rawa lebak sehingga total tambahan produksi sebesar **3,48** juta t GKG/tahun (Tabel 1).

Tabel 1. Perkiraan kontribusi tambahan produksi padi di lahan rawa dari sepuluh provinsi terpilih di Indonesia*)

Tipologi Rawa	Tambahan Produksi dari Optimasi (t GKG/ha)			Jumlah Tambahan Produksi (t GKG/ha)
	Perluasan Areal	Peningkatan Produktivitas	Peningkatan Indeks Pertanaman	
Pasang surut	2,439.858	1.349.734	2,699.469	6.489.061
Lebak	891.624	389.299	778.899	2,059.822
Jumlah	3.331.482	1.739.033	3.478.368	8.548.883

*) Riau, Jambi, Sumsel, Lampung, Kalsel, Kalteng, Kaltim, Kalbar, Sulbar, Sulteng
 Sumber: BBSDLP (2011)

Optimasi pemanfaatan lahan rawa melalui peningkatan luas areal, produktivitas dan intensitas pertanaman pada luas lahan rawa 1,1 juta hektar dapat diperoleh tambahan produksi sekitar **8,55** juta ton gabah/tahun. Padahal terdapat sekitar 14,18 juta hektar lahan rawa yang berpotensi dari 34,12 juta hektar lahan rawa sehingga apabila diasumsikan 50% (7,9 juta hektar) saja areal yang potensial dioptimasi sebagaimana di atas, maka diperoleh tambahan produksi sekitar **67,54** juta ton gabah/tahun—sebuah angka—sulit untuk dibayangkan.

Kembali kepada gerakan petani dan pemerintah kiranya patut dan layak sebagai pembelajaran untuk menuju Lumbung Pangan Berkelanjutan dan pada gilirannya mendukung tercapainya tujuan jangka panjang untuk menjadikan Indonesia sebagai LPD pada tahun 2045. Berbagai pihak diperlukan untuk bergerak dari daerah rawa masing-masing yang tersebar di 18 provinsi dan hampir 300 daerah kabupaten/kota menuju peta jalan LPD 2045 melalui dibangunnya Model Pertanian Lahan Rawa Terpadu (MPRT). Dukungan yang diperlukan antara lain:

1. **Komitmen otoritas.** Pemerintah pusat dan daerah sebagai pemegang otoritas menunjukkan komitmen sangat kuat, yang tampak dalam dukungan (i) alokasi anggaran dan/atau program; (ii) sistem pendukung pengelolaan tampak dalam pengarahannya segenap jajaran pemerintah (SKPD) untuk turun berpartisipasi, termasuk TNI dan POLRI; (iii) sistem pengelolaan (*management*) yang utuh, terpadu dan tertib dari perencanaan, pelaksanaan dan pengawasan berjalan secara simultan dan serentak.

2. **Motivasi para pelaku.** Sinergitas dan kinerja petani dan petugas di lapangan berjalan dengan baik karena didorong adanya (i) insentif produksi; (ii) pasar produk yang jelas, (iii) bimbingan dan penyuluhan melalui pelatihan, percontohan, dan dukungan fasilitas lainnya; (iv) perubahan motif usaha dari subsistem menjadi komersial; (v) bantuan sarana dan prasarana: jalan usahatani, transportasi, dan input produksi; dan (vi) bantuan modal/investasi (alokasi dana sebagaimana disebutkan pada poin 1 di atas).
3. **Gerakan bersama.** Koordinasi, integrasi dan sinkronisasi (KIS) mulai dari Menteri, Gubernur, Panglima, Kasad, Kapolri, turun ke Bupati/Wali Kota, Dandim, Kapolres dan jajarannya bersama masyarakat petani ditumbuhkan melalui adanya (i) keselarasan, sinergisme antara *stakeholders* dengan pemerintah, perusahaan swasta, masyarakat pelaksana, termasuk LSM; (ii) kebanggaan bersama, rasa memiliki, dan (iii) adanya tujuan bersama yang kuat meski program berbeda untuk menjadikan Indonesia sebagai LPD dan kembali sebagai negara agraris yang disegani.
4. **Peta Jalan.** Prioritas, langkah, tahapan, dan fokus dalam implementasi perencanaan sangat diperlukan untuk menjamin (i) keberlanjutan program yang didukung oleh perencanaan yang holistik, berdampak luas, dan mempunyai *time horizon* atau target-progres yang sesuai; (ii) fokus atau terukur dan terarah; (iii) dukungan aspek legal formal untuk jaminan keamanan dan kenyamanan; dan (iv) tahapan pencapaian target program hingga terbentuknya sumber pertumbuhan ekonomi baru.

III. PENUTUP

Petani sebagai pelaku merupakan komponen paling strategis, perlu dipersiapkan dengan baik. Selain itu, menyangkut aspek teknis perlu diperbaiki, sedangkan aspek *entrepreneurships* dan *manajerial* perlu diperkuat. Pengembangan pertanian dalam pikiran petani kecil-tradisional lebih merupakan seni daripada ilmu. Namun kita ingin memadukan antara seni dan ilmu dalam satu kesatuan gerakan untuk menuju LPD.

Sebagaimana diketahui bahwa lahan rawa mempunyai keberagaman tidak saja aspek teknis, tetapi juga aspek sosial ekonomi dan adat budaya sehingga diperlukan pendekatan yang tepat dan tetap memerhatikan

kearifan lokal masyarakat. Berdasarkan pengalaman dari berbagai kegiatan program pengembangan di lahan rawa diperlukan pendekatan *adaptive management* agar keberlanjutan setelah masa program selesai tetapi dilanjutkan oleh masyarakat. (Djufry 2019).

DAFTAR PUSTAKA

- Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian. 2011. *State of the Art & Grand Design Pengembangan Lahan Rawa*. Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian. Bogor
- Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian. 2016. *Sumber Daya Lahan Pertanian Indonesia*. AARD-Press. Bogor.
- Buch, R. 2001. *Dua Tongkol Jagung. Pedoman Pengembang Pertanian pada Rakyat*. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta.
- Kementan. 2017. *Sukses Swasembada: Indonesia Menjadi Lumbung Pangan Dunia Tahun 2045*. Kementerian Pertanian. Jakarta.
- Milikan, Max F. dan D. Hapgood. 1972. *Dilema Pertanian di Negara-negara Terbelakang*. Dirjendik, Depdikbud & Konsorsium PT. Jakarta.
- Tempo. 2018. *Kisruh Impor Beras*. Edisi 22-28 Januari 2018.
- Wolf, E. R. 1983. *Petani Suatu Tinjauan Antropologis*. Jakarta: Rajawali Pers.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB II

PENGELOLAAN AIR DAN LAHAN

PENGELOLAAN AIR UNTUK PERTANIAN TANAMAN PADI DI LAHAN RAWA: Kasus Desa Jejangkit Muara, Kabupaten Barito Kuala, Kalimantan Selatan

Muhammad Noor, Izhar Khairullah, dan Hendri Sosiawan
Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa (BALITTRA)
Jl. Kebun Karet, Loktabat Utara, Banjarbaru. 70712. Telp. 0511 4772534
Email: m_noor_balittra@yahoo.co.id

RINGKASAN

Pemerintah, sejak tahun 2017 melalui Kementerian Pertanian menargetkan optimalisasi lahan rawa seluas 1 juta hektar untuk pengembangan tanaman pangan, khususnya padi. Padahal luas lahan rawa yang sesuai untuk pengembangan pertanian ditaksir sekitar 19,19 juta hektar. Dari luasan tersebut pemerintah telah melakukan pembukaan lahan rawa baru sekitar 1,2 juta hektar dan yang dibuka secara swadaya oleh masyarakat setempat sekitar 3 juta hektar. Secara historis, lahan rawa sudah dimanfaatkan untuk pertanian sejak abad ke-13 pada zaman Kerajaan Majapahit yang dilanjutkan kemudian oleh Belanda pada abad ke-18 sebagai daerah koloni untuk memperluas kekuasaannya di bumi Nusantara. Bukti-bukti ini dapat dilihat pada bangunan Polder di Kalimantan Selatan, Kalimantan Tengah, Sumatera Selatan, dan Bengkulu. Lahan rawa tersebar di 18 provinsi atau sekitar 300 daerah kabupaten dan kota. Bahkan terdapat tujuh daerah kabupaten yang daratannya didominasi lahan rawa sehingga kehidupan dan sumber pendapatan masyarakatnya bertumpu pada pemanfaatan rawa. Sekarang telah muncul kota-kota pesisir dan daratan rawa yang berkembang menjadi pusat-pusat sentra pertumbuhan ekonomi dan masyarakat seperti Banjarmasin, Palembang, Palangka Raya, Pontianak,

dan Merauke. Namun tidak semua pemerintah daerah tertarik untuk memanfaatkan dan mengembangkan lahan rawanya sebagai sumber daya ekonomi masyarakat melalui pengembangan pertanian karena dipandang kurang menarik dan kurang menguntungkan. Kegagalan dan keberhasilan pengembangan daerah rawa pada dasarnya tergantung pada kekuatan dukungan kebijakan pemerintah dan partisipasi petani sebagai sumber pertumbuhan baru ekonomi dan pendapatan masyarakatnya. Tulisan ini bertujuan mengemukakan tentang pengelolaan air untuk tanaman padi di lahan rawa dengan mengacu pada Kasus Desa Jejangkit Muara, Kabupaten Barito Kuala, Kalimantan Selatan yang menunjukkan betapa besarnya potensi dan prospek lahan rawa, namun juga perlu dilihat dari penguatan peran pemerintah (pusat dan daerah) dan partisipasi petani dalam mendukung berkembangnya inovasi pertanian ke depan.

I. PENDAHULUAN

Pertanian dalam tatanan pembangunan semesta Indonesia merupakan sektor strategis yang diandalkan pemerintah. Dalam *nawacita* pembangunan era kabinet kerja sekarang, pemerintah telah menggariskan tentang upaya untuk tercapainya kedaulatan pangan dan kesejahteraan petani bahkan Kementerian Pertanian sejak tahun 2015 telah menyusun *grand design* dan *road map* untuk pencapaian kedaulatan pangan dan ekspor terhadap delapan komoditas strategis, yaitu padi, jagung, kedelai, daging (sapi), gula (tebu), bawang merah, bawang putih, cabai, dan kelapa sawit sehingga menjadikan Indonesia sebagai lumbung pangan dunia pada tahun 2045 (Kementan 2017). Lahan rawa menjadi salah satu agroekosistem penting dan strategis dalam mendukung produksi pertanian, khususnya tanaman pangan dalam menuju tercapainya Indonesia sebagai lumbung pangan dunia (Kementan 2018).

Pemerintah sejak tahun 1950-an telah membuka dan memanfaatkan lahan rawa untuk pertanian sekaligus untuk membuka isolasi dan pengembangan daerah-daerah terpencil dan miskin dengan pembuatan kanal-kanal atau anjir-anjir yang menghubungkan antara dua sungai besar (kota) melalui Proyek *Dredge, Drain, and Reclamation* (1956-1958). Pada tahun 1969-1985 pemerintah membuka sekitar 2 juta hektar lahan rawa di Sumatera, Kalimantan, dan sebagian kecil di Sulawesi dan Papua melalui Proyek Pembukaan Persawahan Pasang Surut (P4S). Bahkan jauh sebelumnya tercatat sejak abad ke-13 telah dilakukan pembukaan dan

pemanfaatan lahan rawa pada masa Kerajaan Majapahit dan dilanjutkan oleh pemerintah Belanda pada abad ke-18 sebagai daerah atau koloni-koloni baru (Noor 2004; 2007; 2010). Bukti-bukti ini dapat dilihat pada bangunan Polder dan unit-unit pemukiman atau kampung-kampung penghasil kerajinan dan/atau produk pertanian di Kalimantan Selatan, Kalimantan Tengah, Sumatera Selatan, dan Bengkulu (Idak 1982; Susanto 2010; Noor 2012).

Pengembangan lahan rawa dari masa ke masa atau dari satu pemerintahan ke pemerintahan lainnya mengalami pasang surut. Demikian juga pemerintah daerah dari satu daerah dengan daerah lainnya mempunyai pandangan dan upaya yang berbeda. Sejak dihentikan atau gagalnya proyek Pembukaan Lahan Gambut (PLG) Sejuta Hektar di Kalimantan Tengah (1995-1999), lahan rawa mendapatkan kurang perhatian dari pemerintah, khususnya dalam program/proyek pembukaan dan reklamasi lahan rawa secara nasional.

Akhir-akhir ini, pemerintah melalui Kementerian Pertanian telah menargetkan untuk mengoptimalkan lahan rawa seluas 1 juta hektar untuk pengembangan tanaman pangan, khususnya padi (Kementan, 2018). Padahal potensi lahan rawa sangat besar mencapai **34,12** juta hektar yang di antaranya 14,18 juta hektar sesuai untuk tanaman padi (Widjaya Adhi *et al.* 1992; Sutanto 2010; BBSDLP 2015). Lahan rawa tersebar di 18 provinsi atau sekitar 300 daerah kabupaten/kota. Di antaranya ada tujuh daerah kabupaten yang daratannya didominasi oleh lahan rawa sehingga kehidupan dan sumber pendapatan masyarakatnya bertumpu pada pemanfaatan rawa. Beberapa kota-kota pesisir dan daratan rawa telah berkembang menjadi sentra pertumbuhan ekonomi dan masyarakat seperti Banjarmasin, Palembang, Palangkaraya, Pontianak, Merauke yang bertumpu pada daerah rawa sebagai penunjang atau pendukung kegiatan ekonominya sehingga perlu dikembangkan lebih jauh (Darmanto 2000; Subagio *et al.* 2015). Dalam rangka Hari Pangan Sedunia (HPS) bulan Oktober 2018 yang lalu telah diinisiasi pengembangan lahan rawa Desa Jejangkit Muara, Kecamatan Jejangkit, Kabupaten Barito Kuala, Kalimantan Selatan. Dalam pengembangan ini dilakukan perbaikan infrastruktur berupa pembangunan sistem polder, tanggul, jalan usahatani, penggunaan alsintan, dan bantuan bibit, pupuk dan pendampingan teknologi (Noor 2018). Dalam catatan penggunaan lahan, sejak dibuka tahun 1980-an, sekitar 18 tahun ditinggalkan petani karena produktivitas lahan sangat rendah. Sistem

polder sebetulnya sejak lama diintroduksi untuk dikembangkan di lahan rawa sebagaimana dalam perencanaan Polder Alabio di lahan rawa lebak Kabupaten Hulu Sungai Utara, Kalimantan Selatan dan Polder Mentaren di lahan rawa pasang surut di Kabupaten Pulang Pisau, Kalimantan Tengah (Idak 1982; Noor 1996; Noor 2007).

Dalam kasus pengembangan lahan rawa di Desa Jejangkit Muara ini ditunjukkan keragaan tanaman padi yang memberikan indikasi potensi dan prospek lahan rawa yang cukup baik dan memadai. Juga ditunjukkan perlunya penguatan peran pemerintah daerah dan partisipasi petani dalam pengembangan pertanian di lahan rawa ke depan. Tulisan ini mengemukakan tentang pengelolaan air untuk pertanian tanaman padi di lahan rawa dengan kasus Desa Jejangkit Muara, Kabupaten Barito Kuala, Kalimantan Selatan.

II. TANTANGAN DAN KENDALA PENGEMBANGAN PADI DI LAHAN RAWA

Lahan rawa yang dikenal dengan lahan sub-optimal mempunyai karakter atau watak tersendiri yang berbeda dengan agroekosistem lahan kering, tadah hujan atau lahan irigasi. Berdasarkan karakter dan watak bentang lahan, tata air atau hidrologi, dan topografi atau hidrotopografinya, lahan rawa dibedakan dalam tiga tipologi lahan rawa, yaitu (1) rawa pantai, (2) rawa pasang surut, dan (3) rawa lebak (Widjaya Adhi *et al.* 1992). Namun dari ketiga tipologi lahan rawa yang berbeda tersebut mempunyai ciri utama yang sama, yaitu dipengaruhi oleh rezim air dan bahan organik (gambut). Uraian berikut mengemukakan secara komprehensif dan holistik tentang kendala dalam budi daya pertanian tanaman pangan di lahan rawa meliputi biofisik, sosial ekonomi, budaya, lingkungan, dan sikap masyarakat petani di lahan rawa terhadap ilmu pengetahuan dan inovasi teknologi pengelolaan dan budi daya tanaman.

2.1. Kendala Biogeofisik dan Kesuburan Lahan

Lahan rawa mempunyai sifat biogeofisik dan kesuburan tanah yang kurang menguntungkan sebagai daerah budi daya padi. Dari aspek fisika tanah rawa sebagian besar masih bersifat mentah, sebagian berupa lumpur, dan kadar liat tinggi, lapisan pirit yang masam, dan lapisan gambut tebal sehingga sukar diolah (Dent 1986; Noor 2004). Tanah rawa juga mempunyai porositas tinggi, lebih-lebih tanah gambut mempunyai daya

hantar hidrolik secara horizontal sangat tinggi dibandingkan vertikal sehingga mudah meloloskan air (Noor 2001). Dari aspek kimia dan kesuburan tanah, umumnya tanah rawa bersifat masam dengan pH 3,5-4,5 sehingga memerlukan bahan amelioran, status hara makro dan beberapa mikro (Cu, Zn, Mo, B) kurang tersedia atau rendah, mempunyai kadar Al, Fe, Mn yang tinggi sehingga bersifat racun bagi tanaman dan menurunkan produktivitas (BALITTRA 2014a; 2014b; 2014c). Proses oksidasi dan reduksi menimbulkan banyak pengaruh terhadap produktivitas lahan karena dinamika unsur atau senyawa yang berubah sehingga menimbulkan kemasaman dan toksisitas yang menghambat pertumbuhan tanaman (Dent 1986; Kselik 1993).

Pengembangan lahan rawa memerlukan waktu yang disebut waktu reklamasi antara 5, 10, sampai 15 tahun atau lebih, sangat tergantung pada efektivitas kinerja intervensi untuk mengubah (*disturben*) lahan dari yang sebelumnya tidak/belum produktif menjadi produktif. Kesalahan dalam pengelolaan bisa saja menjadikan lahan rawa produktif berubah menjadi lahan bongkor atau terdegradasi (Widjaya Adhi *et al.* 1992; Noor 2010). Oleh karena itu, tanpa pemahaman dan dasar pengetahuan sains yang benar, maka pembukaan, pengelolaan, dan pengembangan lahan rawa atau cara-cara yang asal-asalan dipastikan akan berhadapan dengan berbagai masalah terkait biofisik lahan yang bersifat sangat rapuh dan mudah berubah (*fragile*). Dalam kasus ini, bisa dilihat dari beberapa lokasi pengembangan (transmigrasi) yang ditinggalkan petani, atau dibiarkan bero (bahasa banjar *taung*) akibat salah pembukaan awal dan/atau pengelolaan yang asal-asalan sehingga menimbulkan kerusakan lahan (degradasi).

Pengembangan lahan rawa dapat ditempuh dengan 3 (tiga) pendekatan, yaitu (1) ekstensifikasi-pembukaan lahan baru melalui reklamasi, (2) intensifikasi-peningkatan produktivitas melalui perbaikan teknologi budi daya, perbaikan sarana produksi sebagai input, rekayasa kelembagaan berbasis budaya pada daerah-daerah bukaan lama, dan (3) diversifikasi dan/atau integrasi-peningkatan usahatani melalui diversifikasi komoditas atau penggabungan usaha antara pertanian tanaman pangan dengan peternakan/perikanan/perkebunan (BALITTRA 2014a; 2014b; 2014c; Kementan 2018). Namun dari ketiga pendekatan di atas, apabila hanya bertumpu dengan intensifikasi hasil yang dicapai sangatlah lambat karena input mempunyai titik jenuh, inovasi juga ada batas, dan juga perubahan sosial budaya memerlukan waktu. Oleh karena itu, ekstensifikasi dapat

lebih cepat menghasilkan dan prospektif ke depan lebih kuat dan nyata sekaligus sebagai pengembangan wilayah. Ekstensifikasi atau perluasan areal diperlukan sebagai imbalan dari konversi lahan yang semakin pesat dan meluas.

2.2. Sosial, Ekonomi, dan Budaya

Aspek sosial ekonomi petani lahan rawa, termasuk para transmigran, khususnya yang berorientasi pada tanaman pangan sebagian besar masih berstatus kurang sejahtera (Subagio *et al.* 2015). Umumnya petani tanaman pangan di lahan rawa nasibnya masih tergolong masyarakat berpendapatan rendah, akibat penghasilan yang rendah, biaya produksi yang semakin tinggi, investasi terbatas, dan biaya hidup untuk keluarga yang semakin besar. Ketidakberdayaan petani di atas ditambah dengan kondisi infrastruktur dalam pengaturan air yang menjadi kunci keberhasilan kurang mendukung (BALITTRA 2014a; 2014b; 2014c; Noor 2014).

Lebih lagi, akibat lokasi yang terpencil dan sarana transportasi yang belum memadai mengakibatkan ongkos yang mahal bagi petani dalam pengangkutan hasil produksinya. Akibat lainnya petani sering dihadapkan pada harga penjualan hasil produksi yang tidak menentu karena kekuatan tawar (*bargaining power*) petani terhadap harga yang sangat lemah. Selain, harga sarana produksi dan kebutuhan hidup menjadi mahal. Harga komoditas yang tidak menentu ini tidak saja terhadap padi, jagung dan kedelai (tanaman pangan), sekarang juga melanda tanaman perkebunan seperti karet dan kelapa sawit sehingga petani tidak mendapatkan bagian keuntungan (*share*) yang tinggi. Keuntungan lebih besar diperoleh para pedagang dibandingkan petani. Kelembagaan petani belum berkembang baik dan lembaga pendukung (*eksternal*) belum berperan secara memadai (Rina dan Subagio 2016).

Desa Jejangkit Muara merupakan desa transmigrasi yang dibangun sejak tahun 1982, gambaran kondisi sosial ekonomi tidak jauh berbeda dengan daerah rawa yang ditempati transmigrasi sebagaimana di atas. Sebagian lahan sebelumnya ditinggalkan karena produktivitas yang rendah, akses yang jauh dengan sarana dan prasarana transportasi yang sulit, sebelumnya belum ada jalan darat hanya dapat diakses melalui sungai sehingga pengangkutan hasil panen dan sarana produksi sulit atau berbiaya mahal.

2.3. Isu Lingkungan

Pengembangan rawa berhadapan dengan perubahan atau berkurangnya fungsi rawa sebagai jasa lingkungan, antara lain pengendalian hidrologis, stok karbon, perisai intrusi laut ke darat dan pelindung masuknya pencemaran dari darat ke laut, habitat berbagai jenis unggas, ikan dan fauna lainnya. Fungsi jasa lingkungan tersebut diharapkan dengan perubahan fungsi dari alam menjadi fungsi budi daya tetap dipertahankan sehingga tidak menimbulkan gejolak lingkungan. Pengaturan fungsi budi daya dan fungsi lindung yang terkait dengan lahan rawa menimbulkan berbagai regulasi, khususnya terkait dengan lahan gambut yang sangat rentan terbakar sehingga dipandang lebih aman untuk fungsi lindung (*conservation*) ketimbang fungsi budi daya (*development*).

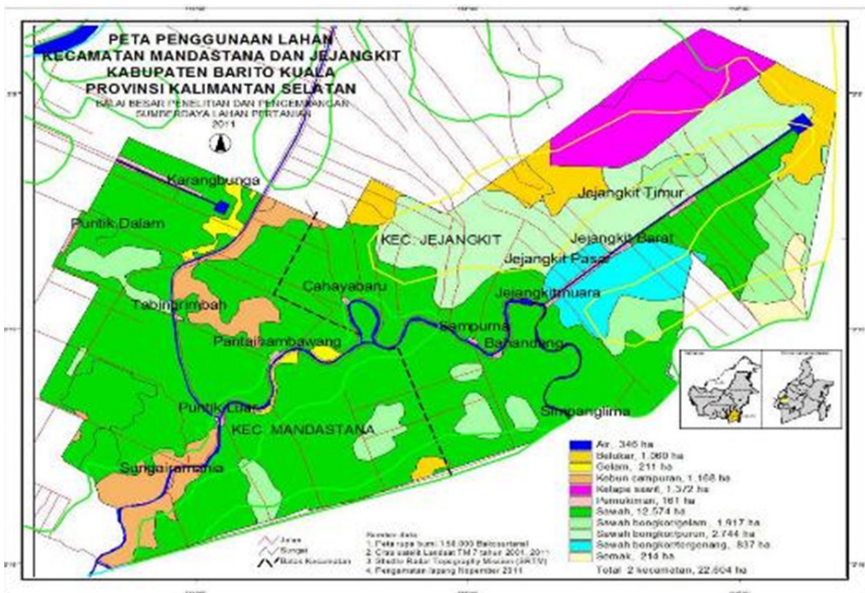
Konsekuensi pengaturan dari fungsi rawa di atas sudah tentu menimbulkan pro kontra terkait dengan ketentuan yang telah diatur dalam perlindungan dan pengelolaan lahan. Kompleksitas regulasi menjadi kental ketika dihadapkan pada kepentingan antarsektor yang berbeda atau berseberangan satu sama lain (Noor 2017). Kasus masuknya perkebunan kelapa sawit ke lahan-lahan yang semula untuk tanaman pangan mengakibatkan terjadinya kekeringan pada areal sekitarnya yang bertahan dengan menanam padi. Hal ini akan mendorong terjadinya konversi besar-besaran dari lahan padi ke perkebunan. Oleh karena penguatan kembali peran pemerintah dalam penetapan tata ruang (RTRW) berdasarkan kesesuaian dan perspektif ke depan diperlukan seperti memantapkan UU No. 41 Tahun 2009 tentang Perlindungan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan.

Deregulasi terhadap ketentuan dan undang-undang terkait dengan lahan rawa dan gambut diperlukan mengingat akhir-akhir ini semakin dirasakan terjadinya distorsi pengembangan lahan rawa ke depan akibat kebijakan. Peran pemerintah sebagai regulator, fasilitator, dan motivator harus dapat bijak dan adil untuk berdiri di atas kepentingan rakyat banyak, bukan kepentingan lembaga swadaya masyarakat (LSM) atau NGO (*non-government organisation*).

III. PENGELOLAAN AIR DI LAHAN RAWA DESA JEJANGKIT MUARA: INISIASI DAN INTERVENSI

3.1. Keadaan Umum Wilayah Jejangkit Muara

Desa Jejangkit Muara, salah satu dari desa di Kecamatan Jejangkit termasuk dalam DAS Sungai Barito yang berada antara anak sungai Alalak dengan anak Sungai Jejangkit. Kecamatan Jejangkit mempunyai luas daerah 12.605 hektar (Gambar 1; Tabel 2). Desa Jejangkit Muara yang dikembangkan meliputi luas sekitar 7.000 hektar yang terbagi dalam 7 tersier. Pembukaan daerah rawa Jejangkit ini dilaksanakan sekitar tahun 1982-an sebagai unit pemukiman transmigrasi (UPT), namun lahan rawa yang dibuka, khususnya pada Desa Jejangkit Muara ini menurut informasi wawancara dengan petani dinyatakan dalam usahatani tersebut dalam 15 tahun terakhir dibiarkan kosong atau tidak ditanami (*bero*). Sebagian besar daerah Jejangkit merupakan sawah intensif meliputi 4.879 ha, sawah bongkor (ditumbuhi gelam dan purun) meliputi 4.021 ha (Tabel 1).



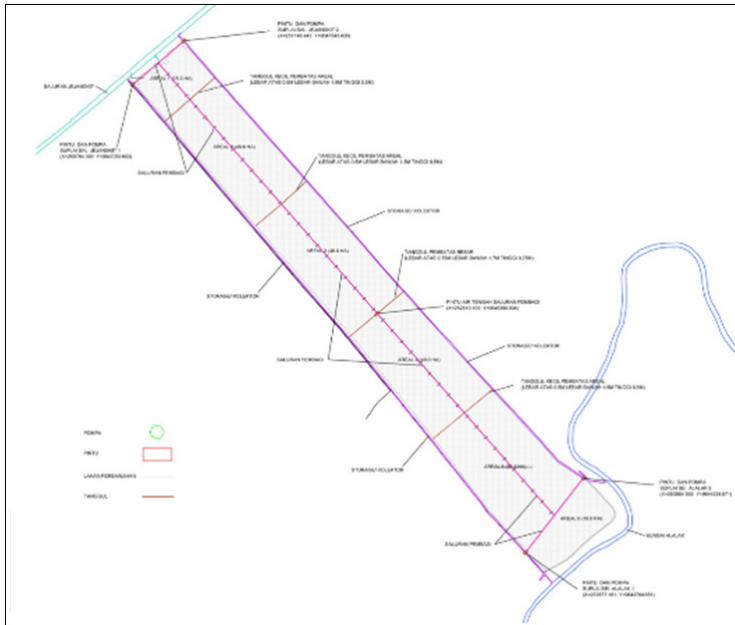
Gambar 1. Peta penggunaan lahan Kecamatan Mandastana dan Jejangkit, Kabupaten Barito Kuala, Kalimantan Selatan

Tabel 2. Luas penggunaan lahan di Kecamatan Mandastana dan Jejangkit, Kab. Barito Kuala, Kalimantan Selatan

No	Penggunaan Lahan (ha)	Kecamatan		Keterangan
		Mandastana	Jejangkit	
I	Lahan Eksisting			
1	Sawah	7.696	4.879	Intensifikasi
2	Sawah bongkor/gelam	639	1.277	Optimalisasi
3	Sawah bongkor/purun		2.744	Optimalisasi
4	Sawah bongkor/tergenang		837	Optimalisasi
5	Kebun campuran	1.157	11	Intensifikasi
6	Kelapa sawit		1.372	-
7	Belukar	51	1.009	Ekstensifikasi
8	Semak		214	Ekstensifikasi
II	Penggunaan Lainnya			
9	Pemukiman	89	72	
10	Air	156	190	
	Total	9.999	12.605	

Sumber: BBSDLP (2011)

Dalam rangka memperingati Hari Pangan Sedunia (HPS) daerah Jejangkit yang bongkor inilah yang terpilih untuk diinisiasi sebagai daerah optimalisasi lahan dengan perbaikan infrastruktur dan sistem produksi. Dalam rangka perbaikan infrastruktur pengelolaan air daerah rawa Jejangkit ini telah dilakukan pembuatan tanggul untuk polder, saluran dan pemasangan pompa axial. Kegiatan optimasi lahan di Desa Jejangkit ini meliputi: (1) penggalian atau normalisasi sungai, (2) perapian tanah timbunan hasil galian sungai, (3) pengolahan tanah, (4) pembuatan pintu air fungsi ganda ray 1 dan ray 2, (5) pintu air pada saluran pemberi, (6) fondasi tiang penyangga motor listrik pemutar pompa air, (7) mesin pompa air, (8) rumah jaga mesin pompa, (9) pemasangan rangkaian pipa PVC pengaturan tinggi muka air di lahan pada posisi ray 1 dan ray 2, (10) pemasangan rangkaian pipa PVC pengaturan tinggi muka air pada saluran pemberi (samping kiri dan samping kanan) (Diperta TPH 2018).



Gambar 2. Peta daerah rawa Desa Jejangkit Muara yang dikembangkan sebagai daerah pengembangan dan penerapan teknologi dalam Delar Teknologi pada areal HPS 2018



Gambar 3. Bangunan tanggul, saluran, dan pompa serta pertumbuhan tanaman padi di areal gelar teknologi HPS di desa Jejangkit Muara, KAB. Barito Kuala, Kalimantan Selatan.

3.1. Peran Pemerintah dalam Pengembangan Lahan Rawa

Pengembangan pertanian di lahan rawa mengalami pasang surut yang nasibnya seperti perilaku lahan rawa sendiri yang sangat dipengaruhi oleh lingkungan daerah sungai/laut kadang pasang-naik dan kadang-kadang surut-turun, kadang-kadang mendadak tergenang apabila daerah hulu hujan, dan kadang kala kering kerontang apabila tidak ada hujan bertepatan dengan bulan-bulan kering atau kemarau panjang. Demikian juga dengan upaya pemerintah tidak menunjukkan kesinambungan atau kontinuitas. Banyak faktor yang menjadi kendala atau hambatan antara lain kebijakan politik (*political will*) pemerintah yang dipengaruhi konstituen atau partai politik yang berkuasa.

Dalam pengembangan lahan rawa, langkah awal adalah upaya reklamasi atau pembuatan jaringan tata air yang meliputi saluran-saluran primer, sekunder, tersier dan pintu-pintu air yang merupakan domain dari sektor/Kementerian Pekerjaan Umum (sekarang Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, PUPR). Selain itu, pada era sebelumnya tahun 1980-1990 dalam rangka pembinaan para transmigran yang ditempatkan menjadi domain Kementerian Transmigrasi sebelum diserahkan kepada Pemerintah Daerah (Pemerintah Kota/Kabupaten) setempat. Adapun Kementerian Pertanian bertanggung jawab sebagai pembina petani secara umum dalam bidang teknis budi daya, baik tanaman pangan, hortikultura, dan perkebunan.

Pengembangan atau pembangunan lahan rawa dimulai secara besar-besaran oleh pemerintah dimulai sejak tahun 1969 (Pelita I). Berdasarkan waktu dan program yang diinisiasi oleh pemerintah, pengembangan lahan rawa dapat dibagi dalam empat periode, yaitu (1) periode 1969-1984; (2) periode 1985-2000; (3) periode 2001-2015; dan (4) periode 2016-sekarang.

Periode pertama antara tahun 1969-1984 adalah era keemasan pengembangan/pembukaan yang dikenal dengan Proyek Pembukaan Persawahan Pasang Surut (P4S). Dalam periode ini pemerintah menargetkan pembukaan seluas 5,25 juta hektar lahan rawa selama 15 tahun yang tersebar di Pulau Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, dan Papua. Namun sampai akhir proyek, hanya berhasil membuka sekitar 1,2 juta hektar lahan rawa yang dibangun jaringan tata airnya yaitu sebanyak 29 skim garpu sistem jaringan tata air di Kalimantan Selatan dan Kalimantan Tengah dan sistem sisir sebanyak 22 skim jaringan sistem

sisir yang tersebar di Sumatera dan Kalimantan Barat, dan sebagian kecil ada di Sulawesi, dan Papua. Pengembangan lahan rawa melalui sekitar 51 skim/UPT (Unit Pemukiman Transmigrasi) di atas berhasil menempatkan penduduk transmigran sekitar 1.717.610 Kepala Keluarga (KK) dari target sebanyak 2 juta KK (Noor 2001; BALITTRA 2011).

Sampai tahun 1995 sekitar 1,18 juta hektar lahan rawa telah berhasil direklamasi pada tujuh provinsi utama yang mempunyai potensi lahan rawa. Pada era ini peran pemerintah sangat kuat dan partisipasi petani terhadap pembangunan pertanian di lahan rawa cukup berhasil, walaupun petani terkooperasi karena pengaruh peran aparat pemerintah. Program ini tidak lepas dari kritik dan kecaman di antaranya dinyatakan sebagai pemindahan kemiskinan dari Pulau Jawa ke Kalimantan dan Sumatera (Levang 2003).

Pada periode kedua antara tahun 1984-2000, pembukaan lahan rawa diwarnai adanya Proyek Pembukaan Lahan Gambut (PLG) Sejuta Hektar di Kalimantan Tengah (1995-1999) saat-saat akhir masa pemerintahan Presiden Soeharto. Latar belakang proyek ini didasarkan terjadi pelandaian produksi padi (*levelling off*) dan semakin meningkatnya konversi lahan yang diikuti pertambahan penduduk yang semakin. Sejak dicapainya swasembada pangan tahun 1984 yang hanya berumur 4-5 tahun, Indonesia kembali menjadi importir beras. Kejenuhan produksi semakin dirasakan sejak tahun 1989. Kalau pada era 1979-1983 produksi beras mengalami peningkatan sebesar 7,73% per tahun, pada era 1984-1988 peningkatan hanya 2,36% per tahun, dan pada era 1985-1989 merosot hanya mencapai 1,94% per tahun (Noor 1996). Sepanjang tahun 1989-1994 impor beras oleh pemerintah meningkat rata-rata mencapai 2 juta ton. Walaupun Proyek PLG Sejuta Hektar ini dinyatakan dihentikan pembiayaannya sejak tahun 1999, namun telah terbangun saluran-saluran primer induk, primer utama, sekunder, dan tersier serta infrastruktur lainnya seperti sekolah, pasar, rumah pemukiman 18 ribu transmigran, dan jalan dari kota terdekat Kuala Kapuas ke daerah pengembangan Pangkoh, Palingkau, Dadahup, dan Lamunti. Namun sangat disayangkan sebagian lahan rawa yang telah dibuka di atas belum optimal ditanami bahkan sebagian menjadi lahan tidur (Darmanto 2000; Noor 2010). Pada era ini peran pemerintah juga sangat kuat dan partisipasi petani terhadap pembangunan pertanian di lahan rawa cukup berhasil. Program ini tidak lepas dari kritik di antaranya

dinyatakannya pertanian di Indonesia, khususnya di lahan rawa melakukan pengrusakan hutan dan tidak ramah lingkungan.

Periode ketiga antara tahun 2001-2015, yang dikenal dengan tahun politik karena pemerintah dibebani oleh kondisi politik yang “riuh atau galau” antara lain disalahpahaminya tentang “otonomi daerah” sehingga energi pemerintah banyak terkuras dan fokus pada bidang politik ketimbang pertanian atau ekonomi, sehingga derap pembangunan khususnya di lahan rawa tidak menonjol. Beberapa kali rencana untuk membangkitkan kembali kawasan eks PLG Sejuta Hektar di Kalimantan Tengah dan pengembangan/ perluasan lahan rawa selalu kandas.

Pada periode keempat dari tahun 2015 sampai 2018/2019 yang dikenal dengan optimalisasi atau optimasi lahan rawa. Pada era ini kegiatan pengembangan lahan rawa lebih difokuskan pada optimalisasi lahan dan intensifikasi pada lahan-lahan yang sudah tersedia atau lahan bongkor dengan bantuan prasarana dan sarana untuk peningkatan produksi, khususnya padi. Bantuan prasarana dan sarana produksi dan infrastruktur seperti pintu air, jalan usahatani, jalan desa dan lainnya oleh pemerintah secara proporsional diberikan melalui Kementerian Pertanian kepada masing-masing daerah provinsi/kabupaten (Kementan 2018).

Dalam rencana pemerintah, optimalisasi atau pengembangan lahan rawa selama periode 2015-2019 mencakup seluas 1 juta hektar. Pemerintah di bawah Direktorat Jenderal Prasarana dan Sarana Pertanian Kementan melakukan prioritas revitalisasi pertanian melalui optimalisasi seluas 134.700 hektar, dengan bantuan *excavator* besar sebanyak 515 unit masing-masing pada tahun 2017 sebanyak 215 unit dan pada tahun 2018 sebanyak 300 unit untuk mendukung pengembangan di lahan rawa. Selain itu, pada tahun 2018 juga diberikan bantuan berupa alsintan pra panen sebanyak 112.525 unit berupa traktor roda 2 dan traktor roda 4, alat tanam, alat panen, pompa air dan lainnya (Sinar Tani 2018).

Pada era baru ini sejak tahun 2015, telah dimunculkan peran perusahaan besar swasta untuk mengelola lahan rawa seperti di rawa lebak Ogan Ilir, Sumatera Selatan. Sementara ini, pihak perusahaan telah membuka sekitar 800 ha lahan rawa lebak di Ogan Ilir, masing-masing berada di Desa Pemulutan (250 ha), Desa Seri Banding (177 ha), Desa Kalang Pangaren (213 ha), Olak Kembang Satu (66 ha), dan Arisan Jaya (85 ha). Dalam pengelolaannya PT Buyung Putra Pangan menerapkan sistem polder dengan membangun tanggul keliling dan saluran-saluran

pemasukan dan pengeluaran dengan mengandalkan pompa-pompa axial (50 HP) yang mempunyai kapasitas memompa air sekitar 2500 meter kubik per jam atau 700 liter per detik. Hasil padi yang diperoleh pada areal bukaan lama (dibuka tahun 2015) mencapai 6 t gabah kering giling (GKG)/ha, sedangkan daerah bukaan baru (dibuka tahun 2016) seperti Seri Banding baru menghasilkan 4 t GKG/ha. Sistem pengelolaan oleh perusahaan ini perlu mempertimbangkan kepentingan kebutuhan daerah atau kesempatan kerja bagi masyarakat setempat. Juga perlu memerhatikan hilangnya akses terhadap lahan bagi petani dengan diberinya kuasa terhadap swasta untuk menguasai. Hal ini juga menunjukkan pentingnya peran pemerintah dalam pemberian kesempatan bagi petani, andaikata pengembangan lahan rawa ini berasal dari investasi/anggaran pemerintah, maka petani tidak perlu dan tidak akan kehilangan aksesnya terhadap lahan usahatannya. Model-model pengelolaan (*management*) baru lahan rawa diperlukan agar masyarakat masih mendapatkan akses terhadap lahannya. Misalnya, sistem kerja sama antara pengusaha dengan petani dalam bentuk kemitraan (*partnership corporation*). Kembali bahwa peran pemerintah sebagai regulator dan motivator sangat penting untuk memberikan peluang terbaik bagi investor juga masyarakat petani untuk saling menguntungkan atau kompensatif.

Hasil pengembangan lahan rawa yang dirintis jauh sejak pemerintah Belanda dilanjutkan dengan Indonesia tahun 1970-an dilaporkan telah mengalami pertumbuhan sebagai sentra-sentra produksi baru yang maju dan modern. Namun dari segi pengembangan pertanian, masih tertinggal karena sebagian masih menerapkan sistem budi daya yang tradisional. Pilihan antara teknologi inovasi baru dengan kearifan lokal yang dimiliki petani masih kuat karena faktor pengetahuan, kepercayaan, tradisi, sosial kemasyarakatan dan budaya yang masih kuat (Subagio dan Noor 2017). Dari Kasus Desa Jejangkit Muara yang diinisiasi oleh pemerintah pusat dalam rangka gelar teknologi pengembangan lahan rawa ditunjukkan bahwa adanya dukungan pemerintah dalam memajukan pertanian sangat penting dan mutlak diperlukan (Noor 2018). Rangsangan dan insentif untuk petani dalam mendukung program-program, termasuk adopsi terhadap teknologi yang dianjurkan memegang peranan penting karena mengubah kebiasaan bukan hal yang mudah, selain memerlukan waktu, juga ketelatenan sehingga diperlukan program jangka menengah dan panjang yang kontinyu dan konsisten.

3.2. Peningkatan Partisipasi Petani dan Kinerja Kelembagaan

Sejak dibangunnya kelembagaan yang disebut Bimas (Bimbingan Massal) untuk mengorganisasi petani dalam kegiatan terutama penyuluhan dan pelatihan pada tahun 1965/1966 terus mengalami perubahan. Pertama, muncul Inmas (Intensifikasi Khusus) dengan dibentuknya Badan Penyuluhan dan tenaga Penyuluh Pertanian Lapangan (PPL), kemudian berubah menjadi Insus (Intensifikasi Khusus) dengan dibentuknya kelompok tani pada tahun 1979, dan menjadi Supra-Insus pada tahun 1987 yang dikenal dengan sepuluh paket atau sepuluh jurus penerapan teknologi pertanian dari pengaturan pola tanam sampai dengan pascapanen. Dukungan program dari Bimas sampai hingga Insus di atas akhirnya mengantar keberhasilan Indonesia mencapai swasembada pangan yang diapresiasi oleh FAO dengan pemberian medali kepada Presiden Soeharto pada tahun 1985 di Kota Roma, Italia 14 November 1985 (Noor 1996).

Selanjutnya, kelompok tani yang dibangun sejak tahun 1979 dikelompokkan menjadi asosiasi atau Gabungan Kelompok Tani (Gapoktan). Namun sangat disayangkan perkembangan kelompok tani di masing-masing daerah tidak sama. Dengan kata lain sebagian besar kelompok tani di lahan rawa masih belum mandiri atau masih berstatus pemula. Padahal untuk memacu peningkatan pengembangan produksi dan kinerja petani diperlukan kelompok tani yang maju atau berstatus utama. Kelompok tani yang berstatus pemula umumnya sistem usahataniya belum/tidak *feasible* dan belum/tidak *bankable* sehingga terkendala dalam mengadopsi teknologi maju. Kementerian Perindustrian, Kementerian Perdagangan dan organisasi vertikal di tingkat provinsi/kabupaten/kota mestinya bertanggung jawab dalam pembinaan untuk mengubah perilaku dan sikap dari kelompok tani pemula hingga menjadi kelompok tani utama (Kementan 2018). Oleh karena itu, diperlukan perbaikan sistem manajemen dan administrasi yang harus *transparan* dan *kredibel* untuk memajukan kelompok tani, sehingga dipercaya oleh investor dan bank. Asosiasi gapoktan bisa ditransformasi menjadi koperasi atau badan usaha milik petani (BUMP) yang pengurusnya harus dipilih secara cermat agar organisasi berjalan lancar dan tidak korupsi. Dalam mendukung kegiatan usahatani, khususnya tanaman pangan maka objek usaha yang perlu dikembangkan, antara lain (1) produksi benih padi dan palawija berkualitas; (2) perkebunan tanaman buah-buahan eksotik, seperti durian; dan (3) perbengkelan alat-alat dan mesin pertanian baik

pra panen maupun pascapanen. Agro industrial dapat terbentuk apabila kelembagaan petani maju misalnya dari dedak dapat diolah melalui pengembangan agro industri menjadi silase (pakan ternak). Demikian juga sekam padi melalui mengembangkan agro-industri dapat diolah menjadi arang briket (*biochar*).

Kinerja kelembagaan betul-betul harus dapat menciptakan agribisnis yang tangguh dan kompetitif di kawasan lahan rawa meliputi penyediaan input usahatani, penyediaan modal, penyediaan tenaga kerja, penyediaan lahan dan air irigasi, kegiatan usahatani, pengolahan hasil pertanian, pemasaran dan lainnya sangat menentukan dalam upaya menjamin terciptanya integrasi agribisnis dalam mewujudkan tujuan pengembangan agribisnis.

Secara tradisional, kelembagaan agribisnis sebetulnya sudah ada seperti kelompok andil, parit, dan sejenisnya, tetapi tantangan zaman menuntut suatu kelembagaan yang lebih sesuai dalam memenuhi kebutuhan masyarakat petani. Dalam konteks pengembangan lumbung pangan di lahan rawa diperlukan adanya pengembangan beberapa kelembagaan agribisnis, seperti (1) lembaga permodalan, (2) lembaga pemasaran dan distribusi, (3) koperasi atau lembaga simpan pinjam dan sejenisnya, (4) lembaga penyuluhan, (5) lembaga kelompok tani, gabungan kelompok tani, dan (6) lembaga pendukung lainnya. Misalnya, untuk permodalan, pengembangan lembaga keuangan mikro (*micro-finance*) di daerah pasang surut Sumatera Selatan atau dikenal dengan nama “Karya Usaha Mandiri Wanita Tani, KUM-WT” dapat dikatakan berhasil dengan baik. Belajar dari pengalaman tersebut, maka pengembangan lembaga permodalan/pembiayaan, khususnya di pedesaan perlu diarahkan untuk membuka akses yang seluas-luasnya bagi pelaku agribisnis kecil dan menengah yang tidak memiliki aset yang cukup untuk memperoleh pembiayaan usaha (Kementan 2018).

Lembaga penunjang lainnya misalnya Usaha Pelayanan Jasa Alsintan (UPJA) memiliki peranan penting dalam mengembangkan lumbung pangan di lahan rawa. Namun, kelembagaan UPJA selama ini diketahui belum berkembang sebagaimana yang diharapkan, karena sebagian besar kinerja UPJA masih rendah. Oleh karena itu, revitalisasi lembaga UPJA perlu dilakukan melalui: (a) peningkatan SDM pelaku dan pendukung pengembangan UPJA yang dilakukan melalui pelatihan dan pembinaan berjenjang dan berkesinambungan; (b) penyempurnaan manajemen UPJA melalui pembuatan dan sosialisasi berbagai panduan, terutama: Identifikasi

Kebutuhan Alsintan, Tata Kelola UPJA, Operasi dan Pemeliharaan Alsintan; dan (c) pengembangan pola UPJA mandiri melalui pemberdayaan serta peningkatan partisipasi dan kemandirian masyarakat berdasarkan kondisi wilayah dan kebutuhan setempat.

Uraian di atas menunjukkan bahwa penguatan partisipasi petani dan kinerja kelembagaan petani maupun kelembagaan penunjang lainnya diperlukan melalui perbaikan kualitas sumber daya manusia yang tersedia dengan kata lain pendidikan dan pengetahuan perlu ditingkatkan sehingga terkait dengan kebijakan pembangunan secara umum, yaitu mempercepat peningkatan sumber daya manusia yang unggul, tangguh, dan kompetitif. Hanya saja peran dan partisipasi petani dalam kegiatan pengembangan pertanian di Desa Jejangkit Muara sangat minim karena masa penyuluhan, pembinaan, dan advokasi berlangsung sangat singkat, selain itu kelembagaan petani secara utuh belum terbentuk. Oleh karena itu, menarik untuk melihat lebih jauh pascagelar teknologi HPS di atas, apakah kelembagaan petani yang terbentuk dan dibina dapat mendukung untuk pengembangan lahan rawa secara berkelanjutan.

IV. IMPLEMENTASI KEBIJAKAN DALAM PENGEMBANGAN LAHAN RAWA

4.1. Kebijakan Revitalisasi

Revitalisasi pengelolaan lahan rawa merupakan upaya optimalisasi lahan rawa *existing* untuk dapat dijadikan lahan sawah produktif mendukung ketahanan pangan nasional. Kebijakan pemerintah dalam pengembangan lahan sub optimal termasuk lahan rawa selain perbaikan jaringan irigasi dan pembukaan lahan sawah baru sebaiknya juga difokuskan pada revitalisasi infrastruktur pengelolaan air pada lahan rawa bongkor seluas 2 juta hektar.

Revitalisasi infrastruktur pengelolaan air pada lahan bongkor meliputi (1) normalisasi saluran *drainase* sekunder dan tersier sehingga fungsinya sesuai dengan persyaratan desain teknis; (2) instalasi pintu pengendali air (pintu ayun/*flap gate*, pintu tabat, *long storage*) pada saluran sekunder dan atau tersier dengan spesifikasi desain, sebaran dan jumlah sesuai dengan kondisi dan karakteristik lahan rawa; (3) normalisasi pintu-pintu air pada petakan lahan yang belum berfungsi secara optimal. Keberhasilan revitalisasi tersebut sangat tergantung dukungan kebijakan terpadu dari pemerintah pusat melalui kementerian terkait dan sinergisme pemerintah

daerah. Instansi-instansi pusat yang memiliki tugas dan fungsi terkait dengan pertanian lahan rawa seperti berbagai kementerian (Pekerjaan Umum, Keuangan, Pertanian, Tenaga Kerja dan Transmigrasi, Perdagangan, Kelautan dan Perikanan, Kehutanan, Lingkungan Hidup, Riset dan Teknologi), dan lembaga pemerintah non-kementerian (LIPI, BIG, BRG, dan lainnya).

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) sebagai ujung tombak bertanggung jawab dalam rancang bangun dan eksekutor teknis pembukaan lahan dan penyiapan infrastruktur tingkat skala makro dan skala meso. Kementerian Pertanian mensuplai data dan memetakan wilayah mana saja yang menjadi prioritas penanganan baik jangka pendek, jangka menengah, dan jangka panjang. Pemerintah daerah/Satuan Kerja Pemerintah Daerah (provinsi dan kabupaten/kota) harus lebih bersinergi dalam membuat program-program unggulan pembenahan infrastruktur pengelolaan air lahan rawa yang difokuskan pada lahan bongkor yang ada di wilayah kerjanya. Riset dan inovasi yang telah dikaji dan diterapkan mulai dari sistem tata air, sampai pengolahan pascapanen harus dijadikan basis atau dasar dalam merevitalisasi infrastruktur pengelolaan air khususnya dan dalam mengembangkan lahan rawa (Noor 2014; Kementan 2018).

Tidak kalah penting adalah program pengembangan lahan rawa perlu diperkuat dengan kelembagaan dan program yang lebih terarah dan fokus dalam penanganan pertanian di lahan rawa.

4.2. Dukungan Sinergitas Sektoral

Kebijakan pengembangan lahan rawa yang ada di beberapa kementerian sifatnya belum/tidak implementatif: Kementerian PUPR menyusun Rencana Peraturan Pemerintah (RPP) tentang Rawa terkait Rawa sebagai sumber daya air; PP 57/2016 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Ekosistem Gambut (RPPEG), yang dipayungi oleh Rencana Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (RPPH) yang disusun Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (LHK). Sebelumnya, ada PP No. 71 Tahun 2014 tentang Sejuta Perkebunan Sawit; Permen LHK No. 15 Tahun 2017 tentang Tata Cara Pengukuran Muka Air Tanah di titik penataan ekosistem gambut; Permentan No. 14 Tahun 2009 tentang Pedoman Pemanfaatan Lahan Gambut untuk Budi Daya Kelapa Sawit, Inpres No. 10 Tahun 2011 dikeluarkan untuk penghentian sementara pembukaan lahan gambut yang dikenal dengan Moratorium Gambut (Noor 2017).

Beberapa arahan dalam upaya pencetakan sawah baru pada lahan rawa yang dicanangkan oleh Kementerian Pertanian selain sangat mahal juga masih dihadapkan pada risiko menciptakan lahan bongkor baru apabila rancang bangun pengelolaan lahan rawa terpadu tidak diimplementasikan secara nyata dan total di lapangan. Selain itu, kebijakan pemerintah melalui Kementerian Pertanian pada tahun 2017 yang menyentuh langsung perbaikan kondisi infrastruktur lahan berupa perbaikan tata air mikro belum sepenuhnya didukung oleh anggaran yang memadai dari Kementerian Keuangan sehingga masih bersifat parsial.

Hanya saja disayangkan kebijakan pemerintah yang dirancang dengan sangat baik tersebut di atas belum sepenuhnya diimplementasikan secara masif di lapangan sehingga keragaan budi daya pertanian lahan rawa yang dikelola petani tidak menunjukkan kemajuan yang berarti. Sifat kebijakan-kebijakan yang terkesan masih partial atau ego sektoral di atas perlu disinergitaskan sehingga menghasilkan upaya pengelolaan yang benar-benar produktif dan berdampak positif terhadap kesejahteraan dan kemaslahatan masyarakat

V. PENUTUP

Lahan rawa mempunyai potensi sebagai sumber pertumbuhan ekonomi baru bagi masyarakat dengan memerhatikan sifat dan dinamika secara biofisik lahan dan lingkungan serta sosial ekonomi yang berkembang. Hanya saja diperlukan konsistensi dalam pengelolaan dan pengembangannya secara bertahap, tetapi berkesinambungan dengan melakukan pendekatan pengelolaan secara adaptif (*adaptive management*).

Pemerintah baik pusat dan/atau daerah kabupaten/kota sebagai pemegang otoritas perlu komitmen yang kuat, dalam mendukung program pengelolaan dan pengembangan lahan rawa melalui (i) alokasi anggaran dana dan/atau program; (ii) sistem pendukung pengelolaan dengan mengerahkan segenap jajarannya untuk berpartisipasi; (iii) sistem pengelolaan (*management*) yang utuh, terpadu dan tertib dari perencanaan, pelaksanaan dan pengawasan berjalan secara simultan dan serentak.

Petani dan petugas di lapangan perlu bersinergi agar kinerja yang dicapai optimal dengan dukungan dan dorongan yang memadai melalui (i) penyediaan insentif produksi; (ii) pasar produk yang jelas, (iii) bimbingan dan penyuluhan melalui pelatihan, percontohan, dan dukungan fasilitas

lainnya; (iv) perubahan motif usaha dari subsistem menjadi komersial; (v) bantuan sarana dan prasarana: jalan usahatani, transportasi, dan input produksi; dan (vi) bantuan modal/investasi sebagaimana disebutkan di atas.

Selain dukungan komitmen pemerintah dan kinerja petani dan petugas/aparat yang baik, juga perlu adanya (1) gerakan massal yang harus dilakukan dari menteri, gubernur, terus ke bawah bupati, camat, luruh seperti dalam awal pengembangan intensifikasi yang dulu disebut Bimas/Inmas; dan (2) peta jalan (*road map*) yang memuat tentang langkah, tahapan, prioritas, dan penajaman (*focusing*) dalam implementasi perencanaan, termasuk dukungan aspek legal formal untuk jaminan keamanan dan kenyamanan.

DAFTAR PUSTAKA

- BALITTRA, 2011. State of the Art & Grand Design Pengembangan Lahan Rawa. Penyunting Muhammad Noor, *et al.* Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian (BBSDLP), Balitbangtan. Bogor. 44 hlm.
- BALITTRA, 2014a. Pedoman Umum Pengelolaan Lahan Sulfat Masam Berkelanjutan untuk Pertanian. Penyunting Dedi Nursyamsi, *et al.* IAARD Press. Jakarta. 58 hlm.
- BALITTRA, 2014b. Pedoman Umum Pengelolaan Lahan Rawa Lebak Berkelanjutan untuk Pertanian. Penyunting Dedi Nursyamsi, *et al.* IAARD Press. Jakarta. 72 hlm.
- BALITTRA, 2014c. Pedoman Umum Pengelolaan Lahan Gambut Berkelanjutan untuk Pertanian. Penyunting Dedi Nursyamsi, *et al.* IAARD Press. Jakarta. 68 hlm.
- BBSDLP (Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian). 2015. Sumber Daya Lahan Pertanian Indonesia. IAARD-Press. Bogor. 100 hlm.
- Darmanto, 2000. Kilas Balik Pengembangan Lahan Rawa di Indonesia: Sejarah Ilmu Reklamasi Lahan Rawa. Pidato Pengukuhan Lektor Kepala Ilmu Teknik Sipil pada Fakultas Teknik. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. 40 hlm.
- Dent, D. 1986. Acid Sulphate Soils: A Baseline for Research and Development. ILRI Publ. No. 39. Wageningen. 204 p.
- Idak, H. Perkembangan dan Sejarah Persawahan Kalimantan Selatan. Pemda Tingkat I Kalimantan Selatan. Banjarmasin. 40 hlm.

- Kementan. 2017. Sukses Swasembada: Indonesia Menjadi Lumbung Pangan Dunia 2045. Kementerian Pertanian. Rep. Indonesia. Jakarta. 272 hlm.
- Kementan. 2018. Lahan Rawa: Masa Depan Lumbung Pangan Indonesia “Membangkitkan Raksasa Tidur”. Kementerian Pertanian. Rep. Indonesia. Jakarta.
- Levang, P. 2003. Ayo ke Tanah Sabrang: Transmigrasi di Indonesia (judul asli *La terrad'en face -La Transmigration en Indonesie*). Penerbit KPG-IRD FJP. Jakarta. 362 hlm.
- Noor, M. 1996. Padi Lahan Marjinal. Penebar Swadaya. Jakarta. 213 hlm.
- Noor, M. 2001. Pertanian Lahan Gambut, Potensi dan Kendala. Kanisius. Yogyakarta. 210. hlm.
- Noor, M. 2004. Lahan Rawa: Sifat dan Pengelolaan Tanah Bermasalah Sulfat Masam. PT RajaGrafindo Persada. Rajawali Pers. Jakarta. 241 hlm.
- Noor, M. 2007. Rawa Lebak: Ekologi, Pemanfaatan, dan Pengembangannya. PT RajaGrafindo Persada. Rajawali Pers. Jakarta. 213 hlm.
- Noor, M. 2010. Lahan Gambut: Pengembangan, Konservasi dan Perubahan Iklim. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 212 hlm.
- Noor, M. 2012. Sejarah Pembukaan Lahan Gambut untuk Pertanian di Indonesia. Dalam Edi Husen, *et al.* (eds.) pros. Sem Nas. Pengelolaan Lahan Gambut. Balitbangtan, Kementan. Jakarta. hlm. 399-412.
- Noor, M. 2014. Teknologi Pengelolaan Air Menunjang Optimasi Lahan dan Intensifikasi Pertanian di Lahan Rawa Pasang Surut. *Majalah Pengembangan Inovasi Pertanian: Vol. 7 (2), Juni 2014*. hlm. 95-104. Badan Litbang Pertanian, Kementan. Jakarta.
- Noor, M. 2017. Debat Gambut: Ekonomi, Ekologi, Politik dan Kebijakan. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 219 Hlm
- Noor, M. 2018. Menyambut Hari Pangan Sedunia (HPS): Bergerak dari Jejangkit Kalimantan Selatan Menuju Lumbung Pangan Dunia. Berita Webb Balittra, bulan Agustus 2018.
- Sinar, Tani, 2018. Panen Air Tetap Jadi Perhatian Utama. Sinar Tani edisi 28 Februari-6 Maret 2018. Hlm 18.
- Subagio, H, M. Noor, Wahida. A Yusuf, dan Izhar Khairullah. 2016. Perspektif Pertanian Lahan Rawa: Mendukung Kedaulatan Pangan. IAARD Press. Jakarta/Bogor. 108 hlm.

- Subagio, H, dan M. Noor, 2017. Perspektif Lahan Rawa dalam Mendukung Lumbung Pangan Dunia. *Dalam Masganti, et al. (eds) Agroekologi Rawa*. IAARD Press-Rajawali Pers. Jakarta/Bogor.
- Susanto, R. H. 2010. Strategi Pengelolaan Lahan Rawa untuk Pembangunan Pertanian Berkelanjutan. Fak Pertanian. Univ Sriwijaya. Palembang.
- Suwanda, M, H. dan M. Noor. 2014. “Kebijakan pemanfaatan lahan rawa pasang surut untuk mendukung kedaulatan pangan nasional”. *Jurnal Sumberdaya Lahan*. Edisi Khusus Desember 2014: 31-40 hlm. BBSDLP. Balitbangtan. Kementan. Bogor.
- Rina, Y. D dan H. Subagio. 2017. Usahatani Lahan Rawa: Analisis dan Implementasi. IAARD Press-GMU Press. Bogor/Yogyakarta.
- Widjaya Adhi, IPG. K. Nugroho, D.A. Suriadikarta dan A. Syarifuddin. 1992. Sumber Daya Lahan Rawa: Potensi, Keterbatasan, dan Pemanfaatan. *Dalam Pros. Sem Nas. Pengembangan terpadu Pertanian Lahan Rawa Pasang Surut dan Lebak. SWAMPS II*. Bogor.

REKONSTRUKSI MINIPOLDER DALAM AREA POLDER ALABIO UNTUK PENGELOLAAN AIR DI LAHAN RAWA LEBAK

Khairil Anwar, A. Rifqi Hidayat dan Hendri Sosiawan

Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa

Jln. Kebun Karet, Loktabat Utara, Banjarbaru, Kalimantan Selatan, 70712

Email: khairil1960@yahoo.com

RINGKASAN

Program swasembada beras yang dicanangkan pemerintah perlu didukung dengan optimalisasi pemanfaatan lahan pada berbagai agroekologi lahan, salah satunya lahan rawa lebak. Pembuatan minipolder atau tanggul keliling skala 70-100 hektar merupakan salah satu upaya agar tinggi muka air lahan dapat dikendalikan sehingga indeks pertanaman (IP) bisa ditingkatkan. Salah satu contoh pembuatan minipolder Hambuku yang terletak dalam area polder Alabio (6.000 hektar), di Kabupaten Hulu Sungai Utara, Kalimantan Selatan. Tulisan ini bertujuan untuk mengungkapkan karakteristik polder induk (Alabio) dan perlunya pembentukan minipolder serta upaya rekonstruksinya agar minipolder dapat berfungsi mengendalikan tinggi muka air yang diperlukan untuk optimalisasi lahan tersebut. Hasil karakteristik minipolder Hambuku menunjukkan bahwa area tersebut memiliki luas sekitar 82 hektar yang dikelilingi tanggul, berupa jalan desa, Jalan Inspeksi Polder Alabio dan Jalan Usahatani, berada di wilayah tiga desa (Desa Hambuku Raya, Hambuku Pasar, dan Hambuku Hulu), memiliki keragaman topografi membentuk lebak dangkal dan lebak tengahan, sumber air berasal dari curah hujan setempat, air irigasi polder Alabio, dan air irigasi Sungai Nagara, memiliki tanah mineral dengan dominasi fraksi liat, petani bertanam sekali setahun menjelang musim kemarau. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa kondisi infrastruktur masih belum membentuk minipolder yang dapat difungsikan dalam mengendalikan tinggi muka air. Untuk bisa difungsikan dalam pengendalian muka air lahan dibutuhkan rekonstruksi bangunan air/tanggul yang sudah ada, berupa (1) meninggikan tanggul yang masih rendah di bawah tinggi genangan maksimal, (2) normalisasi pintu-pintu air yang bocor pada tanggul keliling minipolder, (3) menutup lubang-lubang tanggul keliling yang bocor, dan

(4) membuat tanggul untuk membentuk sub minipolder dalam minipolder tersebut berdasarkan perbedaan topografi.

I. PENDAHULUAN

Program swasembada beras yang dicanangkan pemerintah pada tahun 2017 perlu didukung dengan optimalisasi pemanfaatan lahan pada berbagai agroekologi lahan, termasuk lahan rawa lebak, yaitu dengan melakukan upaya penerapan sistem mini polder agar lahan dapat dioptimalkan semaksimal mungkin sesuai potensinya sehingga produktivitas dan indeks pertanaman lahan tersebut dapat ditingkatkan. Hal ini sejalan dengan arahan Menteri Pertanian bahwa Program & Kebijakan Pembangunan Pertanian harus dilandasi dengan hasil penelitian dan pengembangan, konsisten, berkesinambungan dan fokus pada pengembangan wilayah tertinggal, suboptimal dan mendukung/mengisi Masterplan Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia (Syakir 2015).

Pada tahun 2018, Kementerian Pertanian telah meluncurkan program SERASI (Selamatkan Rawa dan Sejahterakan Petani) seluas 500.000 hektar yang terletak di lahan rawa Provinsi Kalimantan Selatan dan Sumatera Selatan dengan tujuan utama meningkatkan produksi padi melalui peningkatan indeks pertanaman dan produktivitas, baik pada rawa lebak maupun rawa pasang surut. Kebijakan tersebut membutuhkan teknologi pengelolaan air yang sesuai dengan karakteristik lahan pengembangan.

Lahan rawa lebak di Indonesia tersebar di Pulau Kalimantan, Sumatera, Papua dan Sulawesi, dengan luas total sebesar 13,27 juta hektar. Lahan rawa lebak yang potensial untuk dikembangkan seluas 2.336.657 hektar (Noor 2007 dan 2015; Dir. Rawa dan Pantai 2009; Haryono 2013), bila dari luas lahan tersebut dimanfaatkan untuk bertanam padi sekali setahun dengan tingkat produktivitas 5 t/ha, akan menghasilkan gabah sebesar 11.683.285 ton, suatu sumbangan yang cukup besar untuk mendukung program swasembada beras tersebut dalam mencukupi kebutuhan beras nasional. Kemudian bila lahan rawa lebak tersebut dibikin minipolder berdasarkan satuan topografi sehingga indeks pertanaman bisa ditingkatkan dari satu kali tanam menjadi dua kali tanam pada lahan potensial, maka terjadi peningkatan produksi beras akibat pembuatan minipolder tersebut sebesar 11.683.285 ton.

Pada panen raya menteri pertanian 2 Oktober 2015 di area Polder Alabio, diperoleh produktivitas sebesar 6,28 t/ha. Apabila semua lahan lebak dioptimalkan menjadi tanam padi dua kali setahun dengan tingkat produktivitas yang sama (5t/ha) akan memberi sumbangan sebesar 23.366.570 ton per tahun. Selain itu, panen area lebak umumnya berada pada bulan September sampai dengan bulan Oktober, di mana pada saat tersebut lahan agroekologi lain mengalami kekeringan sehingga dapat membantu kebutuhan beras pada agroekologi lain yang belum memasuki masa panen. Salah satu upaya untuk optimalisasi lahan rawa lebak tersebut adalah pembuatan polder. Menurut Balai Wilayah Sungai (BWS) Kalimantan II (2015), tata air makro dengan sistem polder merupakan pengelolaan air dengan membuat tanggul keliling dalam skala luas (5.000-10.000 ha) yang berfungsi mengeluarkan dan memasukkan air untuk dapat mempertahankan muka air sesuai dengan keperluan, salah satu contoh adalah polder Alabio.

Menurut Dinas Tanaman Pangan dan Hortikultura Kabupaten Hulu Sungai Utara, Kalimantan Selatan (2015), pada kemarau panjang (El-Nino) tahun 2015, luas tanam dalam Polder Alabio bertambah dari 2.600 hektar (iklim normal) menjadi 4.023 hektar (kemarau panjang), terjadi peningkatan luas tanam sebesar 43%. Kemarau panjang merupakan berkah bagi petani rawa lebak karena luas tanam semakin meningkat. Varietas padi yang banyak digunakan Mekongga, Inpari 17, dan Ciherang. Aspek pemasaran merupakan penentu pilihan para varietas di tingkat petani.

Polder Alabio memiliki luas 6.000 ha, dan terletak di Kabupaten Hulu Sungai Utara, Kalimantan Selatan, terletak sekitar 250 km dari Kota Banjarmasin, dan merupakan polder terbesar di Indonesia (Hadi 2015), Syakir (2015) menyebutkan bahwa hasil identifikasi Tim Kunker Forum Komunikasi Profesor Riset (FKPR) dan Peneliti Senior Balitbangtan menyimpulkan bahwa lahan rawa lebak dalam Polder Alabio berpotensi dikembangkan peningkatan dan diversifikasi produksi pertanian, pengembangan komoditas (padi, palawija, sayuran, ternak unggas), dan peningkatan indeks pertanaman (dari satu kali tanam padi menjadi padi-padi, padi-palawija/sayuran). Bila hal ini dilakukan maka akan ada tambahan produksi padi \pm 13.750 ton, jagung 2.100 ton, aneka produksi sayuran, hasil ternak itik & ayam buras, dan pendapatan masyarakat meningkat.

Dalam area Polder Alabio telah dibuat beberapa saluran irigasi primer, sekunder dan tersier serta tanggul sebagai jalan inspeksi dan tanggul bagian dari saluran yang dibuat. Tanggul-tanggul tersebut belum membentuk minipolder, kecuali yang berbatasan dengan jalan desa. Akibatnya, peran polder Alabio hanya sebagai sarana irigasi di saat tanam menjelang musim kemarau, belum mampu mengendalikan tinggi muka air. Beberapa mini area dalam polder tersebut yang berbatasan dengan jalan desa dapat membentuk tanggul minipolder, salah satunya minipolder Hambuku.

Tanggul keliling yang membentuk minipolder tersebut agar bisa berfungsi dalam mengendalikan ketinggian muka air sesuai kebutuhan tanaman dengan pola padi-padi dibutuhkan identifikasi permasalahan baik terkait konstruksi sarana prasarana minipolder tersebut, aspek tanah dan air, kondisi sosial masyarakat terkait perbaikan infrastruktur minipolder serta kebijakan pengelola Polder Alabio dan pemerintah daerah setempat.

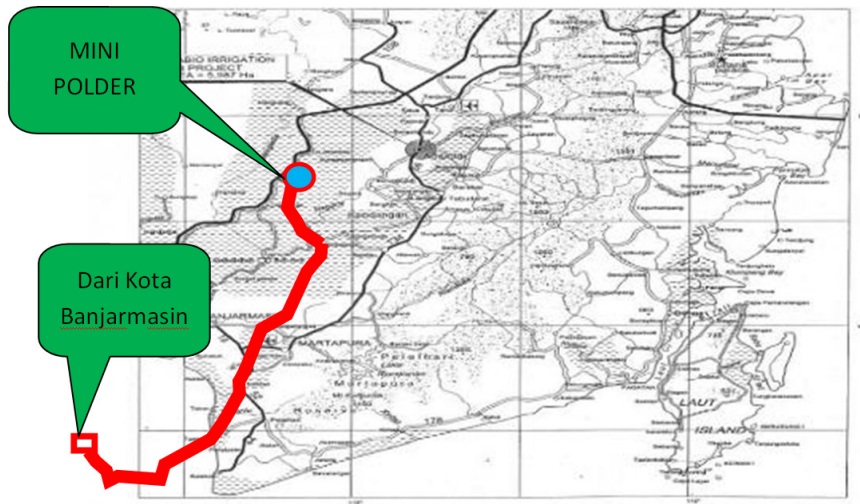
Tulisan ini bertujuan untuk mengungkapkan karakteristik lahan, air, sosial, kebijakan dan budi daya tanaman padi, dan kondisi infrastruktur dalam membentuk minipolder, serta apa dan bagaimana melakukan rekonstruksi minipolder tersebut agar bisa berfungsi dalam meningkatkan indeks pertanaman padi.

II. POLDER ALABIO INDUK MINI-POLDER HAMBUKU

Polder Alabio terletak pada ketinggian 3,25 m di atas permukaan laut dengan curah hujan rata-rata sebesar 2158 mm/tahun. Peta posisi polder Alabio disajikan pada Gambar 1. BWS Kalimantan II (2015) menyebutkan bahwa Polder Alabio merupakan areal irigasi *eksisting* yang mengandalkan pemberian air dengan sistem pompanisasi dengan mengambil air dari Sungai Negara (Gambar 4). Harapannya pada waktu musim hujan areal sawah yang ada dalam polder terlindungi dari banjir dengan menggunakan sistem tanggul keliling.

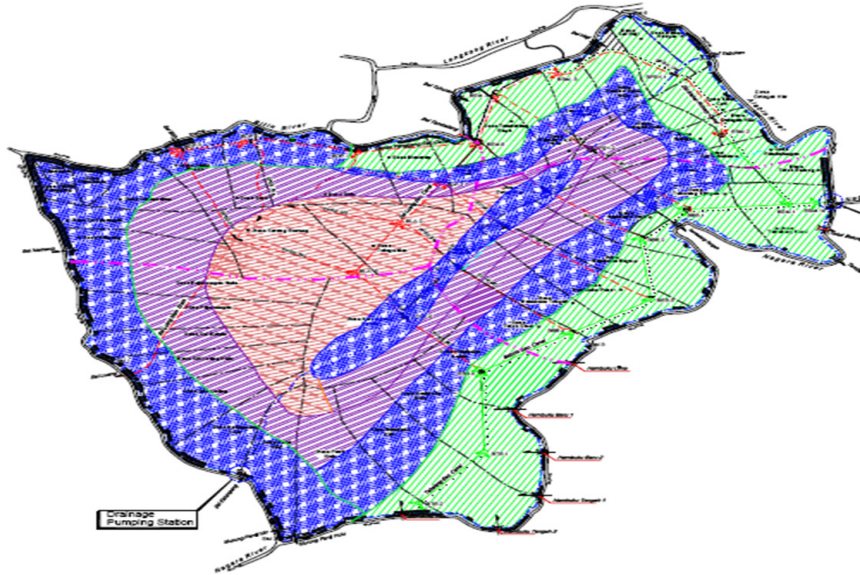
Dalam menunjang pengelolaan air, beragamnya topografi dalam area polder tersebut telah dipetakan menjadi empat kelompok, yaitu lahan lebak dangkal (kedalaman <50 cm, lama genangan 3-4 bulan), lebak menengah (kedalaman 51 sd 100 cm, lama genangan 4-6 bulan), lebak dalam (kedalaman 101-200 cm, lama genangan > 6 bulan), dan lebak sangat dalam (kedalaman > 201 cm, lama genangan > 6 bulan) (Gambar

5). Masyarakat setempat menyebut kelompok zona lebak tersebut dengan istilah “watun”, lebak dangkal disebut watun I, II, III, dan seterusnya. Menurut BWS II Kalimantan (2015), lebak dangkal dan sebagian lebak tengahan mempunyai ketinggian 1,0 sd 3,5 m di atas permukaan air laut (dpl) dan dapat ditanam 2x setahun, sedangkan sebagian lebak tengahan, dalam dan sangat dalam, mempunyai ketinggian -0,20 sd 1,0 m dpl, hanya dapat ditanam 1x setahun. Namun adanya beberapa kendala menyebabkan area tersebut hanya mampu berperan sebagai sumber air irigasi pada pertanaman padi di musim kemarau, pada musim hujan ketinggian muka air bersifat alami tanpa pengendalian dari pengelola polder. Area yang mampu bertanam dua kali setahun relatif kecil, hanya area lebak dangkal, yang berada tidak jauh dari pemukiman penduduk (tanggul keliling polder, berupa jalan desa).



Sumber: BWS Kalimantan II (2015)

Gambar 4. Peta posisi Polder Alabio dari kota Banjarmasin



Sumber: Syakir (2015).

Gambar 5. Zonasi tipe lebak, terdiri dari lebak dangkal (hijau), lebak tengah (biru tua), lebak dalam (biru muda), dan lebak sangat dalam (merah)

III. PERMASALAHAN PENGEMBANGAN POLDER ALABIO

Untuk mengetahui permasalahan dalam pengembangan lahan dalam polder Alabio, tim Forum Kerja Profesor Riset (FKPR) Balitbangtan melakukan survei dan hasilnya menunjukkan adanya masalah aspek teknis dan sosial ekonomi pada kawasan polder Alabio. Aspek teknis antara lain: (a) pengaturan tata air belum baik, (b) pemanfaatan lahan masih rendah (IP rendah 100), (c) benih dan bibit unggul berkualitas belum berkembang, (d) pakan dan manajemen pemeliharaan ternak sederhana, dan (e) infrastruktur pertanian belum memadai. Masalah aspek sosial ekonomi antara lain: (1) akses informasi teknologi pertanian dan permodalan lemah, (2) tenaga kerja kurang, dan (3) kelembagaan petani (kelompok tani dan P3A) belum dioptimalkan (Tim Kunker FKPR dan Peneliti Senior 2012).

Pihak pemerintah daerah kabupaten HSU juga melakukan identifikasi masalah berdasarkan laporan-laporan instansi terkait. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa permasalahan yang dihadapi dalam pengembangan Polder Alabio, antara lain: (a) masih adanya sebagian tanggul keliling

yang elevasinya rendah, sehingga pada saat muka air sungai naik/tinggi, air masuk/merembes ke dalam polder Alabio; (b) beberapa pintu air pada tanggul keliling belum berfungsi dengan optimal, karena masih adanya rembesan air keluar maupun masuk melalui pintu air tersebut; (c) saluran pembuang utama (drainase) terjadi pendangkalan sehingga air di lahan persawahan tidak dapat dibuang secara optimal; (d) terdapat beberapa pintu air saluran pembuang tersier berada di atas dari dasar saluran sehingga air di lahan persawahan tidak dapat dibuang ke saluran pembuang utama; (e) pembuangan air melalui stasiun pompa drainase tidak berfungsi secara maksimal karena air yang keluar mengakibatkan genangan pada persawahan bagian hilir dari stasiun pompa tersebut; (f) terjadi pendangkalan sungai di sekitarnya sehingga air yang keluar dari stasiun pompa drainase tidak dapat mengalir lancar; dan (g) masih banyaknya sarana dan prasarana di dalam polder yang belum selesai dibangun seperti pintu-pintu air, tanggul pemisah, dan lain-lain (Wakhid 2015).

BWS Kalimantan II sebagai instansi yang bertanggung jawab dalam pengelolaan sarana prasarana dalam polder Alabio menyimpulkan bahwa permasalahan pada polder Alabio adalah (1) pada tanggul polder banyak pintu terbuka dan terjadi kerusakan akibat gerusan, dan (2) sistem irigasi dan drainase (pompa, saluran, dan bangunan pendukung) belum sempurna. Untuk penyempurnaan dan perbaikan sistem secara menyeluruh untuk optimalisasi lahan, maka perlu dilaksanakan hal-hal sebagai berikut: (1) memperbaiki bangunan pintu yang terdapat di tanggul sekeliling polder, menutup pintu yang masih terbuka di tanggul sekeliling polder, dan memperbaiki tanggul polder rusak dan dilimpasi air sungai; (2) menentukan sistem irigasi yang paling sesuai dan layak, dan rencana alternatif; (3) menyediakan kapasitas pompa yang memadai untuk membuang air yang lebih dari dalam polder, dan memperbaiki saluran drainase untuk memperlancar proses pembuangan dari sawah-sawah keluar polder.

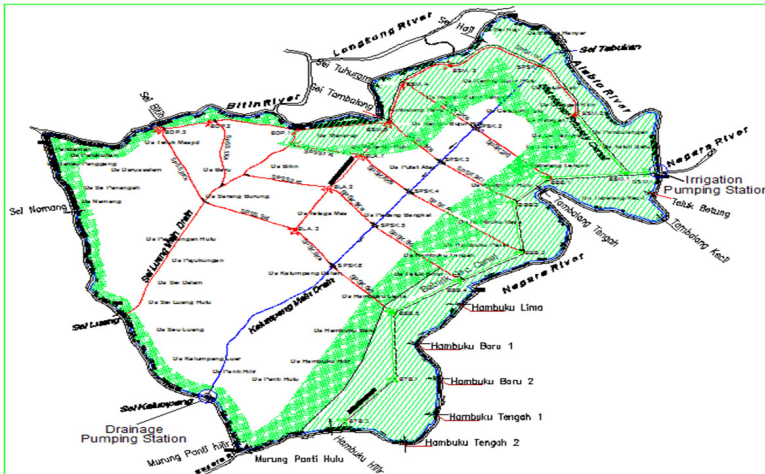
Sebagai dampak dari permasalahan tersebut, lahan rawa lebak tengahan dan lebak dalam pada polder tersebut hanya dimanfaatkan tanam padi sekali setahun dengan sistem rintak (tanam menjelang musim kemarau) mengikuti pola tinggi muka air, sedangkan lahan lebak dangkal ditanam dua kali setahun. Kekurangan air, diatasi dengan air irigasi dari stasiun pompa irigasi yang airnya diambil dari sei. Nagara, namun terbatasnya sarana saluran irigasi menyebabkan hanya sebagian saja yang mendapat aliran air irigasi dari stasiun pompa tersebut.

IV. UPAYA OPTIMALISASI POLDER ALABIO

Optimalisasi lahan rawa lebak dalam polder Alabio membutuhkan adanya (a) upaya menyelesaikan kebutuhan sarana dan prasarana untuk pengembangan polder secara terkoordinasi antara instansi terkait, baik pusat maupun daerah. Menurut perkiraan BWS Kalimantan II (2015), bila telah dilakukan perbaikan dan kelengkapan sarana dan prasarana, maka akan terjadi peningkatan luas dan indeks pertanaman, dari 2.450 ha 1x tanam menjadi 3,465 ha 1x tanam dan 2.522 ha 2x tanam (Gambar 6 dan 7); (b) peta zonase tipe lebak skala operasional atau skala 1: 5.000 sd 1:10.000 karena besarnya keragaman topografi dalam area tersebut menyebabkan keragaman ketinggian muka air; (c) pembuatan polder mini per satuan lahan atau satuan ketinggian genangan dengan beda ketinggian dalam satu lahan 10-20 cm, peta zonase di atas dijadikan acuan; (d) pembuatan siklus air dalam polder, di mana lebak tengahan dijadikan sumber air irigasi pada lebak dangkal sehingga air lebak tengahan bisa lebih cepat surut dan air lebak dangkal tercukupi kebutuhannya. Lebak dalam atau lebak sangat dalam dapat dijadikan sebagai sumber air di saat lebak tengahan sudah mengalami kekurangan air, sehingga lebak dalam dapat dimanfaatkan untuk tanaman padi lebih cepat. Sumber air pada Sungai Nagara melalui pompanisasi dilakukan bila seluruh lahan lebak pada polder Alabio mengalami kekurangan air; (e) membuat jadwal tanam sesuai dinamika tinggi muka air yang telah dikendalikan pada tiap-tiap polder mini; (f) memilih varietas padi sesuai potensi hambatan air yang bakal muncul pada tiap polder mini yang dibuat sesuai jadwal tanam (varietas toleran rendaman atau toleran kekeringan); (g) berupaya menyelesaikan semua yang menghambat pengembangan polder tersebut secara terkoordinasi antara instansi terkait, baik pusat maupun daerah; (g) diversifikasi komoditi sesuai potensi lahan.

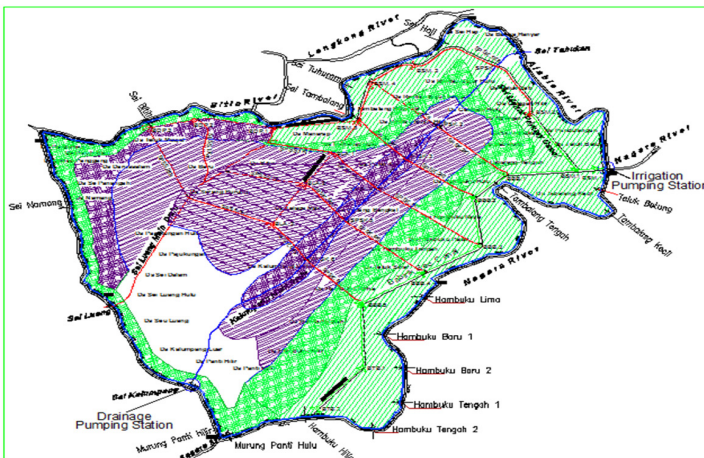
Badan Litbang Pertanian menyebutkan pemecahan masalah Polder Alabio adalah (a) pengaturan kembali tata guna lahan, (b) percepatan pembenahan tata air polder, antara lain pengaturan tata air (tata air makro & mikro), pembuatan Jalan Usahatani, pengembangan tata kelola pompanisasi, dan pengembangan polder mini (sub-polder), (c) pengembangan inovasi pertanian, antara lain pengembangan pola tanam intensif dan teknologi produksi tanaman terpadu, intensifikasi budi daya itik dan unggas lainnya, dan penguatan kelembagaan penunjang. Selain itu, juga model pengembangan pertanian harus serba cakup dan terpadu serta saling komplemen dan mendukung antarunsurnya. Pelaksanaannya secara

sinergi, bertahap, partisipatif. Aspek cakupannya, antara lain penataan lahan dan prasarana penunjang (tata air dan jalan), pengembangan terpadu komoditas adaptif, prospektif dengan dukungan teknologi produksi dan pascapanen, peningkatan kapasitas petani dan kelembagaan penunjang, dan manajemen dan pembiayaan pengembangannya (Syakir 2015).



Sumber: BWS Kalimantan II (2015).

Gambar 6. Peta areal tanam saat ini pada Polder Alabio



Sumber: BWS Kalimantan II (2015)

Gambar 7. Peta areal tanam bila dilakukan perbaikan sarana prasarana sesuai keperluan

Hasil kajian Tim Pengembangan Polder Alabio Kementerian Pertanian (2015) menyimpulkan bahwa polder Alabio berpotensi tinggi menjadi kawasan produksi pangan yang berwawasan lingkungan, dapat dilakukan dengan cara membagi dan menata polder Alabio dalam beberapa sub-polder (minipolder) sesuai bentuk lahan, kedalaman tanah dan kondisi hidrologis. Konsolidasi lahan untuk penerapan mekanisasi pertanian yang efektif dan efisien, serta memperbaiki sistem dan kelembagaan usahatani.

Pada area polder Alabio terdapat petani sebanyak 602 KK. Untuk mendukung pengembangan polder Alabio tersebut, pemerintah kabupaten Hulu Sungai Utara telah membangun beberapa jalan usahatani, saluran, dan bantuan alsintan serta pergudangan, juga tenaga penyuluh dan kelembagaan pengelolaan air. Selain itu, pemerintah provinsi dan pusat juga turut berpartisipasi mendukung optimalisasi tersebut berupa rehabilitasi dan membangun stasiun pompa irigasi dan drainase, Jalan Usahatani, saluran primer dan sekunder serta tersier beserta pintu-pintu pengendalinya, namun sejumlah permasalahan muncul dan jadi penghambat pengembangan polder tersebut.

BWS Kalimantan II (2014 dan 2015) menyebutkan bahwa fasilitas yang sudah dibangun dalam Polder Alabio tersebut berupa: bangunan pompa irigasi 5 buah dengan volume sedot 2,5 m³/detik, pompa drainase 5 buah dengan daya sedot 12,5 m³/detik, saluran irigasi primer (8.200 m), sekunder irigasi (13.125 m) dan tersier irigasi (33,125 m), saluran drainase primer (30,862 m) drainase sekunder (13,030 m), drainase tersier (25.682 m), tanggul pemisah (7.750 m), tanggul keliling 600 m serta pintu-pintu pengendali air pada jembatan sepanjang jalan polder. Dari kondisi tersebut, pompa irigasi hanya mampu mengairi lahan seluas 1250 Ha, membantu petani saat kekurangan air pada musim kemarau. Panjang tanggul polder 46,3 km yang berfungsi sekaligus sebagai jalan kecamatan. Jalan Usahatani dibangun mendukung kegiatan pertanian sepanjang 20 km.

V. INISIASI PEMBENTUKAN MINI POLDER HAMBUKU

Pembentukan minipolder dalam polder Alabio merupakan salah satu langkah untuk meminimalkan permasalahan karena aspek fisik lahan dan sosial budaya masyarakat yang harus diatasi relatif kecil. Pembentukan minipolder dengan luasan 70-100 ha, bila diterapkan pada seluruh areal polder Alabio akan membentuk sebanyak 60-85 buah minipolder. Dari segi

aspek air, pembentukan minipolder membutuhkan keseragaman topografi sehingga dalam satu minipolder memiliki ketinggian muka air yang relatif seragam hal ini akan memudahkan dalam pengelolaan air dan aplikasi komponen teknologi dalam budi daya tanaman padi.

Pembentukan minipolder dapat memanfaatkan jalan desa, jalan inspeksi dan Jalan Usahatani sebagai tanggul keliling minipolder, dengan demikian akan mengurangi biaya dalam pembuatan tanggul keliling. Pembuatan tanggul hanya dilakukan pada tanggul yang belum tersambung/terkunci.

Pembentukan minipolder juga sering terhambat masalah keragaman pola tanam dan budi daya padi dalam satu area minipolder. Idealnya dalam satu unit minipolder memiliki pola tanam dan teknologi budi daya padi yang relatif seragam sehingga pengaturan muka air dapat diseragamkan dalam satu hamparan sawah dalam minipolder. Adanya keragaman dalam pola tanam dan teknologi budi daya padi akan menyebabkan sulitnya dalam pengaturan air dalam minipolder tersebut, hal tersebut berkaitan dengan berbedanya kepentingan tinggi muka air yang diinginkan masing-masing kelompok yang berbeda.

Perbedaan sosial budaya masyarakat dalam satu minipolder juga sering menjadi hambatan dalam pembentukan dan optimalisasi minipolder, karena itu idealnya satu unit minipolder akan lebih baik berada dalam beberapa kelompok petani yang memiliki kondisi sosial budaya yang relatif sama.

5.1. Minipolder Hambuku: Studi Kasus Pembuatan Minipolder

Minipolder Hambuku terletak di desa Hambuku Raya, Hambuku Pasar dan Hambuku Hulu, Kecamatan Sungai Pandan, Kabupaten Hulu Sungai Selatan, Kalimantan Selatan. Minipolder dapat dibentuk dari ketiga desa tersebut karena tanggul kelilingnya membentuk minipolder. Tanggul tersebut berupa jalan desa sepanjang Sungai Nagara, jalan inspeksi polder Alabio, dan jalan penghubung antara jalan desa dengan jalan inspeksi. Kumpulan tanggul tersebut membentuk tanggul keliling sehingga dapat dijadikan sebuah minipolder. Untuk menormalkan dan mengoptimalkan sebuah minipolder diperlukan karakterisasi aspek lahan, air, budi daya tanaman dan kondisi sosial budaya, masyarakat serta sarana-prasarana air yang ada. Data-data tersebut, dijadikan sebagai acuan dalam pembuatan dan optimalisasi minipolder.

5.2. Karakterisasi Minipolder Hambuku

Hasil karakterisasi yang dilakukan oleh Tim Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa menunjukkan bahwa dalam minipolder terdapat lahan sawah seluas 82,2 Ha, yang terdiri dari lahan lebak tengahan 80,8 hektar dan 1,4 hektar lebak dangkal (Gambar 8). Hamparan minipolder berbatasan dengan dengan area pemukiman penduduk. Sumber air berasal dari Sungai Nagara, air irigasi polder Alabio dan curah hujan setempat.



Gambar 8. Area Minipolder hambuku

Pada pertanaman menjelang musim kemarau, tinggi muka air awal tanam sekitar 10-15 cm di atas muka lahan, air genangan tersebut dijadikan sebagai sumber air awal hingga menjelang tanaman berumur 15-30 hari. Kekurangan air yang muncul berikutnya diatasi melalui air irigasi Unit Pompanisasi Polder Alabio yang mengambil air dari Sungai Nagara dengan melakukan permohonan kelompok tani ke Unit Pompanisasi tersebut. Apabila Unit Pompanisasi tersebut dinilai lambat dalam memenuhi kebutuhan air tanaman, maka para kelompok tani melakukan pompanisasi langsung dari Sungai Nagara dan mengalirkan ke persawahan melalui saluran beton. Sebagian fasilitas pompa air dan saluran beton merupakan bantuan dari Dinas Pertanian Kabupaten Hulu Sungai Utara.

Curah hujan dalam area tersebut merupakan sumber utama air di lahan sawah, tetapi karena minipolder tersebut bersifat sistem terbuka, maka kiriman air dari daerah lain juga menjadi sumber air area tersebut,

terutama terjadi pada musim hujan. Selain curah hujan, sumber air utama lainnya adalah Sungai Nagara. Sungai Nagara merupakan sungai yang berdekatan dengan area minipolder. Sungai tersebut merupakan penampungan air hujan yang jatuh dari kawasan hulunya (Kabupaten Tabalong dan Kabupaten Balangan) yang mengalir ke daerah hilirnya. Dinamika ketinggian muka air Sungai Nagara mengikuti dinamika curah hujan sebagai sumber air Sungai Nagara tersebut. Sumber air selalu ada walau pada musim kemarau dan secara alami ketinggian muka air Sungai Nagara meningkat 2-3 meter dibanding tinggi air Sungai Nagara pada musim kemarau. Peningkatan ketinggian muka air Sungai Nagara menyebabkan meningkatnya tinggi muka air persawahan dalam area minipolder, sebagai akibat tidak terkuncinya adanya tanggul keliling minipolder tersebut. Genangan maksimum dalam minipolder umumnya terjadi pada bulan Desember-Januari dengan ketinggian genangan berkisar 60-140 cm pada lebak tengahan dan 50 cm pada lebak dangkal. Permukaan air berada di bawah muka tanah umumnya berada pada bulan Agustus sd September.

Kualitas sumber air pada minipolder tersebut relatif baik untuk menunjang pertumbuhan tanaman. Memiliki pH di atas 5,5 dengan nilai Daya Hantar Listrik (DHL) yang rendah, kandungan besi rendah dan kandungan Mg relatif tinggi (Tabel 3).

Tabel 3. Kualitas sumber air Mini-polder Hambuku

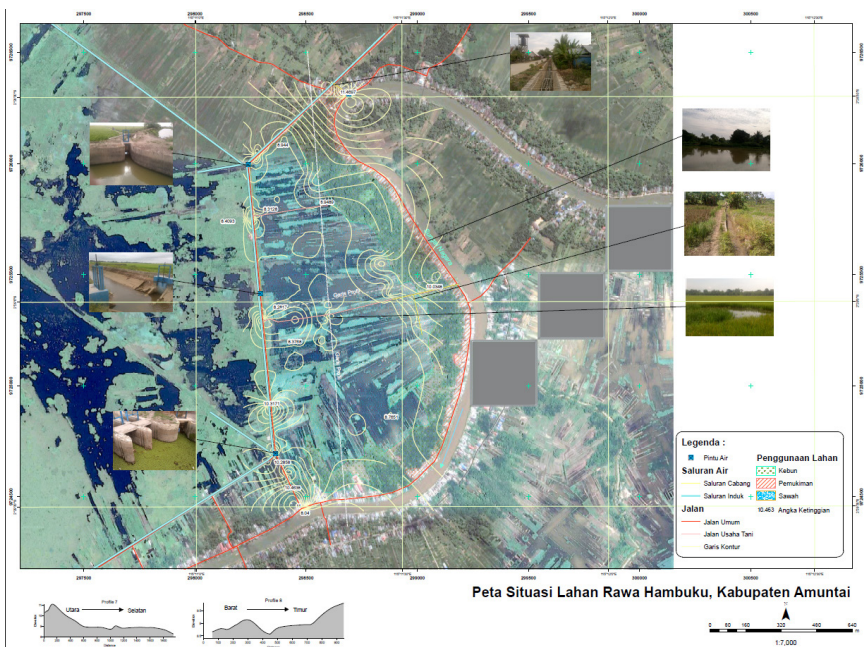
Sumber Air	pH	DHL ms/cm	Fe	Mg Ppm	Ca
Sei Nagara	5,61	0,02	0,27	21,44	6,19
Irigasi Polder Alabio	6,01	0,19	0,67	17,50	3,49
Air sawah	6,06	0,12	2,21	11,70	3,77

Sumber: Anwar (2018)

Kondisi tanah pada area minipolder perlu diketahui, baik sebagai media tumbuh tanaman maupun sebagai bahan material tanggul yang akan dibuat pada kawasan tersebut. Hasil identifikasi menyimpulkan bahwa area tersebut merupakan tanah alluvial hasil endapan sungai di atas endapan marin dengan pH > 4.5 serta mempunyai kedalaman pirit pada lebak dangkal > 200 cm dan pada lebak tengahan > 155 cm, dan relatif subur karena adanya pengkayaan hara oleh lumpur-lumpur Sungai

Nagara. Hasil yang sama juga didapatkan hasil survei yang dilakukan pada area polder Alabio oleh Anwar (2007 dan 2014). Kondisi tanah tersebut menunjukkan bahwa material dalam pembuatan tanggul dapat diambil dari tanah setempat, namun penggalian tanah tidak melebihi 150 cm agar lapisan pirit tidak muncul ke permukaan yang dapat menyebabkan terjadinya pemasaman air dan tanah.

Pengukuran topografi perlu dilakukan dalam area minipolder agar diketahui keragaman ketinggian muka air bila ada genangan. Hasil pemetaan topografi disajikan pada Gambar 9. Dari peta tersebut terlihat adanya perbedaan ketinggian genangan dalam area minipolder tersebut.



Gambar 9. Peta topografi minipolder Hambuku

5.3. Infrastruktur Mini-polder Hambuku

Untuk mendukung peningkatan indeks pertanaman dari sekali setahun bertanam padi rintang menjadi dua sekali setahun (sistem rintang dan surung) membutuhkan minipolder dengan tanggul kelilingnya terkunci (tidak putus) dan mempunyai ketinggian tanggul melebihi ketinggian genangan maksimum pada musim hujan, memiliki pintu-pintu pengendali muka air

yang berfungsi dengan baik, saluran-saluran irigasi/drainase yang mampu mengairi dan membuang air di seluruh hamparan sawah dilengkapi fasilitas pompa air yang memadai sesuai luas lahan yang diairi.

Hasil identifikasi infrastruktur pada minipolder menunjukkan bahwa (1) masih ada tanggul yang rendah sehingga saat puncak genangan tidak mampu menahan air, (2) ada tanggul jalan inspeksi yang dibobol petani sehingga air bebas keluar masuk, (3) sebagian saluran tidak mempunyai pintu pengendali sehingga air bebas keluar masuk, (4) sebagian pintu yang sudah ada belum mampu menahan gerakan air, (5) fasilitas saluran irigasi Sungai Nagara belum terdistribusi ke seluruh hamparan sawah, dan (6) lahan dalam area minipolder belum dilakukan pembuatan tanggul pembatas antarzonase ketinggian lahan. Keragaan infrastruktur minipolder tersebut di atas disajikan pada Gambar 10.



Gambar 10. Keragaan infrastruktur Mini-polder Hambuku 2018. (1) Dan (2) pintu penghubung saluran irigasi polder dengan Mini-polder; (3) Saluran irigasi Sungai Nagara ke area mini-polder; (4) Jalan inspeksi irigasi yang berfungsi sebagai tanggul penahan air saluran irigasi polder dengan area mini-polder, dibobol petani; (5) Jembatan penghubung yang belum memiliki pintu pengendali air; dan (6) Pintu penahan luapan Sungai Nagara.

5.4. Rekonstruksi Minipolder untuk Pengelolaan Air

Pengelolaan air di lahan rawa lebak membutuhkan tanggul keliling dalam suatu area dengan hamparan sawah yang relatif seragam topografinya atau maksimal perbedaannya 20 cm. Hal ini agar tinggi muka air dalam area mudah dikendalikan sesuai kebutuhan tanaman padi. Infrastruktur yang perlu dinormalisasi atau dibuat antara lain: (1) peninggian tanggul pada tanggul yang lebih rendah dari genangan maksimum; (2) pembuatan pintu pengendali tinggi muka air pada jembatan penghubung; (3) normalisasi pintu-pintu air yang ada pada tanggul keliling; (4) penutupan tanggul tanggul yang bocor; (5) pembuatan tanggul zonase topografi, dan (6) pembuatan sarana pompanisasi.

Kendala sosial dan kebijakan pengelolaan polder Alabio turut memengaruhi kelancaran rekonstruksi. Para petani umumnya tidak mau luas lahannya berkurang bila dilakukan rekonstruksi seperti pembuatan tanggul. Demikian juga kebijakan instansi pengelola polder Alabio yang tidak membolehkan pihak luar menormalisasi infrastruktur yang ada, dan hanya memberi izin melakukan normalisasi yang bersifat sementara melalui penggunaan tanggul pasir. Kedua kondisi tersebut mengakibatkan rekonstruksi tidak dapat berjalan maksimal. Keragaan hasil rekonstruksi pada minipolder Hambuku tersebut disajikan pada Gambar 11.



Tanggul Jalan yang Ditinggikan

Penutupan Lubang dengan Karung Pasir



Rumah Pompa dan Peta Lokasi Mini Polder

Gambar 11. Keragaan hasil rekonstruksi infastuktur mini polder Hambuku: (1) peninggian tanggul keliling; (2, 3, dan 4) penutupan lubang dengan Karung pasir, (5) rumah pompa; (6) peta jaringan tanggul dalam mini-polder

VI. PENUTUP

Upaya optimalisasi lahan rawa lebak dalam polder Alabio yang luas mencapai 6000 Ha membutuhkan perencanaan yang terkoordinasi antarinstansi terkait baik pusat maupun daerah, memecahkan masalah sarana prasarana yang diperlukan, mengadopsi teknologi spesifik polder, penggunaan alsintan dan penanganan pemasaran serta sosialisasi kegiatan dalam polder pada berbagai tingkatan.

Pembuatan minipolder dengan luasan 70-80 hektar dalam polder Alabio merupakan salah satu langkah untuk meminimalkan masalah yang dihadapi per satuan minipolder. Jalan-jalan desa, Jalan Usahatani, jalan inspeksi polder Alabio dapat dijadikan sarana dalam membentuk sebuah minipolder, yaitu berupa tanggul keliling dalam sebuah hamparan sawah.

Dalam pembuatan minipolder dibutuhkan karakteristik tanah dan air serta budi daya tanaman. Juga perlu dilakukan identifikasi masalah infrastruktur minipolder yang belum normal agar dapat dilakukan rekonstruksi sehingga dapat berfungsi. Minipolder yang dapat mengendalikan tinggi muka air akan mampu meningkatkan indeks pertanian, minimal memiliki IP 200.

Daftar Pustaka

- Anwar, K. 2007. Laporan Final Rencana Tata Ruang Pemukiman (RTSP) desa Telaga Mas, Kecamatan Danau Panggang, Kabupaten HSU, Kalimantan Selatan. Dinas Tenaga Kerja dan Transmigrasi, kab. HSU. Amuntai.
- Anwar, K. 2015. Karakterisasi Lahan pada Kegiatan Keragaan Teknologi Optimalisasi Lahan dan Kelembagaan. Laporan Tengah Tahun 2015: Pengembangan Inovasi Teknologi Pengelolaan Lahan Rawa Berkelanjutan. Balittra, Banjarbaru.
- Anwar, K. 2018. Karakterisasi Minipolder Hambuku. Laporan hasil survei karakterisasi pada kegiatan Pengembangan. SUP inovatif lahan rawa berbasis minipolder. Balittra. KP4S Lebak.
- Balai Rawa. 2015. Revitalisasi dan Optimalisasi Tata Air Polder Alabio. FGD Revitalisasi Pertanian Polder Alabio. Banjarbaru, 16 Juni 2015.
- Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa. 2014. Pengelolaan lahan rawa lebak berkelanjutan. BBSDLP, Balitbangtan, Kementan. Banjarbaru.

- Balai Wilayah Sungai Kalimantan II. 2015. Sub Proyek Irigasi Alabio. FGD Revitalisasi Pertanian Polder Alabio. Banjarbaru, 16 Juni 2015.
- Direktorat Rawa dan Pantai. 2009. Buku Pengelolaan Rawa di Indonesia. Dirjen Sumber Daya Air. Kementerian Pekerjaan Umum. Jakarta Selatan.
- Dinas Tanaman Pangan dan Hortikultura. 2015. Rekapitulasi Luas Tanam Padi Kabupaten Hulu Sungai Utara pada tahun 2015. Distanhor Kabupaten HSU. Amuntai.
- Haryono, M. Noor, H. Syahbuddin, dan M. Sarwani. 2013. Lahan Rawa: Penelitian dan Pengembangan. Balitbangtan, Kamentan. Jakarta.
- Ilman, Hadi 2015. Polder Alabio Terbesar di Indonesia. Tabloid Sinar Tani, 6 Oktober 2015.
- Noor, M. 2007. Rawa Lebak: Ekologi, Pemanfaatan, dan Pengembangannya. PT RajaGrafindo Persada. Jakarta.
- Noor, M. 2015. Polder Alabio. FGD Revitalisasi Pertanian Polder Alabio. Banjarbaru, 16 Juni 2015.
- Syakir, M. 2015. Model Pengembangan Pertanian Terpadu Polder Alabio, kab. HSU, Prov KalSel Mendukung Swasembada Pangan. FGD Revitalisasi Pertanian Polder Alabio. Banjarbaru, 16 Juni 2015.
- Tim Pengembangan Polder Alabio, Kamentan. 2015. Konsepsi dan Strategi Pengembangan Polder Alabio. FGD Revitalisasi Pertanian Polder Alabio. Banjarbaru, 16 Juni 2015.
- Tim Kunker FKPR dan Peneliti Senior. 2012. Percepatan pengembangan pertanian berbasis inovasi hasil penelitian di lahan rawa lebak Hulu Sungai Utara. Balitbangtan.
- Wahid,A. 2015. Kebijakan dan Dukungan Pemerintah Daerah Kabupaten Hulu Sungai Utara Terhadap Pengembangan Polder Alabio. FGD Revitalisasi Pertanian Polder Alabio. Banjarbaru, 16 Juni 2015.

PENGELOLAAN LAHAN DAN TANAMAN PADA LAHAN PASANG SURUT BERMASALAH KERACUNAN Fe (BESI)

Aidi Noor dan Rina Dirgahayu Ningsih

Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Kalimantan Selatan
Jl. Panglima Batur Barat No. 4 – Banjarbaru, Kalimantan Selatan
Tlp: (0511)4772346, Fax : (0511)4781810
Email: aidi@yahoo.com

Ringkasan

Lahan pasang surut di Indonesia yang berpotensi sebagai sumber produksi padi diperkirakan sekitar 9.53 juta ha. Keracunan Fe (besi) merupakan faktor pembatas dalam produksi padi di lahan pasang surut terutama pada tipologi lahan sulfat masam. Hasil-hasil penelitian menunjukkan keracunan besi disebabkan oleh tingginya kadar besi dan kemasaman tanah yang dipengaruhi juga oleh kondisi tanah yang kahat hara seperti P, K, Ca, Mg, lahan yang selalu tergenang karena drainase buruk, dan penggunaan varietas padi yang tidak toleran terhadap Fe. Keracunan Fe (besi) pada tanaman disebabkan tingginya kadar besi di dalam jaringan tanaman padi. Beberapa varietas padi mempunyai kemampuan untuk beradaptasi dengan tingginya kadar Fe di dalam tanah dan/atau larutan tanah maupun di dalam jaringan tanaman, yaitu dengan cara mekanisme penghindaran (*avoidance*) maupun dengan cara mentolerir tingginya kadar Fe di dalam jaringan tanaman. Untuk mengendalikan keracunan Fe dan meningkatkan produktivitas padi di lahan pasang surut dapat dilakukan dengan mengombinasikan antara varietas toleran/agak toleran dengan perbaikan lingkungan tumbuh seperti perbaikan tata air, pemberian amelioran dan pemupukan berimbang. Penggunaan varietas toleran merupakan cara yang lebih murah dalam mengendalikan keracunan besi. Namun demikian, varietas toleran umumnya mempunyai potensi hasil yang rendah. Perbaikan lingkungan tumbuh tanaman sebaiknya disesuaikan dengan kemampuan varietas padi dalam beradaptasi dengan keracunan besi, sehingga input yang digunakan dalam perbaikan lahan dapat dikurangi.

I. PENDAHULUAN

Padi merupakan komoditas strategis dan merupakan bahan pangan yang diperlukan oleh banyak penduduk dunia, termasuk di Indonesia. Namun demikian, pemenuhan akan pangan ini melalui peningkatan produksi mendapatkan beberapa tantangan dan pembatas. Sebagian padi di Indonesia diproduksi di lahan sawah yang mempunyai beberapa pembatas, salah satunya lahan sawah yang berpotensi keracunan Fe (besi). Dilaporkan terjadi secara luas keracunan Fe pada sawah di beberapa negara Asia seperti Cina, India, Indonesia, Thailand, Malaysia, dan Philipina (Ash *et al.* 2005). Tanaman padi yang terkena gejala keracunan Fe yang berat mengakibatkan pertumbuhan tanaman sangat jelek, anakan tidak tumbuh optimal sehingga hasil yang didapatkan sangat rendah dan bahkan dapat mengakibatkan kegagalan panen (Audebert dan Sahrawat 2000).

Budi daya padi selain di lahan sawah irigasi, tadah hujan, juga dilakukan di lahan rawa lebak dan pasang surut. Lahan rawa di Indonesia dengan luas mencapai 34,12 juta ha, yang terdiri dari lahan pasang surut 8,92 juta ha dan lahan lebak 25,21 juta ha merupakan merupakan salah satu alternatif dalam mengatasi semakin menyusutnya lahan-lahan subur di Pulau Jawa akibat konversi lahan. Dari luasan lahan pasang surut di Indonesia 8,92 juta ha, sekitar 2,80 juta ha potensial untuk padi sawah (BBSDLP *et al.* 2015). Berdasarkan tipologinya lahan pasang surut sulfat masam (6.7 juta ha) merupakan lahan yang cukup luas di Indonesia (Widjaya Adhi 1986; Alihamsyah 2004). Lahan pasang surut sulfat masam merupakan lahan yang mempunyai kendala lebih berat, karena mempunyai lapisan pirit yang apabila teroksidasi mengakibatkan pH tanah yang sangat masam, kandungan unsur meracun Al, Fe dan H₂S yang tinggi serta kandungan dan ketersediaan hara yang rendah (Sarwani *et al.* 1994).

Lahan pasang surut di Kalimantan Selatan seluas sekitar 188.908 ha mempunyai potensi untuk pengembangan padi (BPS Kal-Sel 2016), dengan luas lahan yang ditanami padi seluas 100.348 ha. Lahan pertanian padi di Kabupaten Barito Kuala merupakan lahan pasang surut yang terluas di Kalimantan Selatan dengan produktivitas baru mencapai 3,33 t/ha, (BPS-Kalsel 2017). Masih rendahnya produktivitas dan indeks pertanian padi di Kabupaten Barito Kuala ini karena adanya kendala kemasaman tanah yang tinggi, Fe yang tinggi dan meracun, dan tata air yang masih belum memadai. Dengan kondisi lahan yang demikian petani di lahan rawa

lebih suka menanam padi varietas lokal yang lebih adaptif tetapi berumur panjang sehingga hanya sekali setahun (IP 100). Penggunaan varietas unggul yang berumur lebih pendek yang toleran Fe membuka peluang untuk peningkatan produktivitas dan intensitas tanam. Namun demikian, perlu teknologi pengelolaan lahan dan tanaman yang tepat dalam mengatasi pembatas lahan terutama kemasaman dan kadar Fe yang tinggi.

Hasil-hasil penelitian menunjukkan lahan rawa pasang surut bermasalah keracunan Fe (besi) dapat diubah menjadi lahan pertanian yang produktif. Namun demikian, karena lahannya rapuh terutama dengan adanya masalah fisiko-kimia tanahnya, maka pengembangannya untuk pertanian pada suatu kawasan luas perlu dilakukan secara cermat dan hati-hati dengan memilih teknologi yang sesuai dengan karakteristik wilayahnya. Pengelolaan lahan rawa pasang surut hendaknya dilakukan spesifik tergantung permasalahan yang ada di lapang. Pemecahan masalah juga tidak bisa dilakukan secara parsial, tetapi terintegrasi menggunakan varietas padi toleran Fe dan perbaikan lingkungan tumbuh tanaman seperti pengelolaan air, pemberian bahan amelioran, dan pemupukan berimbang.

II. KARAKTERISTIK LAHAN BERMASALAH KERACUNAN BESI

Keracunan Fe di lahan sawah termasuk di lahan pasang surut dapat disebabkan oleh kadar Fe dan kemasaman tanah yang tinggi, kadar hara tanah yang rendah, lahan yang selalu tergenang (Sahrawat 2004). Penggunaan genotipe padi yang peka seperti varietas IR 64 juga menyebabkan keracunan besi dan pada kasus tertentu bahkan dapat mengakibatkan kegagalan panen (Suhartini 2004; Suhartini dan Makarim 2009). Masalah kondisi biofisik lahan yang menyebabkan rendahnya produksi padi di lahan pasang surut terutama karena rendahnya kesuburan tanah, yang dicirikan oleh kahat hara, kemasaman yang tinggi, keracunan Al, Fe, dan H₂S (Sarwani *et al.* 1994). Keracunan besi merupakan stres fisiologi pada tanaman padi yang umum dijumpai pada tanah Ultisol, Oxisol dan lahan pasang surut sulfat masam dengan keasaman dan kadar Fe aktif yang tinggi (Sahrawat 2004).

Keracunan besi pada tanaman padi dipengaruhi oleh lingkungan (ekologi) tumbuh tanaman padi dan juga kepekaan varietas tanaman padi terhadap kandungan Fe tinggi. Menurut laporan Harahap, *et al.* (1989), keracunan besi merupakan kendala utama pada pertanaman padi sawah di Indonesia terutama di lahan pasang surut, sawah bukaan baru, sawah berdrainase jelek dan daerah depresi yang tersebar di Jawa, Sumatera,

Kalimantan, dan Sulawesi. Selain konsentrasi Fe lingkungan tumbuh tanaman yang tinggi, keracunan Fe juga berhubungan dengan berbagai faktor seperti stres berbagai hara (K, P, Ca, dan /atau Mg) yang cenderung mengurangi kemampuan oksidasi akar, kondisi lingkungan seperti drainase buruk dan tanah selalu tergenang, maupun varietas yang peka keracunan Fe seperti IR64 (Makarim dan Supriadi 1989; Makarim *et al.* 1989).

Gejala keracunan besi pada padi hanya terjadi pada kondisi spesifik yaitu dalam kondisi tergenang. Kondisi reduksi di lahan sawah tergenang memperlihatkan gejala keracunan besi melalui pelarutan semua bentuk Fe menjadi bentuk terlarut (Fe^{+2}) yang melibatkan mikroba pelarut (Beckers dan Ash 2005; Audebert 2006b). Jumlah besi ferro yang tinggi di dalam larutan tanah juga dapat mengakibatkan terjadinya ketidakseimbangan hara mineral yang memengaruhi pertumbuhan tanaman. Besi ferro yang diserap tanaman dan terkonsentrasi pada daun mengakibatkan *discoloration* pada daun, mengurangi jumlah anakan dan secara nyata mengurangi hasil (Audebert 2006b). Penurunan hasil padi karena keracunan besi juga disebabkan karena terganggunya proses metabolisme di dalam tanaman yang berakibat terjadinya perubahan karakter agronomi maupun fisiologi dalam tanaman padi.

Sahrawat dan Diatta (1995), mengemukakan beberapa faktor di dalam tanah yang dapat mengakibatkan keracunan besi pada padi adalah 1) *mineralogy* (kaolinit) dan kandungan liat tanah, 2) jumlah Fe yang dapat dipertukarkan di dalam tanah, 3) pH tanah, 4) adanya faktor stres hara. Lahan-lahan yang paling potensial keracunan besi dari segi kondisi psiko-kimianya adalah seperti tanah sulfat masam (Tinh 1999), tanah liat masam, tanah rawa (Deturk 1994), lahan sawah yang menerima aliran *run-off* dari lahan di atasnya. Konsentrasi besi ferro dalam larutan di lahan sawah yang dapat mengakibatkan keracunan besi mempunyai kisaran antara 10-2000 ppm.

Dobermann dan Fairhurst (2000) mengemukakan mengenai prinsip terjadinya keracunan Fe pada tanaman: 1) Konsentrasi Fe^{+2} yang tinggi dalam larutan tanah yang disebabkan oleh kondisi reduksi yang kuat dalam tanah dan atau pH yang rendah, 2) status hara yang rendah dan tidak seimbang di dalam tanah, 3) kurangnya oksidasi akar dan rendahnya daya eksklusi Fe^{+2} oleh akar yang disebabkan karena defisiensi hara P, Ca, Mg atau K, 4) kurangnya daya oksidasi akar (eksklusi Fe^{+2}) akibat terjadinya akumulasi bahan-bahan yang menghambat respirasi (H_2S , FeS, asam organik), 5) aplikasi bahan organik dalam jumlah besar yang belum

terdekomposisi, 6) Suplai Fe secara terus-menerus dari air bawah tanah atau rembesan secara lateral dari tempat yang lebih tinggi.

Keracunan besi pada padi di Indonesia banyak dijumpai terutama pada lahan pasang surut yang mempunyai beberapa kendala seperti kahat hara, kemasaman yang tinggi, kadar Al, Fe, dan H₂S yang tinggi (Sarwani *et al.* 1994). Masalah fisiko-kimia lahan pasang surut untuk pengembangan tanaman pangan meliputi genangan air dan kondisi fisik lahan, kemasaman tanah dan asam organik pada lahan gambut tinggi, mengandung zat beracun dan intrusi air garam, kesuburan alami tanah rendah dan keragaman kondisi lahan tinggi (Adimihardja *et al.* 1998 dan Sarwani *et al.* 1994).

Tabel 4. Karakteristik tanah di lahan rawa pasang surut, Belandean dan Puntik Dalam, Kabupaten Barito Kuala

Sifat Tanah	Belandean ¹⁾		Puntik Dalam ²⁾	
	Nilai	Kriteria	Nilai	Kriteria
pH	4,00	SM	3,77	SM
C. Organik (%)	8,47	T	4.06	T
N total (%)	0,45	S	0.13	R
P Bray I (ppm P ₂ O ₅)	8,11	S	10.75	S
P total (mg/100g P ₂ O ₅)	31,20	S	13.17	SR
K total (mg/100 g K ₂ O)	13,27	R	8.25	SR
Basa-basa tukar (me/100g)				
Ca	0,33	SR	0.80	SR
Mg	1,23	R	0.32	R
K	0,20	R	0.25	S
Na	0,27	R	0.14	R
KTK (me/100 g)	37,57	T	-	-
Al-dd (me/100 g)	8,87	T	5.76	T
Fe (ppm)	407,61	-	699,0	-
Tekstur (%):				
Liat	48,5		56.77	
Debu	43,1	Liat berdebu	33.67	Liat berdebu
Pasir	8,4		9.56	

Keterangan:

SM=Sangat Masam, T = Tinggi,S=Sedang, R=Rendah, SR=Sangat Rendah

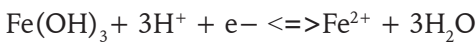
Sumber :¹⁾Noor *et al* (2006), ²⁾Noor, *et al* (2007)

Lahan sulfat masam merupakan lahan yang mempunyai kendala lebih berat dibandingkan tipologi lahan pasang surut lainnya, karena mempunyai pH tanah yang masam (pH 4,5-5,5) sampai sangat masam (pH < 4,5), kandungan unsur meracun Al dan Fe yang tinggi serta kandungan dan ketersediaan hara yang rendah. Pada kondisi tergenang besi ferro (Fe^{2+}) biasanya berlebihan pada lahan sulfat masam yang dapat menyebabkan keracunan besi pada padi. Hasil analisis tanah lahan pasang surut di Belandean dan Puntik Dalam, Kabupaten Barito Kuala, Kalimantan Selatan menunjukkan pada kedua tanah tersebut pH sangat masam dengan kandungan hara terutama basa-basa tukar yang rendah, dan unsur meracun Al dan Fe yang tinggi (Tabel 4).

Keracunan Fe (besi) pada padi disebabkan tingginya kadar Fe tanah atau dalam larutan tanah. Hasil-hasil penelitian menunjukkan kadar Fe dalam larutan yang menyebabkan keracunan Fe pada tanaman sangat beragam. Batas kritis konsentrasi Fe dalam larutan tanah yang menyebabkan keracunan besi adalah sekitar 100 ppm pada pH 3.7 dan 300 ppm atau lebih tinggi pada pH 5.0 (Sahrawat *et al.* 1996). Menurut Ash, *et al.* (2005), kadar Fe dalam larutan yang menyebabkan keracunan bervariasi sangat luas berkisar antara 10-500 ppm Fe. Hasil penelitian Majerus *et al.* (2007) dan Mehraban *et al.* (2008) menunjukkan kadar Fe dalam larutan hara 250-500 ppm dengan pH 4.5-6.0 meningkatkan secara nyata kadar Fe dalam jaringan tanaman padi dan menunjukkan gejala keracunan Fe pada tanaman padi yang peka. Hasil penelitian Dorlodot *et al.* (2005) pada konsentrasi Fe dalam larutan hara > 250 ppm menunjukkan gejala keracunan besi dan menurunkan pertumbuhan tanaman.

Hasil penelitian Noor *et al.* (2012) menunjukkan konsentrasi Fe dalam larutan ≥ 200 ppm menunjukkan gejala keracunan Fe pada padi varietas IR. 64 dan Margasari. Pada konsentrasi Fe dalam larutan ≥ 325 ppm Fe padi varietas IR 64 menyebabkan gejala keracunan besi yang berat (skoring ≥ 9) yang menyebabkan terhambatnya pertumbuhan tanaman padi, bobot kering tanaman menurun sampai 85.5%. Musim pertanaman (musim hujan dan kemarau) juga memengaruhi intensitas gejala keracunan besi pada tanaman padi. Hasil penelitian Noor *et al.* (2015) di lahan pasang surut Barito Kuala, Kalimantan Selatan menunjukkan gejala keracunan besi pada musim kemarau lebih rendah dibandingkan pada musim hujan. Padi varietas IR 64 pada musim hujan menunjukkan gejala keracunan besi dengan skoring 4.3-7.0, sedangkan pada musim kemarau menjadi lebih rendah skoring

gejala keracunan besi 2.3-5.7. Lebih tingginya intensitas gejala keracunan besi pada musim hujan disebabkan karena lahan yang selalu tergenang menyebabkan tingginya kadar besi ferro yang menyebabkan tanaman padi keracunan Fe. Bentuk Fe yang meracun pada tanaman padi apabila dalam bentuk Ferro (Fe^{+2}), sedangkan dalam bentuk Ferri (Fe^{+3}) tidak bersifat meracun bagi tanaman padi sehingga tidak terjadi gejala keracunan Fe. Pada musim kemarau kondisi lahan lebih sering dalam kondisi kering sehingga terjadi perubahan bentuk besi ferro menjadi besi ferri yang tidak dapat diserap tanaman. Reaksi oksidasi-reduksi Fe dalam tanah digambarkan oleh Dent (1986) sebagai berikut.



III. ADAPTASI TANAMAN PADI TERHADAP KERACUNAN BESI

Gejala keracunan besi beragam di antara genotipe padi, dan umumnya adanya bercak coklat keunguan dari daun yang diikuti dengan pengeringan. Gejala visual yang khas berhubungan dengan proses keracunan besi, terutama terjadinya akumulasi dari *polyphenol-teroksidasi* yang disebut *bronzing* atau *yellowing* pada padi. Karena mobilitas Fe yang rendah dalam tanaman, gejala yang khas dimulai dengan bercak berwarna coklat kemerahan dari daun tua. Bercak berwarna tembaga kemudian meluas ke seluruh daun, perkembangan gejala selanjutnya ujung daun menjadi kuning-jingga kemudian kering dari bagian atas (Peng dan Yamauchi 1993). Gejala ini dapat terjadi pada tahap pertumbuhan yang berbeda dan dapat memengaruhi padi pada tahap tanaman muda, selama seluruh tahap pertumbuhan vegetatif, dan tahap reproduktif. Dalam kasus keracunan pada tahap pembibitan, perkembangan tanaman padi terhenti, dan pembentukan anakan secara ekstrem terhambat. Keracunan pada tahap vegetatif menyebabkan menurunnya tinggi dan berat kering tanaman, berkurangnya anakan, berkurangnya klorofil tanaman (Fageria *et al.* 2008).

Keracunan besi terjadi karena penyerapan unsur Fe^{+2} yang melebihi 300 ppm (Yamauchi dan Peng 1995) yang berakibat terganggunya beberapa proses metabolisme dalam tanaman sehingga terjadi kerusakan tanaman (Bode *et al.* 1995). Terganggunya metabolisme tanaman karena keracunan besi menyebabkan pembentukan anakan dan jumlah anakan produktif secara drastis menurun. Bila keracunan besi terjadi pada tahap

akhir vegetatif, atau pada awal tahap reproduktif, jumlah malai turun, gabah hampa meningkat dan pada tahap pembungaan dan pematangan menjadi tertunda. Tanaman yang keracunan besi akarnya menjadi sedikit, kasar, pendek dan tumpul, berwarna coklat gelap. Gejala keracunan besi pada padi di lahan pasang surut bervariasi selain perbedaan varietas padi, perbedaan gejala keracunan besi juga berhubungan dengan perbedaan lokasi atau karakteristik tanah dan musim yang berbeda (Sahrawat 2004; Fageria *et al.* 2008).

Keracunan besi menyebabkan terjadinya baik perubahan agronomis maupun fisiologi pada tanaman padi. Hasil penelitian di lahan pasang surut sulfat masam Belandean menunjukkan genotipe padi mempunyai respons yang berbeda-beda terhadap keracunan besi yang ditunjukkan berbedanya hasil dan skoring keracunan besi. Hasil padi berkisar antara 2,24-5,09 t/ha dan skoring keracunan besi berkisar antara 1,3-6,3 (Noor *et al.* 2007). Nilai skoring besi menunjukkan seberapa berat tanaman keracunan, semakin tinggi nilai skoring semakin berat tanaman keracunan besi dan semakin rendah nilai skoring semakin ringan keracunan. Pada nilai skoring ≥ 5 menunjukkan tanaman peka terhadap keracunan besi sedangkan pada nilai ≤ 3 menunjukkan tanaman toleran terhadap keracunan besi. Padi yang toleran terhadap keracunan menunjukkan hasil gabah yang lebih tinggi dibandingkan padi yang kurang toleran atau tidak toleran (Tabel 5).

Tabel 5. Hasil padi dan gejala keracunan besi pada tanaman padi di lahan rawa pasang surut, Belandean, Kalimantan Selatan, MK. 2004

No.	Galur/Varietas	Hasil (t/ha)	Skoring Fe
1	IR35664	5.09	2.3
2	IR58511	4.51	3.0
3	IR61242	4.45	3.0
4	B8239G-KN-13	4.28	3.3
5	B10214F-KN-2-3-1-2	3.61	3.7
6	BP1126D-92-2-2-2	2.24	6.3
7	Margasari	3.34	1.3
8	IR.64	3,24	5,0

Skor keracunan besi (IRRI, 1996) : 1 = tidak ada gejala, 2 = ringan, 3 = sedang, 5 = agak berat, 7 = berat, 9 = sangat berat

Sumber: Noor, *et al.* (2007)

Keracunan besi pada padi menyebabkan terjadinya perubahan baik karakter morfologi maupun fisiologi tanaman, di mana respons setiap genotipe berbeda-beda tergantung sifat toleransi atau kepekaannya terhadap keracunan besi. Penampilan tanaman keracunan besi berhubungan dengan tingginya serapan Fe^{+2} oleh akar dan ditransportasikan ke daun melalui aliran transpirasi. Kelebihan kadar Fe dalam jaringan tanaman padi menyebabkan terjadinya perubahan beberapa karakter fisiologi seperti kadar protein larut (Dorlodot *et al.* 2005), gula larut (Mehraban *et al.* 2008), klorofil (Mehraban *et al.* 2008), ethylene (Yamauchi and Feng 1993; 1995), proline (Majerus *et al.* 2007), dan laju fotosintesis (Audebert 2006b).

Mekanisme keracunan besi dimulai dari meningkatnya permeabilitas sel-sel akar terhadap ion Fe^{2+} seiring dengan meningkatnya aktivitas mikroba pereduksi Fe di daerah perakaran tanaman, sehingga penyerapan ion ferro meningkat pesat. Reduksi Fe^{3+} yang terjadi di daerah perakaran secara terus-menerus menyebabkan rusaknya oksidasi Fe sehingga *influx* Fe^{2+} tidak terkendali masuk dalam perakaran padi (Makarim dan Supriadi 1989; Makarim *et al.* 1989).

Hasil penelitian Mehraban, *et al.* (2008) menunjukkan kandungan besi dalam akar dan tajuk (*shoot*) tanaman meningkat secara nyata dengan peningkatan perlakuan konsentrasi besi. Di bawah perlakuan Fe tinggi, penambahan hara K tidak menurunkan kandungan Fe dalam tanaman. Pada kedua organ peningkatan konsentrasi Fe menurunkan kandungan K. Hasil penelitian Majerus *et al.* (2007) menunjukkan konsentrasi Fe dalam akar, batang dan daun secara nyata meningkat bila konsentrasi Fe ditingkatkan sampai 500 ppm Fe^{+2} . Stress Fe juga menurunkan konsentrasi Ca, Mg dan P, perubahan penyebab stress selalu lebih terlihat pada genotipe toleran daripada genotipe peka (Majerus *et al.* 2007). Hasil penelitian menunjukkan semakin tinggi konsentrasi besi dalam larutan semakin rendah kandungan hara K, Ca, Mg, dan P dalam organ batang maupun daun terutama untuk genotipe yang peka. Pada genotipe yang toleran, konsentrasi Fe dalam larutan hara tidak terlalu memengaruhi kandungan hara K baik dalam daun maupun batang dan kandungan Ca dalam daun.

Beberapa hasil penelitian menunjukkan pemberian kalium dapat mengurangi keracunan besi. Kalium adalah hara makro yang umum dalam tanaman yang mengaktivasi beberapa enzim yang meliputi fotosintesis dan respirasi. Kalium memegang peranan penting seperti sintesis pati

dan protein, pembesaran sel, pergerakan stomata dan mengurangi stress kalium juga terlibat dalam keseimbangan anion-kation, pengaturan muatan listrik (Marschner 1995). Hasil penelitian Sahrawat (2004), menunjukkan pemberian K dapat meningkatkan eksklusi besi dari akar dan menurunkan translokasi besi ke bagian atas (tajuk) tanaman terutama ke bagian daun lebih atas. Li *et al.* (2001) melaporkan bahwa penambahan K dalam medium akar dapat meningkatkan potensial oksidasi akar dan menghasilkan penyerapan K yang lebih tinggi dan penyerapan Fe yang lebih rendah.

Audebert (2006a) mempelajari mengenai karakteristik morfo-fenologi dan serapan Fe tanaman dari beberapa varietas menunjukkan adanya perbedaan distribusi Fe dalam organ tanaman padi (akar, batang, dan daun) (Tabel 6).

Tabel 6. Konsentrasi Fe (ppm) dalam organ tanaman padi yang berbeda pada beberapa varietas padi

Varietas	Organ Tanaman Padi		
	Akar	Daun	Batang
Bouaké 189 (sedang)	70.200	2.000	1.800
CK4 (toleran)	61.300	1.420	2.300
Tox 3069 (peka)	85.300	3.430	3.140

Sumber: Audebert (2006a)

Hal ini menunjukkan adanya mekanisme penghindaran (*avoidance*) secara fisiologi yang spesifik di antara masing-masing varietas. Pada genotipe toleran (CK4), lebih banyak menimbun Fe di batang dan lebih sedikit di daun dibandingkan genotipe yang peka. Genotipe yang sangat peka (Tox 3069) tidak mempunyai mekanisme penghambat (*barrier*) Fe di antara organ yang berbeda dan kandungan Fe lebih tinggi dalam semua organ. Hal ini menunjukkan genotipe peka tidak mempunyai selektivitas Fe di antara organ tanaman.

Kemampuan padi untuk mengatasi Fe eksternal tinggi mungkin adalah hasil dari keduanya strategi penghindaran (*avoidance*) dan atau toleransi jaringan. *Avoidance* pada padi mungkin berhubungan dengan kemampuan oksidasi Fe^{+2} menjadi Fe^{+3} pada permukaan akar, sehingga membentuk endapan orange yang khas yang dikenal sebagai “*iron plaque*” (Asch *et al.* 2005). Hasil penelitian yang ada menunjukkan lebih efisiennya genotipe

tolerant (TOG) daripada genotipe peka karena menahan lebih banyak Fe di dalam akar. Konsentrasi besi yang rendah dalam tajuk pada genotipe toleran juga diperkirakan adalah mekanisme *avoidance* yang mungkin bermanfaat dalam memberikan kontribusi pertahanan tanaman seperti yang telah dikemukakan oleh Audebert dan Sahrawat (2000).

Hasil penelitian menunjukkan semakin tinggi keracunan besi (yang dapat dilihat dari semakin tingginya skoring Fe) pada tanaman padi semakin rendah hasil padi. Rendahnya hasil padi disebabkan karena adanya perubahan fisiologis dari tanaman padi yang disebabkan tinggi kadar Fe dalam tanaman. Hasil penelitian Audebert (2006a) menunjukkan kandungan Fe yang tinggi dalam daun berpengaruh negatif terhadap laju fotosintesis, penurunan gejala keracunan besi berkorelasi dengan laju fotosintesis dan meningkatkan hasil padi. Terdapat korelasi antara skoring keracunan Fe dengan hasil padi, semakin tinggi skoring keracunan besi semakin menurun hasil padi (Audebert 2006a). Korelasi antara hasil padi dengan distribusi Fe di antara organ tanaman dapat digunakan sebagai kriteria pemuliaan padi dalam menyeleksi dan memperbaiki genotipe padi. Pertumbuhan padi dipengaruhi secara nyata oleh konsentrasi Fe terutama di bawah 250 ppm Fe yang menurunkan secara drastis, sedangkan pada konsentrasi di atas 250 ppm Fe penurunan pertumbuhan relatif konstan (Mehraban 2008).

IV. TEKNOLOGI PENGENDALIAN KERACUNAN BESI PADA PADI

Strategi pengendalian besi dan peningkatan produktivitas padi pada lingkungan yang bermasalah dengan keracunan Fe (stress Fe) tergantung penyebab utama terjadinya keracunan pada tanaman. Menurut Ismunadji *et al* (1989) untuk mengatasi keracunan besi dan meningkatkan produksi padi pada lahan keracunan Fe, dapat dilakukan dengan teknologi tata air seperti perbaikan drainase, pemupukan berimbang, penambahan bahan organik dan pengapuran.

Selain teknologi budi daya dan pengelolaan tanah dan air, penggunaan varietas yang toleran atau cukup toleran lebih efisien dalam mengendalikan keracunan besi. Penggunaan varietas padi hendaknya disesuaikan dengan kemampuan padi untuk beradaptasi pada lingkungan yang spesifik. Penggunaan varietas toleran merupakan cara yang paling murah dan mudah diaplikasikan oleh petani, hanya saja untuk mendapatkan varietas yang

toleran dengan hasil tinggi sangat sulit dan memerlukan waktu yang lama. Perbaikan lingkungan tumbuh agar tanaman dapat tumbuh optimal dan memberikan hasil tinggi apabila menggunakan varietas yang tidak toleran memerlukan input yang tinggi sehingga biaya produksi juga menjadi tinggi.

Pengelolaan lahan rawa yang tepat akan meningkatkan produktivitas lahan, meningkatkan produksi tanaman dan pada akhirnya akan meningkatkan pendapatan petani. Penggunaan varietas toleran terhadap Fe secara nyata memberikan hasil yang lebih tinggi dibandingkan varietas peka Fe di lahan pasang surut. Hasil gabah kering dari varietas yang diuji di lahan pasang surut sulfat masam di Puntik Dalam menunjukkan varietas toleran Fe seperti Indragiri memberikan hasil tertinggi (4,56 t/ha), kemudian diikuti oleh varietas Tenggulang (4,11 t/ha), Ciherang (3,75 t/ha), Lambur (3,65 t/ha), Banyu Asin (3,61 t/ha) dan terendah Bondoyudo 3,23 t/ha. Gejala keracunan besi yang diamati pada saat akhir vegetatif menunjukkan varietas Indragiri, Tenggulang, Lambur dan Banyu Asin tergolong toleran dengan skoring berkisar antara 1-3, sedangkan Ciherang dan Bondoyudo tergolong agak toleran dengan skoring berkisar antara 3-5 (Tabel 7).

Tabel 7. Hasil gabah kering giling varietas yang diuji di lahan rawa pasang surut, Desa Puntik Dalam, Kalimantan Selatan, MK.2006

Varietas	Hasil gabah	Skoring Fe
Indragiri	4,56	2,0
Tenggulang	4,11	2,3
Ciherang	3,75	4,0
Lambur	3,65	2,3
Bondoyudo	3,23	4,0

Sumber: Noor *et al* (2006)

Pemberian bahan amelioran seperti kapur dan bahan organik jerami padi dapat mengurangi keracunan besi pada tanaman dan meningkatkan produktivitas padi. Padi yang peka memerlukan lebih banyak kapur dibandingkan padi yang toleran untuk mendapatkan hasil yang sama. Rata-rata varietas Kapuas (toleran) memberikan hasil gabah yang lebih tinggi dibandingkan varietas yang peka IR.64 (Tabel 8).

Tabel 8. Pengaruh pemberian bahan amelioran terhadap hasil gabah dan skoring keracunan Fe di lahan sulfat masam bukaan baru, Unit Tatas, Kalimantan Tengah

Perlakuan	Hasil gabah (t/ha)		Skoring Fe	
	IR64	Kapuas	IR64	Kapuas
Kontrol	1,61	2,05	6	4
Kapur 0,5 t/ha	2,23	3,46	2	2
Kapur 1,0 t/ha	3,40	3,68	2	1
Jerami 5,0 t/ha	2,04	3,24	6	2
Jerami 5,0 t/ha + Kp 0,5 t/ha	2,78	4,19	2	1

Sumber: Noor dan Jumberi (1998)

Penggunaan bahan amelioran di lahan pasang surut Barito Kuala selain dapat meningkatkan produktivitas padi juga dapat menghemat penggunaan pupuk kimia pada varietas Inpara-1, pemberian kompos jerami memberikan hasil gabah 5,02 t/ha dan kompos kotoran sapi memberikan hasil gabah 4,94 t/ha lebih tinggi dibandingkan tanpa pupuk organik 4.40 t/ha (Ningsih *et al.* 2017). Penggunaan bahan amelioran berupa bahan organik dalam ameliorasi lahan pasang surut 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 dan Alihamsyah (2004) pemberian kompos jerami dapat mengurangi kadar besi dan sulfat serta meningkatkan hasil padi di lahan pasang surut. Bahan organik selain sebagai sumber hara juga meningkatkan daya pegang tanah terhadap pupuk yang diberikan, sehingga meningkatkan efisiensi pemupukan (Karama 1990).

Hasil penelitian Ningsih *et al.* (2014) di lahan pasang surut di Desa Danda Jaya, Kabupaten Barito Kuala, penggunaan padi varietas unggul yang toleran Fe Inpara-1 sampai dengan Inpara-4 memberikan hasil gabah cukup tinggi, yaitu 4,13-5,55 t/ha, sementara varietas yang tidak toleran seperti Ciherang memberikan hasil gabah lebih rendah 1,59 t/ha dan Inpara-5 2,95 t/ha. Hasil penelitian ini juga menunjukkan semakin tinggi skoring keracunan besi semakin rendah hasil gabah (Tabel 9).

Tabel 9. Hasil gabah dan skoring gejala keracunan besi beberapa varietas unggul di lahan pasang surut, Barito Kuala, Kalimantan Selatan

Varietas	Skoring Fe	Hasil gabah (t/ha)
Ciherang	4,82	1,59
Inpara-1	2,32	4,23
Inpara-2	2,40	4,13
Inpara-3	1,00	5,55
Inpara-4	1,00	5,35
Inpara-5	3,92	2,95

Sumber: Ningsih, *et al.* (2014)

Hasil penelitian Lubis dan Noor (2012), menunjukkan semakin tinggi konsentrasi Fe dalam larutan semakin tinggi skoring gejala keracunan besi dan semakin terhambat pertumbuhan tanaman yang ditunjukkan dengan semakin rendahnya berat kering tanaman. Inpara-1 sampai dengan Inpara-4 mempunyai toleransi yang lebih tinggi dibandingkan varietas lainnya terhadap kadar besi yang tinggi dalam larutan (Tabel 10).

Tabel 10. Pengaruh dua level konsentrasi besi dalam larutan (143 dan 325 ppm Fe) terhadap skoring Fe dan berat kering tajuk tanaman padi

No.	Varietas	Skoring Fe		Berat Kering Tanaman (g)	
		143 ppm Fe	325 ppm Fe	143 ppm Fe	325 ppm Fe
1	IR 64	5.0	7.7	2.00	1.43
2	Ciherang	4.3	6.3	2.13	1.27
3	Inpari-1	3.0	7.0	1.9	1.19
4	Inpari-6	3.7	8.3	2.27	1.67
5	Margasari	3.0	5.7	2.53	1.40
6	Indragiri	3.0	6.3	1.93	1.27
7	Dendang	3.0	6.3	2.17	1.63
8	Inpara-1	3.0	5.0	2.27	1.97
9	Inpara-2	3.0	5.0	2.93	1.95
10	Inpara-3	3.0	7.0	2.47	1.87
11	Inpara-4	3.0	5.0	2.60	1.90
12	Inpara-5	4.3	7.0	2.07	1.23

Sumber: Lubis dan Noor (2012)

Hasil penelitian Audebert (2000) menunjukkan terdapat korelasi antara tingkat keracunan besi dengan hasil padi, demikian pula dengan semakin tinggi kadar Fe dalam jaringan tanaman padi semakin terhambat pertumbuhan tanaman padi (Mehbaran *et al.* 2008).

Hasil-hasil penelitian menunjukkan pengelolaan lahan yang tepat, penggunaan bahan amelioran dan pupuk yang sesuai dan penggunaan varietas unggul yang toleran atau agak toleran terhadap keracunan besi akan dapat meningkatkan produktivitas padi di lahan pasang surut bermasalah keracunan besi. Faktor utama keberhasilan dalam pengendalian keracunan Fe di lahan pasang surut adalah pengelolaan air (tata air), selain penggunaan varietas yang toleran, amelioran dan pemupukan berimbang. Pembuatan saluran drainase di lahan pertanaman diperlukan untuk membuang kelebihan air, sehingga tanah dalam keadaan macak-macak atau jenuh air. Drainase lahan membuat kondisi lahan dalam kondisi oksidatif sehingga mengurangi kadar Fe^{+2} dalam larutan tanah. Pembuangan air yang tergenang di lahan juga akan mengeluarkan Fe larut dari lahan pertanaman padi sehingga mengurangi jumlah Fe yang ada dalam tanah. Pengeluaran air dari lahan pertanaman hanya bisa dilakukan bila sistem tata air berupa saluran tata air mikro, saluran kwartier, tersier dan pintu-pintu air dalam kondisi baik dan berfungsi. Pembuatan saluran drainase dangkal di lahan pertanaman dan pemeliharaan saluran tata air mikro, saluran kwartier, dan saluran tersier sangat diperlukan di lahan pasang surut dalam mengendalikan keracunan besi terutama pada musim hujan.

Untuk mengendalikan keracunan besi dan meningkatkan produktivitas padi dapat dilakukan dengan mengombinasikan antara varietas toleran/agak toleran dengan perbaikan lingkungan tumbuh. Pada lingkungan dengan cekaman Fe yang ringan dapat menggunakan varietas dengan potensi hasil tinggi yang agak toleran terhadap keracunan Fe. Pada lingkungan dengan cekaman Fe sedang dapat menggunakan varietas toleran atau agak toleran yang mempunyai potensi hasil tinggi dengan mengombinasikan dengan perbaikan lingkungan tumbuh dengan input rendah. Pada lingkungan dengan cekaman Fe berat sebaiknya menggunakan varietas toleran Fe yang dikombinasikan dengan perbaikan lingkungan tumbuh.

V. PENUTUP

Keracunan besi disebabkan oleh tingginya kadar besi dan keasaman tanah yang dipengaruhi juga kondisi tanah yang kahat hara seperti P, K, Ca, Mg, lahan yang selalu tergenang karena drainase jelek dan penggunaan varietas padi yang tidak toleran terhadap Fe. Keracunan besi pada tanaman disebabkan tingginya kadar besi di dalam jaringan tanaman padi ≥ 300 ppm Fe.

Beberapa varietas padi mempunyai kemampuan untuk beradaptasi dengan tingginya kadar besi di dalam tanah atau larutan tanah maupun di dalam jaringan tanaman, yaitu dengan cara mekanisme penghindaran (*avoidance*) maupun dengan cara toleransi (*mentolerir*) tingginya kadar besi di dalam jaringan tanaman.

Untuk mengendalikan keracunan besi dan meningkatkan produktivitas padi di lahan pasang surut dapat dilakukan dengan mengombinasikan antara varietas toleran/agak toleran dengan perbaikan lingkungan tumbuh seperti perbaikan tata air, pemberian amelioran dan pemupukan berimbang. Penggunaan varietas toleran merupakan cara yang lebih murah dalam mengendalikan keracunan besi. Namun demikian, varietas toleran umumnya mempunyai potensi hasil yang tidak tinggi. Perbaikan lingkungan tumbuh tanaman sebaiknya disesuaikan dengan kemampuan varietas padi dalam beradaptasi dengan keracunan besi, sehingga input yang digunakan dalam perbaikan lahan dapat dikurangi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adimihardja A, Sudarman K, Suriadikarta DA. 1998. Pengembangan Lahan Pasang Surut: Keberhasilan dan kegagalan ditinjau dari fisiko kimia lahan pasang surut. *Dalam*. Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Menunjang Akselerasi Pengembangan Lahan Pasang Surut. Balittra, Banjarbaru.
- Alihamsyah T. 2004. Potensi dan Pendayagunaan Lahan Rawa untuk Peningkatan produksi Padi dan Beras Indonesia. *Dalam*. F. Kasrino, E. Pasandaran, dan A.M. Pagi (Penyunting). Badan Litbang Pertanian.
- Asch, F., M. Becker, D.S. Kpongor, 2005. A quick and efficient screen for tolerance to iron toxicity in lowland rice, *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 168: 764–773.

- Audebert A., and K. L. Sahrawat. 2000. Mechanisms for iron toxicity tolerance in lowland rice. *J. Plant Nutr.* 23:1877-1885.
- Audebert. A. 2006a. Iron partitioning as a mechanism for iron toxicity tolerance in lowland rice. In: Audebert. A., L.T. Narteh, D. Millar and B. Beks. 2006. *Iron Toxicity in Rice-Based System in West Africa*. Africa Rice Center (WARDA).
- Audebert. A. 2006b. Toxicity in rice-environmental condition and symptoms In : Audebert. A., L.T. Narteh, D. Millar and B. Beks. 2006. *Iron Toxicity in Rice-Based System in West Africa*. Africa Rice Center (WARDA).
- BBSDLP. 2015. *Sumber Daya Lahan Pertanian Indonesia: Luas, Penyebaran, dan Potensi Ketersediaan*. Balai Besar Sumber Daya Lahan Pertanian. Indonesian Agency for Agricultural Research and Development (IAARD) Press.
- Becker, M. and F. Asch. 2005. Iron toxicity in rice-condition and management concept. *J. Plant Nutr. Soil Sci*, 168 (4): 558-573.
- Bode, K., O. Doring, S. Lüthje, H.U. Neue, and M. Bottger. 1995. The role of active oxygen in iron tolerance of rice (*Oryza sativa*). *Protoplasma* 184, 249–255.
- BPS Kal-Sel. 2016. *Survey Pertanian: Luas Lahan Menurut Penggunaannya di Provinsi Kalimantan Selatan tahun 2013*. Badan Pusat Statistik. Povinsi Kalimantan Selatan.
- BPS Kal-sel. 2017. *Provinsi Kalimantan Selatan Dalam Angka 2017*. Badan Pusat Statistik. Povinsi Kalimantan Selatan.
- Dent D. 1986. *Acid Sulphate Soils: A baseline for research and development*. International Land Reclamation Institutes Publ. 39. Wageningen, TheNetherlands.
- Deturck P. 1994. Iron toxicity to rainfed lowland rice in Sri Lanka. KULFLTB, Leuven, Belgium. 162 p.
- Dobermann A, Fairhurst T. 2000. Iron toxicity. In: *Rice: Nutrient Disorders and Nutrient Management* (eds). International Rice Research Institute, Manila. 121-125.
- Dorlodot, S., S. Lutts, and P. Bertin. 2005. Effect of ferrous iron toxicity on the growth and mineral competition of and interspecific rice. *J. Plant Nutr.* , 28 (1): 1-20.

- Fageria NK. 1988. Influence of iron on nutrient uptake by rice. *Int. Rice Res. Newsl.* 13(1): 20-21.
- Fairhurst TH and C Witt. 2002. *Rice: A practical guide to nutrient management*. Manila, The Philippines: International Rice Research Institute.
- Harahap, Z., M. Ismunadji, J. Sujitno, A.M. Fagi dan D.S. Damardjati. 1989. Perkembangan dan Sumbangan Penelitian untuk Pelestarian Swasembada Beras. *Dalam: M. Syam (Eds). Buku I. Risalah Simposium II Penelitian Tanaman Pangan. Ciloto, 21-23 Maret 1988. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor. p: 135-185.*
- Ismunadji, M., W.S. Ardjasa and H.R. von Uexkull. 1989. increasing productivity of lowland rice grown on iron toxic soil. Paper presented at International Symposium on Rice production on Acid Soils of tropics, June 26-30, 1989. Kandy, Sri Lanka.
- Jumberi A, Alihamsyah T. 2004. Pengembangan lahan rawa berbasis inovasi teknologi. *Dalam. Prosiding Seminar Nasional: Inovasi Teknologi Pengelolaan Sumberdaya Lahan Rawa dan Pengendalian Pencemaran Lingkungan. Banjarbaru, 6-7 Oktober 2004. Badan Litbang Pertanian.*
- Karama AS. 1990. Penggunaan pupuk organik dalam produksi pertanian. Makalah disampaikan pada Seminar Puslitbangtan tanggal 4 Agustus 1990. Bogor.
- Majerus, V., P. Bertin, S. Lutts . 2007. Effects of iron toxicity on osmotic potential, osmolytes and polyamines concentrations in the African rice (*Oryza glaberrima* Steud.). *Plant Science.* 173: 96–105.
- Makarim , A.K., M. Ismunadji, and von Uexkull. 1989. An overview of major nutritional constrain to rice production on acid soils of Indonesia. *In. P. Deturck and F.N. Ponnampereuma (eds). Rice production on acid soils of the tropics. Kandy, Sri Lanka. p. 199-203.*
- Makarim, K., O. Sudarman, dan H. Supriadi. 1989. Status hara tanaman padi berkeracunan Fe di daerah Batumarta, Sumatera Selatan. *Penelitian Pertanian* 9(4):166-170.
- Mehraban, P., A. Abdol Zadeh and H. Reza Sadeghipour. 2008. Iron toxicity in rice (*Oryza sativa* L.) under different potassium nutritiom. *Asian J. of Plant Sci.* 1-9.

- Ningsih, RD., Aidi Noor, M. Yasin. 2014. Pengaruh keracunan besi di lahan pasang surut terhadap pertumbuhan dan hasil padi varietas Inpara. Prosiding Seminar Nasional 2013: Inovasi Teknologi Padi Adaptif Perubahan Iklim Global Mendukung Surplus 10 Juta Ton Beras Tahun 2014. Badan Litbang Pertanian.
- Ningsih, RD., K. Napisah dan Aidi Noor. 2017. Menghemat pupuk kimia hingga 50% dengan menggunakan pupuk organik pada lahan pasang surut. Prosiding Seminar Nasional 2016. Balai Besar Penelitian Padi. Badan Litbang Pertanian.
- Noor, A. dan A. Jumberi. 1998. Peranan bahan amelioran, pupuk kalium dan varietas dalam mengatasi keracunan besi pada tanaman padi di lahan pasang surut. *Dalam: Prosiding Lokakarya Strategi Pembangunan Pertanian Wilayah Kalimantan*, 2-3 Desember 1997 di Banjarbaru. Badan Litbang Pertanian. Instalasi Penelitian dan Pengkajian Teknologi Pertanian Banjarbaru. p: 275-279.
- Noor, A. I. Khairullah, R. D. Ningsih, dan Sumanto. 2006. Evaluasi toleransi galur-galur padi terhadap keracunan besi di lahan sulfat masam. *Jurnal Pertanian Agric*, 2006. Universitas Satyawacana.
- Noor, A., Khairuddin dan D. I. Saderi. Keragaan beberapa varietas unggul padi di lahan rawa pasang surut sulfat masam. 2007. *Dalam. Prosiding Seminar Nasional Pertanian Lahan Rawa: Revitalisasi Kawasan PLG dan Lahan Rawa Lainnya untuk Membangun Lumbung Pangan Nasional*, Kuala Kapuas, 3-4 Agustus 2007. Badan Litbang Pertanian-Pemerintah Kabupaten Kapuas Kalimantan Tengah.
- Noor A., I.Lubis, M. Ghulamahdi, M. A. Chozin, K. Anwar, dan D.Wirnas. 2012. Pengaruh Konsentrasi Besi dalam Larutan Hara terhadap Gejala Keracunan Besi dan Pertumbuhan Tanaman Padi. *J. Agronomi Indonesia*. 15 (2): 91-98. Perhimpunan Agronomi Indonesia dan Institut Pertanian Bogor.
- Noor, A., I.Lubis, M. Ghulamahdi. 2015. Gejala Keracunan Besi Beberapa Varietas Padi pada Dua Musim Tanam di Lahan Pasang Surut. Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian Spesifik Lokasi, Banjarbaru, 6-7 Agustus 2014. Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian. Badan Litbang Pertanian.
- Peng, X.X. and M. Yamauchi. 1993. Ethylene production in rice bronzing leaves induced by ferrous iron, *Plant Soil* 149: 227–234.

- Sahrawat, K.L. 2004. Iron toxicity in wetland rice and the role of other nutrient. *J. Plant Nutr*, 27 (8): 1471-1504.
- Sahrawat, KL. 2000. Elemental composition of the rice plant as affected by iron toxicity under field conditions. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 31, 2819-2827.
- Sahrawat, KL. and S. Diatta. 1995. Nutrient management and season affect soil iron toxicity. Annual Report 1994. Bouaké, Côte d'Ivoire: West Africa Rice Development Association. p 34-35.
- Sarwani M, Noor M, Masganti. 1994. Potensi, kendala dan peluang pasang surut dalam perspektif pengembangan tanaman pangan. *Dalam. Pengelolaan Air dan Produktivitas Lahan Rawa Pasang Surut*. Balai Penelitian Tanaman Pangan. Banjarbaru.
- Suhartini T. 2004. Perbaikan varietas padi untuk lahan keracunan Fe. 2004. *Bul. Plasma Nutfah.* 10 (1): 1-11.
- Suhartini, T., A.K. Makarim. 2009. Teknik seleksi genotipe padi toleran keracunan besi. *J. Penelitian Pertanian Tanaman Pangan.* 28:125-130.
- Tinh, TK. 1999. Reduction chemistry of acid sulphate soils: Reduction rates and influence of rice cropping. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Agraria* 206, Uppsala, Sweden.
- Widajaya Adhi IPG. 1986. Pengelolaan lahan pasang surut dan lebak. *Jurnal Litbang Pertanian* V (1), Januari 1996. Badan Litbang Pertanian.
- Yamauchi, M. and X.X. Peng. 1995. Iron toxicity and stress-induced ethylene production in rice leaves. *Plant and Soil* 173: 21-28. 1995.

PENGEMBANGAN KELOMPOK P3A Mendukung Produksi Padi Lahan Rawa Pasang Surut

Yanti Rina D. dan Muhammad Alwi
Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa
Jl. Kebun Karet, Loktabat Utara, Banjarbaru Utara,
Kalimantan Selatan 70712, Tlp. 08125109941
Email: tuha13@yahoo.co.id

RINGKASAN

Pengelolaan air merupakan kunci sukses berhasilnya usahatani padi di lahan rawa pasang surut. Semakin baik kondisi tata air semakin mudah pengembangan usahatani. Tidak berfungsinya jaringan tata air menyebabkan tidak terdistribusinya air dengan baik, hal ini disebabkan peran kelembagaan Perkumpulan Petani Pemakai Air (P3A) belum berfungsi optimal. Pembentukan P3A pada awalnya untuk merespons proyek bantuan pemerintah sehingga belum didasari atas kebutuhan petani. Kelembagaan P3A yang mandiri dapat mengelola air dengan baik sehingga produksi dapat meningkat. Strategi pengembangan kelompok P3A di lahan rawa pasang surut, antara lain (a) mengidentifikasi para pelaku yang terlibat dalam pengembangan kelompok, (b) melakukan dialog dengan para pelaku tentang format kelembagaan P3A yang akan dibentuk, (c) mendorong para pelaku untuk membentuk kelembagaan P3A yang sesuai dengan format yang sudah disepakati, (d) melakukan peningkatan kapasitas para pengurus kelembagaan kelompok P3A untuk menyusun dan menetapkan rencana kerja, (e) melakukan peningkatan dukungan penyuluhan oleh PPL dan Juru Air, (f) meningkatkan kapasitas anggota kelompok P3A, (g) meningkatkan partisipasi anggota kelompok P3A dalam kelompok, dan (h) meningkatkan keterlibatan kelompok P3A dengan pihak luar.

I. PENDAHULUAN

Pengelolaan air merupakan kunci sukses dalam usahatani padi di lahan rawa pasang surut. Untuk mendukung peningkatan produksi padi di lahan rawa pasang surut diperlukan pengelolaan air yang tepat karena (1) ketersediaan air dan lahan yang semakin terbatas, dan (2) adanya kerusakan infrastruktur jaringan irigasi di tingkat usahatani dan sering

terjadinya anomali iklim ekstrem yang menyebabkan bencana kekeringan dan banjir.

Sistem tata air di lahan pasang surut terdiri dari sistem tata air makro dan mikro. Sistem tata air makro pemeliharaannya dilakukan oleh pemerintah, sedangkan tata air mikro menjadi tanggung jawab petani. Petani sering menganggap bahwa pemeliharaan jaringan tersier menjadi tanggung jawab pemerintah. Oleh karena itu, hampir semua jaringan tersier tak terpelihara dengan baik, sehingga tidak berfungsi optimal yang berakibat pada menurunnya kualitas lahan dan berdampak pada penurunan produktivitas lahan. Degradasi jaringan tata air mikro disebabkan oleh: (a) tidak berfungsinya kelompok P3A, (b) tidak memiliki dana, (c) tidak adanya rasa memiliki dan membutuhkan jaringan tata air karena padi yang ditanam padi lokal (adaptif), dan (d) kekompakan yang menurun akibat beban iuran yang tidak merata (tidak sesuai dengan luas kepemilikan lahan).

Terpeliharanya jaringan tata air sangat ditentukan oleh kualitas kelembagaan yang menanganinya. Jadi, sesuai dengan kebijakan pemerintah dalam pengelolaan air irigasi, yakni Inpres No. 3 Tahun 1999 tentang Pembaharuan Kebijakan Pengelolaan Irigasi. Kebijakan tersebut memuat lima isi pokok meliputi: (a) Redefinisi tugas, kewenangan dan tanggung jawab kelembagaan pengelolaan irigasi, (b) Pemberdayaan P3A, (c) Penyerahan Pengelolaan Irigasi (PPI) kepada P3A, (d) Pembayaran OP Jaringan irigasi melalui (IPAIR), dan (e) Keberlanjutan sistem irigasi. Selanjutnya, dalam rangka pembinaan kelompok P3A, maka pemerintah mengeluarkan INPRES No. 2 Tahun 1984 yang pada dasarnya memberikan arah kepada seluruh instansi terkait untuk membimbing organisasi petani yang ada dalam pengembangan usaha pertanian. Kebijakan tersebut selanjutnya dijabarkan dalam bentuk organisasi petani yang menangani pengelolaan air irigasi disebut P3A. P3A dapat disebut suatu kelompok berdasarkan hamparan yang dikuatkan oleh terbitnya Permentan No. 79/Permentan/07.140/12/2012 tentang Pembinaan dan Pemberdayaan P3A. Ruang lingkup Permentan tersebut meliputi pembentukan, pembinaan, dan Pemberdayaan P3A, sehingga diperlukan langkah-langkah dan kegiatan dari pemerintah daerah kabupaten/kota untuk meningkatkan kapasitas dan kemandirian P3A dalam upaya peningkatan produksi pertanian.

Pembentukan P3A sebagian besar pada awalnya bersifat keproyekan saja, sehingga tidak jarang hanya sebatas papan nama. Kegiatan ini hendaknya memerhatikan kelembagaan lokal, sehingga dapat berlanjut

seperti halnya kelembagaan subak di Bali. Lembaga P3A berfungsi untuk: (1) Wadah bertemunya petani untuk saling bertukar pikiran, curah pendapat serta membuat keputusan guna memecahkan masalah yang dihadapi petani, (2) Memberikan pelayanan kepada para petani untuk pembagian dan pemberian irigasi secara adil dan merata, (3) Melakukan operasi pemeliharaan, pengembangan jaringan irigasi dan tersier, (4) Mengatur iuran para anggota berupa uang, hasil panen, dan pemeliharaan jaringan tersier serta usaha pengembangan organisasi (Permen PU No. 33 Tahun 2007).

Pengelolaan air pada tingkat tersier akan berjalan baik jika kelembagaan pengelolaan air (P3A) berfungsi dengan baik. Umumnya keberadaan kelompok P3A di lahan rawa pasang surut belum berfungsi maksimal, disebabkan karena kurangnya pembinaan oleh instansi terkait dan masih rendahnya kesadaran dan tanggung jawab petani terhadap pemeliharaan fasilitas jaringan irigasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelompok P3A di lahan rawa pasang surut umumnya belum mandiri, sehingga dalam melakukan perannya belum efektif. Dinamika kelompok P3A di lahan rawa pasang surut berada pada tahap sedang, sehingga peningkatan dinamikanya dapat dilakukan melalui pembinaan pada pemeliharaan dan pengembangan kelompok. Persepsi petani terhadap manfaat kelembagaan P3A positif (Rina 2012). Besar kecilnya pemanfaatan kelompok P3A di lahan rawa pasang surut ditentukan oleh aktif tidaknya kelompok tani/gapoktan dalam menerapkan teknologi budi daya sehingga dapat meningkatkan intensitas tanam. Dukungan pemerintah setempat dan instansi terkait sangat diperlukan karena masih terbatasnya peran serta dan kemampuan petani (P3A) dalam pengelolaan jaringan di tingkat tersier. Jika P3A belum mandiri maka efisiensi pemanfaatan air irigasi tidak dapat dilakukan dengan optimal, dan penerapan teknologi tidak memberikan produksi yang maksimal.

Tulisan ini membahas tentang peran, kemandirian, pola pengembangan P3A dalam mengelola air dan produktivitas padi di lahan rawa pasang surut. Keberhasilan P3A dalam mengelola air sangat berpengaruh terhadap peningkatan kualitas lahan rawa pasang surut dan produktivitas tanaman.

II. PERANAN P3A DALAM MENINGKATKAN PRODUKSI PADI

2.1. Jaringan Tata Air Lahan Rawa

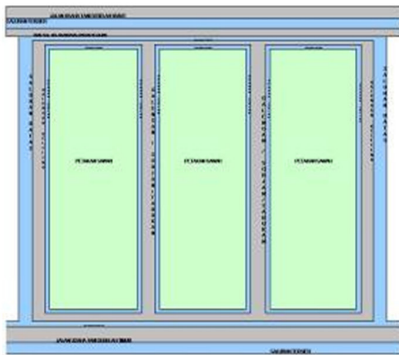
Menurut Permen PU No. 5 Tahun 2010, pengelolaan air diselenggarakan pada dua tingkatan, yaitu 1) pengelolaan air di saluran tersier atau tata air mikro yaitu pengelolaan air di lahan usahatani yang menentukan secara langsung kondisi lingkungan bagi pertumbuhan tanaman, dan 2) pengelolaan air di jaringan utama (primer dan sekunder), atau tata air makro, yaitu pengelolaan air di tingkat sistem makro yang berfungsi menciptakan kondisi yang memenuhi kesesuaian bagi terlaksananya pengelolaan air di saluran tersier (tata air mikro). Metode pengelolaan air pasang di antaranya: 1) drainase untuk mengeluarkan air yang sudah tidak dipergunakan lagi pada jaringan reklamasi, 2) suplesi untuk memasukkan air ke dalam jaringan reklamasi, 3) pencucian untuk perbaikan kualitas lahan, dan 4) penggelontoran untuk mendorong air keluar dari jaringan reklamasi.

Di lahan rawa pasang surut, pengelolaan air di tingkat makro merupakan satuan unit pengelolaan (UPT) yang terdapat dalam satu skim sistem garpu (Kalsel dan Kalteng) dan sistem sisir di Sumatera dan Kalimantan Barat. Sistem Garpu yang dianjurkan oleh Tim Universitas Gadjah Mada (1973). Sistem ini merupakan penyempurnaan lebih lanjut dari sistem rakyat (handil dan anjir) sehingga memungkinkan daerah reklamasi menjadi lebih luas. Sistem ini telah dilaksanakan di kawasan Pulau Petak, seperti UPT Barambai, UPT Belawang, UPT Sakalagun (Kalimantan Selatan), UPT Tamban Luar, UPT Pangkoh, UPT Kanamit (Kalimantan Tengah).

Sistem pengelolaan air di tingkat mikro merupakan unit pengelolaan air pada tingkat saluran tersier, kwarter, dan petak usahatani disebut Sistem Tata Air Mikro (TAM). Sistem tata air mikro dilengkapi dengan saluran kwarter, setiap satu hektar sawah terdiri dari dua buah surjan dan tiga petak sawah. Setiap satu hektar sawah dibuat galengan/tanggul keliling yang di bagian dalamnya dibuat saluran cacing. Antara saluran kwarter dan tersier dipisahkan oleh jalan usahatani. Sistem tata air mikro ternyata dapat mengurangi kelebihan air pada musim hujan, mengurangi keasaman tanah, dan berfungsi sebagai pelindian terhadap zat-zat beracun dengan memanfaatkan fluktuasi air pasang dan surut. Sistem tata air mikro dilakukan di UPT Danda Besar seluas 50 hektar dan UPT Tarantang II

seluas 25 hektar pada tahun 1982-1984. Kemudian adanya BANPRES tahun 1989 diperluas pada kawasan 1.000 hektar sawah tersebar di Kecamatan Barambai, Rantau Badauh, Mandastana, Belawang, dan Anjir Muara, Kalimantan Selatan. Pada tahun 2003 luas lahan sawah yang memiliki TAM seluas 5.750 hektar, luas ini terus meningkat hingga sekarang.

Tujuan TAM adalah untuk meningkatkan pencucian (*leaching*) pada lahan rawa pasang surut. Lahan rawa pasang surut dengan tipologi A dan B penerapan TAM melalui sistem satu arah (STASA) dengan dilengkapi pintu *inlet* (masuk) pada saluran masuk dan pintu *outlet* (keluar) yang berbeda dalam satu unit hamparan usahatani. Melalui sistem ini proses pencucian unsur-unsur yang bersifat racun bagi tanaman dapat berlangsung dengan baik. Pintu air yang dipasang pada muara inlet dan outlet bersifat semi otomatis, membuka dan menutup memanfaatkan gerakan air pasang dan surut. Saluran tata air mikro dibangun sepanjang jalan usahatani dikombinasikan dengan saluran kuarter yang merupakan saluran batas kepemilikan lahan (Gambar 12). Sedangkan pada lahan tipologi C, saluran tersebut ditabat untuk menjaga tinggi muka air tanah dan memungkinkan air hujan tertampung dalam saluran dan petakan lahan (Noor 2014).



Gambar 12. Model penataan saluran tata air mikro (tam) di lahan rawa pasang surut (Sumber: Dokumentasi Balittra 2012)

Peran anggota P3A adalah membuka dan menutup pintu tabat sesuai dengan kebutuhan air. Jika air berlebih, maka pintu tabat dibuka, sebaliknya jika membutuhkan air, pintu tabat dipertahankan tertutup.

Beberapa hal yang membatasi pengelolaan air di lahan rawa pasang surut seperti: 1) kualitas bangunan irigasi menurun, 2) pemilikan lahan oleh warga luar desa sehingga saluran di sekitarnya penuh gulma, 3) kapasitas sumber daya manusia, dan 4) hubungan dengan *stakeholder* masih rendah. Kondisi ini menyebabkan air irigasi tidak akan memberikan manfaat yang optimal bagi petani jika tidak dikelola dengan baik. (Prabowo 2015; Hutasuhut 2011). Selanjutnya, menurut Aini dan Nadida (2010) aktivitas kelembagaan petani terhadap fungsi infrastruktur baru 87,59%. Oleh karena itu, jika prasarana jaringan/saluran belum terbentuk dengan baik maka sulit meningkatkan peran kelompok P3A secara maksimal.

2.2. Produktivitas Padi Lahan Rawa

Produktivitas padi di lahan rawa berbeda dengan jenis lahan lainnya. Lahan rawa pasang surut akan memberikan produktivitas yang tinggi jika airnya dapat dikelola dengan baik. Semakin lama lahan diberokan, semakin banyak input yang dibutuhkan jika lahan tersebut dibuka kembali menjadi lahan usahatani. Produksi padi unggul di lahan rawa pasang surut berkisar antara 3-5 ton/ha dan padi lokal 2- 3 ton/ha. Peran kelompok P3A adalah mengatur air pada tingkat usahatani dan memelihara jaringan tata airnya. Salah satu komponen teknologi pada budi daya padi adalah pemberian air sesuai kebutuhan tanaman. Cara pengelolaan air di lahan pasang surut, menggunakan sistem tata air mikro yang dapat berfungsi mengatur kelebihan air di petak sawah dan menahan air saat sawah kekurangan air. Untuk hal ini peran pintu air, saluran tersier yang bersih dari rumput sangat penting. Produktivitas padi menggunakan sistem tata air mikro lebih tinggi dibandingkan dengan lahan usaha non tata air mikro (Rina dan Noorginayuwati 2000). Tabel 11 menyajikan hasil usahatani padi kelompok P3A yang dibina dan tidak dibina di lahan rawa pasang surut. Perbaikan kelembagaan P3A melalui pembinaan seperti pelatihan (manajemen dan teknologi), dapat meningkatkan kapasitas kelompok P3A. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menggunakan pengelolaan air yang tepat, lahan sawah dapat ditanami dengan pola padi-padi. Produksi padi unggul pada MH di lahan rawa pasang surut yang diperoleh petani kelompok P3A yang dibina meningkat sebesar 14,3% dibandingkan produksi padi pada anggota P3A yang tidak dibina. Kenaikan produksi yang rendah hal ini disebabkan oleh kondisi infrastruktur yang belum berfungsi secara optimal (Rina dan Penggabean 2014).

Tabel 11. Analisis biaya dan pendapatan usahatani padi 1 ha pada p3a dibina dan tidak dibina di lahan rawa pasang surut

No.	Uraian	Lahan Pasang Surut	
		P3A Dibina	P3A Tidak Dibina
1.	Produksi (kg/ha)	2.283	1.997
2.	Penerimaan (Rp/ha)	10.273.500	8.986.500
3.	Biaya Total (Rp/ha)	5.198.987	5.551.518
4.	Keuntungan (Rp)	5.075.398	3.434.982
5.	R/C	1,976	1,62

Sumber: Rina dan Panggabean (2014), diolah

Perkembangan kelembagaan kelompok P3A di lahan rawa pasang surut sangat ditentukan oleh sikap petani dalam menerima perubahan dan kesiapan serta kemauan petani untuk maju ke arah lebih baik. Semakin terbuka petani dalam menerima teknologi baru, maka semakin memudahkan kelembagaan berperan secara efektif (Cahyono *et al.* 2013: Kholil *et al.* 2018). Jadi, besar kecilnya kontribusi kelompok P3A dalam pengelolaan air di lahan rawa pasang surut lebih ditentukan aktif tidaknya kelompok tani/gabungan kelompok tani dalam menerapkan teknologi budi daya sehingga dapat meningkatkan intensitas tanam.

III. KEMANDIRIAN KELOMPOK P3A

Kemandirian petani bermula dari kemampuan petani dalam melakukan kegiatan. Kemandirian dan keswadayaan individu dapat terwujud melalui proses-proses sosial dalam kelembagaan yang ada di masyarakat (Christenson dan Robinson 1989). Adanya interaksi yang dibangun antarmasyarakat diharapkan menjadi proses pembelajaran yang mampu meningkatkan kapasitas individu. Seperti yang dikemukakan Bunch (1991) bahwa kapasitas petani dapat diperoleh melalui pengembangan kelembagaan. Pengembangan kelembagaan penting bagi masyarakat karena: 1) banyak masalah pertanian yang hanya dapat dipecahkan oleh suatu lembaga petani, 2) organisasi masyarakat memberikan keberlanjutan pada usaha-usaha untuk menyebarkan dan mengembangkan teknologi, atau pengetahuan teknis kepada masyarakat, dan 3) untuk menyiapkan masyarakat agar mampu bersaing dalam struktur ekonomi yang terbuka.

Terkait dengan kemandirian kelompok P3A, maka suatu kelompok P3A yang mandiri harus memiliki syarat-syarat, antara lain: 1) organisasi (memiliki AD/ART, berbadan hukum, memiliki nomor rekening dan tertib administrasi), 2) aspek teknis irigasi (memiliki jaringan tata air yang berfungsi, membuat rencana tanam, adil pembagian air, berpartisipasi dalam pengelolaan sistem jaringan primer dan sekunder), 3) aspek teknis pertanian (meningkatkan intensitas tanam, hasil diperoleh merata dan dapat mengatur air dengan baik (TAM)), 4) aspek keuangan (terwujudnya kelompok P3A yang dapat menghimpun dana minimal 50% dari kebutuhan O & P jaringan primer dan sekunder, menggerakkan anggota sebesar 70% untuk kontribusi dan memiliki usaha ekonomi, dan 5) aspek peran pemerintah (adanya pemberdayaan bentuk pelatihan, penyuluhan dan pendampingan sesuai kebutuhan P3A, GP3A dan IP3A, adanya alokasi dana untuk pemberdayaan tersebut).

Kemandirian kelompok P3A di lahan rawa pasang surut masih belum mandiri. Berbagai hal sebagai penyebabnya antara lain: 1) masih lemahnya manajemen dan belum memiliki dana sendiri sehingga sulit untuk melaksanakan kegiatan, 2) kelembagaan pengelolaan air P3A di lahan rawa pasang surut belum efektif dalam melakukan perannya, dan 3) titik terlemah kelompok P3A yang ada di lahan rawa pasang surut adalah tidak berjalannya fungsi-fungsi manajemen mulai dari perencanaan (*planning*), pengorganisasian (*organizing*), pelaksanaan kegiatan (*actuating*), dan pengendalian (*controlling*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemandirian kelompok P3A yang dibina memiliki skor lebih tinggi dibandingkan kelompok P3A yang tidak dibina pada aspek organisasi, keuangan, operasionalisasi dan pemeliharaan dan penerapan teknologi (Rina dan Panggabean 2014). Implikasi dari hasil penelitian ini menunjukkan kapasitas kelembagaan P3A harus ditingkatkan agar dapat memenuhi kebutuhan anggotanya. Hal ini sesuai dengan Permentan No. 79/Permentan/07.140/12/2012 bahwa untuk pembinaan P3A dan Pemberdayaan P3A, diperlukan langkah-langkah dan kegiatan dari kabupaten/kota untuk meningkatkan kapasitas dan kemandirian P3A dalam upaya peningkatan produksi pertanian. Pembinaan dan Pemberdayaan P3A difokuskan kepada pemberdayaan organisasi/lembaga dan sumber daya manusianya. Menurut Pratiwi *et al.* (2012) bahwa kelembagaan yang mandiri harus memiliki indikator: 1) pengetahuan (*knowledge*), 2) kemampuan (*capacity*), dan 3) kepercayaan (*trust*) dan adanya partisipasi.

Untuk mencapai kelompok P3A yang mandiri diperlukan pemberdayaan dan penguatan P3A.

Pembinaan dan pemberdayaan P3A tidak terlepas dari perwujudan terlaksananya fungsi dasar P3A, yaitu a) mendistribusikan air irigasi secara adil dan efisien, b) mengelola konflik yang terjadi antara pemakai air secara adil, dan c) memelihara jaringan irigasi tersier/tingkat usahatani baik irigasi teknis maupun irigasi desa secara bersinambungan. Oleh karena itu, kerja sama peneliti, penyuluh, juru air dan aparat desa dan fasilitasi dari Dinas Pekerjaan Umum dan Dinas Pertanian setempat dalam penguatan kemandirian P3A sangat dibutuhkan. Rina (2017) menyebutkan bahwa upaya untuk meningkatkan kemandirian P3A antara lain:

1. Aspek Kelembagaan
 - a. Membina organisasi kelompok P3A agar memiliki hukum yang jelas.
 - b. Melakukan penguatan manajemen P3A terutama untuk meningkatkan kemampuan manajerial melalui pelatihan, studi banding pada kelompok P3A yang berhasil.
 - c. Mendampingi kelompok P3A dalam pembuatan AD/ART yang memuat tentang kegiatan, pertemuan, besar iuran dan sebagainya.
 - d.. Mendampingi/membina kelompok P3A dalam melaksanakan kegiatan yang direncanakan dan membantu pemecahan permasalahan yang dihadapi P3A.
2. Aspek Teknis
 - a. Melakukan peningkatan keterampilan pengurus dan anggota tentang teknis tata cara pemadatan tanah, pembacaan alat ukur debit, cara pembagian air, dan penelusuran jaringan.
 - b. Melakukan penyuluhan tentang teknologi pertanian yang direkomendasikan.
3. Aspek Keuangan
 - a. Meningkatkan keterampilan pengurus dalam hal manajemen keuangan kelompok.
 - b. Melakukan pendampingan dan fasilitasi kerja sama P3A dengan pihak lain.

4. Aspek Kerja Sama
 - a. Membantu P3A untuk melakukan kerja sama dengan pihak lain untuk sesuatu usaha yang dapat dilakukan agar memperoleh tambahan dana kas kelompok seperti pembelian sarana produksi secara berkelompok pada koperasi.
 - b. Membimbing P3A melaksanakan usaha kelompok seperti perbenihan, peternakan, dan sebagainya.
 - c. Melakukan integrasi kegiatan teknis secara sinergi antara kelompok tani dan kelompok P3A. Kegiatan pengelolaan air termasuk dalam sub kegiatan kelompok tani karena anggota petani juga merupakan anggota P3A.
5. Aspek Peran Pemerintah
 - a. Melakukan pembinaan secara terintegrasi dari instansi terkait agar lebih efisien seperti pelatihan dapat dilakukan secara bersama.
 - b. Memberikan informasi yang jelas dan tegas kepada P3A seperti pemberian dana untuk pemberian air kepada kelompok.

3.1. Efektivitas Kelompok P3A

Efektivitas kelompok P3A mempunyai pengaruh timbal balik dengan kedinamisan kelompok. Dinamika kelompok P3A dapat dilihat dari unsur-unsur seperti tujuan, struktur, fungsi, dan tugas kelompok. Kekompakan, pengembangan dan pemeliharaan, suasana dan desakan kelompok. Dengan memerhatikan ketujuh unsur tersebut dapat diketahui efektivitas kelompok P3A dalam mencapai tujuannya. Hal yang sama terjadi pada hasil penelitian Rina (2015) mengatakan bahwa dinamika kelompok P3A dapat lebih dinamis dengan meningkatkan perilaku kepemimpinan kelompok, sedangkan efektivitas kelompok dapat ditingkatkan dengan cara mendinamiskan kelompok P3A.

Hasil penelitian Rina dan Panggabean (2014) mengemukakan bahwa keefektivan kelompok dapat diukur dengan melihat capaian tujuan kelompok melalui kepuasan anggota setelah tujuan tersebut tercapai. Tujuan kelompok adalah meningkatkan produktivitas padi yang dihasilkan karena adanya pengelolaan air. Anggota akan merasa bangga dengan kelompok P3A-nya kalau hasil padinya meningkat. Hasil skor efektivitas kelompok P3A lahan pasang surut kelompok P3A yang dibina lebih efektif

dibandingkan kelompok yang tidak dibina. Keadaan ini dapat dimengerti karena secara teknis anggota kelompok P3A yang melakukan pengelolaan airnya akan memperoleh produksi lebih tinggi. Kegiatan usahatani terlaksana bilamana kegiatan P3A bersinergi dengan kegiatan kelompok tani yang dinamis, seperti pengaturan air dan gotong royong membersihkan saluran tersier maupun kuarter.

IV. POLA PENGEMBANGAN KELOMPOK P3A

Arah pengembangan kelompok P3A adalah mewujudkan P3A yang mandiri dan mampu memanfaatkan sumber daya air untuk mengembangkan usahatani secara efektif dan efisien sehingga tercapai kehidupan petani yang sejahtera. Seperti diketahui bahwa kelompok P3A di lahan rawa pasang surut belum optimal dalam menjalankan fungsinya. Hal ini disebabkan karena pembinaan dari instansi terkait terhadap kelompok P3A masih belum maksimal dan belum tidak memiliki dana secara khusus. Peran P3A cukup penting selain mengatur air di lahan sawah, juga memelihara saluran tersier yang dapat dilakukan secara berkelompok dan menerapkan teknologi budi daya. Eksistensi kelembagaan P3A dalam mengelola teknologi harus didukung partisipasi, pendampingan dan kemudahan akses (Kusdaryanto 2013). Rendahnya partisipasi petani dalam kegiatan pemeliharaan jaringan irigasi tidak selalu disebabkan manajemen yang lemah dalam organisasi, tetapi juga disebabkan oleh faktor intern petani. Tingkat partisipasi petani berkaitan dengan kemampuan diri serta perhitungan untung-rugi. Kemampuan petani sesuai dengan keadaan yang melekat pada diri petani (Zakaria 2010). Oleh karena itu, dalam mengembangkan kelompok P3A di lahan rawa pasang surut banyak hal yang harus diperhatikan baik faktor internal maupun eksternal.

Selanjutnya, Nasrul (2012) menyebutkan bahwa prinsip-prinsip yang harus dipenuhi oleh suatu kelembagaan petani agar tetap eksis dan berkelanjutan adalah:

- (1) Prinsip otonomi (spesifik lokasi) terdiri atas dua bagian, yaitu *Pertama*, Prinsip otonomi adalah mengacu pada individu sebagai perwujudan dari hasrat untuk bebas yang melekat pada diri manusia. *Kedua*, Otonomi desa (spesifik lokasi) yaitu pengembangan kelembagaan disesuaikan dengan potensi desa itu sendiri (spesifik lokal). Misalnya, kelembagaan P3A di lahan rawa pasang surut semua aturan hukum

yang berlaku memerlukan penyesuaian sehingga peluang bagi setiap masyarakat untuk bertindak sebagai subjek, juga harus memerhatikan sistem nilai yang berlaku di lahan rawa.

- (2) Prinsip pemberdayaan. Pemberdayaan mengusahakan agar kelompok P3A dapat mengawasi kehidupan mereka sendiri dan menyiapkan ke depan sesuai dengan keinginan mereka. Pemberdayaan kelompok P3A adalah usaha untuk mencapai agar kelompok P3A memiliki kemandirian.
- (3) Prinsip kemandirian lokal. Kegagalan pengembangan kelembagaan selama ini salah satunya karena tidak melibatkan kelembagaan lokal yang ada di pedesaan. Menurut Saptana *et al.* (2003) bahwa ciri kelembagaan tradisional adalah sedikit kelembagaan, namun banyak fungsi sedangkan pada masyarakat modern yang dicirikan banyaknya kelembagaan dengan fungsi-fungsi spesifik dan sempit. Kemandirian lokal mengedepankan partisipasi dan dialog dibandingkan semangat pengendalian yang ketat seperti yang terjadi saat ini (Amien 2005).

Tahapan-tahapan kegiatan dalam pengembangan kelembagaan kelompok P3A adalah:

1. Mengidentifikasi para pelaku yang terlibat dalam pengembangan kelompok P3A, yaitu petani, PPL, juru air, kelembagaan lokal, pihak swasta, pihak pemerintah yang terkait dalam hal ini Dinas Pertanian, Dinas PUPR, dan sebagainya.
2. Melakukan dialog dengan para pelaku tersebut tentang format kelembagaan P3A yang akan dibentuk. Pembentukan harus mengacu pada kelembagaan lokal yang ada di lahan rawa pasang surut.
3. Mendorong para pelaku untuk membentuk kelembagaan P3A yang sesuai dengan format yang sudah disepakati.
4. Melakukan peningkatan kapasitas para pengurus kelembagaan kelompok P3A untuk menyusun dan menetapkan rencana kerja.
5. Melakukan peningkatan dukungan penyuluhan oleh PPL dan Juru Air. Hal perlu yang dilakukan: peningkatan kompetensi penyuluh dan juru air, penguasaan materi dan kemampuan berkomunikasi dengan metode yang sesuai dengan lahan rawa, petugas memiliki program kerja yang jelas.

6. Meningkatkan kapasitas anggota kelompok P3A melalui, fasilitasi dalam kegiatan agribisnis, fasilitasi penyediaan sarana kegiatan agribisnis, menyediakan sumber-sumber belajar termasuk bimbingan teknologi, karya wisata, dan wira usaha.
7. Meningkatkan partisipasi anggota kelompok P3A dalam kelompok P3A melalui penumbuhan pemahaman terhadap masalah lahan rawa dan kegiatan yang perlu dilakukan, menumbuhkan kepemimpinan, menumbuhkan kerja sama, meningkatkan kemampuan berusahatani.
8. Meningkatkan keterlibatan kelompok P3A dengan pihak luar melalui fasilitasi atau menjembatani pihak kelompok P3A dengan pemerintah, swasta dan kelembagaan lain.

V. PENUTUP

Kelembagaan P3A di lahan rawa pasang surut merupakan suatu keharusan untuk meningkatkan taraf hidup petani. Kelembagaan P3A harus ditempatkan sebagai sarana belajar, kerja sama dan melaksanakan produksi. Kelembagaan P3A yang mandiri akan mampu melaksanakan dan memenuhi kebutuhan mereka sendiri.

Oleh karena itu, dibutuhkan langkah-langkah pengembangan P3A dan berkelanjutan, yaitu a) mengidentifikasi para pelaku yang terlibat dalam pengembangan kelompok, b) melakukan dialog dengan para pelaku tersebut tentang format kelembagaan P3A yang akan dibentuk, c) mendorong para pelaku untuk membentuk kelembagaan P3A yang sesuai dengan format yang sudah disepakati, d) melakukan peningkatan kapasitas para pengurus kelembagaan kelompok P3A untuk menyusun dan menetapkan rencana kerja, e) melakukan peningkatan dukungan penyuluhan oleh PPL dan Juru Air, f) meningkatkan kapasitas anggota kelompok P3A, g) meningkatkan partisipasi anggota kelompok P3A dalam kelompok P3A, dan h) meningkatkan keterlibatan kelompok P3A dengan pihak luar melalui fasilitasi atau menjembatani pihak kelompok P3A dengan pemerintah, swasta dan kelembagaan lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, Y.Nur. dan Z. Nadida. 2014. "Analisis Kelembagaan Petani dalam Mendukung Keberfungsian Infrastruktur Irigasi (Studi Kasus: Daerah Irigasi Batang Anai, Sumatera Barat)". *Jurnal Sosial Ekonomi Pekerjaan Umum* 6(3): 193 - 201.
- Amien, M. 2005. *Kemandirian Lokal*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta
- Bunch, Roland. 1991. *Dua Tongkol Jagung: Pedoman Pengembangan Pertanian Berpangkal pada Rakyat*. Terjemahan oleh Ilyo Moeliono. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta.
- Cahyono., S. Tjokropandojo, dan S. Dewi. 2013. *Peran Kelembagaan dalam Mendukung Keberlanjutan Pertanian Sebagai Basis Pengembangan Ekonomi Lokal*. Perencanaan Wilayah Kota B. SAPPK Vol. 2 No. 1. ITB. Bandung.
- Kusdariyanto, I. 2013. "Model Kelembagaan Pengelolaan Teknologi Mikrohidro Berbasis Masyarakat (Studi Kasus Desa Gunung Lurah Kecamatan Cilongok Kabupaten Banyumas)". *Jurnal Sosial Ekonomi Pekerjaan Umum* 5(1):1-18.
- Kholil, E., S. H. Sutjahyo, H. Soekarto. 2008. "Pengembangan Sampak Kota dengan Metode ISM. Studi Kasus Jakarta Selatan". *Jurnal Transdisiplin Sosiologi, Komunikasi dan Ekologi Manusia*, 1 April 2008 Hal 31-48. Bogor.
- Lopa T, Maricar F. 2013. Kajian Proses Pengelolaan Kelembagaan Irigasi Yang Berwawasan Lingkungan. Makalah disajikan pada Konferensi Nasional Teknik Sipil. Universitas Sebelas Maret tanggal 24-26 Oktober 2013.
- Hutasuhut, F. E. 2011. "Peranan Perkumpulan Petani Pemakai Air (P3A) dalam Meningkatkan Pendapatan Masyarakat Petani Di Daerah Irigasi Namo Rambe Kabupaten Deli Serdang". Tesis, Sekolah Pascasarjana, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Noor, M. 2014. Inovasi Teknologi Pengelolaan Air dalam Menunjang Optimalisasi Lahan dan Intensifikasi Pertanian di Lahan Rawa Pasang Surut. Orasi Pengukuhan Profesor Riset Bidang Kesuburan dan Biologi Tanah. Badan Litbang Pertanian. Kementan, Bogor 14 Agustus 2014. 67 hlm.
- Pratiwi, N. L., Betty. R., R. Hargono dan N.E.Widya. 2012. "Kemandirian Masyarakat dalam Perilaku Pencegahan Penularan Penyakit TB". *Paru. Buletin Penelitian Sistem Kesehatan Volume* 15(2):162-169.

- Prabowo, A. 2015. "Karakteristik dan Peranan Lembaga Petani Pemakai Air dalam Mendukung Produktivitas Hasil Padi di Kecamatan Toboali Kabupaten Bangka Selatan". *Jurnal Pembangunan Wilayah dan Kota* Volume 11 (3) : 271-285. Biro Penerbit Planologi UNDIP.
- Purwanto., Mat Syukur, dan Pudji Santosa. 2007. "Penguatan Kelembagaan Kelompok Tani dalam Mendukung Pembangunan Pertanian di Jawa Timur". *Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Timur*.
- Putri, R. dan R. Pamekas. 2011. Pemberdayaan Masyarakat untuk Pengoptimalan Teknologi Kincir Air di Sumatera Barat. <http://www.pdf-archive.com/2011/03/16/31-ratih-putri-r-r-pamekas/31-ratih-putri-r-r-pamekas.pdf>, 15 April 2011.
- Rina, Y., dan NoorGINAYuwati. 2000. Pengaruh Perbaikan Tata Air Mikro dan Persepsi Petani dalam Usahatani Tanaman Padi di Lahan Pasang Surut. Makalah disajikan padam Seminar Hasil Penelitian Balai Penelitian Tanaman Pangan Lahan Rawa, tanggal 4-5 Juli 2000. Banjarbaru.
- Rina Y, NoorGINAYuwati, Noor M., Saragih S., Umar S. 2012. Model Kelembagaan (*Action Research*) Pengelolaan Air P3A di Lahan Rawa Pasang Surut. Laporan Akhir Tahun 2012. Balittra. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan.
- Rina, Y. 2012. Dinamika Kelompok Persatuan Petani Pemakai Air di Lahan Rawa Pasang Surut. *Dalam* S. Subari, M. Effendi, S. Suryawati, *et al.* (Ed.). Prosiding Seminar Nasional Kedaulatan Pangan dan Energi. Hal 272-279. Fakultas Pertanian Universitas Trunojoyo Madura, 27 Juni 2012.
- Rina, Y. dan E.W. Panggabean. 2014. "Penguatan Manajemen Mendorong Kemandirian Kelembagaan Pengelolaan Irigasi Pasang Surut di Kalimantan Selatan". *Jurnal Sosial Ekonomi Pekerjaan Umum* Volume 6(3): 141-155.
- Rina, Y., M. Alwi dan K. Anwar. 2017. Teknologi Optimasi Pemanfaatan Lahan Rawa Lebak Tengah untuk Peningkatan Pendapatan Petani. *Dalam* B.A. Bakar, *et al.* (Penyunting). Prosiding Seminar Nasional Sinergi dan Sinkronisasi Program Litkaji dan Diseminasi Mendukung Pencapaian Swasembada Pangan. Hlm. 818-826. Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian.

- Saptana, T. Pranadji; Syahyuti dan Roosganda, E. M. 2003. Transformasi Kelembagaan untuk mendukung Ekonomi Kerakyatan di Pedesaan. Laporan Penelitian Pusat Sosial Ekonomi. Bogor.
- Taylor, D.R.F., dan McKenzie. 1992. Development from Wihins Rontledge. Chapter 1 dan 10. London.
- Zakaria, K. Amar. 2010. "Program Pengembangan Agribisnis Kedelai dalam Peningkatan Produksi dan Pendapatan Petani". *Jurnal Penelitian dan Pengembangan* 29(4):147-153.

**PELINDIAN TANAH SULFAT MASAM DAN PERANAN
PURUN TIKUS (*ELEOCHARIS DULCIS*) SERTA BULU BABI
(*ELEOCHARIS RETROFLAXA*) UNTUK MEMPERBAIKI KUALITAS
AIR LINDIAN**

Muhammad Alwi dan Yanti Rina

Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa

Jl. Kebun Karet, Loktabat Utara, Banjarbaru, Kalimantan Selatan
70712, Tlp.085287386319, E-mail: alwi_62@yahoo.co.id

RINGKASAN

Pengembangan pertanian di lahan rawa pasang surut semakin penting dan strategis dalam kaitannya dengan perkembangan penduduk, industri, dan berkurangnya lahan subur karena berbagai penggunaan non pertanian. Potensi lahan pasang surut di Indonesia sekitar 8,35 juta hektar, dari luasan tersebut yang berpotensi untuk dijadikan areal pertanian sekitar 7,00 juta hektar, yang sudah direklamasi sampai tahun 2000 baru sekitar 4,18 juta hektar, sisanya masih merupakan lahan yang belum dimanfaatkan. Reklamasi lahan rawa pasang surut untuk dijadikan lahan pertanian dimulai dari pembuatan saluran air dalam skala besar. Keadaan ini menyebabkan terjadinya proses oksidasi dan reduksi pada tanah sulfat masam karena adanya pergantian pasang surut air dan musim. Proses ini akan menghasilkan ion-ion Fe^{2+} (besi) dan SO_4^{2-} (sulfat) yang larut bersama dengan air drainase yang pada konsentrasi tinggi dapat mengganggu pertumbuhan dan hasil tanaman. Tanah sulfat masam adalah tanah yang mengandung mineral besi sulfida (bahan sulfidik) atau senyawa-senyawa hasil transformasi mineral sulfida. Tanah ini merupakan endapan marin yang dicirikan oleh kandungan bahan sulfidik, memiliki horison sulfurik, terdapat bercak jarosit dan mengandung bahan penetral berupa karbonat atau basa tukar lainnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan besi dan sulfur yang cukup tinggi dari beberapa gulma rawa, yaitu purun tikus (*Eleocharis dulcis*), bulu babi (*Eleocharis retroflaxa*), teratai (*Nymphoides indica*), ganggang (*Hydrilla verticillita*), rumput air (*Hydrotrophus echinospermus*), dan benta (*Leersia hexandra Sw.*). Berdasarkan daya adaptasi gulma tersebut di lapang, maka purun tikus dan bulu babi dapat dijadikan sebagai biofilter, karena daya adaptasi dan kemampuannya menyerap Fe^{2+}

dan SO_4^{2-} tinggi. Oleh karena itu, pemanfaatan purun tikus dan bulu babi sebagai biofilter dalam menekan kelarutan Fe^{2+} dan SO_4^{2-} pada air lindian di lahan rawa pasang surut perlu mendapat perhatian dalam kaitannya dengan perbaikan kualitas air dan lingkungan sekitarnya.

I. PENDAHULUAN

Reklamasi lahan rawa pasang surut dimulai dengan membangun saluran-saluran drainase berdimensi besar. Sebagai contoh, drainase sistem garpu yang diterapkan di Kalimantan Selatan memiliki panjang saluran primer 1-2 km yang bercabang menjadi dua saluran sekunder dengan panjang 8-12 km. Jarak antara dua saluran sekunder mencapai 3-4 km dan pada setiap saluran sekunder dilengkapi dengan saluran tersier yang berjarak 200-400 m. Kondisi ini membuat proses irigasi dan drainase dari air pasang dan surut berlangsung secara alami. Turun naiknya muka air tanah menyebabkan terjadinya proses oksidasi dan reduksi tanah sulfat masam di lahan rawa pasang surut.

Tanah sulfat masam umumnya terdapat di lahan rawa pasang surut, kondisi ini menyebabkan lahan secara periodik mengalami penggenangan. Beberapa saat setelah penggenangan maka udara yang mengisi pori-pori tanah digantikan oleh air. Reddy and Delaune (2008) menyatakan bahwa pada kondisi anaerob laju difusi oksigen 10.000 kali lebih lambat daripada kondisi aerob. Keadaan ini menyebabkan jumlah oksigen dapat mendekati nol (0) hanya dalam beberapa jam penggenangan. Semakin lama penggenangan maka tanah cenderung semakin tereduksi, sebaliknya jika air surut terjadi pengeringan dan tanah semakin teroksidasi.

Kondisi hidologis lahan atau kelembapan tanah adalah faktor yang paling menentukan nilai redoks potensial tanah. Menurut Mosley *et al.* (2014) perubahan pH air atau tanah sulfat masam ditentukan oleh tingkat redoks potensial tanah. Penggenangan tanah sulfat masam telah dilaporkan oleh banyak peneliti menyebabkan penurunan kondisi Eh tanah. Demikian pula sebaliknya menurunnya permukaan air tanah akibat kekeringan dan musim kemarau dapat menyebabkan peningkatan Eh tanah. Dinamika Eh tanah sulfat masam di lahan rawa pasang surut membentuk suatu pola yang dinamis sesuai kondisi fluktuasi muka air tanah sepanjang tahun.

Oksidasi pirit merupakan penyebab utama munculnya permasalahan di tanah sulfat masam. Menurut Clarkson and 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 Fe^{2+} (aq) dan H_2S (aq, g). Reduksi besi (Fe III menjadi Fe II) terjadi pada potensial redoks (Eh) -180 mV dan reduksi sulfat (SO_4^{2-} (aq) menjadi H_2S (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).

Sepanjang saluran tersier di lahan pasang surut umumnya tumbuh gulma purun tikus (*Eleocharis dulcis*), sehingga terkesan saluran tidak terpelihara. Namun, hasil survei yang dilakukan di lahan rawa pasang surut tanah sulfat masam menunjukkan bahwa tumbuhan purun tikus yang tumbuh di saluran tersier berpengaruh terhadap peningkatan kualitas air dan hasil padi di lahan sawah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari beberapa jenis gulma yang tumbuh dan mampu menyerap besi (Fe) dan sulfur (S) di tanah sulfat masam adalah tumbuhan purun tikus (Balittra 2009). Tumbuhan ini dapat dijadikan sebagai vegetasi indikator di tanah sulfat masam karena mampu tumbuh pada kisaran pH 2,5-3,5 (Noor *et al.* 2008).

Air lindian (drainase) di lahan pasang surut tanah sulfat masam, terutama pada awal musim hujan mengandung ion-ion SO_4^{2-} , Fe^{3+} , Al^{3+} , dan Fe^{2+} yang tinggi. Agar tidak terjadi pencemaran lingkungan, maka air drainase tersebut sebaiknya dinetralisir dengan tumbuhan biofilter yang terdiri dari tumbuhan purun tikus dan bulu babi. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Anwar (2006) menunjukkan bahwa dari sejumlah gulma rawa, purun tikus dan bulu babi dapat dijadikan sebagai biofilter karena mempunyai daya adaptasi dan kemampuan menyerap ion-ion Fe dan S tinggi, masing-masing: 1.560 ppm Fe; 420 ppm S dan 884 ppm Fe; 340 ppm S.

Tulisan ini memaparkan tentang pelindian yang terjadi pada tanah sulfat masam dan pemanfaatan purun tikus serta bulu babi sebagai biofilter dalam menekan konsentrasi Fe dan S pada air lindian. Melalui perbaikan kualitas air lindian diharapkan terjadi perbaikan terhadap pertumbuhan dan hasil padi serta cemaran lingkungan sekitarnya.

II. DAMPAK PELINDIAN TANAH SULFAT MASAM

2.1. Proses Degradasi Tanah Sulfat Masam

Reklamasi lahan rawa pasang surut di Indonesia telah dimulai sejak tahun 1970, dilaksanakan dengan membangun saluran-saluran drainase berdimensi besar. Sebagai contoh, drainase sistem garpu yang diterapkan di Kalimantan Selatan memiliki panjang saluran primer 1 sampai 2 km yang bercabang menjadi dua saluran sekunder dengan panjang 8 sampai 12 km. Di ujung saluran sekunder dilengkapi kolam berukuran 300 x 300 m, berfungsi sebagai kolam penampung. Jarak antara dua saluran sekunder mencapai 3 sampai 4 km. Setiap saluran sekunder dilengkapi dengan saluran tersier yang berjarak 200-400 m. Hal ini mengakibatkan terjadinya drainase yang berlebih (*over drain*) yang sangat potensial menyebabkan teroksidasinya pirit hingga tanah menjadi masam, bahkan sangat masam. Selain itu, sistem pengolahan tanah di lahan rawa pasang surut tanah sulfat masam juga perlu kehati-hatian, terutama tanah sulfat masam yang lapisan piritnya dangkal. Pengolahan tanah yang terlalu dalam dan intensif dapat menyebabkan tereksposnya pirit ke lapisan permukaan tanah, sehingga terjadi proses oksidasi pirit yang menyebabkan tanah menjadi sangat masam.

Pembukaan lahan rawa pasang surut tanah sulfat masam menggunakan alat berat (*excavator*), pengolahan tanah yang terlalu dalam dan intensif, dan drainase berlebih merupakan penyebab utama turunnya tingkat produktivitas tanah. 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.

2.2. Pengaruh Pelindian pada Tanah Sulfat Masam

Reklamasi tanah sulfat masam yang kurang hati-hati dapat menyebabkan terjadinya drainase berlebih, selanjutnya dapat mengubah bahan sulfidik yang semula reduktif menjadi oksidatif. Andersen *et al.* (2013) menyatakan bahwa jika pirit teroksidasi, maka dihasilkan sejumlah ion H^+ yang menyebabkan tanah sulfat masam menjadi sangat masam.

Kemasaman tanah yang tinggi dapat menyebabkan kelarutan besi (Fe), aluminium (Al), dan mangan (Mn) meningkat sampai pada tingkat meracuni tanaman, defisiensi fosfor (P) karena terikat kuat oleh Fe dan Al, dan rendahnya kation-kation basa tanah karena terlindi.

Bahan sulfidik tanah sulfat masam yang mengalami oksidasi hingga kondisi Eh + 400 mV akan menyebabkan pirit teroksidasi dan menghasilkan ion-ion Fe (III), 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 akibat 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. Shamshuddin *et al.* (2010) menunjukkan bahwa total SO_4^{2-} yang tercuci (*leached*) dari lahan yang didrainase adalah $3,34 \text{ mol m}^{-2} \text{ tahun}^{-1}$, lebih besar dibandingkan dengan lahan yang tidak didrainase, total SO_4^{2-} yang tercuci hanya $1,18 \text{ mol pirit m}^{-2} \text{ tahun}^{-1}$.

Meskipun kemasaman yang terjadi bisa dinetralsisir dengan penambahan kapur, tetapi kebutuhan kapur tergolong tinggi terutama jika kandungan pirit dalam tanah masih tinggi. Pelindian sebagai salah satu strategi pengelolaan air tidak hanya mengurangi kemasaman, tetapi

berdampak pada tercucinya basa-basa yang diperlukan untuk pertumbuhan dan produksi tanaman. Andersen *et al.* (2013) menemukan bahwa selain melindi asam-asam, Ca^{2+} dan Mg^{2+} juga ikut terlindi. Hal ini terbukti bahwa kandungan Ca^{2+} dan Mg^{2+} di dalam tanah pada lahan yang dilindi lebih rendah daripada lahan yang digenangi.

Pelindian merupakan salah satu upaya untuk membuang ion-ion Fe^{2+} , Fe-total, SO_4^{2-} , dan Al^{3+} yang larut pada air drainase, sehingga konsentrasi ion-ion tersebut pada tanah menurun (Sudjianto *et al.* 2011). Selain itu, pelindian juga akan menurunkan ketersediaan unsur-unsur yang esensial bagi tanaman seperti K^+ , Ca^{2+} , dan Mg^{2+} (Andersen *et al.* 2013). Hasil penelitian di rumah kaca menunjukkan bahwa pelindian tanah sulfat masam dengan air hujan, air payau, dan air gambut menurunkan konsentrasi K^+ (dari $0,13 \text{ me } 10^{-2} \text{ g}^{-1}$ menjadi $0,02 \text{ me } 10^{-2} \text{ g}^{-1}$ untuk air hujan; $0,05 \text{ me } 10^{-2} \text{ g}^{-1}$ untuk air payau; dan $0,05 \text{ me } 10^{-2} \text{ g}^{-1}$ untuk air gambut), Ca^{2+} (dari $0,84 \text{ me } 10^{-2} \text{ g}^{-1}$ menjadi $0,51 \text{ me } 10^{-2} \text{ g}^{-1}$ untuk air hujan; $0,83 \text{ me } 10^{-2} \text{ g}^{-1}$ untuk air payau; dan $0,63 \text{ me } 10^{-2} \text{ g}^{-1}$ untuk air gambut), dan Mg^{2+} (dari $1,34 \text{ me } 10^{-2} \text{ g}^{-1}$ menjadi $0,74 \text{ me } 10^{-2} \text{ g}^{-1}$ untuk air hujan; $1,23 \text{ me } 10^{-2} \text{ g}^{-1}$ untuk air payau; dan $0,91 \text{ me } 10^{-2} \text{ g}^{-1}$ untuk air gambut) (Alwi 2011). Andersen *et al.* (2013) menyatakan bahwa jumlah ion-ion yang terlindi pada kondisi drainase tanah yang baik tiga kali lebih besar dibandingkan dengan kondisi drainase tanah yang buruk. Sedangkan Maas *et al.* (2010) menyatakan bahwa perbaikan aerasi tanah dapat meningkatkan bahan-bahan terlindi. Total kation-kation terlindi pada kondisi aerasi tanah baik mencapai $29,14 \text{ me } 10^{-2} \text{ g}^{-1}$ lebih besar dibandingkan dengan kondisi aerasi tanah buruk hanya $17,53 \text{ me } 10^{-2} \text{ g}^{-1}$.

2.3. Pengaruh Pelindian pada Tanaman Padi

Tanah sulfat masam yang telah dilindi selama delapan minggu telah mengalami penurunan konsentrasi Fe^{2+} , Fe-total, dan SO_4^{2-} baik pada air hasil lindian maupun tanah yang dilindi. Rata-rata konsentrasi Fe^{2+} , Fe-total, dan SO_4^{2-} pada air hasil lindian minggu I ($448,94 \text{ ppm } \text{Fe}^{2+}$; $697,90 \text{ ppm } \text{Fe-total}$, dan $1.084,91 \text{ ppm } \text{SO}_4^{2-}$). Setelah dilakukan pelindian selama delapan minggu, rata-rata konsentrasi ion-ion tersebut pada air hasil lindian turun menjadi ($42,77 \text{ ppm } \text{Fe}^{2+}$, $109,16 \text{ ppm } \text{Fe-total}$, dan $529,98 \text{ ppm } \text{SO}_4^{2-}$). Hasil penelitian Alwi (2011) menunjukkan bahwa pelindian tanah sulfat masam menggunakan air payau dapat menyebabkan konsentrasi Fe^{2+} dan Fe-total pada air hasil lindian lebih besar dibanding menggunakan air

hujan dan air gambut sebagai air pelindi. Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian Noor *et al.* (2008) yang menyatakan bahwa menggunakan air payau sebagai air pelindi lebih menguntungkan karena konsentrasi ion-ion Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , dan Mg^{2+} pada air payau mempunyai kemampuan mendesak ion-ion Al^{3+} , H^+ , Fe^{2+} , dan Mn^{2+} dari kompleks pertukaran untuk masuk ke dalam air hasil lindian. Kemudian Maas *et al.* (2010) menyatakan bahwa semakin pekat air laut yang digunakan sebagai air pelindi, maka semakin tinggi konsentrasi Al^{3+} , H^+ , dan Fe^{2+} pada air hasil lindian. Keadaan ini disebabkan oleh semakin tingginya konsentrasi ion-ion Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , dan Mg^{2+} yang akan mendesak Al^{3+} , H^+ , dan Fe^{2+} dari permukaan kompleks pertukaran.

Pelindian menggunakan air gambut menyebabkan konsentrasi SO_4^{2-} pada air hasil lindian lebih besar dibandingkan dengan air hujan dan air payau. Creeper *et al.* (2012). Menyatakan bahwa pada permukaan kompleks pertukaran selain terjadi pertukaran kation juga terjadi pertukaran anion, baik antara anion yang terjerap pada permukaan kompleks pertukaran maupun anion yang terikat pada ion logam yang terjerap pada permukaan kompleks pertukaran dengan anion yang ada dalam larutan. Pada penelitian ini terjadi pertukaran anion antara anion SO_4^{2-} yang terjerap pada kompleks pertukaran atau yang terikat pada ion logam yang terjerap pada kompleks pertukaran dengan asam-asam organik yang larut pada air gambut. Akibatnya, konsentrasi SO_4^{2-} pada air hasil lindian untuk tanah yang dilindi menggunakan air gambut lebih besar dibandingkan dengan air hujan dan air payau.

Keracunan besi pada tanaman padi disebabkan tingginya konsentrasi besi terlarut dalam tanah. Kebanyakan tanah mineral kaya akan besi, gejala keracunan besi dapat dilihat dari jaringan daun yang mengakibatkan penurunan hasil. Kejadian ini hanya terjadi pada kondisi lahan tergenang, sebagai akibat dari proses reduksi oleh mikroba yang mengubah besi tidak larut (Fe^{3+}) menjadi besi larut (Fe^{2+}) (Beckers and Ash 2008). Fageria *et al.* (2011) menyatakan tentang kondisi terjadinya keracunan besi pada tanaman seperti: (1) konsentrasi Fe^{2+} yang tinggi dalam larutan tanah karena kondisi reduksi yang kuat pada tanah, (2) status hara dalam tanah yang rendah dan tidak seimbang, (3) kurangnya oksidasi akar dan rendahnya daya oksidasi akar (*eksklusi* Fe^{2+}) oleh akar yang disebabkan defisiensi hara P, Ca, Mg, dan K, (4) kurangnya daya oksidasi akar akibat terjadinya akumulasi bahan-bahan yang menghambat respirasi (H_2S , FeS,

dan asam-asam organik), (5) aplikasi bahan organik dalam jumlah besar yang belum terdekomposisi, dan (6) suplai Fe secara terus-menerus dari air bawah tanah atau rembesan secara lateral dari tempat yang lebih tinggi.

Keracunan besi pada tanaman padi dapat terjadi pada fase pertumbuhan vegetatif maupun reproduktif. Keracunan pada fase vegetatif dapat menyebabkan penurunan tinggi dan berat kering tanaman sedangkan pada fase reproduktif terjadi penurunan jumlah anakan dan anakan produktif secara drastis. Jika keracunan terjadi pada tahap akhir fase vegetatif dan awal reproduktif, maka jumlah malah menurun, gabah hampa meningkat, dan pembungaan serta pematangan tertunda (Kaczorek *et al.* 2009). Selanjutnya Mehbaran *et al.* (2008) menyatakan bahwa konsentrasi besi di dalam jaringan tanaman berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman padi. Semakin tinggi tingkat keracunan besi, maka semakin rendah hasil yang diperoleh. Semakin tinggi kadar besi dalam jaringan tanaman, maka semakin terhambat pertumbuhan tanaman padi.

Hasil penelitian Alwi (2011) menunjukkan bahwa hasil padi lebih tinggi terjadi pada tanah yang dilindi menggunakan air gambut ($47,13 \text{ g pot}^{-1}$) dan air hujan ($45,17 \text{ g pot}^{-1}$) dibandingkan dengan tanah yang dilindi menggunakan air payau ($40,21 \text{ g pot}^{-1}$). Jika dihubungkan dengan konsentrasi SO_4^{2-} pada tanah keadaan ini sesuai, karena konsentrasi SO_4^{2-} tanah yang dilindi menggunakan air gambut (180 ppm) dan hujan (220 ppm) lebih rendah dibandingkan dengan tanah yang dilindi menggunakan air payau (300 ppm).

Tanaman padi dapat mengalami keracunan Fe mulai dari fase vegetatif sampai pada fase generatif. Sahrawat (2014) mengatakan tanaman yang mengalami keracunan besi dapat memengaruhi perkembangan akar menjadi sedikit, kasar, pendek, tumpul dan berwarna coklat gelap. Keracunan yang terjadi pada fase vegetatif dapat menyebabkan menurunnya tinggi dan bobot kering tanaman atau keracunan besi lebih memengaruhi biomassa bagian atas daripada bagian akar (Fageria *et al.* 2008). Tanaman yang mengalami keracunan Fe menyebabkan daun tanaman menjadi berwarna coklat dimulai dari ujung daun kemudian menyebar ke seluruh bagian daun dan jika mengalami keracunan yang lebih parah dapat menyebabkan daun menjadi kering seperti terbakar.

Selain keracunan Fe, keracunan Al juga dapat mengganggu pertumbuhan dan menurunkan hasil tanaman padi. Akibat keracunan Al dapat merusak sistem perakaran, misalnya perkembangan akar

terhambat sehingga menyebabkan tanaman rentan terhadap kekeringan dan mengalami defisiensi hara. Pengaruh Aluminium terhadap perakaran dapat menyebabkan kerusakan akar, akar menebal, menggulung dan pendek (Samac and Tesyafe 2013; Kochian *et al.* 2014; Kochian 2015). Kerusakan yang terjadi pada akar akibat keracunan Al dapat terjadi saat masih berada pada dinding sel tanpa harus masuk ke dalam sel akar (Ryan 2010). Lebih lanjut Miftahudin *et al.* (2008) menyampaikan kerusakan yang terjadi akibat keracunan Al berada pada 0-1 mm dari ujung akar (atau bagian meristematik akar).

III. PURUN TIKUS DAN BULU BABI SEBAGAI BIOFILTER

Suriawira (2003) menyatakan bahwa beberapa jenis tanaman yang mampu berfungsi sebagai biofilter, antara lain enceng gondok (*Eichornia crassipes*), kayambang (*Lemna minor*), ki apu (*Spirodella polyrhiza*), mendong (*Fimbristylis exp.*), paku air (*Azolla pinnata*), kangkung (*Ipomoea aquatica*), genjer (*Limnocharis flava*), dan selada air (*Nosturfium officinale*). Tanaman-tanaman ini umumnya mempunyai mikroba rhizosfera yang mampu menguraikan bahan organik dan anorganik di sekitar akarnya sehingga dapat memperbaiki kualitas air dari pencemaran logam berat. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Anwar (2006) menunjukkan bahwa kandungan Fe dan S yang cukup tinggi dari beberapa gulma rawa, yaitu purun tikus (*Eleocharis dulcis*), bulu babi (*Eleocharis retroflaxa*), teratai (*Nymphoides indica*), ganggang (*Hydrilla verticillita*), rumput air (*Hydrotrophus echinospermus*), dan benta (*Leersia hexandra Sw.*). Berdasarkan daya adaptasi dan kemampuannya menyerap Fe dan S yang tinggi, maka purun tikus dan bulu babi dapat dijadikan sebagai biofilter. Tumbuhan purun tikus dan bulu babi yang digunakan sebagai tumbuhan biofilter diperlihatkan pada Gambar 13.



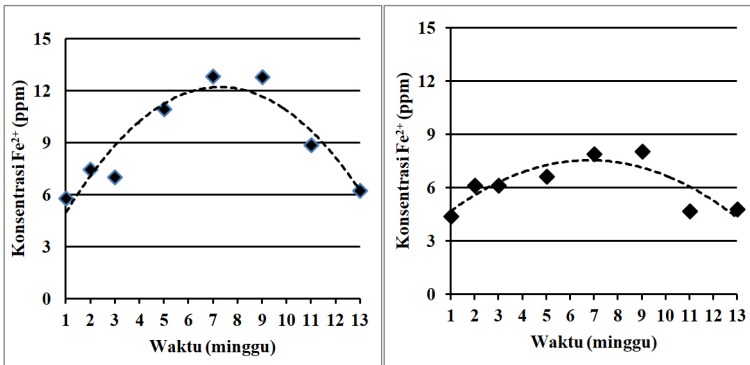
Sumber: Muhammad Alwi (2011).

Gambar 13. Pertumbuhan tumbuhan Purun Tikus dan Bulu Babi di KP. Belandean, kabupaten Barito Kuala, Kalimantan Selatan

Terdapat dua cara tumbuhan mengatasi cekaman Al^{3+} dan Fe^{2+} , yaitu melalui mekanisme eksternal dan internal. Pada mekanisme eksternal, tumbuhan mencegah Al dan Fe masuk ke dalam jaringan antara lain dengan mengeksudasi asam organik pada akar yang dapat berikatan dengan Al^{3+} dan Fe^{2+} di rhizosfer, sehingga membentuk kompleks dan tidak bersifat racun bagi tumbuhan (Ryan *et al.* 2011). Mekanisme kedua adalah secara internal di mana tumbuhan dapat mentolerir kehadiran Al dan Fe di dalam jaringan dengan cara menghasilkan asam organik atau ligan organik yang dapat berikatan dengan Al^{3+} dan Fe^{2+} sehingga terbentuk kompleks yang tidak bersifat racun (Watanabe and Osaki 2012).

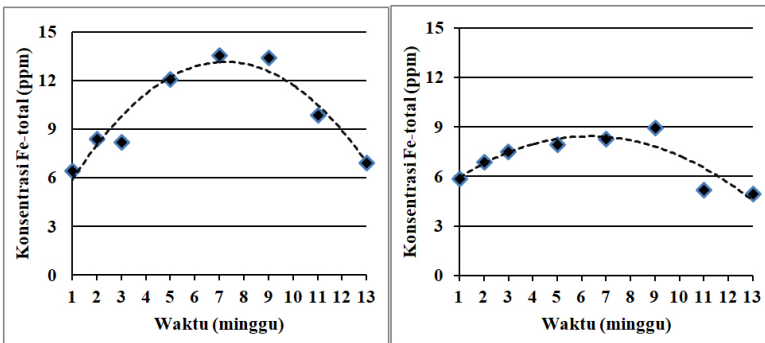
Gambar 14, 15, dan 16 menunjukkan bahwa kemampuan tumbuhan biofilter menurunkan konsentrasi Fe^{2+} , Fe-total dan SO_4^{2-} pada air hasil lindian meningkat sejalan dengan bertambahnya umur tumbuhan. Berdasarkan persamaan regresi, kemampuan maksimum tumbuhan purun tikus dan bulu babi menurunkan konsentrasi Fe^{2+} , Fe-total dan SO_4^{2-} pada

air hasil lindian dicapai pada umur tumbuhan tujuh minggu (12,19 dan 7,07 ppm Fe^{2+} , 13,14 dan 8,47 ppm Fe-total, dan 23,05 dan 17,45 ppm SO_4^{2-}). Setelah melewati umur tersebut kemampuan kedua tumbuhan tersebut menurunkan konsentrasi Fe^{2+} pada air hasil lindian menurun. Keadaan ini disebabkan oleh laju pertumbuhan tumbuhan biofilter telah menurun, sehingga kemampuannya menyerap Fe^{2+} , Fe-total, dan SO_4^{2-} menurun. Anwar (2006) menyatakan bahwa kandungan S pada purun tikus dan bulu babi menurun dengan bertambahnya umur tumbuhan. Tumbuhan purun tikus muda, dewasa dan tua mengandung S masing-masing 420, 430, dan 397 ppm, sedang bulu babi muda, dewasa, dan tua mengandung S masing-masing 340, 393, dan 437 ppm.



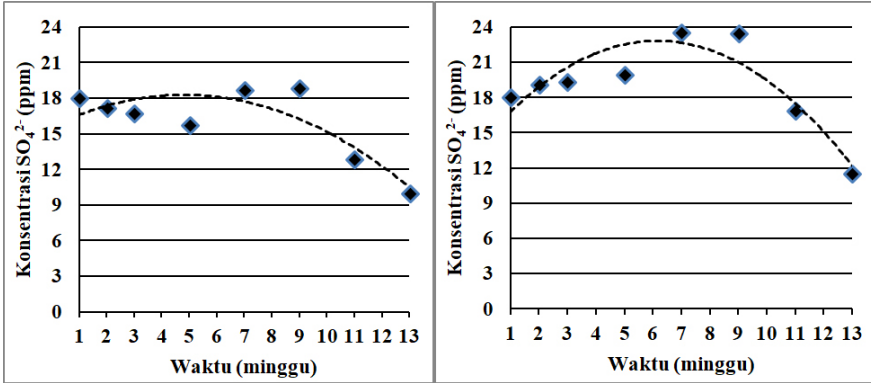
Sumber: Alwi (2011)

Gambar 14. Hubungan antara kemampuan Purun Tikus (kanan) dan Bulu Babi (kiri) dalam menyerap Fe^{2+} dengan waktu pengukuran



Sumber: Alwi (2011)

Gambar 15. Hubungan antara kemampuan Purun Tikus (kanan) dan Bulu Babi (kiri) dalam menyerap Fe-total dengan waktu pengukuran



Sumber: Alwi (2011)

Gambar 16. Hubungan antara kemampuan Purun Tikus (kanan) dan Bulu Babi (kiri) dalam menyerap so_4^{2-} dengan waktu pengukuran

IV. PERBAIKAN KIMIA TANAH DAN AIR

Upaya yang dapat dilakukan untuk memperbaiki bahan sulfidik tanah yang telah teroksidasi adalah melalui penggenangan kembali dan pelindian. Andersen *et al.* (2013) mengemukakan bahwa penggenangan kembali merupakan upaya untuk menghentikan proses oksidasi bahan sulfidik. Sedangkan pelindian merupakan upaya untuk membuang asam yang berasal dari ion-ion seperti Fe-bebas, SO_4^{2-} , Al^{3+} , dan Mn^{2+} yang berada pada tingkat meracuni bagi tanaman. Pengeruh pelindian tanah sulfat masam dengan air hujan, payau dan gambut diperlihatkan pada Tabel 12.

Tabel 12. Pengaruh pelindian tanah sulfat masam menggunakan air hujan, payau dan gambut terhadap peningkatan ph tanah dan penurunan konsentrasi fe-total serta so_4^{2-}

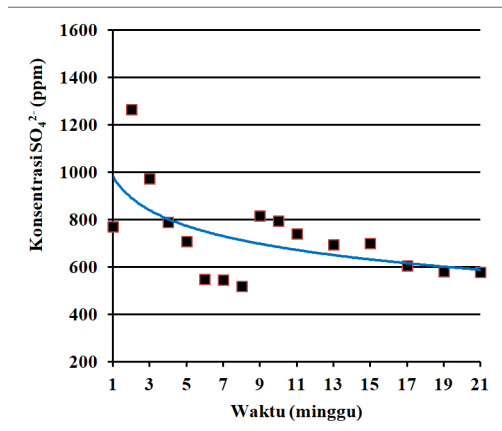
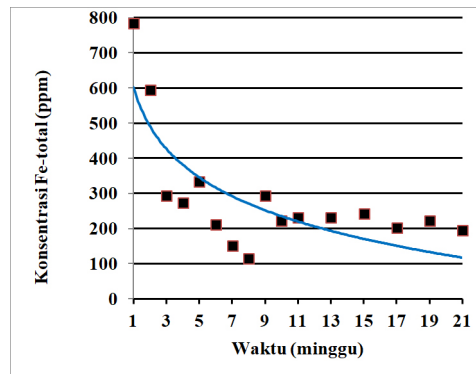
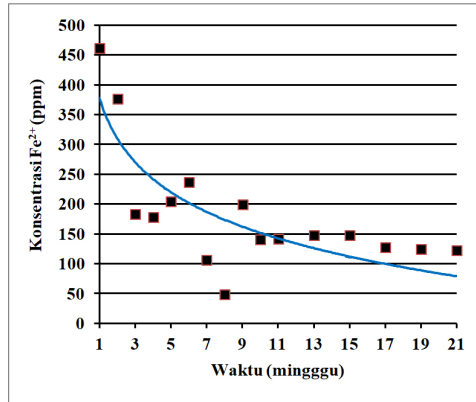
Kondisi Tanah	Air Hujan			Air Payau			Air Gambut		
	pH	Fe-tot (ppm)	SO_4^{2-} (ppm)	pH	Fe-tot (ppm)	SO_4^{2-} (ppm)	pH	Fe-tot (ppm)	SO_4^{2-} (ppm)
Awal	3,26	2.632	10.824	3,26	2.632	10.824	3,26	2.632	10.824
Setelah dilindi	3,72	2.500	400	3,81	2.500	400	3,79	2.400	400

Sumber: Alwi (2011)

Penggenangan dan pengeringan tanah menyebabkan perubahan beberapa sifat kimia tanah antara lain peningkatan pH tanah, peningkatan ketersediaan P, dan penurunan kadar Fe^{2+} . Perubahan sifat kimia tersebut berpengaruh positif terhadap pertumbuhan tanaman padi. Takahashi *et al.* (2009) menyatakan bahwa pengeringan menyebabkan oksida besi ferri secara bertahap terkeristalisasi menjadi bentuk besi yang kurang reaktif. Penggenangan berkala merupakan cara yang paling efektif untuk menghilangkan pengaruh buruk yang timbul akibat penggenangan, seperti akumulasi CO_2 , H_2S , asam-asam organik, Fe, dan Mn tereduksi. Kondisi oksidasi dan reduksi secara bergantian dalam tanah dapat menyebabkan penambahan senyawa-senyawa besi ferro. Hasil penelitian Banach *et al.* (2009) menunjukkan bahwa penggenangan berkala dengan masa genang-kering selama sepuluh hari menyebabkan penurunan semua bentuk besi dalam tanah. Penggenangan berkala seminggu diikuti seminggu pengeringan pada tanah sawah akan menurunkan konsentrasi Fe, Mn, dan unsur-unsur esensial lain seperti NH_4^+ , NO_3^- , SO_4^{2-} serta basa-basa seperti K, Ca, dan Mg.

Pengelolaan tanah dan air di tanah sulfat masam lebih difokuskan terhadap upaya mempertahankan lapisan pirit tetap dalam kondisi reduksi (Banach *et al.* 2009). Air drainase pada tanah sulfat masam akan membawa unsur hara Ca^{2+} , Mg^{2+} , dan K^+ serta hasil oksidasi dan reduksi pirit seperti H^+ , SO_4^{2-} , Al^{3+} , dan Fe^{2+} . Keadaan ini dapat mencemari lingkungan sekitarnya (Andersen *et al.* 2013). Untuk memperbaiki kualitas air tersebut dapat dilakukan dengan mengalirkan air melewati media biofilter berupa purun tikus (*Eleocharis dulcis*) dan bulu babi (*Eleocharis retroflaxa*) yang dapat menyerap atau menetralkan unsur-unsur tersebut.

Hubungan antara konsentrasi Fe^{2+} , Fe-total, dan SO_4^{2-} pada air hasil lindian dengan waktu pengukuran diperlihatkan dalam Gambar 5. Persamaan regresi masing-masing hubungan tersebut adalah $y_{\text{Fe}^{2+}} = -98,2 \ln(x) + 378,1$ dengan $R^2 = 0,660$, $y_{\text{Fe-total}} = -159 \ln(x) + 601,9$ dengan $R^2 = 0,642$ dan $y_{\text{SO}_4^{2-}} = -129 \ln(x) + 981,1$ dengan $R^2 = 0,337$. Persamaan regresi menunjukkan bahwa nilai koefisien regresi negatif (-98,2), keadaan ini menunjukkan bahwa pelindian dapat menurunkan konsentrasi Fe^{2+} , Fe-total, dan SO_4^{2-} pada air hasil lindian (Alwi 2011).



Gambar 17. Hubungan antara konsentrasi Fe^{2+} , Fe -total, dan SO_4^{2-} pada air lindian dengan waktu pengukuran (sumber: Alwi, 2011)

V. PENUTUP

Tanah sulfat masam berkaitan erat dengan adanya pirit dalam tanah dan bila teroksidasi menghasilkan asam sulfat, sehingga tanah menjadi sangat masam (pH 2-3). Degradasi tanah sulfat masam dimulai dari reklamasi lahan menggunakan alat-alat berat, pembuatan saluran drainase berukuran besar, dan kesalahan dalam pengelolaan lahan sehingga terjadi proses oksidasi pirit. Oksidasi pirit merupakan penyebab utama munculnya permasalahan di tanah sulfat masam.

Proses oksidasi pirit pada tanah sulfat masam menghasilkan ion-ion Fe^{3+} , SO_4^{2-} , dan H^+ . Adanya ion H^+ menyebabkan kemasaman tanah meningkat yang diikuti oleh meningkatnya kelarutan Al^{3+} . Sedangkan pada musim hujan, tanah mengalami proses reduksi yang menyebabkan kelarutan Fe^{2+} tinggi. Kondisi ini menyebabkan tingkat kesuburan dan produktivitas lahan menurun, lama kelamaan akan menjadi lahan tidur atau terlantar.

Proses pelindian di tanah sulfat masam berlangsung secara alami karena adanya pergantian pasang dan surut air serta musim kemarau dan hujan. Air drainase pada awal musim hujan akan membawa hasil oksidasi dan reduksi, seperti ion-ion H^+ , Fe^{2+} , Al^{3+} , dan SO_4^{2-} yang berakibat pada pencemaran lahan pertanian di sekitarnya. Agar pencemaran terhadap lingkungan dapat ditekan seminim mungkin, maka air drainase perlu diperbaiki kualitasnya dengan menggunakan tumbuhan biofilter yang terdiri dari tumbuhan purun tikus dan bulu babi. Kemampuan tumbuhan purun tikus dan bulu babi menyerap Fe^{2+} , Fe -total, dan SO_4^{2-} terjadi pada umur tumbuhan tujuh minggu. Selain itu, digunakan juga sumber air yang berbeda, yaitu air hujan, air payau, dan air gambut. Air gambut mengandung asam-asam organik yang dapat mengikat Al^{3+} dan Fe^{2+} membentuk kelat, sehingga pencemaran lingkungan akibat kelarutan ion-ion ini dapat dikurangi. Begitu juga dengan air payau yang kaya akan basa-basa sehingga dapat mengikat ion SO_4^{2-} yang larut dalam air lindian.

DAFTAR PUSTAKA

- Alwi, M. 2011. Inaktivasi pirit dan jarosit terlapuk melalui pelindian dan penggunaan biofilter di tanah sulfat masam. *Disertasi*. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Andersen, R., C. Wells, M. Macrae and J. Price. 2013. Nutrient mineralisation and microbial functional diversity in a restored bog approach natural conditions 10 years post restoration. *Soil Biology & Biochemistry* 64: 37-47.
- Anwar, K. 2006. Peningkatan kualitas tanah sawah dan air buangan di saluran drainase pada tanah sulfat masam. *Disertasi*. Bogor. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. (237).
- Banach, A. M., K. Banach, R. C. J. H. Peters, R. H. M. Jansen, E. J. W. Visser, Z. Stepniewska, J. G. M. Roelofs, and L. P. M. Lamers. 2009. Effects of long-term flooding on biogeochemistry and vegetation development in floodplains: a mesocosm experiment to study interacting effects of land use and water quality. *Biogeosciences*, 6: 1325 – 1339.
- Balittra 2009. Laporan Hasil Penelitian Tahun 2009. Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Penelitian Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian.
- Becker, M. and F. Ash. 2008. Iron toxicity in rice condition and management concept. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 168: 558-573.
- Claff, S. R., L. A. Sullivan, E. D. Burton, and R. T. Bush. 2010. A sequential extraction procedure for acid sulfate soils: Partitioning of iron. *Geoderma*, 155: 224–230.
- Clarkson, B. and M. Peters. 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.
- Creeper, N.L., P. Shand, R. W. Fitzpatrick, and J. Hutson. 2012. Behaviour of iron, aluminium and other selected metals following the rewetting of Inland Acid Sulfate Soils containing sulfuric material. In, Österholm P, Yli -Halla M & Edén P (eds.), 7th International Acid Sulfate Soils Conference in Vassa, Finland 2012: Towards Harmony between Land Use and the Environment. *Geological Survey of Finland*, Guide 56: 26-28.

- Enio M. S. K., J. Shamshuddin, C. I. Fauziah, and M. H. A. Husni. 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.
- Fageria, N. K., M. P. Barbosa, and C. M. Guimaraes. 2008. Iron toxicity in lowland rice. *J. Plant Nutr.* 31: 1676-1697.
- Fageria, N.K., G.D. Carvalho, A. B. Santos, E. P. B. Ferreira, and A. M. Knupp. 2011. Chemistry of lowland rice soils and nutrient availability. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 42: 1913–1933.
- Kaczorek, D., G.W. Brümmer, and M. Sommer. 2009. Content and binding forms of heavy metals, aluminium and phosphorus in bog iron ores from Poland. *Journal Environmental Quality.* 38: 1109–1119.
- Kochian L V, O. A. Hoekenga, and M. A. Pineros. 2014. How do plants tolerate acid soils: Mechanism of aluminium tolerance and phosphorous efficiency. *Annu Rev. Plant Physiol.* 55: 459-493.
- Kochian L V. 2015. Celluler mechanism of aluminium toxicity and resistance in plant. *Annu Rev Plant Physiol Mol. Biol* 46: 237-260.
- Maas, A., R. Sutanto, dan T. Purwadi. 2010. Pengaruh air laut terhadap oksidasi pirit dan tahana hara tanah sulfat masam. 2000. *Jurnal Ilmu tanah dan Lingkungan.* 2(2): 41-45.
- Maria, E., C. Freeman and R. David. 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.
- Mehbaran, P, A. Abdol Zadeh and H. Reza Sadeghipour. 2008. Iron toxicity in rice (*Oryza sativa L.*) under different potassium nutrition. *Asian J. of Plant Sci.* 7: 1-9.
- Miftahudin. Nurlaela. dan Juliarni. 2008. Uptake and distribution of aluminum in root apices of two rice varieties under aluminum stress. *Hayati J. Biosci* 14(3): 110-114.
- Mosley, L. M., R. W. Fitzpatrick, D. Palmer, E. Leyden, and P. Shand. 2014. Changes in acidity and metal geochemistry in soils, groundwater, drain and river water in the Lower Murray River after a severe drought. *Science of the Total Environment.* 485–486; 281–291. *National Park Service, US Department of Interior.* Dikunjungi pada 5 April 2017. <https://www.nps.gov/subjects/wetlands/how.htm>.

- Noor, M., A. Maas, dan T. Notohadikosomo. 2008. Pengaruh pelindian dan ameliorasi terhadap pertumbuhan pada di tanah sulfat masam. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan* 2: 38-54.
- Reddy, K. R., dan R. D. Delaune. 2008. *The Biogeochemistry of Wetlands: Science and applications*. CRC Press. New York, USA. 779 p.
- Ryan, O. R. 2010. Aluminium toxicity and tolerance in Plant. *Plant Physiol* 107: 315-321.
- Ryan, P. R., E. Delhaize, and D. L. Jones. 2011. Function and mechanism of organic anion exudation from plant roots. *Plant Mol. Biol.* 52: 527-560.
- Sahrawat, K. L. 2014. Iron Toxicity in wetland rice and the roel of other nutriens. *J. of Plant Nutriton.* 27: 147-1504.
- Samac, D. A and M. Tesfaye. 2013. Plant improvement for tolerance to Al in acid soil a review. *J. Plant Cell Tissue Organ Cult.* 75: 189-207.
- Shamshuddin J, H. A. H. Shariduddin, I . C. Fauziah, D. G. Edwards, and L. C. Bell. 2010. Temporal changes in chemical properties of acid soil profiles treated with magnesium limestone and gypsum. *Pertanika J Trop Agric Sci.* 33: 77-295.
- Sudjianto, A. T., K. B. Suryolelono, A. Rifa'i and I. B. Mochtar. 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.
- Suriawira, O. 2003. *Mikrobiologi Air dan Dasar-dasar Pengolahan Buangan secara Biologis*. Cetakan ke-3. PT Alumni. Bandung.
- Takahashi, T., C. Y. Park, H. Nakajima, H. Sekiya, and K. Toriyana. 2009. Ferric ion transformation in soils with rotation of irrigated rice and effect on soil tillage properties. *Soil Sci. Plant Nutr.* 45: 163-173.
- Watanabe, T. and M. Osaki. 2012. Mechanisms of adaptation to high aluminum condition in native plant species growing in acid soils. *Communication Soil Science Plant Analysis.* 33: 1247-1260.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB III

PENINGKATAN PRODUKTIVITAS LAHAN

PEMUPUKAN PADI RENDAH EMISI GAS RUMAH KACA (GRK) DI LAHAN RAWA

Eni Maftu'ah dan Ani Susilawati
Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa,
Jl. Kebun Karet, Loktabat Utara, Banjarbaru 70700
Email: eni_balittra@yahoo.com

RINGKASAN

Lahan rawa berpeluang untuk dijadikan lumbung pangan (beras), namun umumnya produktivitas lahan rawa lebih rendah dibandingkan lahan irigasi. Peningkatan produktivitas lahan rawa salah satunya melalui pemupukan. Emisi GRK (CH_4 , CO_2 , dan N_2O) sering kali menyertai pemanfaatan lahan untuk pengembangan padi, dan bahkan disinyalir 15% emisi global berasal dari lahan padi. Upaya mitigasi emisi GRK diperlukan untuk mewujudkan pengelolaan lahan rawa untuk tanaman padi yang ramah lingkungan. Pemupukan salah satu tindakan pengelolaan hara guna memenuhi kebutuhan hara tanaman padi dan ketersediaan hara dalam tanah. Pemupukan berimbang sangat diperlukan tanaman untuk meningkatkan produktivitasnya serta mampu meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk. Dosis pemupukan tidak selalu linear dengan hasil tanaman, sebaliknya dosis pupuk yang tinggi dapat meningkatkan emisi GRK. Pemanfaatan limbah pertanian menjadi pupuk organik juga dapat menekan emisi GRK. Beberapa teknologi pemupukan di lahan rawa untuk tanaman padi yang dapat menekan emisi GRK, antara lain penerapan sistem pertanian *zero waste*, pemupukan tepat jenis, dosis, dan waktu, penggunaan bahan penghambat nitrifikasi dan penggunaan pupuk daun.

Penerapan sistem *zero waste* dengan memanfaatkan limbah pertanian menjadi pupuk organik atau biochar selain dapat meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk anorganik juga dapat menekan emisi GRK. Pemupukan tepat jenis, dosis dan waktu akan meningkatkan efektivitas pemupukan yang tergantung pada kebutuhan tanaman dan ketersediaan hara dalam tanah. Penggunaan bahan inhibitor nitrifikasi dapat menekan emisi N_2O , sedangkan pupuk daun selain dapat meningkatkan efisiensi pemupukan N juga dapat menekan emisi N_2O .

I. PENDAHULUAN

Prediksi kebutuhan beras pada tahun 2045 mencapai 48 juta ton, jagung mencapai 24,65 juta ton, dan kedelai 3,04 juta ton (Sudaryanto *et al.* 2010). Kebutuhan pangan yang semakin meningkat tersebut menuntut penyediaan lahan untuk memenuhinya. Pengembangan pertanian lahan rawa merupakan salah satu upaya dalam menjawab tantangan peningkatan produksi pertanian yang makin kompleks. Dengan pengelolaan yang tepat melalui penerapan inovasi teknologi yang sesuai, lahan rawa memiliki prospek yang baik untuk dikembangkan menjadi lahan pertanian yang produktif (Arsyad *et al.* 2014).

Lahan rawa berpeluang untuk dimanfaatkan sebagai areal pengembangan padi untuk mendukung swasembada beras di Indonesia. Pengembangan padi di lahan rawa masih tertinggal dibandingkan dengan agroekosistem lainnya, seperti lahan tadah hujan dan lahan irigasi. Keteringgalan tersebut di antaranya dalam aspek produktivitas lahan dan teknologi yang diterapkan. Kondisi ini disebabkan oleh karakteristik lahan rawa yang memang berbeda dengan lahan irigasi maupun tadah hujan, serta kurangnya pemahaman yang baik terhadap rawa, baik oleh petani, pengusaha, bahkan para pengambil kebijakan. Di sisi lain, lahan rawa sangat berpotensi diubah perannya menjadi lumbung pangan alternatif yang andal. Untuk mencapai hal tersebut tentu memerlukan dukungan teknologi inovatif untuk meningkatkan produktivitas lahan.

Peningkatan produksi yang terjadi pada tahun 1971 dari 20,6 juta ton menjadi lebih dari 54 juta ton pada tahun 2006 lebih banyak disumbangkan oleh peningkatan produktivitas dibandingkan pada peningkatan luas panen (Sembiring 2007). Produktivitas lahan rawa sangat beragam, selain tergantung pada tipologi rawa, tipe luapan atau tipe lebak, jenis tanah, dan

masuk (input) termasuk varietas dan pola tanam serta pengelolaan lahan. Pemanfaatan lahan rawa untuk budi daya tanaman pangan, khususnya padi, menghadapi beberapa hambatan dan masalah, di antaranya kesuburan tanah yang rendah, reaksi tanah yang masam, adanya pirit, tingginya kadar Al, Fe, Mn, dan asam organik, kahat P, miskin kation basa seperti Ca, K, Mg, serta tertekannya aktivitas mikroba (Arsyad *et al.* 2014). Pemupukan merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan produktivitas lahan rawa. Pemupukan berimbang spesifik lokasi diperlukan untuk meningkatkan ketersediaan hara bagi tanaman.

Lahan sawah memberikan kontribusi yang besar sekitar 15% dari seluruh emisi GRK, sehingga perlu upaya untuk diturunkan. Lahan pertanian di Indonesia diduga memberikan kontribusi metana sebesar 3,4-4,5 ton eq/tahun (Setyanto *et al.* 2008). Emisi gas rumah kaca pada lahan rawa yang disawahkan ini dipengaruhi oleh kondisi oksidasi dan reduksi tanah. Secara teoretis emisi metana terjadi pada kondisi reduksi kuat ($E_h < -250\text{mV}$), namun akibat penambahan amelioran dan pupuk akan meningkatkan aktivitas mikroba methanogen. Setyanto (2008), menyatakan bahwa dekomposisi anaerobik di lahan sawah akan menghasilkan CH_4 . Bahan organik ini menstimulasi produksi metana melalui suatu rangkaian proses yang diakhiri dengan pembentukan CO_2 dan CH_4 . Pada lahan sawah tergenang, methanogenesis diuntungkan oleh kondisi anoksik, ketersediaan bahan organik dari akar, sisa jerami, dan biomassa fotosintetik tanaman air, pH tanah mendekati netral, suhu tanah berkisar 20-30°C selama pertumbuhan tanaman padi.

Tanaman padi tidak hanya sebagai media fluks CH_4 , namun eksudat akar dan akar yang terdegradasi memungkinkan sebagai pembentukan CH_4 , terutama pada saat berakhirnya fase pertumbuhan tanaman. Eksudat akar merupakan bahan organik yang merupakan salah satu sumber energi bagi bakteri methanogen. Emisi metana dari tanah sawah pada tahun 1990 diperkirakan mencapai 20-120 juta ton/tahun atau sekitar 12,5% dari emisi metana global sebesar 470-650 juta ton/tahun. Faktor penting yang memengaruhi cepat lambatnya proses produksi dan konsumsi gas CH_4 salah satunya reaksi reduksi dan oksidasi dari oksidan-oksidan tanah seperti NO_3 , SO_4 , Fe_2O_3 , MnO_4 dan CO_2 (Sudadi 2002). Redoks potensial tanah adalah faktor penting pengontrol pembentukan CH_4 . Bakteri methanogenik dapat bekerja optimal pada redoks potensial $< -150\text{ mV}$.

Emisi CH_4 , N_2O , dan CO_2 sangat dipengaruhi oleh penggunaan lahan, karakteristik tanah dan pengelolaan lahan di antaranya ameliorasi dan pemupukan. Penerapan pemupukan di lahan rawa yang rendah emisi GRK untuk padi diperlukan untuk mewujudkan pertanian ramah lingkungan. Pertanian ramah lingkungan adalah sistem pertanian yang berbasis teknologi peningkatan produktivitas berkelanjutan dan secara ekonomi menguntungkan serta diterima secara sosial budaya dan tidak merusak/mengurangi fungsi lingkungan. Salah satu upaya untuk mewujudkan pertanian ramah lingkungan adalah upaya untuk mengurangi emisi GRK atau mitigasi GRK. Tulisan ini menguraikan tentang potensi lahan rawa untuk pengembangan padi, kebutuhan hara tanaman padi dan teknologi pemupukan padi rendah emisi GRK di lahan rawa.

II. POTENSI LAHAN RAWA UNTUK TANAMAN PADI

Lahan rawa adalah lahan yang sepanjang tahun atau selama waktu yang panjang dalam setahun, selalu jenuh air atau tergenang (Subagyo 2006). Lahan rawa termasuk dalam lahan suboptimal, karena mempunyai produktivitas rendah akibat dari faktor internal dan eksternal (Mulyani dan Sarwani 2013). Pemanfaatan lahan suboptimal termasuk rawa akan menjadi tumpuan harapan masa depan, namun memerlukan inovasi teknologi untuk mengatasi kendalanya sesuai karakteristik dan tipologi lahannya.

Karakteristik lahan rawa beragam, tergantung pada tipologi lahan. Lahan rawa pasang surut dipengaruhi oleh gerakan air pasang surut laut dan atau sungai, baik langsung maupun tidak langsung, sedangkan rawa lebak lebih dipengaruhi oleh air setempat (*water logging*) dan air kiriman dari kawasan hulu. Lahan rawa pasang surut terdiri dari tanah gambut dan sulfat masam. Lahan ini umumnya mempunyai tingkat kesuburan dan produktivitas rendah sehingga untuk pengembangan pertanian diperlukan input teknologi seperti varietas yang tahan masam dan genangan, tahan salinitas tinggi, dan diperlukan drainase dan tata air mikro. Lahan rawa lebak tidak terpengaruh oleh pasang surut (rawa non pasang surut), tetapi dipengaruhi oleh sungai yang sangat dominan, yaitu berupa banjir besar yang secara periodik minimal 3 bulan menggenangi wilayah setinggi 50 cm (Subagyo 2006). Lahan rawa lebak mempunyai kesuburan yang lebih baik dibandingkan lahan rawa pasang surut.

Luas lahan rawa di Indonesia mencapai 34,12 juta hektar terbagi atas lahan rawa pasang surut seluas 8,92 juta hektar dan lahan rawa lebak seluas 25,20 juta hektar (BBSDLP 2015). Luas lahan rawa di empat pulau besar tercantum pada Tabel 13. Menurut Alihamsyah (2004), luas lahan rawa pasang surut yang telah direklamasi sekitar 65,8%, sedangkan lahan rawa lebak lebih sedikit sekitar 5,5%. Sebaran lahan rawa yang berpotensi untuk padi sawah menurut tipologi tercantum pada Tabel 14. Besarnya potensi yang dimiliki lahan rawa tersebut memerlukan sentuhan teknologi selain untuk meningkatkan luas panen namun juga produktivitas lahan.

Tabel 13. Luas dan sebaran lahan rawa menurut pulau di Indonesia

Pulau	Luas Rawa (Juta ha)		Jumlah (Juta ha)
	Rawa Pasang Surut	Rawa Lebak	
Kalimantan	2,99	7,04	10,03
Sumatera	3,03	9,91	12,93
Sulawesi	0,32	0,32	1,05
Papua	2,43	7,44	9,87
Maluku	0,07	0,09	0,16
Jawa	0,09	0	0,09
Jumlah	8,92	25,21	34,12

Sumber: BBSDLP (2016)

Tabel 14. Luas lahan rawa yang berpotensi untuk pertanian padi sawah

Pulau	Tipologi Lahan Rawa (Juta Hektar)				Jumlah (Juta Hektar)
	Rawa Pasang Surut		Rawa Lebak		
	Mineral	Gambut	Mineral	Gambut	
Kalimantan	0,567	0	2,684	0,017	3,269
Sumatera	1,656	0,173	3,620	1,402	6,851
Sulawesi	0,010	0	0,671	0	0,681
Papua	0,286	0,003	1,819	1,080	3,188
Maluku	0,011	0	0,089	0	0,100
Jawa	0,095	0	0	0	0,095
Jumlah	2,625	0,176	8,883	2,499	14,185

Sumber: BBSDLP (2016)

Lahan rawa yang belum direklamasi berpeluang untuk dijadikan areal pengembangan padi, dengan memerhatikan karakteristik lahan. Potensi lahan rawa yang demikian besar, harus diupayakan semaksimal mungkin untuk mendukung peningkatan produksi nasional dengan tanpa harus merusak lingkungan. Dengan kata lain sistem pertanian di lahan rawa harus tetap berlangsung tanpa terjadi penurunan produksi karena kualitas lingkungannya tetap terjaga.

Lahan rawa mempunyai tingkat kesesuaian lahan untuk pengembangan padi yang bervariasi, mulai dari sangat sesuai sampai tidak sesuai. Tingkat kesesuaian lahan rawa untuk pengembangan padi tergantung pada keberadaan bahan sulfidik (cm), ketebalan gambut, kematangan gambut, tipe luapan, ketersediaan hara N, P, dan K (Tabel 15).

Tabel 15. Klasifikasi kesesuaian lahan rawa untuk tanaman padi

Karakteristik Lahan	S1 (sangat sesuai)	S2 (cukup sesuai)	S3 (sesuai marginal)	N (Tidak Sesuai)
Ketebalan gambut (cm)	< 40	40-100	100-140	>140
Kematangan gambut	Saprik	Saprik, hemik	Hemik	Fabrik
Salinitas (dS/m)	< 2	2- 4	4-6	>6
Kedalaman sulfidik (cm)	>100	75-100	40-75	<40
Bahaya genangan				
-Tinggi genangan (cm)	25	25-50	50-75	>75
-Lama genangan (hari)	Tanpa	<7	7 – 14	>14
Ketersediaan hara				
- N total (%)	Sedang	rendah	Sangat rendah	-
- P2O5 (mg/100g)	Tinggi	sedang	Rendah-sangat rendah	-
- K2O (mg/100g)	Sedang	rendah	Sangat rendah	-

Keterangan: - ; tidak terukur karena terlalu kecil (tidak diperhitungkan)

Sumber: Permentan No. 79 Tahun 2013

Peningkatan kelas kesesuaian lahan dapat dilakukan dengan memperbaiki ketersediaan hara. Salah satu upaya untuk memperbaiki ketersediaan hara tanaman melalui pemupukan. Budi daya padi lahan rawa mempunyai risiko yang cukup tinggi karena pada umumnya lahan rawa bersifat masam, miskin unsur hara, dan pada lahan sulfat masam

mengandung besi (Fe) yang tinggi, sehingga bisa menyebabkan keracunan dan bahkan gagal panen. Pemupukan yang tepat mampu meningkatkan keberhasilan usahatani dan produksi tanaman padi di lahan rawa.

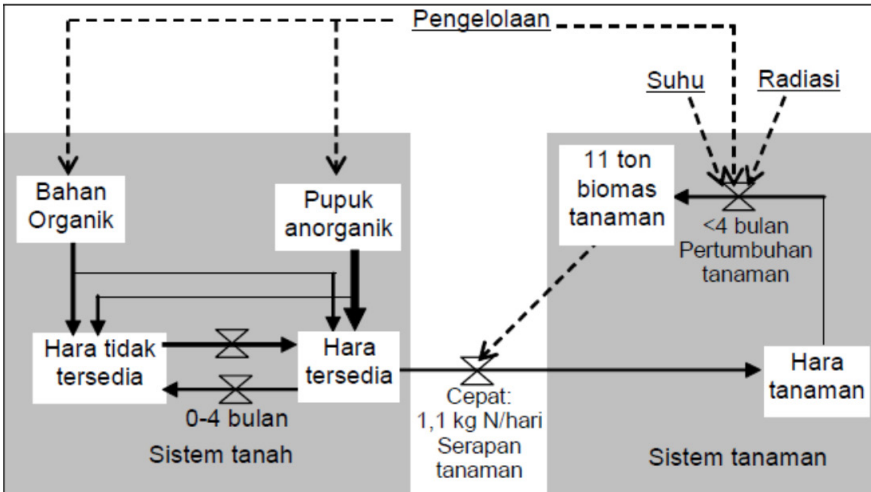
III. KEBUTUHAN HARA TANAMAN PADI

Jaringan tanaman padi tersusun atas air sebesar 70%, bahan organik 27%, dan mineral 3%. Distribusi jenis mineral di dalam tanaman tergantung pada umur dan varietas. Varietas unggul padi memerlukan unsur hara lebih banyak dibandingkan varietas lokal. Unsur hara diperoleh dari dalam tanah, air irigasi, air hujan, fiksasi nitrogen bebas serta dari pupuk. *Output* dari penggunaan unsur hara tersebut berupa gabah, jerami, kehilangan hara akibat perkolasi, dan kehilangan hara dalam bentuk gas. Berdasarkan perhitungan input dan *output* tersebut, maka untuk menghasilkan gabah rata-rata 6 t/ha GKG (VUB), tanaman padi membutuhkan hara 165 kg N, 19 kg P, dan 112 Kg K/ha atau setara dengan 350 kg urea, 120 kg SP36, dan 225 kg KCL/ha (Doberman dan Fairhurst 2000).

Kebutuhan hara tanaman padi sangat terkait dengan varietas dan umur tanaman. Varietas unggul yang mempunyai potensi hasil tinggi dan berumur pendek, kebutuhan hara tanaman selain lebih banyak, kecepatan penyerapannya juga lebih cepat karena umur tanaman lebih pendek dibandingkan varietas lokal. 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 dan Suhartatik 2006).

Kebutuhan hara tanaman yang tinggi tentu tidak dapat tercukupi jika hanya mengandalkan sisa panen, tanpa menggunakan input dari luar terutama dari pupuk anorganik. Pertanaman padi menggunakan varietas unggul memungkinkan diusahakan dua kali setahun, di mana masa bera tidak cukup lama untuk mengelola bahan organik (sisa panen, kotoran ternak, dan sebagainya). Apabila kebutuhan hara tanaman hanya akan dipenuhi dengan pemberian bahan organik, jumlahnya akan sangat banyak (>10 t/ha). Masalah lainnya adalah kecepatan penyediaan hara bagi tanaman yang harus cepat, sehingga penggunaan bahan organik saja tidak dapat memenuhi kebutuhan tanaman. Bahan organik pada umumnya

melepas hara tersedia jauh lebih lambat dibandingkan dengan pupuk kimia. Oleh karena itu, diperlukan pemberian pupuk anorganik guna memenuhi kebutuhan hara tanaman di awal pertumbuhan, kecuali jika telah ada teknologi pengolahan bahan organik yang dapat melepas hara tersedia yang sama cepat dengan pupuk anorganik.



Sumber: Makarim dan Suhartatik (2006)

Gambar 18. Sistem pergerakan hara pada pertanaman padi

Pengelolaan lahan rawa untuk tanaman padi sangat terkait dengan pemenuhan kebutuhan hara bagi tanaman padi dan ketersediaan hara dalam tanah (Gambar 18). Ketersediaan hara di lahan rawa berhubungan dengan kondisi oksidasi dan reduksi tanah. Proses biokimia yang terjadi pada kondisi tergenang (anaerob) berbeda dengan kondisi aerob. Pada kondisi tergenang aktivitas mikroorganisme anaerob lebih aktif, nilai potensial redoks (Eh) turun, pH meningkat, terjadi reduksi Fe^{3+} menjadi Fe^{2+} , Mn^{4+} menjadi Mn^{2+} , reduksi NO_3 dan NO_2 menjadi NH_4 , N_2 dan N_2O , peningkatan ketersediaan fosfat, silikon, dan molybdenum, menurunkan hara Zn (seng), dan Cu (tembaga) yang larut dan merangsang terbentuknya senyawa karbon dioksida, metana, dan senyawa beracun seperti asam organik dan sulfida hydrogen (Reddy dan DeLaune 2008). Namun pada tanah yang tergenangi tidak semua bagian dalam kondisi anaerob, terutama pada lapisan atas (2 mm-20 mm) tetap oksidatif karena berada dalam keseimbangan dengan oksigen yang terlarut dalam lapisan air dan lapisan bawahnya reduktif.

Tanaman padi dapat tumbuh normal pada kisaran pH optimum mendekati netral. Kemasaman tanah yang tinggi menyebabkan 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). Reaksi potensial redoks dan pH pada tanah tergenang selalu bekerja bersama-sama, dan keadaan ini sangat berpengaruh terhadap keseimbangan reaksi kimia. Meningkatnya nilai pH pada tanah masam membantu pengambilan unsur hara oleh tanaman.

3.1. Hara N

Tanaman padi memerlukan hara N untuk pertumbuhan, pembentukan gabah, juga meningkatkan kualitas hasil tanaman pangan lainnya. Fageria dan Virupax (1999) menyatakan bahwa nitrogen merupakan faktor kunci dan masukan produksi yang termahal pada usaha padi sawah, dan apabila penggunaannya tidak tepat dapat mencemari air tanah. Selain itu, pemupukan N yang berlebihan menyebabkan emisi gas N_2O dari hasil proses amonifikasi, nitrifikasi, dan denitrifikasi. Menurut Whalen (2000), emisi gas N_2O dipengaruhi oleh takaran pupuk N yang diberikan; makin tinggi takaran N, makin besar emisi gas N_2O . Lebih lanjut dinyatakan bahwa emisi gas N_2O berkaitan erat dengan bentuk pupuk N. Urea tablet memberikan emisi gas N_2O terendah, dan tertinggi pada pupuk urea butiran. Makin efisien penggunaan pupuk N, makin rendah tingkat emisi gas N_2O .

Kebutuhan tanaman padi terhadap unsur N sangat tergantung pada varietas tanaman dan kondisi tanah. Pemupukan N dapat didasarkan pada kandungan N dalam daun tanaman yang ditunjukkan oleh penampakan warna daun. Penentuan kondisi tanaman kritis terhadap N dilakukan dengan menggunakan *chlorophyll meter* (SPAD) yang dapat mendeteksi kandungan hara tanaman. Metode ini kemudian dimodifikasi dengan suatu alat berupa bagan warna daun (BWD) atau *leaf color chart* (LCC) karena harga alat SPAD cukup mahal (sekitar US\$ 1500/unit) sehingga sulit dijangkau oleh petani (Wahid 2003). Penggunaan alat paraga BWD (Bagan warna Daun) dapat menduga status N daun dan bersifat murah, mudah dan ramah lingkungan.

3.2. Hara P

Lahan rawa umumnya mempunyai kandungan P tersedia yang rendah. Pada tanah gambut defisiensi P sering terjadi yang diakibatkan oleh kemampuan gambut dalam meretensi hara P sangat rendah. Pada

tanah sulfat masam, saat kondisi okidasi menyebabkan kelarutan Al meningkat, sedangkan pada kondisi reduksi terjadi peningkatan kelarutan Fe^{2+} yang dapat meracuni tanaman (Dobermann dan Faihurst 2000). Tingginya konsentrasi besi dalam larutan tanah akan menurunkan serapan hara lainnya seperti P dan K. 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.

3.3. Hara K

Unsur hara K umumnya tidak menjadi kendala utama dalam budi daya padi di lahan rawa. Penggenangan menurunkan potensial redoks (Eh) tanah sehingga meningkatkan kelarutan Fe^{2+} dan Mn^{2+} . Kation-kation ini dapat menggantikan K yang diabsorpsi liat sehingga K dilepaskan ke dalam larutan tanah. Oleh sebab itu, penggenangan dapat meningkatkan ketersediaan K tanah, namun juga meningkatkan konsentrasi Fe^{2+} . Pada tanah sawah yang drainasenya buruk karena Eh-nya sangat rendah dapat terjadi kekahatan K. Hal ini karena daya oksidasi akar sekitar rizosfer sangat rendah dan adanya akumulasi asam-asam organik dalam larutan tanah, yang dapat menghambat serapan K oleh akar tanaman.

Kalium dalam jaringan tanaman sangat berperan dalam fungsi fisiologi dan proses biokimia tanaman. Kalium memengaruhi beberapa proses fisiologis dalam tanaman, antara lain pertumbuhan jaringan meristem, kadar air dalam jaringan tanaman, fotosintesis dan proses transportasi dalam jaringan tanaman sehingga memengaruhi kualitas hasil tanaman. Kalium tidak hanya memengaruhi proses fisiologis tanaman, tetapi juga metabolisme dalam jaringan tanaman (Yeo dan Flowers 2007). Hara K sangat diperlukan oleh tanaman untuk meningkatkan ketahanan terhadap penyakit dan menekan keracunan Fe di lahan pasang surut.

Pemupukan tanaman padi harus berdasarkan kebutuhan dan kondisi lingkungannya. Penggunaan pupuk yang berlebihan selain tidak efektif juga dapat merugikan bagi tanaman, tanah, dan lingkungan serta tidak ekonomis. Pada tanah gambut diperlukan hara makro N, P, K serta mikro Cu dan Zn, Si dalam jumlah yang cukup. Lahan gambut umumnya kekurangan unsur hara mikro, sehingga penambahan unsur mikro Cu dan Zn sangat diperlukan untuk pertanian padi. Pertanaman padi di lahan gambut memerlukan pupuk anorganik seperti Urea, SP-36 dan KCl dengan

takaran 90-60-60 kg/ha, dan pupuk mikro (5,0 Cu kg/ha dan 5 kg Zn/ha). Pupuk Urea dan KCl diberikan dua kali, yaitu ½ bagian pada saat tanam dan sisanya pada umur 3-4 minggu atau bersamaan dengan penyiangan, dan pupuk SP36 diberikan sekaligus pada saat tanam.

Defisiensi hara pada tanaman padi akan berpengaruh terhadap hasil dan produksi padi, serta ketahanan pangan dan pendapatan petani. Sebaliknya, kelebihan penggunaan pupuk akan berdampak terhadap peningkatan biaya produksi, pencemaran lingkungan dan kehidupan mikroorganisme tanah terganggu. Dosis rekomendasi pemupukan diperlukan sebagai gambaran kebutuhan pupuk pada tipologi lahan tertentu. Dosis rekomendasi pemupukan untuk tanaman padi di lahan rawa lebak pada Tabel 16.

Tabel 16. Dosis Pupuk dan Cara Pemberiannya pada Padi Rintang di Lahan Rawa Lebak

Jenis tanah	Dosis pupuk	Waktu dan cara pemberian
Bergambut	<ul style="list-style-type: none"> - N (78-90) kg/ha - P₂O₅ (27-36) kg/ha - K₂O 50 kg/ha - CuSO₄ (3-5) kg/ha - Kapur (dolomit) dosis-rendah 500 kg/ha 	<ul style="list-style-type: none"> - Sepertiga bagian pupuk N dan seluruh pupuk P dan K, diberikan 7-10 hari setelah tanam (hst) - Dua pertiga bagian pupuk N diberikan pada saat tanaman berumur satu bulan. - Kapur tidak harus diberikan
Mineral	<ul style="list-style-type: none"> - N 90 kg/ha - P₂O₅ (27-36) kg/ha - K₂O 50 kg/ha 	<ul style="list-style-type: none"> - Sepertiga bagian pupuk N dan seluruh pupuk P, K - Dua pertiga bagian pupuk N diberikan pada saat tanaman berumur satu bulan.

Keterangan: Dosis pemberian perlu disesuaikan dengan kondisi lahan, status hara tanah dan rekomendasi wilayah jika telah ada.

Sumber: Ar-Riza 2005.

Efektivitas pemupukan dapat ditingkatkan dengan memperhitungkan sifat asli tanah dan faktor-faktor lingkungan yang memengaruhinya 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 telah dikembangkan oleh IRRI dan Balai Besar Padi, konsep ini memperhitungkan segala sumber daya alam yang terdapat di sekitar 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 dan Fahmi 2016). Saat ini telah tersedia *Decision Support System* (DSS) pemupukan padi lahan rawa yang ramah pengguna dan dapat diakses melalui website Balittra. Perbaikan hasil tanaman padi yang diperoleh dari perlakuan dosis pupuk berdasarkan DSS 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 dan Fahmi 2016).

IV. EMISI GRK PADA PERTANAMAN PADI

Pemerintah mendorong pengembangan padi di lahan-lahan marginal seperti lahan rawa karena sumber daya lahannya belum dimanfaatkan secara optimal. Peningkatan pengembangan lahan rawa ke depan sebagai areal pengembangan padi yang produktif sangat dimungkinkan. Pemanfaatan lahan rawa untuk pertanaman padi sawah dapat meningkatkan emisi GRK. Indonesia dengan luas lahan pertanian 6,8% dari luas lahan pertanian dunia diduga memberi kontribusi sebesar 3,4-4,5 Tg CH₄/tahun (1 Tg = 10¹² g). (Setyanto dan Kartikawati 2008).

Emisi gas rumah kaca pada lahan rawa yang disawahkan ini dipengaruhi oleh kondisi oksidasi dan reduksi tanah. Secara teoretis emisi metana terjadi pada kondisi reduksi kuat ($E_h < -250\text{mV}$), namun akibat penambahan amelioran dan pupuk akan meningkatkan aktivitas mikroba methanogen. Setyanto (2008), menyatakan bahwa dekomposisi anaerobik di lahan sawah akan menghasilkan CH₄. Bahan organik ini menstimulasi produksi metana melalui suatu rangkaian proses yang diakhiri dengan pembentukan CO₂ dan CH₄. Pada lahan sawah tergenang, methanogenesis diuntungkan oleh kondisi anoksik, ketersediaan bahan organik dari akar, sisa jerami, dan biomassa fotosintetik tanaman air, pH tanah mendekati netral, suhu tanah berkisar 20-30°C selama pertumbuhan tanaman padi.

4.1. Emisi Metana (CH₄)

Lahan rawa yang dikembangkan sebagai areal persawahan padi bersifat anaerob kuat. Senyawa-senyawa karbon mengalami reduksi secara mikrobiologis menjadi gas metana (CH₄) melalui proses metanogenesis. Fluks CH₄ tidak hanya berasal dari tanaman padi, namun eksudat akar dan akar yang terdegradasi memungkinkan sebagai pembentukan CH₄,

terutama pada saat berakhirnya fase pertumbuhan tanaman. Eksudat akar merupakan bahan organik yang merupakan salah satu sumber energi bagi bakteri metanogen (Bachelet *et al.* 1993 dalam Wihardjaka dan Abdurrahman 2007). Faktor penting yang memengaruhi cepat lambatnya proses produksi dan konsumsi gas CH₄ salah satunya adalah reaksi reduksi dan oksidasi dari oksidan-oksidan tanah seperti NO₃, SO₄, Fe₂O₃, MnO₄ dan CO₂ (Sudadi 2002). Redoks potensial tanah adalah faktor penting pengontrol pembentukan CH₄. Bakteri metanogenik dapat bekerja optimal pada redoks potensial <-150 mV.

Emisi CH₄ sangat dipengaruhi oleh penggunaan lahan, karakteristik tanah dan bahan amelioran yang diberikan. Menurut Jauhianinen *et al.* (2004) bahwa emisi metana (CH₄) pada tanah gambut yang tergenang (disawahkan) cukup signifikan, tetapi pada pertanian yang berdrainase emisi CH₄ berkurang. Emisi metana di lahan rawa pasang surut yang disawahkan dapat terjadi jika kondisi lahan bersifat anaerob, terdapat sumber karbon yang dapat didekomposisikan dan kondisi lingkungan mendukung pertumbuhan bakteri. Proses pembentukan metana ini dibantu oleh bakteri *methanogen*, sedangkan bakteri yang berperan dalam mengonsumsi metana adalah *metanaotrop*. Pada tanah sawah metana diproduksi sebagai hasil antara dan hasil akhir dari proses mikrobial, seperti dekomposisi anaerobik bahan organik oleh bakteri *methanogen*. Sebagian dari metana yang diproduksi akan dioksidasikan oleh bakteri *methanotroph* yang bersifat aerobik di lapisan permukaan tanah dan di zona perakaran. Sisa metana yang tidak teroksidasi ditransportasikan ke atmosfer dengan cara difusi melalui air genangan, ebulisi atau pembentukan gelembung-gelembung gas serta transportasi melalui *aerenchyma* padi (Sudadi 2002).

Emisi gas rumah kaca pada lahan rawa yang disawahkan ini dipengaruhi oleh kondisi oksidasi dan reduksi tanah. Pada kondisi tergenang (anaerobik) mempercepat penggunaan serangkaian aseptor elektron seperti O₂, nitrat, Mn⁴⁺, Fe³⁺ dan sulfat. Produksi metana mulai berlangsung pada kondisi reduksi setelah elektron aseptor tersebut berkurang. Secara teoretis emisi metana terjadi pada kondisi reduksi kuat (Eh < -250mV), namun akibat penambahan amelioran dan pupuk akan meningkatkan aktivitas mikroba *methanogen*.

Emisi metana dipengaruhi antara lain oleh: Eh tanah, substrat gambut, suhu tanah, reaksi tanah (pH), praktik budi daya dan varietas padi. Sudadi (2002) menjelaskan bahwa potensial redoks (Eh) merupakan faktor

utama yang memengaruhi produksi metana pada tanah sawah, karena bakteri *methanogen* hanya dapat beraktivitas pada kondisi tanpa oksigen atau $E_h < -200\text{mV}$ (Sudadi 2002). Substrat yang paling menentukan laju pelepasan metana adalah kualitas substrat organik primer. Nisbah C/N gambut berkaitan erat dengan perkembangan bakteri *methanogen* dalam tanah gambut yang disawahkan. Suhu juga memengaruhi aktivitas bakteri metahogen, aktivitas optimalnya terjadi pada suhu $30\text{-}40^\circ\text{C}$ (Sudadi 2002). pH tanah yang mendukung aktivitas bakteri methanogen adalah pada pH sekitar netral (Conrad dan Schutz 1988 dalam Sudadi, 2000). Selain kondisi lingkungan di atas, aktivitas bakteri *methanogen* juga dipengaruhi oleh praktik budi daya dan varietas padi yang digunakan. Aplikasi bahan organik mentah akan meningkatkan laju terbentuknya gas metana, begitu juga dengan penggenangan yang terus-menerus. Varietas padi juga memengaruhi produksi metana pada tanah sawah, padi IR 64 memberikan emisi metana lebih rendah dibandingkan varietas Ciherang (Wihardjaka 2007).

4.2. Emisi CO_2

Karbon-dioksida (CO_2) diemisikan ke atmosfer melalui proses respirasi tanah. Respirasi tanah merupakan gabungan antara tiga proses biologi (respirasi mikroorganisme, respirasi akar, dan respirasi hewan) dan satu proses non-biologi (proses oksidasi kimia) (Rastogi *et al.* 2002). Beberapa faktor yang memengaruhi besarnya emisi CO_2 dari tanah adalah suhu, kelembapan, variasi pola diurnal, variasi musim dan ruang gerak, tekstur tanah, pH tanah, salinitas, tekanan atmosfer, aplikasi pupuk organik dan buatan, penggunaan inhibitor nitrifikasi, jenis tanaman budi daya, dan pengolahan lahan (Rastogi *et al.* 2002).

Karbon-dioksida dihasilkan dalam jumlah yang besar pada lahan-lahan gambut yang sudah dibuka dan dimanfaatkan sebagai lahan pertanian. Meskipun emisi CO_2 sangat tinggi di lahan pertanian, tetapi gas ini akan kembali digunakan tanaman saat berlangsungnya proses fotosintesis dan akan dikonservasikan ke bentuk biomas tanaman. Karbon-dioksida kemudian disimpan dalam tanah sebagai karbon organik, sehingga tanah gambut dapat bertindak sebagai rosot (*sink*) (Rinnan *et al.* 2003). Produksi CO_2 dari tanah berasal dari hasil dekomposisi bahan organik secara aerobik, respirasi akar tanaman dan mikroba. Gas CO_2 yang dihasilkan dari dekomposisi bahan organik pada pertanian lahan gambut dikendalikan

oleh perubahan suhu, kondisi hidrologi, ketersediaan dan kualitas bahan gambut, dan teknik budi daya pertanian.

Emisi CO_2 dipengaruhi oleh perakaran tanaman (*rhizosphere*). Emisi CO_2 pada daerah *rhizosphere* lebih tinggi dibandingkan pada non *rhizosphere* karena: (1) meningkatnya ketersediaan substrat seperti akar-akar yang mati di *rhizosphere*, sehingga kualitas komunitas dekomposer meningkat, (2) meningkatnya ketersediaan eksudat akar dan derivatnya akan meningkatkan dekomposisi lignin, (3) komposisi struktur C-organik terlarut (Ekberg *et al.* 2007). Knorr *et al.* (2008) juga melaporkan bahwa pada lahan gambut di daerah beriklim lembap, 55.5 – 65% dari total respirasi tanah berasal dari respirasi akar pada penelitiannya mengenai respirasi akar di lahan gambut Aceh melaporkan bahwa daerah non perakaran menghasilkan emisi 62% lebih rendah dibandingkan daerah perakaran (Agus *et al.* 2010).

4.3. Emisi N_2O

Konsentrasi N_2O di atmosfer dilaporkan mengalami peningkatan dengan laju 0,25% setiap tahun (Snyder *et al.* 2009). Gas N_2O di atmosfer relatif lebih lama berada dibandingkan gas CO_2 dan metana, dengan sifat berpotensi pemanasan global 250-310 kali lebih tinggi daripada CO_2 (Abao *et al.* 2000, Meiviana *et al.* 2004). Gas N_2O secara alami dihasilkan dalam tanah melalui proses mikrobiologis, denitrifikasi dan nitrifikasi. Proses tersebut dipengaruhi oleh bahan organik tanah, nitrat, oksigen, kandungan air tanah, reaksi tanah (pH), suhu tanah dan tanaman (Snyder *et al.* 2009). Bakteri yang berperan dalam proses nitrifikasi dan denitrifikasi adalah *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter*, di mana proses tersebut menghasilkan gas N_2O dan N_2 .

Salah satu faktor yang memengaruhi emisi N_2O adalah konsentrasi N yang berasal, baik dari pupuk maupun bahan amelioran. Menurut Xiong *et al.* (2007), selain pupuk N anorganik, pupuk organik adalah sumber penting pelepasan N_2O ke atmosfer. Pemberian bahan organik yang mudah terdekomposisi dengan cara dibenamkan ke dalam tanah akan meningkatkan jumlah denitrifier dan laju denitrifikasi, sehingga memberikan kondisi menguntungkan bagi pembentukan N_2O . Kehilangan hara N yang hilang melalui denitrifikasi di lahan sawah dapat mencapai kisaran 30– 40% (Sahrawat 2004), sehingga dapat memengaruhi keseimbangan N dalam sistem produksi tanaman.

V. TEKNOLOGI PEMUPUKAN PADI RENDAH EMISI GRK DI LAHAN RAWA

Dalam rancangan Perpres RAN-GRK 2020, emisi GRK dari sektor pertanian akan diturunkan sebesar 8 juta ton CO₂ eq atas kemampuan sendiri (*unilateral*) atau sekitar 11 juta ton CO₂ eq dengan bantuan negara donor (*multilateral*). Strategi umum mitigasi adalah untuk mengurangi emisi GRK atau meningkatkan penyerapan GRK. Mitigasi gas rumah kaca dilakukan berdasarkan prinsip bahwa emisi GRK yang dikeluarkan harus lebih kecil dari rosot (*zink*). Penurunan CO₂ dilakukan dengan prinsip emisi CO₂ harus lebih kecil dari CO₂ yang ditambat tanaman. CO₂ termasuk gas yang mudah didegradasi atau ditambat, demikian pula N₂O, mudah didegradasi. Namun, CH₄ sulit didegradasi, sehingga akumulasi CH₄ dari waktu ke waktu terus bertambah.

Salah satu upaya untuk mitigasi emisi GRK pada budi daya tanaman padi melalui pengelolaan hara/pupuk (Santoso 2005). Beberapa teknologi pemupukan di lahan rawa yang dapat menekan emisi GRK pada pertanaman padi, antara lain penerapan sistem pertanian *zero waste*, pemupukan tepat jenis, dosis dan tepat waktu, sistem pertanian organik.

5.1. Penerapan Sistem Pertanian *Zero Waste*

Sistem pertanian *zero waste* dapat dimanfaatkan untuk mengoptimalkan produktivitas lahan dan menekan emisi GRK dari lahan pertanian. Pemanfaatan limbah pertanian menjadi pupuk organik atau biochar selain dapat meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk anorganik juga dapat menekan emisi GRK. Penambahan bahan organik berupa jerami ke lahan sawah, khususnya yang masih memiliki nisbah C/N tinggi, akan meningkatkan emisi gas metana ke udara (Wihardjaka *et al.* 2011). Berdasarkan penelitian Annisa dan Nursyamsi (2016) emisi metana yang dilepaskan dengan perlakuan Kompos (kombinasi kompos Jerami 30% + Kompos Purun 30% + Kompos Kotoran Sapi 40%), dengan perlakuan pemupukan NPK 100%, yaitu sebesar 4,41-12,94 kg/ha/musim lebih tinggi dibandingkan perlakuan pemupukan NPK 75% yaitu sebesar 2,62-7,75 kg kg/ha/musim.

Penggunaan biochar mampu menekan emisi GRK pada pertanaman padi di lahan rawa. Biochar memiliki kemampuan dalam melepaskan karbon dan nitrogen secara perlahan serta memengaruhi aktivitas mikroba, sehingga memperbaiki sifat tanah. Di dalam tanah biochar menyediakan

habitat yang baik bagi mikroba tanah misalnya bakteri yang membantu dalam perombakan unsur hara agar unsur hara tersebut dapat diserap oleh tanaman, tapi tidak dikonsumsi seperti bahan organik lainnya. Karhu *et al.* (2011) melaporkan bahwa penambahan biochar sebanyak 9 t/ha pada lahan pertanian meningkatkan serapan CH_4 dibandingkan kontrol tanpa diberi biochar sebesar 96% (dari 49,6 sampai 97,4 $\text{CH}_4\text{-C}$ /ha), tetapi tidak memengaruhi terhadap hasil. Hal ini terkait dengan kemampuan biochar yang efektif dalam menahan hilangnya unsur hara akibat tercuci serta meretensi P.

5.2. Pemupukan Tepat Jenis, Dosis, dan Waktu

Sumber utama pelepasan N_2O adalah pemakaian pupuk N yang tidak efektif. Hal ini dapat diartikan bahwa proses pembentukan N_2O akan dihambat apabila pupuk N diberikan secara efisien pada tanaman. Upaya mengurangi emisi gas N_2O dari pertanian menjadi lebih efektif apabila penggunaan pupuk N secara efektif, dengan cara memberikan dalam jumlah yang tepat. Pemupukan secara split/bertahap juga lebih mampu menekan emisi GRK dibandingkan sekaligus (McSwiney dan Robertson 2005).

Pemupukan secara efektif tergantung pada kebutuhan tanaman dan ketersediaan hara dalam tanah. Efisiensi pupuk N terutama urea dalam tanah sawah umumnya rendah karena hampir 50% N dari pupuk hilang melalui volatilisasi amoniak, nitrifikasi, denitrifikasi, limpasan permukaan, dan tercuci. Makin tinggi takaran pupuk urea pada padi sawah, makin besar kehilangan N dalam bentuk N_2O , sehingga dapat meningkatkan konsentrasi gas N_2O di atmosfer. Pola emisi gas N_2O berfluktuasi menurut waktu setelah pemberian pupuk N, di mana puncak emisi terjadi 3-5 hari setelah pemberian pupuk N hingga hari ke-17, baru kemudian turun. Berbagai upaya untuk meningkatkan efisiensi pupuk N telah dilakukan, antara lain dengan pemberian N secara bertahap, pembenaman pupuk N pada lapisan reduksi, pemberian pupuk N dalam bentuk tablet, dan penggunaan Bagan Warna Daun (BWD) (Wihardjaka dan Nursyamsi 2012). Lebih lanjut disampaikan penerapan sistem pertanian PTT (pengelolaan tanaman terpadu) dan SRI (*system of rice intensification*) menekan emisi N_2O sebesar 45-39% dibandingkan dengan cara pengelolaan tanaman secara konvensional.

Di Filipina, penggunaan BWD dapat menghemat pupuk N 10–53% dibanding takaran umum yang digunakan untuk mencapai produktivitas yang sama. Di Vietnam, penggunaan pupuk urea butiran dapat menghemat N 20–40% dari cara petani. Di Sulawesi Selatan, penghematan pupuk N mencapai 60% dibanding takaran rekomendasi untuk mencapai hasil yang sama (Wahid 2003). Penggunaan Super fosfat (SP) dalam penanaman padi, selain memasok P ke tanaman yang sedang tumbuh, dapat mengurangi produksi dan emisi CH_4 dibandingkan penggunaan K_2HPO_4 (Adhya *et al.* 1998).

Pemupukan silikat secara signifikan menurunkan aktivitas produksi CH_4 . Pupuk silikat yang merupakan produk sampingan dari industri baja dan mengandung jumlah besi dan oksida besi aktif yang tinggi dapat digunakan sebagai agen pengoksidasi dalam pertanian padi sawah. Pertumbuhan tanaman padi, parameter hasil, dan hasil gabah positif dipengaruhi oleh tingkat aplikasi silikat. Aplikasi Si mampu meningkatkan hasil padi sampai 17% dan mengurangi emisi CH_4 sampai 28% dibandingkan kontrol (Aslam *et al.* 2007).

5.3. Aplikasi Bahan Penghambat Nitrifikasi

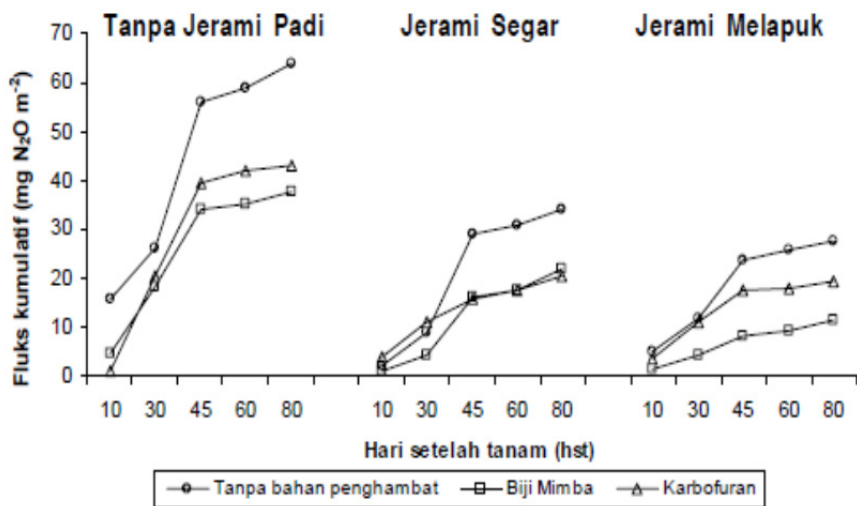
Konsentrasi N_2O di atmosfer dilaporkan meningkat dengan laju 0,25% setiap tahun, dan mempunyai waktu tinggal lebih lama dibandingkan CO_2 dan metana dengan potensi pemanasan global 250-310 kali lebih tinggi daripada CO_2 (Snyder *et al.* 2009; Abao *et al.* 2000). Gas N_2O dihasilkan dari proses nitrifikasi dan denitrifikasi oleh mikrobia nitrifikasi selama oksidasi ammonium menjadi nitrat dan oleh mikrobia denitrifikasi selama reduksi nitrat.

Pengelolaan pupuk N (urea dan atau pupuk kandang) yang baik berperan penting dalam meminimalisir kehilangan N dalam tanah baik melalui pencucian, penguapan, maupun emisi N_2O . Sebaliknya, pemberian pupuk N dalam jumlah berlebihan atau pengelolaannya tidak tepat, selain merupakan pemborosan, juga dapat mencemari lingkungan perairan dengan nitrat dan meningkatkan emisi N_2O ke atmosfer.

Tanaman umumnya menyerap N dalam bentuk kation NH_4^+ dan atau anion NO_3^- , di mana kedua ion tersebut masing-masing merupakan hasil dari proses amonifikasi dan nitrifikasi. Di dalam tanah, ammonium lebih stabil dibandingkan nitrat, karena kation tersebut dapat dijerap atau diikat

oleh permukaan koloid tanah yang bermuatan negatif. Nitrat selain mudah hilang karena tercuci juga hilang menguap ke atmosfer melalui proses denitrifikasi menghasilkan gas N_2O , NO , dan N_2 .

Nitrifikasi dapat dihambat dengan memberikan bahan penghambat nitrifikasi, untuk menekan perubahan NH_4 menjadi NO_3 , sehingga potensi untuk terbentuk N_2O juga dapat ditekan. Beberapa bahan penghambat nitrifikasi telah tersedia secara komersial, antara lain 2-chloro-6 (trichloromethyl) pyridine, sulfathiazole, dicyandiamide, 2-amino-4-chloro-6-methyl pyrimidine, 2-mercaptobenzothiazole, thiourea, 5-ethoxy-3-trichloromethyl-1,2,4-thiadiazole (terrazole), nitropyrin dan karbofuran (2,3-dihidro-2,2-dimetil-7-benzofuranil metilkarbamat) (Subbarao *et al.* 2006; Unger *et al.* 2009). Beberapa bahan alami berpotensi sebagai penghambat nitrifikasi, antara lain biji mimba (*Azadirachta indica* A Juss) (Wihardjaka 2010), *Brachiaria mutica*, *Brachiaria decumbens*, dan *Brachiaria humidicola* (Sawitri *et al.* 2013).



Sumber: Wihardjaka (2010).

Gambar 19. Fluks emisi n_2o kumulatif pada fase pertanaman padi akibat perlakuan penghambat nitrifikasi

Pemberian bahan penghambat nitrifikasi berupa biji mimba efektif menekan emisi N_2O dan memberikan hasil gabah relatif tinggi. Biji mimba dan karbofuran masing-masing dapat menekan emisi N_2O sebesar 30-57% dan 12-48% (Wihardjaka *et al.* 2010). Efektivitas biji mimba relatif lebih

tinggi dibandingkan dengan karbofuran dalam menurunkan emisi N_2O , terutama bila diberikan bersamaan dengan jerami padi yang telah melapuk. Biji mimba potensial sebagai penghambat nitrifikasi seperti karbofuran dan relatif lebih ramah lingkungan. Biji mimba yang digunakan dalam kajian ini mengandung senyawa polifenol (0,13% tannin), yang diduga dapat menghambat aktivitas bakteri nitrifikasi dan bakteri denitrifikasi (Wihardjaka *et al.* 2010).

5.4. Aplikasi Pupuk Daun

Pemupukan melalui tanah merupakan salah satu sumber emisi GRK. Pengaruh pemupukan terhadap fluks CO_2 bervariasi tergantung kondisi lingkungan. Penelitian Chu, *et al.* (2007), menunjukkan bahwa pemupukan secara umum meningkatkan emisi CO_2 . Namun CO_2 juga dapat dimanfaatkan oleh tanaman untuk fotosintesis, sehingga jika fotosintesis lebih kecil dari respirasi tanah maka akan terjadi emisi CO_2 ke atmosfer.

Tanah pertanian adalah sumber antropogenik utama nitrous oxide (N_2O), terutama karena penggunaan pupuk N. Umumnya, emisi N_2O dinyatakan sebagai fungsi dari tingkat aplikasi N. Ini menunjukkan bahwa aplikasi pupuk yang lebih kecil selalu mengarah pada emisi N_2O yang lebih kecil. Teknik pemupukan sangat diperlukan untuk mengurangi emisi N_2O serta meningkatkan efisiensi pemupukan, karena hubungan antara peningkatan input pupuk dengan produksi tidak linear (Van Groenigen *et al.* 2010). Berdasarkan penelitian Kartikawati dan Nursyamsi (2013) pemupukan NPK dosis 100% ternyata menghasilkan rata-rata fluks N_2O tertinggi, yaitu sebesar $1629 \mu g/m^2/hari$ atau 24% lebih tinggi dibandingkan kontrol.

Pemupukan lewat daun dapat menekan emisi GRK serta meningkatkan efisiensi pemupukan. Pupuk dapat langsung diserap oleh tanaman, tanpa berinteraksi dengan tanah dan mikroba dalam tanah. Pemupukan nitrogen lewat daun mampu menekan emisi metana pada pertanaman padi. Pemupukan N lewat daun dapat menekan denitrifikasi dan pelepasan N_2O (Smith *et al.* 1991).

VI. PENUTUP

Lahan rawa berpotensi untuk **pengembangan pertanian** tanaman padi dan penyangga produksi padi nasional. Pengelolaan lahan rawa perlu dilakukan secara intensif agar produktivitas lahan tinggi. Salah satu upaya untuk meningkatkan produktivitas lahan rawa untuk tanaman padi adalah melalui pemupukan. Namun salah satu dampak lingkungan dari pemupukan adalah dapat meningkatkan emisi GRK terutama N_2O dan metana. Teknologi pemupukan yang rendah emisi GRK di lahan rawa perlu dikembangkan sebagai upaya mitigasi pemanasan global. Teknologi pemupukan padi yang rendah emisi GRK meliputi Penerapan sistem pertanian *zero waste*, pemupukan tepat jenis, dosis, dan waktu, penggunaan bahan penghambat nitrifikasi dan penggunaan pupuk daun.

DAFTAR PUSTAKA

- Abao, Jr, E.B., K..F. Bronson, R. Wassmann and U. Singh. 2000. Simultaneous records of methane and nitrous oxide emission in rice-based cropping systems under rainfed conditions. *Nut. Cyc. Agroecos.* 58: 131-139.
- Adhya, T.K., P. Pattnaik, S.N Satpathy, S. Kumaraswamy, and N. Sethunathan. 1998. Influence of phosphorus application on methane emission and production in flooded paddy soils. *Soil Biology and Biochemistry.* Vol. 30 (2); 177-181pp.
- Agus, F, Wahyunto, A. Dariah, P. Setyanto, I G.M. Subiksa, E. Runtunuwu, E. Susanti, and W. Supriatna. 2010. Carbon budget and management strategies for conserving carbon in peatland: Case study in Kubu Raya and Pontianak Districts, West Kalimantan, Indonesia. pp. 217-233. In Z.S. Chen and F. Agus (Eds.). *Proceedings of International Workshop on Evaluation and Sustainable Management of Soil Carbon Sequestration in Asian Countries*, Bogor, Indonesia, 28-29 September 2010.
- Alihamsyah, T., 2004. *Potensi dan Pendayagunaan Lahan Rawa untuk Peningkatan Produksi Padi. Ekonomi Padi dan Beras Indonesia.* Badan Litbang Pertanian, Jakarta.
- Alwi, M. dan A. Fahmi, 2016. *Decision Support System (DSS) Pemupukan Padi Lahan Rawa.* Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian. Banjarbaru, 20 Juli 2016.

- Annisa, W. dan D. Nursyamsi, 2016. Pengaruh Amelioran, Pupuk dan Sistem Pengelolaan Tanah Sulfat Masam Terhadap Hasil Padi dan Emisi Metana. *Jurnal Tanah dan Iklim*. Vol. 40 No. 2. Hal. 135-145.
- Arsyad, D.M., B.B. Saidi dan Enrizal, 2014. Pengembangan Inovasi Pertanian di Lahan Rawa Pasang Surut Mendukung Kedaulatan Pangan. *Pengembangan Inovasi Pertanian* Vol. 7 No. 4 Desember: 169-176
- Ar-Riza, I. 2005. Pedoman Teknis Budi Daya Padi di Lahan Lebak. Balittra, Banjarbaru. 28 hal.
- Aslam, M. Ali, C. H. Lee, Y. B. Lee and P.J. Kim, 2007. Silicate Fertilization In No-Tillage Rice Farming For Mitigation of Methane Emission And Increasing Rice Productivity. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 132; 16–22.
- BBSDLP. 2016. Peta Arahana Penggunaan Lahan. Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor. 116 halaman.
- Chu, H., Y. Hosen and K. Yagi. 2007. NO, N₂O, CH₄ and CO₂ fluxes in winter barley field of Japanese Andisol as affected by N fertilizer management. *Soil Biology & Biochemistry* 39: 330–339.
- Dobermann, A. and T. Fairhurst. 2000. Rice; Nutrient Disorder and Nutrient Management. International Rice Research Institute- Potash & Phosphate Institute (PPI)-Potash & Phosphate Institute of Canada (PPIC).
- Ekberg A, Buchmann N, Gleixner G. 2007. Rhizospheric influence on soil respiration and decomposition in a temperate Norway spruce stand. *Soil Biol and Biochem*. 39: 2103-2110.
- Fageria, N.K. and B. Virupax. 1999. Nitrogen management for lowland rice production on an Inceptisol. Agricultural Research Service, USDA, NAA, AFSRC, Beaver.
- Jauhiainen, J., Jaya, A., Inoue, T., Heikkinen, J., Martikainen, P., and Vasander, H. 2004. Carbon balance in managed tropical peat in Central Kalimantan, in: Proceedings of the 12th International Peat Congress, Tampere 6-11.6.2004, edited by: Paivänen, J.,” 653–659.
- Kartikawati, R. dan D. Nursyamsi, 2013. Pengaruh pengairan, pemupukan dan penghambat nitrifikasi terhadap emisi gas rumah kaca di lahan sawah tanah mineral. *Ecolab* Vol. 7 No. 2: hal 49 - 108

- Karhu, K., T. Mattila., I. Bergstrom and K. Regina. 2011. Biochar addition to agricultural soil increased CH₄ uptake and water holding capacity- results from a short-term pilot field study. *Agr Ecosyst Environ.* 140. p.309-313.
- Knorr KH, Oosterwoud MR, Blodau C. 2008. Experimental drought alters rates of soil respiration and methanogenesis but not carbon exchange in soil of a temperate fen. *Soil Biol Biochem.* 40:1781–1791.
- Makarim, A.K. dan E. Suhartatik. 2006. Budi Daya padi dengan masukan *in situ* menuju perpadian masa depan. *Iptek Tanaman Pangan.* 1 (1): 19-29.
- Mcswiney, C.P. and G.P. Robertson, 2005. Nonlinear response of N₂O flux to incremental fertilizer addition in a continuous maize (*Zea mays* L.) cropping system. *Global Change Biology.* <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.01040.x>.
- Meiviana, A., DR. Sulistiowati, and MH. Soejachmoen. 2004. Bumi Makin Panas, Ancaman Perubahan Iklim di Indonesia. Kementerian Negara Lingkungan Hidup, JICA, Yayasan Pelangi. Jakarta.
- Mulyani, A. dan M. Sarwani. 2013. Karakteristik dan Potensi Lahan Suboptimal untuk Pengembangan Pertanian di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan* 2: 47-56.
- Permentan, 2013. Pedoman Kesesuaian Lahan pada Komoditas Tanaman Pangan. Peraturan Menteri Pertanian. Nomor 79/Permentan/OT.140/8/2013.
- Reddy, K.R. and DeLaune R.D. 2008. WETLAND Science and Applications. CRC Press & Francis.
- Rastogi M, Singh S, Pathak H. 2002. Emission of carbon dioxide from soil. *Current Science* 82(5): 510-517.
- Rinnan R, Silvola J, Martikainen PJ. 2003. Carbon dioxide and methane fluxes in boreal peatland microcosms with different vegetation cover-effects of ozone or ultraviolet-B exposure. *Oecologia.* 137: 475-483.
- Sahrawat, KL. 2004. Nitrification inhibitors for controlling methane emission from submerged rice soils. *Current Science* 87(8): 1084-1087.
- Santoso, Budi. 2005. Keterkaitan Antara Pertumbuhan Ekonomi Nasional, Sektor Pertanian dan Emisi Gas Rumah Kaca. Disertasi. Program Pascasarjana IPB. Bogor.

- Sawitri, A. I., Purwanto, dan S. Minardi, 2013. Kajian efektivitas penghambatan nitrifikasi pada rhizosphere berbagai spesies tanaman *Brachiaria* di Alfisol. *SAINS TANAH–Jurnal Ilmu Tanah dan Agroklimatologi* 10 (2); hal 153-163.
- Sembiring, H. 2007. Kebijakan penelitian dan rangkuman hasil penelitian BB Padi dalam mendukung peningkatan produksi beras nasional. *Apresiasi Hasil Penelitian Padi*. 39-59.
- Setyanto P, dan R. Kartikawati, 2008. Sistem Pengelolaan Tanaman Padi Rendah Emisi Gas Metana. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 27 (3): 154-163.
- Setyanto, P. 2008. Perlu Inovasi Teknologi Mengurangi Gas rumah Kaca dari Lahan Pertanian. Balingtan, Badan Litbang Pertanian, Deptan. Surat Kabar Sinar Tani 23-29 April 2008.
- Setyanto, P., H. Burhan, S. Y. Jatmiko. 2008. Effectiveness of water regime and soil management on methane emission reduction from rice field. *Prosiding seminar Nasional pencemaran lingkungan pertanian melalui pendekatan pengelolaan daerah aliran sungai (DAS) secara terpadu*. 219-233.
- Subbarao GV, Ishikawa T, Ito O, Nakahara K, Wang HY, Berry WL. 2006. A bioluminescence assay to detect nitrification inhibitors released from plant roots: a case study with *Brachiaria humidicola*. *Plant Soil* 288, 101-112.
- Sudaryanto, T., R. Kustiari, dan H.P. Saliem. 2010. Perkiraan kebutuhan pangan tahun 2010-2050. hlm. 1-23 Dalam Buku Analisis Sumber Daya Lahan Menuju Ketahanan Pangan Bekelanjutan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Jakarta, hlm. 163.
- Smith CJ, Freney JR, Sherlock RR, Galbally IE. 1991. The fate of urea nitrogen applied in a foliar spray to wheat at heading. *Fertilizer Research* 28, 129–138. doi: 10.1007/BF01049743.
- Snyder, CS., TW. Bruulsema, TL. Jensen, & PE. Fixen. 2009. Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. *Agri.Ecos.Env.* 133: 247–266.
- Subagyo, H. 2006. Klasifikasi dan penyebaran lahan rawa. hlm.1- 22. Dalam D.A. Suriadikarta, U. Kurnia, Mamat H.S., W. Hartatik, dan D. Setyorini (Ed.). *Karakteristik dan Pengelolaan Lahan Rawa*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor.

- Sudadi, U., 2002. Produksi Padi dan Pemanasan Global: Tanah Sawah Bukan Sumber Utama Emisi Methan. Makalah Pengantar Falsafah Sain (PPS 702) Program Pasca Sarjana / S3 Institut Pertanian Bogor, Bogor. 14 hal.
- Unger, IM., PP. Motavalli, & RM. Muzika. 2009. Changes in soil chemical properties with flooding A field laboratory approach. *Agri.mEcos. Env.* 131: 105-110.
- Van Groenigen, J.W., G.L. Velthof, O. Oenema, K.J. Van Groenigen, and C. Van Kessel. 2010. Best Nitrogen Management Practices to Decrease Greenhouse Gas Emissions. *European Journal of Soil Science* 61:903-913.
- Wahid, A.S., 2003. Peningkatan Efisiensi Pemupukan Nitrogen pada Padi Sawah dengan Metode Bagan Warna Daun. *Jurnal Litbang Pertanian*, 22(4), 159-161.
- Whalen, S. C. 2000. Nitrous Oxide Emission from an Agricultural Soil Fertilized with Liquid Swine Waste or Constituents. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 64: 781- 789.
- Widjaya Adhi, I.P.G., K. Nugroho, D. Ardi S., A. S. Karama. 1992. Sumber daya lahan rawa: potensi, keterbatasan dan pemanfaatan. Dalam Sutjipto, P. dan Mahyudin Syam. (eds). *Pengembangan Terpadu Pertanian Lahan Rawa Pasang Surut dan Lebak. Risalah Nasional Pengembangan Pertanian Lahan Rawa Pasang Surut dan Lebak.* Bogor, 3-4 Maret 1992. p. 176-188.
- Wihardjaka, A. 2007. Methane Emission From Some Rice Cultivars In Rainfed Rice Field. *Jurnal Biologi Indonesia* 4(3): 143-152.
- Wihardjaka A dan S. Abdurachman, 2007. Dampak Pemupukan Jangka Panjang Padi Sawah Tadah Hujan Terhadap Emisi Gas Metana. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* Vol. 26 NO. 3;199-205
- Wihardjaka, A., S. D. Tandjung., B.H. Sunarminto and E. Sugiharto. 2011. Methane Emission From Direct Seeded Rice Under The Influences. *Indonesian Journal of Agricultural Science.* 13(1): 1-11.
- Wihardjaka, A. dan D. Nursyamsi, 2012. Pengelolaan Tanaman Terpadu pada Padi Sawah yang Ramah Lingkungan. *Pangan*, Vol. 21 No. 2.: 185-196
- Wihardjaka, A. 2010. Emisi Gas Dinitrogen Oksida dari Tanah Sawah Tadah Hujan yang diberi Jerami Padi dan Bahan Penghambat Nitrifikasi. *Jurnal Biologi Indonesia* 6(2): 211-224p.

- Wihardjaka A, S. D. Tandjung, B. H. Sunarminto dan E. Sugiharto. 2010. Emisi gas dinitrogen oksida pada padi gogorancah oleh pemberian jerami padi dan bahan penghambat nitrifikasi. JPPTP. 29(3):144-151.
- Xiong, Z. Q., G. X. Xing, and Z. L. Zhu (2007), Nitrous oxide and methane emissions as affected by water, soil and nitrogen, *Pedosphere*, 17, 146–155.
- Yeo, R.A. and T.J. Flower. 2007. *Plant Solute Transport*. Blackwell Publishing.
- Yoshida, S. 1981. *Fundamental of Rice Crop Science*. International Rice Research Institute, Los Baños, Laguna, Philippines, 269p.

PEMUPUKAN P BERBASIS MIKROBA PELARUT P DI LAHAN SULFAT MASAM UNTUK TANAMAN PADI

Arthanur Rifqi Hidayat dan Yuli Lestari

Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa,

Jl. Kebun Karet, Loktabat, Banjarbaru 70700

Email: arthanurrifqihidayat@gmail.com

RINGKASAN

Pemanfaatan lahan sulfat masam merupakan salah satu alternatif untuk menjaga ketahanan pangan terutama padi. Budi daya padi di lahan sulfat masam dihadapkan pada masalah kemasaman tanah yang tinggi (pH rendah), keracunan Fe dan Al serta rendahnya ketersediaannya unsur hara makro. Salah satu unsur hara makro yang rendah ketersediaannya sehingga menyebabkan defisiensi adalah fosfor. Pada pH rendah, fosfor terfiksasi oleh Fe dan Al menjadi Fe-P dan Al-P. Oleh karena itu, pemupukan P untuk memperbaiki pertumbuhan dan meningkatkan produksi padi efisiensinya rendah. Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi pemupukan P pada tanaman padi di tanah sulfat masam adalah dengan memanfaatkan mikroba pelarut fosfat. Aplikasi mikroba pelarut fosfat sebagai pupuk hayati dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dan hasil karena kemampuannya meningkatkan ketersediaan hara P dan pH tanah, menghasilkan fitohormon dan menurunkan toksisitas Fe dan Al.

I. PENDAHULUAN

Produksi pangan nasional sangat tergantung pada sumber daya lahan yang tersedia dan terutama cocok untuk tanaman padi, karena makanan pokok sebagian besar penduduk Indonesia adalah beras. Di samping itu, beberapa daerah yang semula bahan makanan pokoknya non beras, ada kecenderungan beralih ke beras sehingga kebutuhan secara nasional semakin meningkat (Noor *et al.* 2017). Secara ekstensifikasi, peningkatan produksi padi dapat diarahkan dengan memanfaatkan lahan rawa pasang surut sulfat masam. Luas lahan sulfat masam di Indonesia diperkirakan 6,71 juta hektar, yang tersebar di empat pulau besar, yaitu Sumatera (1.806.000 ha), Kalimantan (3.452.100 ha), Papua (2.932.690 ha), dan

Sulawesi (1.039.450 ha) (Mulyani *et al.* 2012). Hasil padi di lahan pasang surut terdegradasi yang diberi pupuk lengkap ($90 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ N} + 45 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5 + 150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$) dan 1 ton dolomit ha^{-1} berkisar antara 1,6-3,4 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Ar-Riza *et al.* 2015).

Pemanfaatan lahan sulfat masam untuk tanaman padi menghadapi kendala seperti rendahnya pH tanah (<3.5), keracunan aluminium (Shamshuddin *et al.* 2004), rendahnya basa-basa dapat dipertukarkan seperti K-dd, Na-dd, Ca-dd (Nadjib & Haerani 2008) keracunan ion besi fero (Suswanto *et al.* 2007) dan kahat hara P (Purnomo *et al.* 2005; Hayati, 2013). Unsur P, sering kali menjadi faktor pembatas pertumbuhan dan perkembangan tanaman padi di tanah sulfat masam karena tidak tersedia bagi pertumbuhan dan rendahnya serapan tanaman.

Fosfor (P) merupakan hara penting ke-2 setelah nitrogen yang diperlukan untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Di dalam tanaman unsur P berperan penting dalam proses metabolis termasuk fotosintesis, transfer energi, *signal transduction*, biosintesis makromolekuler dan respirasi (Khan *et al.* 2010). Pasokan P yang cukup selama awal perkembangan tanaman penting untuk meletakkan primordia yang merupakan bagian reproduksi tanaman. Selain itu, P juga penting dalam meningkatkan percabangan akar, resistensi terhadap penyakit, mempercepat pemasakan dan pengisian biji pada tanaman biji-bijian dan kacang-kacangan. Rendahnya ketersediaan atau defisiensi fosfor dapat menurunkan ukuran dan pertumbuhan tanaman (Sharma *et al.* 2013).

Tanaman menyerap fosfor dari larutan tanah sebagai anion fosfat, yaitu H_2PO_4 atau HPO_4^{2-} . Anion H_2PO_4 adalah bentuk fosfat anorganik terlarut yang biasa tersedia pada pH rendah. Namun sejalan dengan meningkatnya pH bentuk fosfat anorganik trivalent atau divalent yang tersedia (HPO_4^{2-} atau HPO_4^{3-}). Di dalam tanah unsur ini terpresipitasi sebagai ortofosfat atau teradsorpsi oleh Fe atau Al oksida (Kumar 2009), Selain mempresipitasi fosfat, Fe dan Al di tanah sulfat masam juga dapat menurunkan serapan P oleh padi karena menghambat pembelahan, pemanjangan sel akar atau keduanya (Panhwar *et al.* 2016).

Untuk mendapatkan hasil yang optimum sesuai dengan potensinya diperlukan pasokan P yang cukup baik dari dalam tanah maupun penambahan (pemupukan) (Grant *et al.* 2005). Namun demikian, efisiensi pemupukan P tergolong rendah, karena sekitar 75-90% pupuk yang diaplikasikan terpresipitasi oleh berbagai unsur yang ada di dalam tanah

(Zaidi *et al.* 2009). Salah satu cara mengatasi permasalahan ini adalah aplikasi mikroba pelarut P. Mikroorganisme pelarut P melalui berbagai mekanisme pelarutan dan mineralisasi mampu mengubah P anorganik dan organik tanah menjadi bentuk tersedia memfasilitasi serapan akar tanaman (Sharma *et al.* 2006). Penggunaan mikroba pelarut P sebagai pupuk hayati mempunyai banyak keuntungan, di antaranya hemat energi, tidak mencemari lingkungan, mampu membantu meningkatkan kelarutan P yang terjerap, menghalangi terjerapnya P pupuk oleh unsur penjerap dan mengurangi toksisitas Al^{3+} , Fe^{3+} , dan Mn^{2+} terhadap tanaman pada tanah masam (Efati 2005 dalam Dewanti *et al.* 2017). Mekanisme yang terlibat pada proses ini adalah terjadinya pengkelatan Al bebas oleh asam organik yang diproduksi oleh bakteri. Bakteri ini juga meningkatkan pH tanah karena produksi polisakarida sehingga mengakibatkan Al terpresipitasi (Panwar *et al.* 2015).

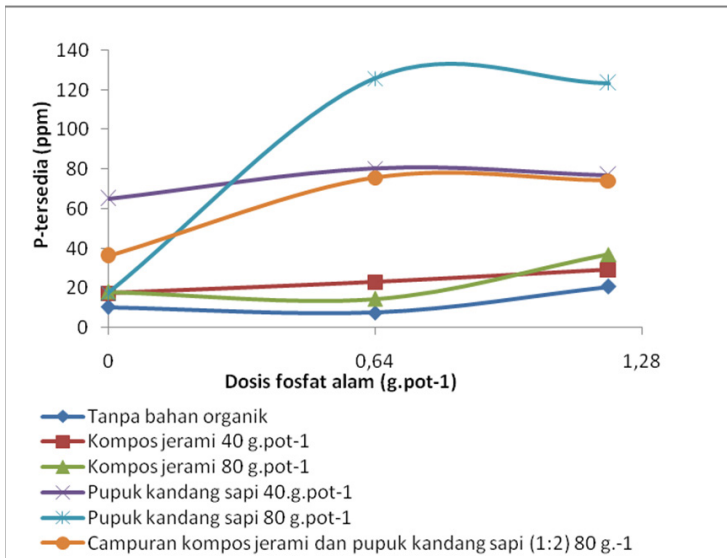
II. STATUS HARA PADI LAHAN SULFAT MASAM

Total fosfor di permukaan tanah bervariasi dari 0,005–0,15% dan menurun dengan meningkatnya intensitas pelapukan. Secara garis besar, fosfor di dalam tanah dikelompokkan menjadi organik dan anorganik. Senyawa P-organik di dalam tanah, umumnya merupakan ester dari ortofosfat ($H_2PO_4^-$) seperti inositol fosfat, fosfolipid dan asam nukleat. Sementara itu, bentuk P-anorganik di dalam tanah adalah apatit (sumber asli dari fosfor), fosfor yang membentuk kompleks dengan Fe atau Al dan yang dijerap oleh partikel liat (Havlin *et al.* 2012).

Secara umum, P yang ada di dalam larutan tanah berasal dari pelapukan mineral primer, mineral sekunder, desorpsi P yang terjerap liat atau permukaan mineral yang lain, mineralisasi biomassa mikroba dan bahan organik, pupuk yang diaplikasikan, dan aliran air.

Dinamika P di dalam tanah dicirikan oleh proses keseimbangan mineral (dissolutio-presipitasi), fisikokimia (sorpsi-desorpsi), biologi (imobilisasi-mineralisasi). P-total di tanah sulfat masam berkisar dari sedang sampai tinggi. P-total di tanah sulfat masam Barambai, Kabupaten Batola dan Lamunti, Kabupaten Kapuas, Kalimantan Tengah masing-masing adalah 128,28 mg.100 g⁻¹ (Supriyo *et al.* 2010) dan 40,84 mg.100g⁻¹ (Indrayati dan Umar 2011) tergolong sedang dan KP Belandean tergolong tinggi 0,26–0,56% (Fahmi *et al.* 2009).

Kelaurutan fosfat merupakan proses yang sangat penting bagi pertumbuhan tanaman. Tanaman menyerap P dalam bentuk HPO_4^{2-} atau H_2PO_4^- . Pada umumnya, P tersedia paling tinggi pada pH 5,5-7,0 (Dieroff *et al.* 2000). Di luar kisaran tersebut ketersediaannya menurun. Faktor-faktor yang memengaruhi ketersediaan fosfor di dalam tanah adalah pH, keseimbangan hara, bahan organik, suhu, tipe liat, waktu aplikasi. Beberapa faktor yang memengaruhi ketersediaan P di tanah sulfat masam di antaranya tipe luapan, varietas padi yang ditanam (Yuliani *et al.* 200). Menurut Batubara *et al.* (2014) bahwa jenis, dosis bahan organik berpengaruh terhadap ketersediaan fosfat (Gambar 20). P-tersedia tanah sulfat masam yang diberi pupuk kandang lebih tinggi dibanding kompos karena kadar P dalam pupuk kandang (0,186% P_2O_5) lebih tinggi dibandingkan kompos jerami (0,076% P_2O_5). Semakin tinggi dosis bahan organik yang diaplikasikan, maka P-tersedia semakin meningkat karena meningkatkan reduksi Fe^{3+} menjadi Fe^{2+} . Selain itu, semakin meningkat dosis fosfat alam yang diaplikasikan, maka P-tersedia juga meningkat.



Sumber: Diolah dari Batubara *et al.* (2014)

Gambar 20. Hubungan antara jenis dan dosis bahan organik dengan dosis fosfat alam terhadap p-tersedia

P-tersedia di tanah sulfat masam Typic Sulfaquept Semarak Malaysia menurun sejalan dengan kedalaman (Tabel 17). Hal ini sejalan dengan

nilai pH tanah, namun berbanding terbalik dengan konsentrasi Al dan Fe. Semakin rendah pH tanah dan semakin meningkat konsentrasi Al dan Fe maka P-tersedia semakin menurun (Panhwar *et al.* 2014). Semakin rendah pH tanah maka adsorpsi P oleh Fe/Al oksida semakin meningkat. Pada pH 4-5 P diabsorpsi oleh gipsit ($\text{Al}(\text{OH})_3$), sedangkan pada pH <3 maka P diabsorpsi oleh goethite (FeOOH) (Havlin *et al.* 2012).

Tabel 17. P-tersedia, ph, al dan fe tanah sulfat masam semarak, Malaysia pada kedalaman yang berbeda

Lokasi	Kedalaman	Sifat Kimia Tanah			
		P-tersedia (mg.kg^{-1})	pH	Al (cmol.kg^{-1})	Fe (mg.kg^{-1})
Lokasi 1	0-15	13,10	3,43	7,71	69,70
	15-30	3,40	3,41	7,69	89,25
	30-45	2,72	3,30	8,01	116,45
	45-60	1,95	3,21	8,23	221,60
	60-75	1,77	3,17	8,09	232,00
Lokasi 2	0-15	26,3	4,0	1,2	174
	15-30	19,1	4,0	2,1	170
	30-45	13,1	3,8	4,5	129
	45-60	12	3,6	5,5	124
Lokasi 3	0-15	25,2	4,7	1,2	181
	15-30	16,6	3,5	1,5	176
	30-45	15,5	3,4	1,7	167
	45-60	1,4	3,4	1,9	163
Lokasi 4	0-15	19,2	3,8	1,8	180
	15-30	14,8	3,8	1,9	178
	30-45	12,2	3,5	1,9	145
	45-60	11,6	3,3	4,3	124
Lokasi 5	0-15	19,1	3,3	1,7	179
	15-30	14,3	3,6	1,8	171
	30-45	11,5	3,5	2,03	154
	45-60	10,7	3,4	4,03	130

Sumber: Panhwar *et al.* (2014)

Ketersediaan P di tanah sulfat masam berkisar dari sangat rendah sampai dengan tinggi. Kandungan P-tersedia di lahan sulfat masam di

Desa Karangbunga (Kalimantan Selatan) dan Desa Sidomulyo (Kalimantan Timur) masing-masing adalah 6,7 ppm dan 5,7 ppm dan tergolong sangat rendah (Mukhlis 2012). Hasil penelitian Masganti *et al.* (2017), menunjukkan bahwa kadar P di tanah sulfat masam tipe luapan B di Desa Sungai solok, Kecamatan Kuala Lumpur, Kabupaten Palalawan, Riau, yaitu 7,8 ppm dan tergolong rendah. Kadar P tanah sulfat masam tergolong sedang dijumpai oleh Fahmi *et al.* (2009), yaitu di tanah sulfat masam tipe luapan B, KP. Belandean, Desa Mandastana, Kecamatan Alalak Kabupaten Barito Kuala Kalimantan Selatan adalah 14-17,3 ppm.

III. PEMUPUKAN PADI LAHAN SULFAT MASAM UNTUK TANAMAN PADI

Fosfor merupakan unsur utama sebagai penyusun adenosin trifosfat, nukleotida, asam nukleat dan fosfolipid yang berfungsi sebagai transfer energi, energi simpanan dan memelihara integritas membran. P bersifat mobil di dalam tanaman, dan memacu pembentukan anakan, perkembangan akar, awal pembungaan dan pemasakan. Hal ini terutama penting pada awal pertumbuhan. Selain itu pupuk mineral P diperlukan ketika sistem perakaran tanaman padi belum berkembang penuh dan P di tanah konsentrasinya rendah (Dobermaan and Fairhurst 2000).

Menurut Masganti dan Fauziati (1995), bahwa tanah sulfat masam aktual dan tanah sulfat masam bergambut pemupukan P memerlukan dosis 90 kg.ha⁻¹ P₂O₅, sedangkan tanah sulfat masam potensial hanya 60 kg.ha⁻¹ P₂O₅. Pada tanah sulfat masam, fosfat yang bersumber dari batuan alam lebih nyata meningkatkan hasil padi dibandingkan dengan TSP. Pemupukan 135 kg.ha⁻¹ P₂O₅ residunya dapat dimanfaatkan tanaman hingga pertanaman ketiga. Pemupukan 90 kg.ha⁻¹ P₂O₅ hanya memberikan efek residu pada pertanaman kedua. Sedangkan pemberian 45 kg.ha⁻¹ P₂O₅ tidak memberikan efek residu.

Masganti *et al.* (2017), mengemukakan bahwa pada pemberian kompos jerami padi sebanyak 1 ton.ha⁻¹, maka hasil gabah yang diberi pupuk P sebanyak 60 kg P₂O₅.ha⁻¹ nyata lebih tinggi dibandingkan 30 kg P₂O₅.ha⁻¹, 90kg P₂O₅.ha⁻¹ dan 120 kg P₂O₅.ha⁻¹. Hal yang sama juga diperoleh pada pemberian kompos jerami padi 2 dan 3 t.ha⁻¹. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian pupuk P lebih dari 60 kg P₂O₅.ha⁻¹, produksi padi menurun. Menurut Khairullah dan Noor (2018), bahwa pemupukan P dengan takaran yang tinggi tidak efisien, karena dapat menurunkan ketersediaan unsur hara lain yang antagonis dengan P. Hasil tertinggi produksi padi di lahan

pasang surut Desa Sungai Solok, Kecamatan Kampar, Kabupaten Palalawan, Riau adalah 5,73 t.ha⁻¹ yang diperoleh pada kombinasi pemberian jerami padi 2 t.ha dan 60 kg P₂O₅.ha⁻¹ yang tidak berbeda nyata dengan kombinasi pemberian jerami padi 3 t.ha dan 60 kg P₂O₅.ha⁻¹.

Tabel 18. Produktivitas padi di tanah sulfat masam akibat perbedaan pemberian kompos jerami dan pupuk p.

Dosis Bahan Organik	Dosis Pupuk P (kg P ₂ O ₅ .ha ⁻¹)				Rata-rata
	30	60	90	120	
t.ha ⁻¹ -----t.ha ⁻¹ -----					
1,0	4,50 a	5,27 cd	4,70 ab	4,62 ab	4,77 x
2,0	4,80 ab	5,73 e	5,17 bcd	4,93 bc	5,16 y
3,0	4,62 ab	5,43 de	4,62 ab	4,67 ab	4,84 xy
Rata-rata	4,64 p	5,48 q	4,83 p	4,74 p	

Sumber: Masganti *et al.* (2017).

Pemupukan P di lahan sulfat masam, selain berfungsi untuk meningkatkan ketersediaan P untuk tanaman, juga berfungsi untuk menurunkan Al-dd dan Fe-dd sehingga dapat memperbaiki pertumbuhan tanaman. Hasil penelitian Nguyen *et al.* (2017), status hara P di tanah pada saat sebelum tanam tergolong cukup, sementara pada saat setelah tanaman, pada plot yang dipupuk lebih dari 40 kg.ha⁻¹ P₂O₅, Al dan Fe dalam tanah menurun. Selanjutnya, Nguyen *et al.* (2017), menyimpulkan bahwa pemberian pupuk P dapat menurunkan toksisitas Al dan Fe melalui mekanisme presipitasi, pembentukan senyawa Al-P dan Fe-P.

IV. POTENSI MIKROBA PELARUT FOSFAT DI LAHAN SULFAT MASAM

4.1. Penyebaran Mikroba Pelarut P di Lahan Sulfat Masam

Mikroba pelarut P dapat dijumpai pada setiap ekologi. Pertama kali mikroba pelarut P terutama bakteri diisolasi menggunakan medium Pikovskaya. Medium Pikovskaya mengandung sumber P tidak larut, yaitu trikalsium fosfat (Ca₃(PO₄)₂). Dengan adanya trikalsium fosfat maka medium Pikovskaya, menjadi berwarna keruh. Ketika ditumbuhkan bakteri pelarut P, maka di sekitar koloni akan terbentuk zona jernih di sekitarnya yang menunjukkan bahwa trikalsium fosfat tersebut telah berubah menjadi

bentuk fosfat larut (Gambar 21). Panjang diameter zona jernih atau luas daerah jernih, secara kualitatif menunjukkan besar kecilnya kemampuan bakteri melarutkan P dari fosfat tidak larut (Rachmiati 1995). Selanjutnya, Fankem (2008), mengemukakan bahwa rasio diameter zona jernih (Z) terhadap diameter koloni (K) atau (Z/K) juga menunjukkan besar kecilnya aktivitas bakteri pelarut fosfat. Semakin tinggi rasio diameter zona jernih terhadap diameter koloni menunjukkan semakin tinggi aktivitas bakteri pelarut fosfat dalam melarutkan P.



Sumber: Foto Yuli Lestari

Gambar 21. Kemampuan bakteri pelarut p melarutkan fosfat tidak larut $Ca_3(PO_4)_2$ pada medium pikovskaya.

Mikroba pelarut P yang ada di tanah sulfat masam di antaranya bakteri, jamur dan actinomisetes. Isolasi mikroba pelarut P, dapat menggunakan medium selektif seperti Pikovskaya. Pada medium agar Pikovskaya

dengan sumber P tricalcium fosfat akan membentuk zona jernih di sekitar koloni. Dewi *et al.* (2017), berhasil mengisolasi bakteri pelarut fosfat dari pekarangan rumah, padang rumput, kebun jagung, padi sawah, kebun kelapa, hutan alami dan Padi Ladang. Jamur pelarut P juga berhasil diisolasi di kebun karet, pekarangan rumah, padi sawah, kebun jagung, padang rumput, kebun kelapa, kebun singkong, kebun sawit, hutan alami dan padi ladang.

Beberapa bakteri pelarut fosfat yang berhasil diisolasi dari tanah sulfat masam di antaranya *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus atrophaeus*, *Paenibacillus macerans*, *Vibrio proteolyticus*, *Xanthobacter agilis*, *Enterobacter aerogenes*, *Enterobacter taylorae*, *Enterobacter asburiae*, *Kluyvera cryocrescens*, *Pseudomonas stutzeri* dan *Chryseomonas luteola*. *Burkholderia thailandensis*, *Spingomonas pituitosa* dan *Burkholderia seminalis* (Panhwar *et al.* 2014).

Hasil penelitian Lestari (2011), menunjukkan bahwa perbedaan jenis vegetasi dan tanah sulfat masam berpengaruh terhadap populasi bakteri pelarut fosfat. Selain itu juga menunjukkan bahwa kemampuan bakteri pelarut fosfat dalam melarutkan fosfat tidak larut berbeda. Menurut Kumar (2016), bahwa kemampuan melarutkan P oleh bakteri pelarut fosfat sangat bervariasi antar strain dalam spesies yang sama. Pada umumnya kemampuan bakteri pelarut fosfat dalam melarutkan Ca_3PO_4 lebih tinggi dibandingkan dalam melarutkan AlPO_4 .

Menurut Panhwar *et al.* (2014), bahwa total mikroba di tanah sulfat masam tergolong rendah. Penyebabnya adalah tingginya kemasaman tanah, konsentrasi Al dan Fe sehingga tidak banyak spesies yang toleran. Populasi mikroba pelarut P baik bakteri, fungi maupun aktinomisetes lebih tinggi pada rhizosfer dibandingkan pada non rhizosfer yang bervariasi tergantung pada tipe vegetasi dan pengelolaan tanah. Hasil penelitian Dewi (2017), menunjukkan bahwa populasi jamur pelarut fosfat ($3\text{-}22,5 \times 10^6$ CFU .g⁻¹ tanah) di tanah sulfat masam lebih tinggi dari bakteri pada pelarut fosfat ($0\text{-}12 \times 10^6$ CFU.g⁻¹ tanah).

Populasi bakteri pelarut P di tanah sulfat masam dipengaruhi oleh tipe luapan dan jenis vegetasi. Populasi bakteri pelarut P di tipe luapan C lebih tinggi dibandingkan tipe luapan B pada vegetasi karamunting (*Melastoma affine*). Sebaliknya, pada vegetasi kelakai (*Stenochlaena polustris*) dan jeruk siam (*Citrus suhuensis*) populasinya lebih tinggi pada tipe luapan B dibandingkan tipe luapan C. Diduga pada akar yang berbeda maka eksudat

akar yang dilepaskan ke dalam tanah, baik jenis maupun jumlahnya tidak sama sehingga memengaruhi kepadatan populasi bakteri (Lestari dan Mukhlis 2008).

4.2. Peranan Mikroba Pelarut P di Lahan Sulfat Masam

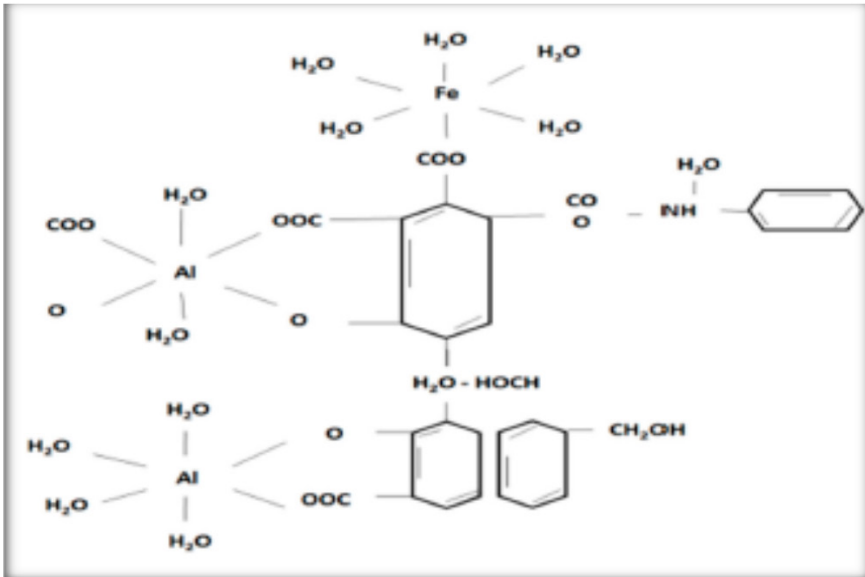
Mikroorganisme tanah memainkan peranan kunci terhadap dinamika P tanah. Inokulasi bakteri pelarut fosfat dapat meningkatkan ketersediaan P di tanah sulfat masam yang berasal dari Pulang Pisau, Kalimantan Tengah. P-tersedia tanah sulfat masam steril yang diinokulasi bakteri pelarut fosfat dan jamur pelarut fosfat masing-masing meningkat 14,59 ppm dan 15,44 ppm, sedangkan pada tanah tidak steril masing-masing meningkat 7,26 ppm dan 8,25 ppm (Dewi *et al.* 2017).

Inokulasi bakteri pelarut meningkatkan pH tanah sulfat masam yang berasal dari Pulang Pisau, Kalimantan Tengah. pH tanah sulfat masam steril yang diinokulasi bakteri pelarut fosfat dan jamur pelarut fosfat masing-masing meningkat 0,75 unit dan 0,66 unit, sedangkan pada tanah tidak steril masing-masing meningkat 0,22 unit dan 0,14 unit (Dewi *et al.* 2017).

Sejumlah bakteri pelarut fosfat ada yang tergolong *Bacillus* dan mampu bersifat antagonis terhadap penyakit yang disebabkan oleh *R. solani* (*sheath blight*). Jamur *R. solani* yang ditumbuhkan pada medium PDA bersama bakteri pelarut fosfat pertumbuhan miselinya terhambat (Panwar *et al.* 2012).

Hasi-hasil penelitian menunjukkan bahwa bakteri pelarut P dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman, bukan hanya karena kemampuannya mengubah P tidak larut menjadi bentuk yang dapat digunakan oleh tanaman, tetapi juga karena kemampuannya memproduksi zat pengatur tumbuh (Dewanti *et al.* 2016; Panhwar *et al.* 2014). Dari 21 isolat bakteri pelarut P yang diuji diperoleh isolat yang mampu menghasilkan IAA dengan konsentrasi yang tinggi dibandingkan isolat yang lain. PSB 21 dan PSB 7 masing-masing menghasilkan IAA sebesar 14,96 mg.L⁻¹ dan 13,16 mg.L⁻¹. Selanjutnya, hasil penelitian Panhwar *et al.* (2015), menunjukkan bahwa volume akar bibit padi yang diinokulasi bakteri pelarut fosfat penghasil IAA lebih tinggi dibandingkan kontrol. Meningkatnya perkembangan akar menyebabkan penyerapan hara menjadi lebih baik sehingga tinggi tanaman dan bobot kering tanaman meningkat.

Hasil penelitian Panhwar *et al.* (2015), menunjukkan bahwa bakteri pelarut fosfat dari genus *Bacillus*, *Stenotrophomonas*, dan *Burkholderia* mempunyai kemampuan menurunkan pengaruh toksisitas Al dan Fe. Mekanisme utama yang terlibat adalah proses kelatisasi Al dan Fe oleh asam organik.



Sumber: Panhwar *et al.* 2016

Gambar 22. Mekanisme pengkhelatan al dan fe oleh asam organik di dalam tanah

Selanjutnya, Shamshuddin *et al.* (2017), mengemukakan bahwa bakteri pelarut fosfat juga dapat meningkatkan pH tanah sampai level yang menyebabkan Al terpresipitasi sebagai Al-hidroksida yang inert. Hal ini disebabkan, karena kemampuannya memproduksi polisakarida yang mungkin mengabsorpsi H⁺ pada larutan sehingga pH meningkat (Panhwar *et al.* 2015).

V. MEKANISME PELARUTAN P OLEH MIKROBA PELARUT P

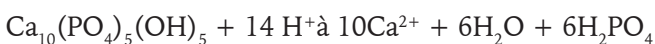
Pada prinsipnya mikroba pelarut P melarutkan P tidak larut menjadi bentuk yang bisa diserap oleh tanaman. Menurut Kumar (2016), bahwa bakteri pelarut fosfat menggunakan mekanisme yang berbeda untuk melarutkan P berdasarkan jenis dari sumber P tidak larut. Sumber P tidak larut yang ada di dalam tanah adalah P-organik dan anorganik. Perubahan P-anorganik tidak larut menjadi tersedia bagi tanaman disebut pelarutan

sedangkan perubahan P-organik menjadi tersedia bagi tanaman disebut mineralisasi. Pelarutan P oleh mikroba pelarut P terjadi karena produksi asam organik, produksi asam anorganik, asimilasi P dari bentuk cair (disolusi tidak langsung), produksi H_2CO_3 , pelepasan proton dari asimilasi NH_4^+ , penurunan pH karena pelepasan proton, siderofor, eksopolisakarida dan lintasan langsung oksidasi (Sharma *et al.* 2013).

Proses pelarutan fosfat oleh MPP karena terbentuknya asam organik bersamaan dengan menurunnya pH medium disebut teori produksi asam (Shahab 2015). Asam organik yang diproduksi oleh bakteri pelarut fosfat di antaranya asam malat, asam tartarat, asam sitrat (Priyambada *et al.* 2009), asam oksalat, asam propionate, asam salisilat (Panhwar *et al.* 2015), asam glukonat, asam asetat dan asam format (Santosa 2010). Setiap mikroba pelarut fosfat menghasilkan jumlah dan jenis asam organik yang berbeda, dan ada kemungkinan satu jenis mikroba pelarut P menghasilkan lebih dari satu jenis asam organik (Adu-Tae 2004). Selanjutnya, menurut Santosa (2010), bahwa kemampuan asam organik melarutkan fosfat menurun menurut konstanta stabilitas ($\log K$) menurut urutan sebagai berikut: asam sitrat > oksalat > tartarat > laktat > glukonat > asetat > format.

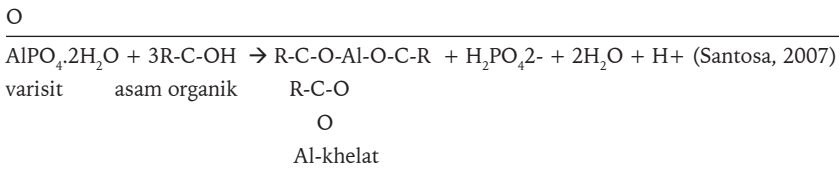
Selanjutnya, menurut Tatiek (1991), jumlah dan jenis asam organik yang diekskresikan oleh bakteri pelarut fosfat berbeda. Perbedaan kemampuan isolat bakteri pelarut fosfat dalam melarutkan fosfat tidak larut dikarenakan setiap spesies bakteri mempunyai kemampuan secara genetik yang berbeda dalam menghasilkan asam-asam organik baik jumlah maupun jenisnya. Jumlah dan jenis asam-asam organik inilah yang berperan dalam menentukan tingginya pelarutan P, (Tatiek 1991).

Menurut Ismangil dan Hanudin (2005), bahwa pelarutan mineral oleh asam organik berupa reaksi hidrolisis, asidolisis, dan kompleksolisis. Pada proses ini asam organik berperan memasok proton dan anion. Menurut Ismangil dan Hanudin (2005), gugus fungsional dari asam organik dapat mengalami disosiasi yang menghasilkan proton (H^+) dan anion organik (gugus fungsional bermuatan negatif). Gambaran mekanisme pelarutan P karena peran proton (asidolisis) menurut Elfiati (2005) adalah sebagai berikut.



Trikalsium fosfat

Gugus-gugus fungsional dari asam organik seperti karboksil (-COO) dan hidroksil (-O⁻) yang bermuatan negatif hasil proses disosiasi asam organik selanjutnya membentuk senyawa kompleks dengan ion (kation) logam yang biasa disebut chelate (Wagner & Wolf 1988). Asam-asam organik mengkhelat Al, Fe, atau Ca mengakibatkan fosfat terlepas dari ikatan $\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ atau $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ sehingga meningkatkan kadar fosfat terlarut dalam tanah. Reaksi khelasi antara anion organik dengan Al-P maupun Fe-P adalah sebagai berikut.



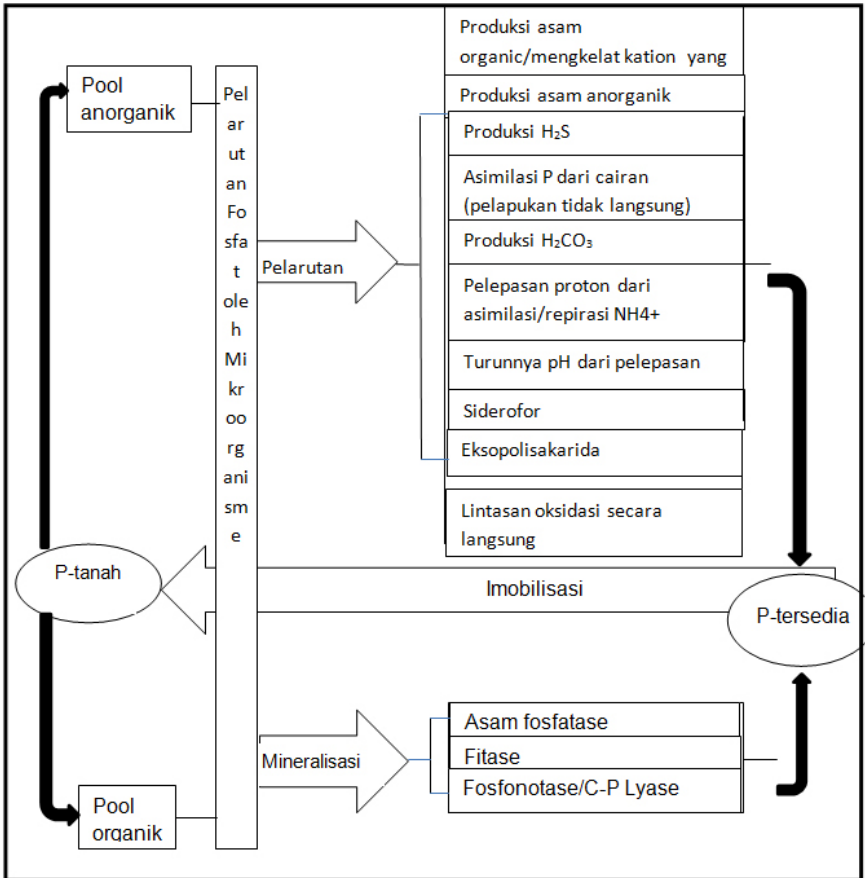
Menurut Behera *et al.* (2017), bahwa asam organik juga meningkatkan ketersediaan P melalui *blocking site* pada partikel tanah atau membentuk kompleks dengan kation pada permukaan mineral tanah.

Hasil penelitian Lestari *et al.* (2010) menunjukkan bahwa pH medium Pikovskaya dengan sumber P tidak larut, yaitu $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ menurun dari 6,4 menjadi 4,83-5,3, sedangkan yang menggunakan sumber P tidak larut AlPO_4 menurun dari 5,93 menjadi 2,75-3,57. Semakin menurun pH medium, maka semakin tinggi P-terlarut dengan nilai korelasi -0,765** untuk $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ dan -0,746** untuk AlPO_4 .

Selanjutnya, kemampuan PSM dalam melarutkan fosfat tidak larut juga dipengaruhi oleh sumber P yang dilarutkan. Inokulasi bakteri pelarut P mampu meningkatkan P-terlarut pada medium Pikovskaya dengan sumber P tidak larut $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ dan AlPO_4 masing-masing sampai 616,1 ppm dan 109,59 ppm dibandingkan kontrol (Lestari *et al.* 2010). Menurut Prijambada *et al.* (2009), bahwa asam organik yang terlibat dalam pelarutan trikalsium fosfat berbeda dengan aluminium fosfat. Asam organik yang terbentuk pada medium Pikovskaya cair yang mengandung trikalsium fosfat adalah asam malat, sedangkan yang mengandung aluminium fosfat adalah asam sitrat dan tartarat.

Menurut Gaur dan Gaid (1999) dalam Shahab (2009) bahwa asam anorganik seperti asam nitrat yang dihasilkan oleh bakteri nitrifikasi (*Nitrosomonas*) pada proses oksidasi nitrogen dan asam sulfat yang dihasilkan oleh *Thiobacillus* (*Thiobacillus*) pada proses oksidasi senyawa

sulfur anorganik juga terlibat dalam pelarutan P. Asam nitrat dan asam sulfat ini bereaksi dengan kalsium fosfat dan mengubahnya menjadi bentuk terlarut.



Sumber: Sharma *et al.* (2013).

Gambar 23. Skema Mekanisme Mineralisasi dan Imobilisasi P Oleh Mikroba Pelarut P.

Pada beberapa bakteri, oksidasi langsung glukosa menjadi asam glukonat atau asam 2-ketoglukonat melalui lintasan Embden-Meyer hof, Entner Doudoroff atau pentose fosfat, menghasilkan kemasaman di sekitar sel atau koloni. Kemudian proton ini melarutkan kalsium fosfat yang ada dalam medium dan mekanisme pelarutan fosfat ini disebut oksidasi ekstraseluler melalui lintasan oksidasi langsung (Goldstein 1996).

Menurut Sindu *et al.* (2014), bahwa bakteri tertentu seperti *Desulphovibrio* dan *Desulfatamaculum* mungkin juga berperan dalam meningkatkan ketersediaan P pada kondisi anaerob. Mikroorganisme fermentatif ini menghasilkan H₂S dari reduksi sulfat. Selanjutnya, H₂S yang dihasilkan bereaksi dengan besi fosfat dan terpresipitasi sebagai besi sulfide serta melepaskan fosfat. Reaksi mobilisasi fosfat menurut Erlich and Newman, 2009 adalah sebagai berikut.



Asam karbonat (H₂CO₃) hasil respirasi tanaman dan organisme tanah serta CO₂ hasil dekomposisi bahan organik mempunyai peranan penting dalam meningkatkan ketersediaan fosfat yang bisa diserap oleh tanaman. Reaksi antara H₂CO₃ dan CO₂ dengan Ca₃(PO₄)₂ membentuk CaHPO₄ dan Ca(H₂PO₄)₂ dan CaCO₃ (Sindu *et al.* 2014).

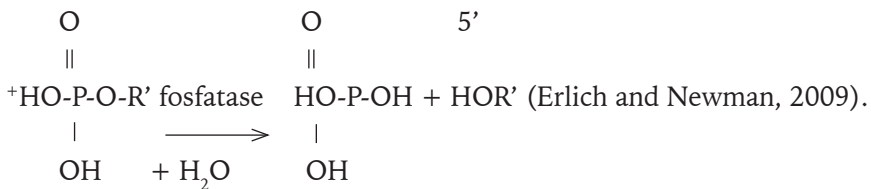
Sharma *et al.* (2013) mengemukakan bahwa asimilasi NH₄⁺ dalam sel mikroba disertai dengan pelepasan proton. Selanjutnya, proton yang dilepaskan akan melarutkan P-tidak larut.

Beberapa mikroba seperti bakteri dan fungi mempunyai strategi untuk melepaskan besi dengan cara mensekresikan siderofor. Siderofor adalah senyawa berberat molekul rendah yang mempunyai afinitas tinggi dalam mengkelat besi. Siderofor merupakan agen yang dapat melarutkan Fe (besi) dari mineral atau senyawa. Senyawa ini akan menarik besi dari fase mineral melalui pembentukan kompleks Fe³⁺ yang larut.

Pelarutan fosfat organik disebut juga mineralisasi fosfor organik. Berdasarkan rangkaian unsur penyusunnya, P-organik dibedakan menjadi 3, yaitu ester-fosfat, polifosfat, dan fosfonat (Suliasih dan Rahmansyah, 2009). Ester-fosfat merupakan P-organik yang paling banyak di tanah. Mineralisasi senyawa P-organik ini dilakukan oleh 3 kelompok enzim tanah, yaitu fosfatase (fosfohidrolase), fitase serta fosfonatase, dan C-P liase. Proses mineralisasi P organik oleh mikroba pelarut P terjadi secara enzimatis oleh asam fosfatase, fitase dan fosfonotase C-P lyase (memecah C-P pada organofosfonat). Berkaitan dengan, substrat yang ada di tanah, maka enzim utama yang berperan dalam mineralisasi P-organik adalah fosfatase dan fitase.

Menurut Condron *et al.* (2005), bahwa enzim fosfatase (fosfomonoesterase) adalah kelompok enzim non spesifik yang menghidrolisis ester dan anhidrat dari asam fosfat. Enzim ini di tanah

dijumpai sebagai enzim ekstraseluler. Reaksi hidrolisis senyawa fosfat organik yang dikatalisis oleh fosfatase adalah sebagai berikut.



P-organik di dalam tanah dalam bentuk inositol fosfat (fitat tanah) yang terutama berasal dari biji tanaman dan polen dimineralisasi secara biologi oleh enzim fitase. Enzim ini melepaskan P dari asam fitat.

VI. PEMANFAATAN MIKROBA PELARUT P DI LAHAN SULFAT MASAM

Menurut Grant *et al.* (2005), bahwa tanaman memerlukan P yang cukup dari awal tahap pertumbuhannya untuk menghasilkan produksi yang optimum. Pasokan fosfor untuk tanaman dipengaruhi oleh P tanah, pengelolaan pupuk P, serta kondisi tanah dan lingkungan memengaruhi ketersediaan P dan pertumbuhan akar. Selanjutnya, Malhi *et al.* (2002), mengemukakan bahwa efisiensi penggunaan pupuk P oleh tanaman adalah 10-30%. Sisanya 70-90%, menjadi pool P tanah yang akan digunakan oleh tanaman bulan dan tahun berikutnya. Rendahnya efisiensi aplikasi pupuk P terutama disebabkan oleh retensi P pada fraksi liat tanah, Fe dan Al hidroksida. Dosis, waktu aplikasi dan bentuk P juga memengaruhi efisiensi pemupukan P (Baligar dan Bennet 1986). Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi pemupukan P adalah memanfaatkan mikroba pelarut P.

Menurut Negi *et al.* (2008), bahwa beberapa faktor yang memengaruhi efektivitas aplikasi mikroba pelarut P pada skala luas adalah: (i) adanya mikroba pelarut P indigenous, sehingga efek inokulasi strain introduksi tidak nyata, (ii) kemampuan berkompetisi antara strain introduksi dengan indigenous, (iii) kemampuan strain introduksi beradaptasi terhadap faktor lingkungan.

Penelitian Panhwar *et al.* (2014) di rumah kaca yang menggunakan tanah sulfat masam dari Semarak, Kelantan Malaysia, menunjukkan bahwa pemberian pupuk hayati berbasis bakteri pelarut fosfat baik secara tunggal

maupun dikombinasi dengan dolomit atau basalt dapat meningkatkan kadar N, P, dan K dalam jerami dan gabah (Tabel 19). Peningkatan serapan N, P, dan K tanaman padi akibat pemberian pupuk hayati karena pupuk hayati yang diaplikasikan merupakan konsorsium antara bakteri pelarut P dan penambat N sehingga meningkatkan ketersediaan P dan kadar N pada tanaman padi. Selain itu, mikroba yang terkandung pada pupuk hayati yang diaplikasikan juga memproduksi fitohormon pemacu tumbuh IAA yang secara langsung memengaruhi pertumbuhan akar. Pertumbuhan akar yang semakin baik akan meningkatkan serapan hara lain, seperti P dan K. Hasil penelitian Panhwar *et al.* (2016), menunjukkan bahwa PSB juga mampu melepaskan asam organik sehingga Al^{3+} dan Fe^{2+} yang ada di dalam air terfiksasi dan menjadi tidak aktif. Oleh karena itu, aplikasi pupuk hayati mikroba pelarut P mempunyai potensi meningkatkan produksi padi di tanah sulfat masam.

Tabel 19. Pengaruh pemberian pupuk hayati, dolomit dan basalt terhadap kadar n, p, dan k jerami padi dan gabah

Perlakuan	N		P		K	
	jerami	gabah	jerami	Gabah	jerami	gabah
	-----g.tanaman ⁻¹ -----					
Kontrol	4,7 c	9,4 c	1,1 e	1,5 e	13,2 c	2,3 c
Pupuk hayati	6,9 a	10,1 a	1,6 a	3,0 b	14,8 b	2,8 b
Dolomit	6,7 b	9,8 b	1,4 c	2,8 c	14,7 b	2,5 b
Basalt	6,5 b	9,7 b	1,3 d	2,5 d	14,4 b	2,7 b
Pupuk hayati + dolomit	7,1 a	10,5 a	1,6 a	3,3 a	15,5 a	3,1 a
Pupuk hayati + basalt	6,8 ab	10,2 a	1,5 b	3,2 a	15,3 a	3,0 a

Sumber: Panhwar *et al.* (2014).

Hasil penelitian Syahputra *et al.* (2018), menunjukkan bahwa pemberian bakteri pelarut fosfat dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil padi varietas Ciherang di tanah sulfat masam Mopoli Raya, Kabupaten Aceh Tamiang. Bobot kering jerami per pot, jumlah malai per pot dan hasil gabah per pot padi varietas Ciherang yang diinokulasi bakteri pelarut fosfat lebih tinggi dibandingkan dengan yang tidak diinokulasi (Tabel 21). Hasil yang sama juga diperoleh dari penelitian Panhwar *et al.* (2014), yaitu aplikasi pupuk hayati baik tunggal maupun dikombinasikan dengan dolomit atau basalt dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman. Hal ini karena

pemberian pupuk hayati baik tunggal maupun dikombinasikan dengan dolomit atau basalt dapat meningkatkan kesuburan tanah sehingga biomasa dan hasil padi meningkat.

Tabel 20. Pengaruh inokulasi bakteri pelarut fosfat terhadap pertumbuhan dan hasil padi ciherang di tanah sulfat masam

Perlakuan	Bobot kering jerami per pot(g)	Jumlah malai per pot	Bobot gabah per pot(g)
Tanpa bakteri pelarut fosfat	3,94	2,25	0,54
Pemberian bakteri pelarut fosfat	8,75	5,75	1,95

Sumber: Diolah dari Syahputra *et al.* (2018).

VII. PENUTUP

Tanaman padi di tanah sulfat masam sering kali mengalami keracunan Al^{3+} , Fe^{2+} , H^+ dan kekurangan unsur P. Efisiensi pemupukan P di tanah sulfat masam tergolong rendah, karena terpresipitasi sebagai Al-P maupun Fe-P. Salah satu cara untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan pemberian bakteri pelarut P.

Pemberian bakteri pelarut P pada tanah sulfat masam dapat meningkatkan serapan hara N, P, K, pertumbuhan dan hasil padi. Oleh karena itu, pupuk hayati berbasis MPF mempunyai prospek yang baik untuk meningkatkan kesuburan tanah, produksi dan sistem pertanian berkelanjutan. Teknologi MPF juga berkontribusi pada sistem pertanian *low-input* dan tidak mencemari lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ar-Riza, I., M. Alwi dan Nurita. 2015. Peningkatan Hasil Padi di Tanah Sulfat Masam melalui Kombinasi Perlakuan Lindi dan Olah Tanah. *J. Agron. Indonesia*. 45(2):105-110.
- Baligar, V.C. and O. L. Bennet. 1986. NPK-fertilizer efficiency-a situation analysis for the tropics. 10(2):142-164 (Abstract).
- Batubara, I. S., Fauzi, K. S. Lubis. 2014. Pengaruh Pemberian Fosfat Alam dan Bahan Organik Terhadap Sifat Kimia Tanah, Pertumbuhan dan Produksi Padi (*Oryza sativa* L.) Pada Tanah Sulfat Masam Potensial. *Jurnal Online Agroekoteknologi*. 2(3): 125-129.

- Behera, B.C., H. Yadev, S.K. Singh, R.R. Mishra, B.K. Sethi, S.K. Dutta and H.N.Thatoi. 2017. Phosphate solubilization and acid phosphatase activity of *Serratia* sp. isolated from mangrove soil of Mahanadi river delta, Odisha, India. 15(Issue 1):169-178.
- Dewanti, A. W. E. Pratiwi, Y. Nuraini. 2016. Viabilitas Dan Aktivitas Enzim Fosfatase Serta Produksi Asam Organik Bakteri Pelarut Fosfat Pada Beberapa Suhu Simpan. *Jurnal Tanah dan Sumber Daya Lahan*. 3(1):311-318.
- Dewi, R. P., Basuki, and L. Widiatuti. 2017. Uji Potensi Bakteri dan Jamur Pelarut Fosfat Dalam Meningkatkan Jumlah P-Tersedia pada Tanah sulfat masam. *Jurnal AGRIPeAT*. 18(1):27-35.
- Dierorr, T., T. H. Fairhurst and E. W. Mulert. 2000. Soil Fertility Kit: A toolkit for acid upland soil fertility management in Southeast. Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Food and Agriculture Organisation; PT Katom and Potash & Phosphate Institute (PPI), Potash & Phosphate Institute of Canada (PPIC).
- Elfiati, D. 2005. Peranan mikroba pelarut fosfat terhadap pertumbuhan tanaman. E-USU Repository. Universitas Sumatera Utara. 1-10.
- Fankem, H., L. Ngo Kot, A. Deubel, J. Quinn, W. Merbach, F. X. Etoa, D. Nwaga. 2008. Solubilization of inorganic phosphates and plant growth promotion by strains of *Pseudomonas fluorescens* isolated from acidic soils of Cameroon. *African Journal of Microbiology Research*. 2:171-178.
- Goldstein, A.H. 1995. Recent Progress in Understanding the Molecular Genetics and biochemistry of calcium phosphate solubilization by gram negative bacteria. *Biological Agriculture & Horticulture*. 12 (Issue 2). (Abstract).
- Grant, C., S. Bittman, M. Montreal, C. Plenchette and C. Morel. 2005. Soil and fertilizer phosphorus: effect on plant P, supply and mycorrhizal development. *Can. J. Plant Sci*. 85:3-14.
- Indrayati, L dan S, Umar. 2011. Pengaruh Pemupukan N, P, K dan Bahan Organik Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kedelai di Lahan Sulfat Masam Bergambut. *Agrista*. 15(3):94-101.
- Khan, A. A., G. Jilani, M. S.Akhtar, S. M. S. Naqvi., and M. Rasheed. 2009. *J. Agric. Biol. Sci*. 1(1):48-58.

- Khan, M. S., A. Zaidi, M. Ahemad, M. Oves, P. A. Wani. 2010. Plant growth promotion by phosphate solubilizing fungi-current perspective. *Arch Agron Soil Sci.* 56:73-98.
- Lestari, Y., dan Mukhlis. 2008. Populasi Bakteri Pelarut Fosfat di Tanah Sulat Masam Potensial. Proseding Seminar Nasional pengembangan Lahan rawa, Banjarbaru, 5 Agustus 2008. 294-299.
- Lestari, Y., Mukhlis dan S. Nurzakiah. 2010. Pelarutan Trikalsium Fosfat dan Aluminium Fosfat yang Diisolasi dari Rhizosfer Padi. Proseding Seminar Nasional Perhimpunan Mikrobiologi Indonesia (PERMI) Indonesian Society for Microbiology Cabang Kalimantan Selatan. Bnjarbaru, 27 September 2010. 37-43.
- Malhi, S. S., L. K. Hader Lein, D. G. Pauly and A. M. Johnston. 2001. *Better Crops.* 86(4):8-9.
- Masganti dan N. Fauziati. 1995. Liming and pfosphate fertilizer on rice in tidal swampland. *AGRIS.* (Abstrak).
- Masganti, Nurhayati, N. Yulianti. 2017. Peningkatan Produktivitas Padi di Lahan Pasang Surut dengan Pupuk P dan Kompos Jerami Padi. *Jurnal Tanah dan Iklim.* 41(1):17-24.
- Mukhlis. 2012. Efektivitas Pupuk hayati Biotara Mengurangi Penggunaan Pupuk Anorganik dan Meningkatkan Produktivitas Padi di Lahan Rawa Pasang Surut. *Agroscientiae.* 19 (3): 170-177.
- Mulyani, A., A. Rachman & A. Dairah. 2012. Penyebaran Lahan Masam: Potensi dan Ketersediaannya untuk Pengembangan Pertanian. balittanah.litbang.deptan.go.id/do_kumentasi/buku/fosfata/anny_mulyani.pdf. Diakses 12 Desember 2012.
- Negi, Y. K., S. K. Gorg and J. Kumar. 2008. Molecular basis of plant growth promotion and biocontrol activities of rhizobacteria. *d D. K. Maheshwari and R. C. Dubay (editor). Potential Microorganisms for sustainable Agriculture. A Technic-commercial perspective.* I.K. International Publishing Home Pyt. Ltd. New Delhi.
- Nguyen, D. N., T. T. Nguyen, Q. N. Tran and M. Macdonald. 2017. Soil and Rice Responses to Fertilizer in Two Contrasting seasons on Acid sulfate Soil. *Communication in Soil Science and Plant Analysis.* Volume 48. Issues 6. (Abstract).

- Panwar, Q. A., U.A. Naher., O. Radziah, J. Shamshuddin and I. M. Razi. 2014. Bio-fertilizer, ground magnesium limestone and basalt application may improve chemical properties of Malaysian acid sulfate soils and rice growth. *Pedosphere*. 24(6):827-835.
- Panwar, Q.A., U.A. Naher., O. Radziah, J. Shamshuddin and I. M. Razi. 2015. Eliminating Aluminium Toxicity in an Acid Sulfate Soil for Rice Cultivation Using Plant Growth Promoting Bacteria. *Molecules*. 20(3):3628-3646.
- Prijambada, I. D., J. Widada, S. Kabirun dan D. Widiyanto. 2009. Secretion of organic acids by phosphate solubilizing bacteria isolated from oxisols. *J. Tanah Trop*. 14(3):245-251.
- Rachmiati, Y. 1995. Bakteri pelarut fosfat dari rhizosfer tanaman dan kemampuannya dalam melarutkan fosfat. *Proseding Kongres Nasional VI HITI, Jakarta, 12-15 Desember 1995*.
- Santosa, E. 2007. Mikroba pelarut fosfat In Saraswati, R, E. Santosa dan R. D. M. Simanungkalit (editor). *Metode Analisis Biologi Tanah*. Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian.
- Sharma, S. B., R. Z. Sayyed, M. H. Trivedi and T. A. Gobi. 2006. Phosphate solubilizing microbe sustainable approach for managing phosphorous efficiency in agricultural soils. *Springer Plus*: 2:587 (14 halaman).
- Sindu, S.S., M. Phove, S.R. Choudhary and D. Choudhary. 2014. Phosphorous Cycling: Prospect of using rhizosphere microorganisms for improving phosphorous nutrition of plants. In N. Parmar and A. Singh (editor). *Geomicrobiology and Biogeochemistry*. Springer Heidelberg. New York.
- Suliasih dan N. Rahmansyah. 2009. Aktivitas fosfatase tanah di lingkungan bentang hutan alami dan non-alami. *Berita Biologi*. 9(6):783-792.
- Supriyo, A., R. Dirgahayuningsih dan S. Minarsih. *Kajian Bahan Humat Untuk Meningkatkan Efisiensi pemupukan NPK pada Bibit Kelapa Sawit di Tanah Sulfat Masam*. 2013. *Agritech*. XV(2):14-24.
- Zaidi, A., M. S. Khan, M. Ahemad and M. Oves. 2009. Plant Growth Promotion by Phosphate Solubilizing Bacteria. *Acta Microbiologicaet Immunologica Hungaria*. 56(3):263-284.

REMEDIASI LAHAN RAWA DENGAN BAHAN ORGANIK

Wahida Annisa, Koesrini, dan Hendri Sosiawan

Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa (BALITTRA), Banjarbaru.

Email: annisabalittra77@gmail.com

RINGKASAN

Lahan rawa merupakan ekosistem yang unik dan rapuh, sehingga apabila ingin dikelola sebagai lahan pertanian perlu dilakukan dengan sangat hati-hati dengan tetap memerhatikan karakteristik tanah dan lingkungannya yang bersifat sangat spesifik. Tanah di lahan rawa ada yang berpotensi sulfat masam yang pengelolaannya sangat ditentukan oleh pengelolaan bahan organik. Sulfida dalam tanah sulfat masam dibentuk dari sulfat dalam air laut atau air tawar dalam kondisi anaerob oleh bakteri pereduksi sulfat, yang membutuhkan bahan organik sebagai sumber energi yang bereaksi dengan Fe (II) terlarut untuk membentuk pirit. Oksidasi bahan sulfat melepaskan asam dan logam terlarut yang dapat memiliki efek merusak pada kualitas tanah dan air. Remediasi bahan sulfur dan pencegahan oksidasi bahan sulfida di tanah rawa perlu menjadi perhatian. Strategi perbaikan konvensional, seperti pengapuran dan menutupi bahan sulfida dengan air atau tanah non sulfat masam mahal atau tidak praktis. Bahan organik adalah sumber energi untuk reduksi sulfat, yang memainkan peran penting dalam pembentukan bahan sulfida dan menghasilkan alkalinitas selama reduksi sulfat yang memengaruhi oksidasi pirit melalui konsumsi oksigen oleh bakteri pengurai bahan organik, kompleksasi besi, dan pelapisan pirit. Permasalahan adalah ketersediaan bahan organik lokal di lahan sulfat masam masih sangat terbatas. Penggunaan bahan organik dapat menjadi pilihan yang ekonomis dan ramah lingkungan untuk pemulihan lahan rawa yang berpotensi sulfat masam.

I. PENDAHULUAN

Pengembangan lahan rawa ke depan menjadi semakin penting, dengan semakin menyusutnya luas lahan pertanian di Indonesia. Luas lahan rawa di Indonesia diperkirakan sekitar 33,4 juta ha, yang terdiri atas lahan pasang surut sekitar 20 juta ha dan rawa lebak 13 juta ha. Namun secara

alami, ekosistem rawa bersifat rapuh (*fragile*). Reklamasi atau konversi lahan rawa, untuk pertanian mencakup tindakan drainase dan pembukaan lahan yang dengan sendirinya menghasilkan perubahan-perubahan dalam sifat fisik, kimia dan biologi tanah rawa tersebut. Oksidasi bahan-bahan reduktif akan menghasilkan dekomposisi bahan tersebut yang umumnya ditandai dengan pemasaman tanah, yang pada akhirnya berdampak negatif terhadap pertumbuhan tanaman (Maas 2014). Oleh karena itu, kegiatan pertanian yang dikembangkan di lahan rawa harus berorientasi pada sistem usahatani yang mengutamakan kelestarian lingkungan dan berkelanjutan.

Bahan organik memiliki peran penting dalam menentukan kemampuan tanah untuk mendukung tanaman sehingga jika kadar bahan organik tanah menurun, kemampuan tanah dalam mendukung produktivitas tanaman juga menurun. Menurunnya kadar bahan organik merupakan salah satu bentuk kerusakan tanah yang terjadi.

Di lahan rawa 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 pengelolaannya. 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. Secara umum masyarakat lokal masih menggunakan amelioran berupa bahan organik dan pengelolaannya dilakukan pada kondisi tergenang yang mengakibatkan terjadinya proses dekomposisi anaerobik dan bakteri metanogen hidup pada kondisi tersebut. Fenomena alam serta informasi versi masyarakat yang diramu dengan pengetahuan ilmiah menjadi wawasan yang dijadikan sebagai bahan pertimbangan ke depan dalam mendayagunakan lahan rawa secara lestari dan berkelanjutan.

II. POTENSI DAN SEBARAN LAHAN RAWA

Luas lahan rawa di Indonesia adalah 33.41 juta ha yang tersebar di empat pulau besar, yaitu Sumatra, Kalimantan, Sulawesi, dan Papua. Menurut Ritung *et al.* (2011) dari luas total lahan rawa sebesar 20.13 juta

ha adalah lahan rawa pasang surut yang terdiri atas lahan gambut sekitar 10.90 juta ha, lahan potensial 2.07 juta ha, lahan sulfat masam potensial 4.34 juta ha, lahan sulfat masam aktual 2.37 juta ha, dan luas lahan salin 0.44 juta ha. Lahan rawa dibedakan ke dalam tiga zone berdasarkan batas pengaruh air pasang surut di musim hujan dan pengaruh air salin (payau) di musim kemarau, yaitu (1) rawa pasang surut air payau (salin), (2) rawa pasang surut air tawar, dan (3) rawa nonpasang surut. Menurut ayunan pasang surut air laut yang memengaruhi sungai dan luapan sungai tersebut pada lahan. Lahan rawa merupakan lahan yang selalu basah dalam setahun, sehingga cocok untuk dikembangkan menjadi lahan sawah. Saat ini sebagian besar lahan sudah dimanfaatkan dan cukup produktif, namun sebagian juga masih menjadi lahan terlantar. Potensi lahan pasang surut untuk pengembangan lahan sawah ditampilkan pada Tabel 21.

Tabel 21. Luas lahan rawa dan potensi untuk lahan sawah

No	Pulau	Potensi Luasan Lahan Rawa	Potensi Pertanian Padi Sawah
1	Sumatera	9.390.000	6.851.997
2	Kalimantan	11.707.000	3.268.709
3	Papua	10.522.710	2.105.105
4	Sulawesi	1.793.450	680.874
TOTAL		33.413.560	12.906.685

Sumber: BBSDLP (2016)

Widjaya Adhi *et al.* (1987) membagi lahan rawa menjadi: (1) tipe luapan A, yaitu lahan yang selalu terluapi air pasang, baik saat pasang besar maupun pasang kecil; (2) tipe luapan B yaitu lahan yang hanya terluapi saat pasang besar saja; (3) tipe luapan C yaitu lahan yang tidak terluapi air pasang, hanya air tanah masih dekat permukaan tanah <50 cm; (4) tipe luapan D yaitu lahan yang tidak pernah terluapi air pasang dan air tanah > 50 cm dari permukaan. Dalam satuan kawasan rawa pasang surut terdapat sekitar 10-20% wilayah tipe luapan A, 20-30% wilayah tipe luapan B dan D dan 60-70% wilayah tipe luapan C. Dilihat dari sifat tanah dan kendalanya dalam pengembangan pertanian, lahan rawa dibagi dalam empat tipologi lahan, yaitu (1) lahan potensial yaitu lahan dengan kendala yang lebih ringan dibandingkan tipologi lainnya; (2) lahan sulfat masam, yaitu lahan dengan kendala yang lebih berat karena pirit berada pada kedalaman antara 50-100 cm dan sebagian lagi pada kedalaman > 100

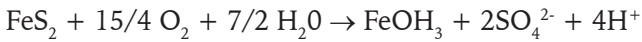
cm dengan pH tanah <4,5 dan kadar besi yang tinggi, (3) lahan gambut karena adanya lapisan gambut pada lapisan atas setebal >50 cm dengan kadar bahan organik >20% dan (4) lahan salin karena memiliki kendala berupa salinitas akibat intrusi air laut dan umumnya tekstur pasir karena berada pada dataran pantai (*coastal plain*).

III. PERMASALAHAN DI LAHAN RAWA

Lahan rawa pasang surut merupakan lahan marginal dan bersifat rapuh dengan kendala utamanya adalah tanah masam dan kandungan hara serta basa-basa relatif rendah serta genangan air yang tidak dapat dikendalikan. Purnomo *et al.* (2005) melaporkan bahwa ada beberapa permasalahan yang ditemui di lahan rawa dari segi kesuburan tanah, yaitu (1) Rendahnya pH tanah dan kandungan hara terutama P, (2) Ketersediaan unsur hara Fe dan Al yang tinggi, dan (3) Genangan air yang tidak dapat dikendalikan. Berdasarkan kelas kesesuaian lahan, sebagian besar lahan pasang surut hanya tergolong sesuai (S2) sampai sesuai terbatas (S3) untuk tanaman padi, sehingga salah satu anjuran pemanfaatan tanah di lahan rawa adalah disawahkan. Padi (sawah) adalah tanaman yang banyak dikembangkan di lahan rawa pasang surut. Sedangkan untuk tanaman pangan lainnya seperti ubikayu, kedelai dan jagung, faktor pembatasnya banyak dan tergolong ke dalam kelas kesesuaian lahan sesuai terbatas (S3). Kemasaman merupakan penciri utama dari tanah di lahan rawa. Reaksi tanah di lahan rawa tergolong masam sampai luar biasa masam yang berkisar pada pH 4 (kelompok jenis tanah *Sulfaquents*) dan pH < 3,5 (kelompok jenis tanah *Sulfaquepts*). Kondisi lingkungan seperti ini tidak mendukung pertumbuhan optimum padi. Tanaman padi dapat tumbuh normal pada kisaran pH optimum antara 5,0-6,5 (Annisa 2014). 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).

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 Al³⁺ 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 *ferric* (Fe^{3+}) menjadi *ferro* (Fe^{2+}) oleh bakteri *Thiobacillus* sebagai akibat dari *over drainage* yang ditunjukkan dengan persamaan sebagai berikut.



Reklamasi lahan dengan pembuatan saluran drainase akan mengubah kondisi alami yang reduktif ke oksidatif. Kondisi tersebutlah 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. Pada kondisi tergenang keracunan Fe lebih sering terjadi dibandingkan keracunan Al (Dobermann and Fairhurst 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 rawa 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 rawa mengakibatkan produktivitas tanah menjadi rendah, sehingga tanah di lahan rawa tergolong ke dalam tanah piasan dan agar tanah ini dapat dimanfaatkan untuk tanaman budi daya diperlukan pengelolaan dan masukan yang tepat. Salah satunya dengan penambahan bahan pembenah tanah untuk memperbaiki kesuburan tanahnya sehingga produktivitasnya dapat meningkat.

IV. BAHAN ORGANIK DI LAHAN RAWA

Bahan organik tanah adalah komponen dari ekosistem tanah yang sangat berpengaruh karena merupakan sumber karbon terestrial global. Pada tanah tergenang bahan organik berperan tidak hanya sebagai sumber hara bagi tanaman tetapi juga merupakan substrat bagi mikroorganisme anaerob. Annisa dan 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 and Fraser (2009); Dear *et al.* (2002); Fitzpatrick *et al.* (2009) mengatakan bahwa bahan organik bahan remediasi melalui stimulasi bakteri pereduksi sulfat atau memperlambat oksidasi pirit. Proses dekomposisi akan berjalan lambat apabila bahan organik yang dikomposkan memiliki kandungan lignin yang tinggi (>20%). Pada tanah tergenang tingginya kandungan lignin dalam bahan organik juga mengakibatkan hilangnya peranan dari bahan organik tersebut sebagai donor elektron dalam proses reduksi. Faktor yang memengaruhi kecepatan dekomposisi bahan pada kondisi anaerob, yaitu ratio C/N bahan, ukuran bahan, kelembapan dan aerasi, campuran bahan, temperature, keasaman (pH) dan mikroba yang bekerja (dekomposer). Prinsip pengomposan adalah menurunkan rasio C/N bahan yang tinggi (> 20) menjadi rasio C/N tanah (< 20/1). Ratio C/N bahan organik yang optimum untuk pengomposan berkisar antara 20-50/1. Semakin tinggi rasio C/N bahan maka proses pengomposan juga akan semakin lama, sebab ratio C/N bahan harus diturunkan sampai ratio C/N stabil atau mendekati ratio C/N tanah. Kandungan lignin dalam bahan organik juga memengaruhi kecepatan dekomposisi. 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 22 di bawah ini.

Tabel 22. Sifat kimia beberapa jenis bahan organik

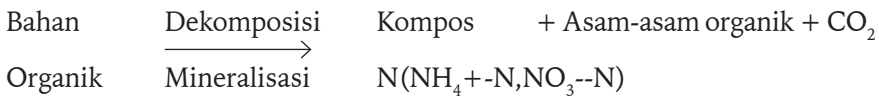
Parameter	Jenis Bahan Organik					
	J _s	P _s	K _{ss}	K _j	K _p	KK _s
C-org (%)	50,62	47,13	33,13	41,15	41,20	32,93
N-tot (%)	0,546	0,714	0,910	1,456	1,288	1,582
Ratio C/N	92,71	66,01	36,47	28,26	31,99	20,81
P (%)	0,093	0,197	0,114	0,214	0,207	0,590
K (%)	0,899	0,689	0,432	1,390	1,131	0,588
Fe (%)	0,228	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.

Dalam proses dekomposisi bahan organik, terjadi mineralisasi N, pelepasan CO₂, pelepasan asam-asam organik dan akhirnya menghasilkan kompos.



Kompos Terdekomposisi dalam tanah $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$ (N tersedia dalam tanah)

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*). Sedangkan Simanungkalit *et al.* (2009) juga melaporkan metode pengomposan ada beberapa macam, yaitu 1) metode Heap, 2) metode Indore, 3) metode Berkeley, dan 4) vermikompos (Simanungkalit *et al.* 2009). Proses pengomposan dapat dipercepat dengan menggunakan bioaktivator perombak bahan organik, seperti *Trichoderma sp*, teknologi EM-4 yang mengandung bakteri *Lactobacillus*, ragi, *actomycetes*, dan jamur pengurai selulosa yang dapat membantu proses dekomposisi (Husna 2018).

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 (Sulistiyawati 2008).

V. REMEDIASI LAHAN RAWA MELALUI PENAMBAHAN BAHAN ORGANIK

Remediasi merupakan upaya untuk menetralkan baik tanah dan air asam yang ada dengan bahan penetral serta menjaga tanah tetap tergenang untuk mencegah terjadinya teroksidasinya pirit. Penggunaan kapur merupakan salah satu cara untuk memperbaiki kemasaman air drainase. Pemulihan tingkat kemasaman dengan kapur atau batuan kapur cukup mahal dan tidak efektif, terutama ketika kandungan *clay*-nya tinggi (Dear *et al.* 2002). Batu kapur juga dapat dilapisi mineral gipsium dan Fe, mengurangi efisiensi disolusi (Dear *et al.* 2002; Hammarstrom *et al.* 2003). Shamshuddin dan Auxtero (1991) merekomendasikan untuk menjaga muka air di atas lapisan pirit, namun hal ini hanya dapat diimplementasikan pada *Sulfic Tropaquepts*, tapi tidak untuk *Sulfaquepts*, substansi toksik kemungkinan dapat terbawa ke permukaan ketika penggenangan terjadi. Solusi remediasi untuk mengurangi kelarutan Al dan Fe serta permasalahan lainnya pada ekosistem tanah di lahan rawa merupakan langkah tepat. Dalam proses remediasi, tumbuhan dapat bersifat aktif maupun pasif dalam mendegradasi bahan polutan. Secara aktif tumbuhan memiliki kemampuan yang berbeda dalam fitoremediasi. Ada yang melakukan proses transformasi, fitoekstraksi (pengambilan dan pemulihan dari kontaminan pada biomassa bawah tanah), fitovolatilisasi, fitodegradasi, fitostabilisasi (menstabilkan daerah limbah dengan kontrol penyisihan dan evapotranspirasi), dan rhizofiltrasi (menyaring logam berat ke sistem akar). Proses reduksi sulfat menghasilkan pembentukan pirit tetapi juga

menghasilkan alkalinitas (bikarbonat) yang dapat menetralkan keasaman. Namun, sedikit yang diketahui tentang efektivitas reduksi sulfat sebagai strategi remediasi pada tanah di lahan rawa yang berpotensi sulfat masam.

Di lahan rawa ketersediaan bahan organik masih rendah karena: (1) terikat melalui pertukaran ligan dan jembatan kation (misalnya Ca^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+}), (2) terfiksasi dalam lapisan *clay*, dan (3) terperangkap dalam agregat tanah (Lützow *et al.* 2006). Bakteri pereduksi sulfat hanya aktif antara pH 5 dan 8 (Neculita *et al.* 2007). Oleh karena itu, penambahan bahan organik hanya dapat merangsang reduksi sulfat jika disertai dengan kenaikan pH menjadi $\text{pH} > 5$. Ketiga, kehadiran akseptor elektron yang bersaing, seperti NO_3^- , Mn (IV), Fe (III), menghambat reduksi sulfat (Ponnamperuma 1972) dengan mengungguli sulfat untuk donor elektron (bahan organik) selama reduksi (Hubert dan Voordouw 2007; Lovley dan Phillips 1987). Setelah penggenangan, bahan organik tanah pertama kali didekomposisi oleh mikroba menggunakan oksigen, NO_3^- , Mn (IV) dan Fe (III) secara berurutan sebagai akseptor elektron (Ponnamperuma 1972). Jika setelah reduksi akseptor elektron ini masih ada bahan organik yang tersedia, reduksi sulfat dapat terjadi (Dugdale *et al.* 1977; Lovley dan Phillips 1987; Ontiveros-Valencia *et al.* 2012; Ponnamperuma 1972). Juga NO_3^- , Mn (IV) dan Fe (III), jika ada, dapat mengoksidasi sulfida (Canfield *et al.* 1993; Hubert dan Voordouw 2007; Myers dan Nealson 1988; Zhang *et al.* 2009). Nitrat menghambat reduksi sulfat juga karena nitrit, produk reduksi nitrat, menghambat reduktase sulfit disimilasi (Haveman *et al.* 2004; Kaster *et al.* 2007). Oleh karena itu, sifat-sifat tanah seperti tekstur, pH, dan konsentrasi akseptor elektron berpengaruh dalam remediasi belerang menggunakan bahan organik.

VI. PENUTUP

Lahan rawa merupakan ekosistem yang rapuh, sehingga dalam pengelolaannya perlu hati-hati dengan memerhatikan karakteristik dan lingkungannya yang bersifat spesifik. Bahan organik berfungsi mempertahankan suasana reduksi dan mengkhelat unsur-unsur meracun dalam tanah, seperti Fe^{2+} (besi *ferro*) yang merupakan hasil reduksi Fe^{3+} . Pengikatan logam atau ion dalam larutan tanah dipengaruhi oleh asam humat dan asam fulvat yang berfungsi sebagai koloid organik. Gugus fenolat dan karboksilat dari asam fulvat membentuk cakar yang mempunyai afinitas yang sangat kuat bagi ion-ion logam trivalen seperti Al dan Fe. Pengelolaan

bahan organik di lahan sulfat masam ini memegang peranan yang cukup penting karena di tanah tergenang bahan organik berperan tidak hanya sebagai sumber hara bagi tanaman tetapi juga merupakan substrat bagi mikroorganisme anaerob.

Untuk membantu sinkronisasi antara ketersediaan hara dengan kebutuhan hara oleh tanaman, dapat dilakukan dengan pencampuran bahan yang berkualitas tinggi dengan yang berkualitas rendah, atau dengan upaya pengomposan. Teknologi pengomposan bahan organik merupakan salah satu cara yang terbaik dalam meningkatkan ketersediaan hara di lahan rawa karena afinitas dari molekul organik, seperti hara P meningkat dari 0.093% menjadi 0.590%; hara K meningkat dari 0.432 menjadi 1.390% dan Fe dari 0.228 sampai 3.409%.

DAFTAR PUSTAKA

- 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 and Dedi Nursyamsi. 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* Vol. 17 No. 1 April 2016: 1–8. DOI: <http://dx.doi.org/10.21082/ijas.v17n1.2016.p.1-8>.
- Baldwin, D. S., and Fraser, M. (2009). Rehabilitation options for inland waterways impacted by sulfidic sediments-A synthesis. *Journal of Environmental Management* **91**, 311-319.
- BBSDLP. 2016. Peta Arahan Penggunaan Lahan. Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor. 116 halaman.
- Canfield, D. E., Thamdrup, B., and Hansen, J. W. (1993). The anaerobic degradation of organic matter in Danish coastal sediments: Iron reduction, manganese reduction, and sulfate reduction. *Geochimica et Cosmochimica Acta* **57**, 3867-3883.
- 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.

- Dobermann, A. and T. Fairhurst. 2000. Rice: Nutrient Disorders and Nutrient Management. IRRI. Makati city, The Phillipines 191.
- Fitzpatrick, R. W., Shand, P., and Merry, R. H. (2009). Acid sulfate soils. In "Natural History of the Riverland and Murraylands" (J. T. Jennings, ed.), pp. 65-111. Royal Society of South Australia (Inc.), Adelaide, South Australia.
- Hammarstrom, J. M., Sibrell, P. L., and Belkin, H. E. (2003). Characterization of limestone reacted with acid-mine drainage in a pulsed limestone bed treatment system at the Friendship Hill National Historical Site, Pennsylvania, USA. *Applied Geochemistry* **18**, 1705-1721.
- Haveman, S. A., Greene, E. A., Stilwell, C. P., Voordouw, J. K., and Voordouw, G. (2004). Physiological and Gene Expression Analysis of Inhibition of *Desulfovibrio vulgaris* Hildenborough by Nitrite. *Journal of Bacteriology* **186**, 7944-7950.
- Hubert, C., and Voordouw, G. (2007). Oil Field Souring Control by Nitrate-Reducing *Sulfurospirillum* spp. That Outcompete Sulfate-Reducing Bacteria for Organic Electron Donors. *Applied and Environmental Microbiology* **73**, 2644-2652.
- Husna, N. 2014. Pengelolaan Bahan Organik Di tanah Sulfat Masam. Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal 2014. Palembang 26-27 September 2014. ISBN: 9795875299
- Kaster, K., Grigoriyan, A., Jenneman, G., and Voordouw, G. (2007). Effect of nitrate and nitrite on sulfide production by two thermophilic, sulfate-reducing enrichments from an oil field in the North Sea. *Applied Microbiology and Biotechnology* **75**, 195-203.
- Lovley, D. R., and Phillips, E. J. (1987). Competitive mechanisms for inhibition of sulfate reduction and methane production in the zone of ferric iron reduction in sediments. *Applied and Environmental Microbiology* **53**, 2636-2641.
- Lützow, M. v., Kögel-Knabner, I., Ekschmitt, K., Matzner, E., Guggenberger, G., Marschner, B., and Flessa, H. (2006). Stabilization of organic matter in temperate soils: mechanisms and their relevance under different soil conditions – a review.
- Maas, A. 2014. Lahan Rawa sebagai Lahan Pertanian Kini dan Masa Depan. Dalam Buku Pengelolaan Lahan Rawa Untuk Pertanian. Fakultas Pertanian. Universitas Gadjah Mada. Hlm. 67-79.

- Myers, C. R., and Nealson, K. H. (1988). Microbial reduction of manganese oxides: interactions with iron and sulfur. *Geochimica et Cosmochimica Acta* **52**, 2727-2732.
- Neculita, C.-M., Zagury, G. J., and Bussiere, B. (2007). Passive treatment of acid mine drainage in bioreactors using sulfate-reducing bacteria: Critical review and research needs. *Journal of Environmental Quality* **36**, 1-16.
- Noor, M. 2004. Lahan Rawa: Sifat dan pengelolaan tanah bermasalah sulfat masam. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta. 241 p.
- Notohadiprawiro, T. 2000. Tanah dan Lingkungan. Cetakan ke-2. Pusat Studi Sumberdaya Lahan (PPSL) univ. Gadjah Mada. Yogyakarta. 187 hal.
- Ontiveros-Valencia, A., Ziv-El, M., Zhao, H.-P., Feng, L., Rittmann, B. E., and Krajmalnik- Brown, R. (2012). Interactions between Nitrate-Reducing and Sulfate-Reducing Bacteria Coexisting in a Hydrogen-Fed Biofilm. *Environmental Science & Technology* **46**, 11289-11298.
- Ponnamperuma, F. (1972). The chemistry of submerged soils. *Advances in Agronomy* **24**, 29.
- Purnomo, E., A. Mursyid, M. Syarwani. A. Jumberi. Y. Hashidoko. T. Hasegawa, S. Honma. and M. Osaki. 2005. Phosphorus solubilizing microorganisms in the rhizosphere of local rice varieties grown without fertilizer on acid sulphate soils. *Soil Sci. Plant Nutr.* (51)5. 2005
- Ritung, S., Wahyunto, K. Nugroho, Sukarman, hikmatullah, Suparto dan C. Tafakresnanto. 2011. Peta Lahan Gambut Indonesia, skala 1:250.000. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, kementerian Pertanian.
- Shamshuddin, J., Auxtero, E.A. 1991. Soil solution composition and mineralogy of some active acid sulfate soils in Malaysia as affected by laboratory incubation with lime. *Soil sci.* 152: 365-376.
- Summers, M. D., S. L. Blunk, B. M. Jenkins. 2003. How Straw Decomposes: Implications for Straw Bale Construction. DRAFT 12/8/2003.
- Sulistiyawati, E., N. Mashita and D. N. Choesin. 2008. Pengaruh Agen Dekomposer Terhadap Kualitas Hasil Pengomposan Sampah Organik

Rumah Tangga. Seminar nasional Penelitian Lingkungan. Universitas Trisakti. Jakarta.

Widjaya Adhi, IPG., K. Nugroho, DS. Ardi, dan AS Karama. 1987. Pengelolaan rawa pasang surut dan lebak. J. Litbang Pertanian V(1).

Zhang, L., Keller, J., and Yuan, Z. (2009). Inhibition of sulfate-reducing and methanogenic activities of anaerobic sewer biofilms by ferric iron dosing. *Water Research* **43**, 4123-4132.

TEKNOLOGI *BIOLEACHING* UNTUK MENGURANGI KEMASAMAN TANAH DI LAHAN PASANG SURUT SULFAT MASAM

Mukhlis dan Yuli Lestari

Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa

Jl. Kebun Karet, Loktabat Utara, Banjarbaru, Kalsel

Email: mukhlisbalittra@yahoo.com

RINGKASAN

Potensi dan peluang peningkatan produksi pangan nasional melalui pemanfaatan dan optimalisasi pengelolaan lahan pasang surut sangat besar dan prospektif. Luas lahan pasang surut di Indonesia sekitar 19,90 juta juta ha. Berdasarkan tipologi lahannya diperkirakan seluas 4,23 juta ha merupakan lahan sulfat masam dan sisanya lahan potensial, gambut serta lahan salin. Luasan lahan sulfat masam ini semakin bertambah seiring dengan terjadinya degradasi lahan gambut yang memiliki lapisan bahan sulfidik di bawahnya. Ada beberapa permasalahan yang ditemui di lahan pasang surut sulfat masam dari segi kesuburan tanah yang mengakibatkan produktivitas padi menjadi rendah, yaitu (1) rendahnya pH tanah ($\text{pH} < 4$) yang disebabkan asam sulfat yang merupakan hasil oksidasi pirit, (2) tingginya unsur toksik seperti Al, Fe, dan Mn karena rendahnya pH tanah mengakibatkan pelepasan unsur toksik seperti Al^{3+} dan Fe^{2+} dalam larutan tanah tinggi, (3) rendahnya P tersedia karena terikat oleh unsur toksik dalam bentuk FePO_4^{2-} dan AlPO_4^{2-} , (4) genangan air yang tidak dapat dikendalikan karena dipengaruhi oleh pasang surut air laut, dan (5) kekeringan akibat drainase yang berlebihan. Telah banyak penelitian untuk meningkatkan kualitas tanah sulfat masam agar dapat dimanfaatkan seoptimal mungkin. Pengelolaan lahan merupakan salah satu faktor terpenting dalam mencapai hasil yang optimal dan berkelanjutan. Oleh karena itu, pengelolaan lahan (tanah) harus diupayakan tanpa menyebabkan kerusakan terhadap lingkungan maupun menurunkan kualitas sumber daya lahan, dan sebaiknya diarahkan pada perbaikan sifat fisika, sifat kimia, dan aktivitas biologi tanah yang optimum bagi tanaman. Pencucian dengan mikroba (*bioleaching*) merupakan salah satu cara untuk mengurangi kemasaman tanah di lahan pasang surut sulfat

masam. 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*, *Thiobacillus thiooxidans*, *Leptospirillum ferrooxidans*, dan dari genus *Sulfolobus*, yaitu *S. acidocaldarius*.

I. PENDAHULUAN

Sejak beberapa dekade terakhir, masalah utama yang dihadapi dalam usaha meningkatkan produksi pangan di Indonesia adalah semakin berkurangnya lahan pertanian produktif karena adanya konversi dan pelandaian produktivitas lahan sawah irigasi, degradasi kualitas lahan akibat salah kelola, dan fragmentasi lahan yang menyebabkan semakin sempitnya penguasaan lahan petani. Masalah tersebut masih ditambah dengan perubahan iklim yang semakin mengancam produksi pangan.

Lahan pasang surut merupakan salah satu alternatif dalam mengatasi permasalahan tersebut. Potensi dan peluang peningkatan produksi pangan nasional melalui pemanfaatan dan optimalisasi pengelolaan lahan pasang surut sangat besar dan prospektif. Menurut Ritung *et al.* (2011) membagi luas lahan rawa pasang surut berdasarkan tipologi lahan, yaitu luas lahan gambut sekitar 10.90 juta ha, lahan potensial 2.07 juta ha, lahan sulfat masam potensial 4.34 juta ha, lahan sulfat masam aktual 2.37 juta ha dan luas lahan salin 0.44 juta ha. Luasan lahan sulfat masam ini semakin bertambah seiring dengan terjadinya degradasi lahan gambut yang memiliki lapisan bahan sulfidik di bawahnya. Lahan ini mempunyai tingkat kesesuaian lahan marginal atau bersyarat (S2 dan S3), karena salah satu faktor pembatasnya berupa lapisan pirit. Oleh karena itu, sebagai lahan suboptimal, lahan sulfat masam mempunyai potensi sangat rendah sampai rendah dalam menghasilkan produksi tanaman pertanian (Dent 1986; Subagyo 2006). Di samping kemasaman tanah, rendahnya ketersediaan hara dan keracunan besi adalah sebagian kendala sifat tanah yang sering menghambat pertumbuhan tanaman di lahan sulfat masam. Namun demikian, dengan inovasi teknologi pengelolaan lahan yang baik, produktivitasnya dapat ditingkatkan.

Banyak penelitian yang telah dilaksanakan dalam upaya meningkatkan kualitas tanah sulfat masam agar dapat dimanfaatkan seoptimal mungkin.

Pengelolaan lahan merupakan salah satu faktor terpenting dalam mencapai hasil yang optimal dan berkelanjutan. Oleh karena itu, pengelolaan lahan (tanah) harus diupayakan tanpa menyebabkan kerusakan terhadap lingkungan maupun menurunkan kualitas sumber daya lahan, dan sebaiknya diarahkan pada perbaikan sifat fisika tanah, kimia tanah, 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 usahatani. Melalui sistem tersebut diharapkan akan terbentuk agroekosistem yang stabil dengan masukan dari luar yang minim, tetapi dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman tanpa menurunkan kualitas lingkungan.

Dalam beberapa tahun belakangan ini, *bioleaching* (pencucian dengan mikroba) mendapat perhatian yang sangat besar dari beberapa negara karena teknologi ini terbukti mempunyai potensi untuk menyelesaikan masalah dalam pengolahan mineral berkadar logam rendah maupun tinggi. Beberapa keuntungan lain yang dapat diperoleh dengan melakukan proses *bioleaching* adalah biaya operasional relatif rendah dan aman terhadap lingkungan (Haris *et al.* 1994). Mikroorganisme yang mempunyai potensi untuk dikembangkan dan memegang peranan penting dalam proses-proses *bioleaching* adalah *Thiobacillus ferrooxidans*, *Thiobacillus thiooxidans*, *Leptospirillum ferrooxidans*, dan dari genus *Sulfolobus*, yaitu *S. acidocaldarius* (Handayani 1997; Woods dan Rawlings 1989).

Berikut dalam tulisan ini diuraikan potensi dan efektivitas teknologi *bioleaching* dalam mengurangi kemasaman tanah dan unsur beracun terutama Fe serta meningkatkan produktivitas tanaman di lahan pasang surut sulfat masam.

II. LAHAN SULFAT MASAM DAN PERMASALAHANNYA

Lahan sulfat masam adalah lahan yang terletak di wilayah lahan rawa pasang surut yang tanahnya mempunyai lapisan sulfidik berkadar lebih dari 2% dan berada pada kedalaman <50 cm dari permukaan tanah (Widjaja-Adhi 1986). Berdasarkan tingkat oksidasinya lahan sulfat masam ini dibagi lagi menjadi: 1) lahan sulfat masam potensial, yaitu lahan sulfat masam yang belum mengalami oksidasi, dan 2) lahan sulfat masam aktual yaitu lahan sulfat masam yang telah mengalami oksidasi. Lahan sulfat masam potensial dicirikan oleh warna tanah kelabu (*gray*), masih mentah ($n > 0,7$), dan kemasaman sedang

sampai masam (pH 4,0), sedangkan tanah sulfat masam aktual dicirikan oleh warna kecoklatan pada permukaan, cukup matang ($n < 0,7$), dan sangat masam (pH 3,5). Sementara Suhartini dan Makarim (2009) menyebutkan bahwa tanah sulfat masam adalah tanah yang mempunyai lapisan pirit yang belum teroksidasi (lapisan sulfidik) dan yang sudah teroksidasi (horizon sulfurik) yang terdapat pada kedalaman 0-50 cm dan mengandung pirit $> 2\%$ dan semua horizon sulfurik walaupun lapisan sulfidik tanah > 50 cm.

Soil Survey Staff (2010) mengidentifikasi tanah sulfat masam menjadi dua macam, yaitu (1) sulfat masam potensial, di mana pirit masih berupa bahan sulfidik dalam status reduksi pada kedalaman 0-50 cm dan $pH > 4,0$, termasuk dalam klasifikasi tanah Entisol; dan (2) sulfat masam aktual, di mana memiliki horizon sulfurik atau pirit yang telah teroksidasi pada kedalaman 0-50 cm dan $pH < 3,5$, termasuk dalam klasifikasi tanah Inceptisol. Lahan sulfat masam potensial dapat berubah menjadi lahan sulfat masam aktual apabila mengalami oksidasi akibat drainase yang berlebihan atau kekeringan. Sebaliknya, lahan sulfat masam aktual juga dapat berubah menjadi lahan sulfat masam potensial dengan penggenangan, pengeringan, pencucian, dan pemberian bahan organik dalam waktu yang panjang. Berdasarkan kedalaman bahan sulfida (sebagian besar pirit) dan tingkat kemasaman, lahan sulfat masam dibagi atas tujuh tipologi lahan (Tabel 23).

Tabel. 23. Tipologi lahan sulfat masam dan penciri utamanya

Kelompok	Tipologi Lahan	Simbol	Kedalaman Lapisan Sulfida dan Kemasaman (pH)
Lahan sulfat masam	Aluvial bersulfida sangat dalam	SMP-3	> 100 cm, adanya bahan sulfida/pirit, $pH > 4,0-4,5$
Potensial	Aluvial bersulfida dalam	SMP-2	50-100 cm, adanya bahan sulfida/pirit, $pH > 4,0$
Lahan sulfat masam aktual	Aluvial bersulfida dangkal	SMP-1	< 50 cm, adanya bahan sulfida/pirit, $pH 3,5-4,0$
	Aluvial bersulfida dangkal bergambut	HSM/G-0	< 50 cm, bergambut < 50 cm
	Aluvial bersulfida-1	SMA-1	< 100 cm, belum ada ciri horizon sulfurik, $pH > 3,5$, dan tampak bercak berpirit
	Aluvial bersulfida-2	SMA-2	< 100 cm, adanya ciri horizon sulfurik, $pH < 3,5$,
	Aluvial bersulfida-3	SMA-3	> 100 cm, adanya ciri horizon sulfurik, $pH < 3,5$,

Sumber: Widjaya Adhi (1995)

Perbedaan paling nyata antara lahan sulfat masam potensial dan aktual adalah kemasaman tanah, status hara, dan kejenuhan asam ($Al^{3+} + H^+$). Pada tanah-tanah sulfat masam potensial pH 4,3 (sangat masam) dan status hara P tersedia sedang, dan kation-kation tertukar Ca, Mg, K, dan Na sedang sampai tinggi, dan kejenuhan Al lebih rendah. Sedangkan sulfat masam aktual pH 3,6 (masam ekstrem), status hara P rendah dan kation-kation tertukar lebih rendah dan kejenuhan Al tinggi sehingga lahan sulfat masam potensial lebih baik dan sesuai untuk dikembangkan sebagai lahan pertanian. Karakteristik tanah sulfat masam dari Kalimantan dan Sumatera disajikan pada Tabel 24.

Tabel 24. Sifat kimia tanah sulfat masam (lapisan atas 0-50 cm) di Kalimantan dan Sumatera

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

*) Nilai rata-rata dari 27 contoh tanah

Sumber: Subagyo (2006)

Pada tanah sulfat masam yang menjadi masalah utama adalah adanya lapisan pirit (FeS₂). Apabila lapisan ini tersingkap akibat pengolahan tanah, maka pirit akan teroksidasi. Reaksi pirit dengan oksigen, air, dan Fe menghasilkan asam sulfat yang menjadikan tanah mempunyai pH yang luar biasa masam dan Fe terlarut (Fe²⁺) berada dalam konsentrasi

beracun. Enio *et al.* (2011) menyatakan bahwa jika pirit yang terdapat pada bahan sulfidik teroksidasi, maka dihasilkan sejumlah ion H^+ yang menyebabkan tanah sulfat masam menjadi sangat masam. Kemasaman tanah yang tinggi dapat menyebabkan kelarutan besi (Fe), aluminium (Al), dan mangan (Mn) meningkat sampai pada tingkat meracuni tanaman, defisiensi fosfor (P) karena terikat kuat oleh Fe dan Al, dan rendahnya kation-kation basa tanah karena terlindi. Di samping itu, kemasaman yang tinggi menyebabkan ketersediaan hara makro primer (N, P, dan K), hara makro sekunder (Ca dan Mg) dan unsur hara mikro terutama B untuk tanaman menjadi berkurang. Defisiensi N terjadi karena terhambatnya proses mineralisasi bahan organik, defisiensi P terjadi karena adanya pembentukan kompleks Al/Fe-P, sedangkan defisiensi K, Ca, dan Mg terjadi karena hilang melalui proses pencucian. Defisiensi B terjadi karena proses pengendapan.

Oksidasi pirit oleh oksigen pada tahap awal berjalan lambat. Keberadaan Fe^{3+} yang banyak terdapat dalam tanah mengoksidasi pirit lebih cepat melalui reaksi tak langsung (Bloomfield dan Coulter 1973). Asam organik menekan aktivitas Fe^{3+} melalui pembentukan senyawa organo-logam. Asam sitrat dapat mempertahankan pH tanah sulfat masam $> 3,04$, cepat terdisosiasi menghasilkan $-COO^-$ dan $-O^-$ dan membentuk ikatan khelat bersama Fe^{3+} (Stevenson 1994). Gugus karboksil dan hidroksi merupakan gugus fungsional utama asam organik yang berperan dalam membentuk senyawa kompleks itu (Iyamuremye *et al.* 1996).

Proses oksidasi pirit (FeS_2) dapat terjadi secara alami yakni akibat perbedaan yang besar antara pasang surutnya air laut dan musim kemarau panjang (Suhartini dan Makarim 2009) atau akibat aktivitas manusia. Proses oksidasi dapat terjadi karena tanah retak akibat kekeringan, bekas perakaran tanaman atau drainase yang berlebihan sehingga oksigen dapat masuk ke dalam tanah melalui pori-pori tanah yang terbuka. Reklamasi tanah sulfat masam yang kurang hati-hati dapat menyebabkan terjadinya drainase berlebih. Selanjutnya, dapat mengubah bahan sulfidik yang semula reduktif menjadi oksidatif. Pengalaman menunjukkan bahwa pembukaan lahan sulfat masam selalu dibarengi dengan pembuatan saluran air untuk kepentingan transportasi dan drainase atau irigasi pada kawasan tersebut. Namun pada kenyataannya, pengelolaan air tidak dapat terkendali dengan baik. Karena permukaan air tanah turun di bawah permukaan lapisan pirit

terutama pada musim kemarau, akibatnya senyawa pirit teroksidasi yang menghasilkan asam sulfat yang membuat pH tanah menjadi sangat rendah (van Breemen 1993).

Oksidasi pirit mengakibatkan perubahan kandungan ion-ion di dalam larutan tanah dan kompleks jerapan. Oksigen dan ion Fe^{3+} dalam tanah dapat berperan sebagai oksidator bagi pirit yang menyebabkan tanah menjadi sangat masam (Priatmadi dan Haris 2009) dan nilai pH tanah menjadi sangat rendah mencapai 2-3. Aktivitas ion Al^{3+} yang larut tergantung langsung dari nilai pH tanah (Tinh 1999; Fageria *et al.* 2008). Ion H^+ , Fe^{2+} dan SO_4^{2-} yang dihasilkan akibat nilai pH yang rendah juga dapat meningkatkan Fe-bebas (Dent 1986). Pada kondisi tanah masam, mineral kaolinit dan beidelit dapat larut dan menyumbang Al^{3+} ke dalam larutan tanah akibatnya kadar Al-dd meningkat. Cho *et al.* (2002) menyatakan bahwa pada tanah sulfat masam yang berasal dari Thailand, konsentrasi Al dalam larutan tanah meningkat dari 0,4 ppm pada pH 5,5 menjadi 54 ppm pada pH 2,8. Lebih lanjut Anwar (2006) menyampaikan bahwa penurunan pH tanah 1 unit dapat meningkatkan aktivitas ion Al^{3+} 10 kali. Menurut Sudarmo (2004), penurunan pH di samping meningkatkan kadar Fe-bebas juga meningkatkan kadar Mn-bebas, Al-dd dan Mg-dd serta cenderung meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK). Pada tahap lanjut peningkatan Fe-bebas, Al-dd, Mn-bebas dapat menurunkan P-tersedia. Selama proses oksidasi, SO_4^{2-} di dalam larutan tanah meningkat cepat dan sebaliknya Fe^{2+} menurun (Enio *et al.* 2011). Penurunan kandungan besi tersebut karena terjadinya presipitasi besi dalam bentuk besi ferri yang sukar larut dan sebagian lagi terpresipitasi dalam bentuk jarosit. Terbentuknya jarosit akibat teroksidasinya pirit dapat menurunkan kemasaman tanah. Menurut van Breemen (1993) kecepatan penurunan pH akibat oksidasi pirit ditentukan oleh jumlah pirit, kecepatan oksidasi, kecepatan perubahan hasil oksidasi dan kapasitas netralisasi.

Sudarmo (2004) menyatakan bahwa kemasaman akibat oksidasi tanah sulfat masam menyebabkan mineral alumino-silikat menjadi larut, dicirikan dengan konsentrasi Si-Al dalam suspensi larutan tanah meningkat. Suasana yang sangat masam mempercepat pelapukan mineral alumino-silikat dengan membebaskan dan melarutkan Al yang lebih banyak (Pons 1972; Notohadikusumo 2000). Aluminium pada tanah sulfat masam selain dalam bentuk kation yang dapat ditukar (Al^{3+}), juga dalam bentuk koloidal

sebagai hidroksil atau *basic* sulfat. Kadar Al meningkat pada pH 4,0-4,5 (Dent 1986). Hasil penelitian Breemen (1976) menunjukkan aktivitas Al^{3+} meningkat hampir 10 kali lipat dengan penurunan setiap satu unit pH. Kadar Al^{3+} pada air tanah dari tanah sulfat masam Thailand mencapai $0,015 \text{ mol m}^{-3}$ (0,4 ppm) pada pH 5,5 dan meningkat menjadi $2,12 \text{ mol m}^{-3}$ (54 ppm) pada pH 2,8. Dalam percobaan *oksidasi*, kadar Al^{3+} dari $0,1 \text{ mol m}^{-3}$ (2,7 ppm) pada pH 4 meningkat menjadi 58 mol m^{-3} (1.500 ppm) pada pH 1,8.

Tanah sulfat masam yang digenangi (*anaerob*) dapat menyebabkan berkurangnya kemasaman tanah yang timbul akibat proses oksidasi, tetapi bila kondisi reduksi ini terjadi secara berlebihan akan muncul permasalahan baru, yaitu terbentuknya besi ferro (Fe^{2+}), asam belerang (H_2S), karbon dioksida (CO_2) dan asam-asam organik (Vadari *et al.* 1992; Sudhalakshmi *et al.* 2007). Proses reduksi yang terjadi pada tanah sulfat masam juga dapat meningkatkan pH di larutan tanah dan mengurangi kelarutan Al^{3+} dalam larutan tanah. Menurut Dent (1986) proses reduksi pada tanah sulfat masam akan menghasilkan $Fe^{2+}_{(aq)}$ dan $H_2S_{(aq,g)}$. Reduksi besi (Fe III menjadi Fe II) terjadi pada pH 7 dan Eh -180 mv, dan reduksi sulfat $SO_4^{2-}_{(aq)}$ menjadi $H_2S_{(aq,g)}$ terjadi pada pH 7 dan Eh -220 mv. Pirit adalah bentuk umum dan sangat stabil merupakan produk akhir dari reduksi sulfat. Sedangkan oksidasi pirit akan menghasilkan $Fe(OH)_3_{(s)}$, $SO_4^{2-}_{(aq)}$, dan $H^+_{(aq)}$. Van Mensvoort dan Dent (1998) mengemukakan bahwa oksidasi pirit secara kimia akan berlangsung lambat, tetapi reaksi yang dimediasi oleh bakteri pengoksidasi besi, khususnya *Thiobacillus ferrooxidans* menjadikan kondisi optimum untuk oksidasi sulfida dengan konsentrasi oksigen > 0,01 fraksi mol (1%), temperatur 5-55 °C (optimal 30 °C), dan pH 1,5-5 (optimal 3,2).

III. RESPONS TANAMAN PADI TERHADAP KEMASAMAN TANAH

Ada beberapa permasalahan yang ditemui di lahan pasang surut sulfat masam dari segi kesuburan tanah yang mengakibatkan produktivitas padi menjadi rendah, yaitu (1) rendahnya pH tanah (pH <4) yang disebabkan asam sulfat yang merupakan hasil oksidasi pirit, (2) tingginya unsur toksik seperti Al, Fe, dan Mn karena rendahnya pH tanah mengakibatkan pelepasan unsur toksik seperti Al^{3+} dan Fe^{2+} dalam larutan tanah tinggi, (3) rendahnya P tersedia karena terikat oleh unsur toksik dalam bentuk $FePO_4^{2-}$ dan $AlPO_4^{2-}$ serta (4) genangan air yang tidak dapat dikendalikan karena dipengaruhi oleh pasang surut air laut, dan (5) kekeringan akibat

drainase yang berlebihan (National Working Party on Acid Sulfate Soils 2000; Purnomo *et al.* 2005; Maneewan dan Sa-Nguansubpayakorn 2007). Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Shamsuddin *et al.* (2004) and Elisa *et al.* (2011) terhadap tanah di Malaysia bahwa oksidasi pirit mengakibatkan penurunan pH hingga < 3.5 , sehingga konsentrasi Al^{3+} dan Fe^{2+} dalam larutan tanah meningkat dan memengaruhi pertumbuhan padi. Menurut Kochian *et al.* (2004), tanah di lahan pasang surut sulfat masam tergolong masam sampai luar biasa masam yang berkisar pada pH 4 (*Sulfaquents*) dan pH $< 3,5$ (*Sulfaquepts*), hanya sedikit tanaman yang dapat beradaptasi dengan kondisi kemasaman tersebut. Lebih lanjut Notohadiprawiro (2000) mengatakan bahwa tingginya kemasaman pada tanah di lahan pasang surut mengimbas terhadap peningkatan kelarutan unsur-unsur meracun, seperti Al, Fe dan Mn yang diiringi dengan kahat hara makro (P, Ca, Mg, K) dan hara mikro (Cu dan Zn).

Kemasaman tanah merupakan kendala paling *inherence* dalam pengembangan lahan sulfat masam untuk pertanian. Kemasaman tanah di lahan sulfat masam ini dipengaruhi oleh keberadaan pirit, bahan organik dan tingkat oksidasi. Lahan rawa pasang surut sulfat masam dengan pH tanah rendah dapat menyebabkan kelarutan Al, Fe, Mn tinggi dan terjadinya kahat hara. Kondisi ini dapat menyebabkan proses metabolisme tanaman menjadi terganggu. Aluminium yang terdapat di dalam larutan tanah dapat ditemui dalam bentuk yang berbeda-beda tergantung pada nilai pH tanah. Nilai pH 4,0 dalam bentuk $Al(H_2O)_6^{3+}$, pH 4,5-5,0 dalam bentuk $Al(OH)^{2+}$, pH 5,5-6,0 dalam bentuk $Al(OH)^{2+}$ dan pH $> 6,0$ dalam bentuk $Al(OH)^{4-}$ (Samac dan Tesfaye 2003). Bentuk Al yang diserap oleh akar tanaman dan yang dapat meracuni berbeda pada setiap jenis tanaman maupun pada bagian tanaman. Bagian tanaman yang pertama kali berinteraksi dengan tanah adalah akar dan bagian ini merupakan yang sensitif terhadap keracunan Al (Shamshuddin *et al.* 2013).

Tingginya konsentrasi Al dalam larutan tanah dapat menimbulkan efek yang merugikan bagi pertumbuhan tanaman baik secara langsung maupun tidak langsung. Keracunan Al dapat menurunkan dan merusak sistem perakaran sehingga menyebabkan tanaman rentan terhadap cekaman kekeringan dan mengalami defisiensi hara (Kochian *et al.* 2004). Gejala awal yang terlihat pada tanaman adalah sistem perakaran tidak berkembang akibatnya pemanjangan sel akar menjadi terganggu (Roslim 2011). Tanaman yang mengalami cekaman Al, kerusakan terjadi pada

akar seperti menebal, menggulung dan pendek. Jika tanaman mengalami cekaman Al lebih lama dapat menghambat pembelahan sel (Matsumoto 2000). Menurut Trikoesoemaningtyas (2002) kerusakan akar berkorelasi dengan akumulasi Al di ujung akar terutama pada daerah 0-5mm dari ujung akar. Miftahudin *et al.* (2007) menyatakan bahwa daerah kerusakan pada akar tanaman yang ditimbulkan oleh Al berada sekitar 1 mm dari ujung akar. Lebih lanjut Ryan dan Delhaize (2010), menyatakan bahwa Al dapat merusak akar pada saat masih berada pada dinding sel tanpa harus masuk ke dalam sel.

Pada kondisi reduksi, pH tanah sulfat masam meningkatkan dan mengurangi kelarutan Al, namun kondisi ini dapat meningkatkan kelarutan Fe^{2+} , H_2S , CO_2 dan asam organik yang bersifat racun bagi tanaman (Vadari *et al.* 1992; Ryan dan Delhaize 2010). Salah satu permasalahan yang muncul dari kondisi ini adalah tingginya konsentrasi ion Fe^{2+} di dalam larutan tanah. Konsentrasi ion Fe^{2+} di dalam tanah yang menyebabkan keracunan bagi tanaman khususnya tanaman padi bervariasi dari 100 ppm dengan pH 3,7 hingga 300 ppm pada pH 5,0 (Sahrawat 2004). Sedangkan konsentrasi Fe^{2+} yang terdapat di dalam jaringan tanaman yang dapat meracuni tanaman antara 300-500 ppm (Sahrawat 2004) dan 500-2000 ppm (Nozoe *et al.* 2008).

Besi (Fe) dalam tanah sulfat masam yang sering menimbulkan masalah dalam bentuk *ferro* (Fe^{2+}) yang menyebabkan keracunan bagi tanaman, khususnya dalam kondisi tergenang. Kadar Fe^{2+} pada tanah sulfat masam salin di Filipina yang digenangi selama dua minggu meningkat mencapai $90 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3}$ dari umumnya antara $9-18 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3}$, tetapi kadar Fe^{2+} cenderung menurun pada penggenangan lebih dari dua minggu. Pada tanah sulfat masam “tua” sebagian besi berubah bentuk menjadi mudah teroksidasi menjadi besi *ferri* (Fe^{3+}) yang menimbulkan kerak karatan pada permukaan tanah. Besi *ferro* (Fe^{2+}) dapat meracuni tanaman, khususnya dalam kondisi tergenang. Padi yang tergolong tahan besi tinggi sekalipun, sebagian mengalami keracunan pada kadar besi $9 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3}$ (Ponnamperuma 1966).

Keracunan Fe menyebabkan terjadinya perubahan fisiologis pada tanaman padi. Hasil penelitian di lahan pasang surut sulfat masam di KP. Belandean menunjukkan genotipe padi mempunyai respons yang berbeda terhadap keracunan Fe yang ditunjukkan oleh hasil yang berbeda pula, yaitu berkisar antara 2,24-5,09 t/ha dan skoring keracunan besi berkisar antara 1,3-6,3. Nilai skoring Fe menunjukkan seberapa berat tanaman padi

mengalami keracunan, semakin tinggi nilai skoring semakin berat tanaman keracunan Fe dan semakin rendah nilai skoring semakin ringan keracunan. Pada nilai sekoring 5 menunjukkan tanaman peka terhadap keracunan besi, sedangkan pada nilai 3 menunjukkan tanaman toleran terhadap keracunan besi. Padi yang toleran terhadap keracunan menunjukkan hasil gabah yang lebih tinggi dibandingkan padi yang kurang toleran atau tidak toleran (Noor dan Khairuddin 2013).

Hasil gabah kering dari varietas padi yang diuji di lahan rawa pasang surut sulfat masam di Puntik dalam menunjukkan varietas Indragiri memberikan hasil tertinggi (4,56 t/ha), kemudian diikuti oleh varietas Tenggulang (4,11 t/ha), Ciherang (3,75 t/ha), Lambur (3,65 t/ha), Banyu Asin (3,61 t/ha), Margasari (3,34 t/ha) dan terendah Bondoyudo 3,23 t/ha. Gejala keracunan besi yang diamati pada saat akhir vegetatif menunjukkan varietas Margasari, Indragiri, Tenggulang, Lambur dan Banyu Asin tergolong toleran dengan skoring berkisar antara 1-3, sedangkan Ciherang, Bondoyudo, dan IR-64 tergolong agak toleran dengan skoring berkisar antara 3-5 (Tabel 25).

Tabel 25. Hasil gabah kering giling beberapa varietas padi yang diuji di lahan rawa pasang surut sulfat masam, desa puntik dalam, Kalimantan Selatan pada mk 2006

Varietas	Hasil Gabah t/ha GKG	Skoring Fe
Indragiri	4,56	2,0
Tenggulang	4,11	2,3
Ciherang	3,75	4,0
Lambur	3,65	2,3
Bondoyudo	3,23	4,0
IR-64	3,34	1,3
Margasari	3,24	5,0

Sumber: Noor *et al.* (2007)

Menghadapi cekaman kelarutan Al yang tinggi di dalam larutan tanah, tanaman mempunyai strategi untuk dapat bertahan hidup. Strategi tersebut antara lain: (1) akar tidak menyerap Al sehingga Al tidak terakumulasi ditajuk (*avoidance*). Mekanisme ini terjadi bila tanaman mengeksudasi senyawa asam organik dari akar. Senyawa asam organik yang dieksudasi dapat meningkatkan pH rhizosfer sehingga Al berada dalam bentuk tidak

larut dan tidak toksik bagi tanaman. Selain itu, asam organik tersebut dapat mengkhelat Al sehingga Al tidak diserap tanaman; (2) akar tanaman menahan dan mengakumulasi Al di akar, terutama di jaringan epidermis akar; dan (3) tanaman mengakumulasi Al di dalam tajuk (Ryan dan Delhaize 2010).

Mekanisme internal detoksifikasi Al di dalam sitoplasma lebih kepada pembentukan asam organik dan pembentukan kompleks Al, sehingga Al tidak bersifat racun di dalam sel tanaman. Pengaktifan enzim tertentu juga dapat menghasilkan asam organik yang dapat mengkelat Al supaya tidak toksik bagi tanaman, misalnya pembentukan ikatan kompleks Al-COOH (Carboxylate-Al) sehingga Al menjadi tidak meracuni tanaman (Dang *et al.* 2015). Aluminium yang berada di dalam tonoplas akan didetoksifikasi oleh asam organik dan membentuk senyawa kompleks Al disebut dengan internal detoksifikasi. Detoksifikasi Al internal melalui pembentukan senyawa kompleks Al dengan asam organik merupakan cara tanaman mentolerir Al yang masuk ke jaringan tanaman (Ryan dan Delhaize 2010).

Pengaruh konsentrasi Al dalam larutan hara terhadap panjang akar relatif (RRE) dapat dilakukan untuk mengetahui tingkat toleransi tanaman terhadap Al (Roslim *et al.* 2008). Pada penelitian ini yang dilakukan adalah hanya melihat persentase akar yang tertekan akibat adanya cekaman Al dengan menghitung selisih perbedaan akar tanpa cekaman Al dan yang diberi cekaman Al (Tabel 26).

Tabel 26. Pengaruh perbedaan konsentrasi al terhadap rata-rata panjang akar dan persentase penurunan akar

Konsentrasi Al (ppm)	Rata-rata Panjang Akar (cm)	Rata-rata Persentase Penurunan Akar (%)
0	26,28	0
120	17,31	65,21
240	17,04	65,22
360	17,35	66,56

Sumber: Harahap (2014)

Tanaman padi mampu mengembangkan mekanisme penghindaran dan toleransi baik secara morfologis maupun fisiologis untuk bertahan hidup pada kondisi tanah dengan kelarutan besi yang tinggi. Hal ini umum dilakukan oleh varietas padi yang toleran terhadap cekaman besi

(Gunawardena *et al.* 1982). Tiap varietas tanaman mempunyai perbedaan terhadap distribusi Fe pada tiap bagian tanaman (akar, batang, dan daun). Hal ini menunjukkan adanya perbedaan mekanisme yang lebih spesifik pada masing-masing varietas secara fisiologi. Pada varietas padi yang toleran terhadap besi lebih banyak menimbun Fe di batang dan lebih sedikit di daun dibandingkan dengan varietas yang peka. Varietas yang peka tidak mempunyai mekanisme penghambat (*barrier*) terhadap ion Fe^{2+} di antara bagian tanaman yang berbeda dan kandungan Fe tinggi dalam semua bagian tanaman, karena varietas yang sensitif tidak mempunyai selektivitas pada bagian tanamannya (Audebert 2006). Besi ferro (Fe^{2+}) bersifat immobil dalam tanaman, yaitu hara yang keberadaannya tidak bisa dipindahkan dengan cara dirombak kembali dari satu jaringan ke jaringan lain khususnya dari jaringan tua ke jaringan muda. Hal ini yang menyebabkan gejala defisiensi Fe^{2+} terlihat pada daun muda (Aung 2006).

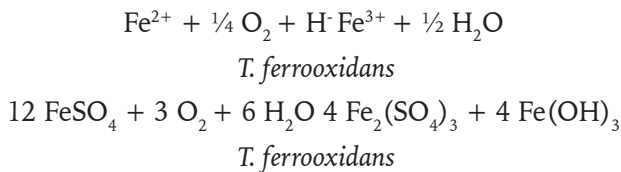
IV. PERAN MIKROBA PENGOKSIDASI BESI DAN PIRIT DI LAHAN SULFAT MASAM

Mikroba yang berperan dalam oksidasi besi dan pirit di lahan sulfat masam adalah genus *Thiobacillus*. Bakteri ini menggunakan beberapa bentuk sulfur sebagai energi dan mereduksi CO_2 dari sumber karbon sehingga dikenal bersifat *chemoautotrophic*, yaitu bakteri yang kegiatan atau pengambilan energinya berasal secara kimiawi dalam proses reaksi-reaksi kimiawi. Mikro-organisme lainnya yang juga termasuk dalam pengoksidasi belerang sejenis jamur, yaitu *Beggiatoa*, *Thiothrix*, *Thioploca*, dan jamur golongan rendah (*Actinomycetes*), seperti *Aspergillus*, *Penicillium*, dan *Microsporeum*. *Thiobacillus* yang berada di lahan sulfat masam, terdiri atas, tiga 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. ferrooxidans* secara cepat menghasilkan Fe^{3+} dari Fe^{2+} dalam suasana masam, Fe^{3+} kemudian langsung mengoksidasi pirit yang disebut dengan “kontak tidak langsung”. Laju oksidasi pirit dan sulfur dalam proses kontak tidak langsung ini berlangsung lebih cepat daripada oksidasi Fe^{2+} , yang ke semua proses ini menghadirkan *T. ferrooxidans*. Bakteri ini dapat melakukan peran kegiatannya pada penurunan pH sampai antara

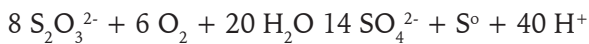
4-4,5. Bakteri ini bersifat *obligat autotroph* yang berkembang optimal pada pH 2-3,5 (Arkesteyn 1980; Stevenson 1984).

Secara biologi, bakteri *Thiobacillus ferrooxidans* dan *Thiobacillus thiooxidans* sangat berperan dalam proses oksidasi. *Thiobacillus ferrooxidans* memiliki kemampuan untuk mengoksidasi besi dan sulfur, sedangkan *Thiobacillus thiooxidans* tidak mampu mengoksidasi sulfur dengan sendirinya, namun tumbuh pada sulfur yang dilepaskan setelah besi teroksidasi. Aktivitas bakteri ini dapat meningkatkan proses oksidasi 500.000 sampai 1.000.000 kali lipat jika dibandingkan dengan reaksi yang terjadi secara geokimia (Evangelou dan Chang 1995).

Reaksi kimia berikut menggambarkan proses oksidasi Fe^{2+} atau $FeSO_4$ oleh *T. ferrooxidans*:

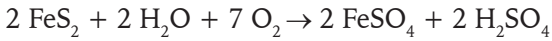


Thiobacillus lainnya dan juga *Sulfolobus acidocaldarius* bakteri pengoksidasi besi dan sulfur ini bersifat *thermophilic* (dipengaruhi oleh suhu) berperan juga dalam mereduksi Fe^{3+} selama berlangsung oksidasi sulfur secara aerob. Pertumbuhan bakteri *T. neapolitanus* yang ditemukan di lahan rawa pasang surut mencapai optimal berada pada pH antara 5-6. Persamaan reaksi kimia berikut menunjukkan setiap 8 mol *thiosulfat* dengan mengikat 6 mol oksigen akan menghasilkan 14 mol sulfat dan 40 mol H^+ . Dari persamaan ini tergambar setiap mol thiosulfat melepaskan 5 mol H^+ . Diperkirakan kesetimbangan reaksi pada medium dicapai pada pH 3.

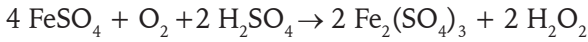


Thiobacillus acidophilus dikenal bersifat *acidophilic*, yaitu bakteri yang tumbuh berkembang dalam kondisi sekitar pH 2-3, meskipun juga mampu hidup pada pH 6-7. Bakteri ini bersifat *fakultatif autotroph*, yaitu tumbuh berkembang pada substrat anorganik atau organik. Bakteri ini tidak dapat mengoksidasi pirit jika tidak berada dalam kultur medium biakan campuran. *Thiobacillus thiooxidans* bersifat *obligat autotroph* tumbuh berkembang pada pH 5,5, tetapi juga mampu berkembang pada pH 2-3,5.

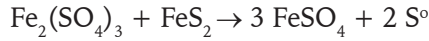
T. thiooxidans dalam oksidasi sulfur atau pirit secara biologis berperan bersamaan dengan oksidasi secara kimiawi:



kimiawi



T. thiooxidans



kimiawi



T. Thiooxidans

V. TEKNOLOGI BIOLEACHING UNTUK MENGURANGI KEMASAMAN TANAH

Dalam proses penanganan pirit secara mikrobiologi menggunakan bakteri *Thiobacillus ferrooxidans* dan *Thiobacillus thiooxidans*. Penggunaan kombinasi kedua bakteri ini ditujukan untuk lebih mengoptimalkan desulfurisasi. *Thiobacillus ferrooxidans* memiliki kemampuan untuk mengoksidasi besi dan sulfur, sedangkan *Thiobacillus thiooxidans* tidak mampu mengoksidasi sulfur dengan sendirinya, namun tumbuh pada sulfur yang dilepaskan setelah besi teroksidasi. (Evangelou dan Chang 1995).

Dalam beberapa tahun belakangan ini, pencucian dengan mikrob (*microbial leaching*) mendapat perhatian yang sangat besar dari beberapa negara karena teknologi ini terbukti mempunyai potensi untuk menyelesaikan masalah dalam pengolahan mineral berkadar logam rendah maupun tinggi. Beberapa keuntungan lain yang dapat diperoleh dengan melakukan proses *bioleaching* adalah biaya operasi relatif cukup rendah, aman terhadap lingkungan (Haris *et al.* 1994). Mikroorganisme yang mempunyai potensi untuk dikembangkan dan memegang peranan penting dalam proses-proses *bioleaching* adalah *Thiobacillus ferrooxidans*, *Thiobacillus thiooxidans*, *Leptospirillum ferrooxidans*, dan dari genus *Sulfolobus*, yaitu *S. acidocaldarius* (Handayani 1997; Woods dan Rawlings 1989).

5.1. Prosedur Pelaksanaan

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 (*Thiobacillus ferrooxidans* dan *Thiobacillus 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 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. Setelah itu lahan siap ditanami padi.

5.2. Efektivitas Teknologi Bioleaching

Aplikasi formula mikroba yang diikuti dengan pencucian dapat menurunkan kadar S-pirit, sulfat, dan besi (Tabel 27 dan 28) serta meningkatkan pH dan kandungan hara tanah (Tabel 29). Tabel 27 menunjukkan bahwa inokulasi bakteri dan pencucian telah menurunkan kadar S-pirit, sulfat, dan besi dibandingkan kontrol. Inokulasi bakteri yang diikuti dengan pencucian juga dapat menurunkan kadar S-pirit, sulfat, dan besi. Pencucian dengan selang sehari dan 3 hari memperlihatkan penurunan yang nyata. Hasil percobaan ini menjadi harapan sebagai cara perbaikan sifat kimia tanah pada lahan sulfat masam yang piritnya teroksidasi (Mukhlis 2012). Ragusa dan Madgwick (1990) menyimpulkan bahwa mikroorganisme berhasil melarutkan logam-logam berat dan sulfida secara langsung melalui ketergantungan pada metabolisme atau secara tidak langsung dengan produk produk dari metabolismenya. Dalam setiap sistem pelarutan logam di mana terdapat besi, suatu kombinasi dari serangan secara langsung dan tak langsung (secara kimia tidak menggunakan enzim) terhadap sulfida dapat terjadi. Pada pelarutan secara tak langsung hampir selalu melibatkan Fe^{3+} yang merupakan pengoksidasi yang kuat

yang mampu mengoksidasi mineral bijih sulfida (Fowler dan Crundwell 1998). Ragusa dan Madgwick (1990) melaporkan bahwa oksidasi Fe^{2+} menjadi Fe^{3+} secara abiotik berlangsung amat lambat, sedangkan bakteri pengoksidasi besi dapat mengkatalis reaksinya dengan suatu faktor dari 10^5 sampai 10^6 . Pada pelarutan secara langsung, Fe^{3+} tidak dilibatkan. Lebih lanjut Fowler dan Crundwell (1998) mengatakan bahwa bila logam sulfida bereaksi dengan asam maka akan membentuk hidrogen sulfida, di mana bakteri kemudian akan mengoksidasinya lebih lanjut menjadi sulfat.

Pada Tabel 27 diketahui bahwa inokulasi bakteri dan pencucian dapat meningkatkan pH dan kandungan hara tanah. Perbedaan isolat tidak menunjukkan pengaruh nyata terhadap pH dan kandungan hara tanah. Hasil ini sesuai dengan hasil pengujian biooksidasi bakteri tersebut di mana keempat isolat yang digunakan merupakan isolat yang unggul dalam aktivitas oksidasi besi dan sulfur.

Tabel 27. Efektivitas beberapa isolate *t. Ferrooxidans* dalam mengoksidasi besi ferro dan sulfur

No.	Isolat	Konsentrasi besi ferro (ppm) pada hari ke			pH	Sulfat (ppm)
		2	4	6		
1	Bld 1	1170	732	262	3.2	4012
2	Bld 2	1210	640	270	3.5	3099
3	Trg 1	1088	575	190	3.1	3812
4	Trg 2	1120	632	210	3.2	4079
5	Trg 3	1421	1432	373	3.4	3851
6	Brb 1	1211	570	280	3.6	3809
7	Brb 2	1096	460	158	3.4	4255
8	Blg 1	1243	853	143	3.5	3787
9	Blg 2	1054	764	204	3.2	4211
10	Jmb 1	1076	421	262	3.4	4053
11	Kontrol	1726	1721	1743	5,2	1254

Sumber: Mukhlis (2012)

Tabel 28. Pengaruh beberapa isolat *t. Ferrooxidans* dan waktu pencucian terhadap kadar s-pirit, besi dan sulfat pada 4 minggu setelah inokulasi

Perlakuan	Kadar S-pirit (%)	Kadar Sulfat (ppm)	Kadar Besi (ppm)
Isolat:			
Bld 1	1,89 a	266,35 b	957,34 a
Trg 2	1,97 a	293,69 c	986,73 a
Brb 2	1,82 a	293,21 c	963,82 a
Blg 2	1,92 a	275,31 b	972,34 a
Kontrol	2,23 b	138,67 a	368,95 b
LSD _{0,05}	10,2	12,5	21,3
Waktu pencucian:			
Setiap hari	1,50 a	234,99 b	563,38 a
Selang 3 hari	1,88 ab	238,90 a	569,06 a
Selang 6 hari	2,01 b	265,27 a	670,36 b
Tanpa pencucian	2,41 c	288,29 a	768,43 c
LSD _{0,05}	21,2	14,05	4,43

Ket: Angka pada satu kolom diikuti huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada taraf uji 5%.

Sumber: Mukhlis (2012)

Tabel 29. Pengaruh beberapa isolat *t. Ferrooxidans* dan waktu pencucian terhadap sifat kimia tanah setelah panen

Perlakuan	pH	N tot	P Bray I	Ca-dd	Mg-dd	K-dd	Fe	SO4
		%	ppm P ₂ O ₅		Cmol(+)/kg		ppm	
Isolat :								
Bld 1	4,3 b	0,31 b	16,51 b	14,30 a	2,34 a	0,32 a	455,23 a	221,90 a
Trg 2	4,2 b	0,29 b	16,24 b	14,21 a	2,54 a	0,29 a	467,87 a	218,76 a
Brb 2	4,2 b	0,31 b	16,76 b	14,54 a	2,13 a	0,31 a	458,90 a	220,78 a
Blg 2	4,1	0,30 b	16,54 b	14,76 a	2,05 a	0,30 a	461,43 a	220,43 a
Kontrol	ab	0,24 a	12,89 a	14,01 a	2,01 a	0,29 a	601,23 b	256,56 b
LSD _{0,05}	3,9 a	12,5	21,3	17,4	19,76	23,56	13,45	18,08
	10,2							
Waktu pencucian:								
Setiap hari	4,5 b	0,34 b	18,97 b	14,89 b	2,65 a	0,34 a	457,09 a	228,89 a
Selang 3 hari	4,5 b	0,34 b	18,21 b	14,80 b	2,65 a	0,33 a	453,67 a	228,13 a
Selang 6 hari	4,1 a	0,28 b	17,34 ab	13,86 a	2,61 a	0,33 a	497,00 b	242,06 b
Tanpa cuci	4,0 a	0,21 a	16,54 a	13,45 a	2,60 a	0,30 a	521,32 c	247,45 b
LSD _{0,05}	21,2	14,05	14,43	14,98	20,54	18,79	14,54	17,32

Ket: Angka pada satu kolom diikuti huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada taraf uji 5%.

Sumber: Mukhlis (2012)

Tabel 30. Pengaruh beberapa isolat *t. Ferrooxidans* dan waktu pencucian terhadap pertumbuhan dan hasil padi

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)		Jumlah anakan		Hasil (g/tan)
	Vegetatif	Generatif	Vegetatif	Generatif	
Isolat:					
Bld 1	71,56 a	94,38 b	15 a	19 b	235 c
Trg 2	70,05 a	95,00 b	15 a	18 b	233 c
Brb 2	68,06 a	94,78 b	15 a	17 ab	220 b
Blg 2	67,45 a	86,15 a	14 a	16 a	210 a
Kontrol	63,56 a	80,78 a	14 a	15 a	206 a
LSD _{0,05}	16,09	14,76	12,34	15,21	17,60
Waktu					
pencucian	85,65 b	102,8 c	18 b	19 b	250 c
Setiap hari	82,53 b	97,91 b	17 b	18 b	244 c
Selang 3 hari	77,68 a	96,00 b	15 a	15 a	217 b
Selang 6 hari	73,42 a	91,48 a	14 a	14 a	200 a
Tanpa cuci	13,14	12,67	15,23	12,78	13,65
LSD _{0,05}					

Ket: Angka pada satu kolom diikuti huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada taraf uji 5%.

Sumber: Mukhlis (2012)

Tanaman padi yang ditumbuhkan pada tanah yang diinokulasi dengan bakteri pengoksidasi besi dan dicuci selang sehari atau 3 hari mempunyai tinggi tanaman dan jumlah anakan lebih banyak dan berbeda nyata dibanding tanpa inokulasi dan dicuci selang 6 hari atau tanpa pencucian (Tabel 8). Jumlah anakan yang lebih banyak menghasilkan anakan produktif lebih banyak dan produksi yang lebih tinggi pula. Bakteri *T. ferrooxidans* isolat Bld 1 dan Trg 2 memberikan hasil yang tertinggi yaitu masing-masing sebesar 235 dan 233 g/tanaman, sedangkan pada kontrol hanya memberikan hasil 206 g/tanaman. Perlakuan pencucian dengan selang sehari dan selang 3 hari memberikan hasil masing-masing sebesar 250 dan 244 g/tanaman dan lebih tinggi dari pencucian selang 6 hari dan tanpa pencucian.

VI. PENUTUP

Potensi dan peluang peningkatan produksi pangan nasional melalui pemanfaatan dan optimalisasi pengelolaan lahan pasang surut sulfat masam sangat besar dan prospektif. Namun lahan ini mempunyai tingkat kesesuaian lahan marginal atau bersyarat (S2 dan S3), karena salah satu faktor pembatasnya berupa lapisan pirit. Di samping tanah yang masam sampai sangat masam, rendahnya ketersediaan hara dan keracunan besi adalah sebagian kendala sifat tanah yang sering menghambat pertumbuhan tanaman di lahan sulfat masam. Namun demikian, dengan inovasi teknologi pengelolaan lahan yang baik, produktivitasnya dapat ditingkatkan.

Banyak penelitian yang telah dilaksanakan dalam upaya meningkatkan kualitas tanah sulfat masam agar dapat dimanfaatkan seoptimal mungkin. Pengelolaan lahan merupakan salah satu faktor terpenting dalam mencapai hasil yang optimal dan berkelanjutan. Oleh karena itu, pengelolaan lahan (tanah) harus diupayakan tanpa menyebabkan kerusakan terhadap lingkungan maupun menurunkan kualitas sumber daya lahan, dan sebaiknya diarahkan pada perbaikan struktur tanah, sifat kimia, dan aktivitas biologi tanah yang optimum bagi tanaman.

Pencucian dengan mikrob (*bioleaching*) merupakan salah satu cara untuk mengurangi kemasaman tanah di lahan pasang surut sulfat masam. 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*, *Thiobacillus thiooxidans*, *Leptospirillum ferrooxidans*, dan dai genus *Sulfolobus*, yaitu *S. acidocaldarius*.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, K. 2006. Peningkatan kualitas tanah sawah dan air buangan di saluran drainase pada tanah sulfat masam. *Disertasi*. Institut Pertanian Bogor.
- Arkesteyn GJMW. 1980. Contribution of microorganisms to the oxidation of pyrite. WAU disertation no. 791. <http://edepot.wur.nl/202111> [29 April 2019].

- Audebert, A. 2006. Iron partitioning as a mechanism for iron toxicity tolerance in lowland rice. p. 136-158. *In*. Audebert, A., L.T. Narteh, D. Millar and B. Beks (Eds.). Iron Toxicity in Rice-Based System in West Africa. Africa Rice Center (WARDA).
- Aung, T. 2006. Physiological Mechanisms of Iron Toxicity Tolerance in Lowland Rice. *Thesis*. Fac. of Agriculture Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn.
- Bloomfield, C and J.K. Coulter. 1973. Genesis and management of acid sulfate soils. *In* : N.C. Brady (ed.) *Adv. Agron* 25: 265-324. ACAD Press Inc.
- Breemen, N. V. 1976. Genesis and solution chemistry of acid sulphate soils in Thailand. Ph.D. Thesis. Centre Agric. Publ. Duc. Wageningen.
- Cho, K. M., Ranamukhaarachchi, and M. A. Zoebisch. 2002. Cropping System on Acid Sulphate Soil in the Central Plains of Thailand: Constraints and Remedies. *In*: Acid Sulphate Soil Management in Tropical Environmet. 17th WCSS. Thailand. August 2002. Paper No 812:1-10.
- Dang, T., L. M. Mosley, R. Fitzpatrick, and P. Marschner. 2015. Organic Materials Differ in Ability to Remove Protons, Iron and Aluminium from Acid Sulfate Soil Drainage Water. *Water, Air and Soil Pollution*.
- Dent, D. L. 1986. Acid Sulphate Soils. A Baseline for Research and Development. ILRI. Wageningen. Publ. No. 39. The Netherlands.
- Elisa M. D'Angelo and K.R. Reddy. 2011. Regulators of heterotrophic microbial potentials in wetland soils. *Soil Biology and Biochemistry*. 31: 815-830.
- Enio, M. S. K., J. Shamshuddin, C. I. Fauziah, and M. H. A. Husni. 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. dan Y.L. Zhang. 1995. A Review: Pyrite Oxidation Mechanisms and Acid Mine Drainage Prevention. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 25(2):141-199.
- Fageria, N. K., A. B. Santos, M. P. Barbosa Filho and C. M. Guimaraes. 2008. Iron Toxicity in Lowland Rice. *Journal of Plant Nutrition*, 31: 1676–1697.
- Fowler, T.A and F.K. Crundwell. 1998. Leaching of zinc sulfide by *Thiobacillus ferrooxidans*: experiment with a controlled redox

- potential indicate no direct bacterial mechanism. *Appl. Environ. Microbiol.* 64 (10): 3570 - 3575.
- Gunawardena, I., S. Virmani, and F. J. Sumo. 1982. Breeding rice for tolerance to iron toxicity. *oryza* 19: 5-12.
- Handayani, S. 1997. The immobilization of soluble metals by bacterial walls. *Indon. Min. J.* 3(I): 31-36.
- Harahap, S. M. 2014. Mekanisme adaptasi dan penekanan akumulasi Fe dan Al untuk meningkatkan produktivitas padi di lahan pasang surut. *Disertasi*. Institut Pertanian Bogor.
- Haris, A., B. Ciptodi dan Erskini. 1994. Bioremediation: Kajian aspek teknik, teknologis dan prospek pengembangannya *Majalah BPPT*. LX: 94- 106.
- Iyemuremye, F., R.P. Dick, and J. Baham. 1996. Organic amendments and phosphorus dynamics. I. Phosphorus Chemistry and Sorption. *Soil Sci.* 161:426-442.
- Kochian, LV., OA. Hoekenga, and MA. Pineros. 2004. How do plants tolerate acid soil: Mechanism of aluminium tolerance and phosphorous efficiency. *Annu Rev. Plant Physiol.* 55:459-493.
- Maneewan, N. and C. Sa-Nguansubpayakorn. 2007. Effect of organic and chemical fertilizers on acid sulphate soils management for Patumthani 1 rice production. Proceedings of the 4th INWEPF Steering Meeting and Symposium, July 5-7, Bangkok.
- Matsumoto, H. 2000. Cell biology of aluminium toxicity and tolerance in higher plants. *Int Rev Cytol* 200:1-46.
- Miftahudin. Nurlaela dan Juliarni. 2007. Uptake and distribution of aluminum in root apices of two rice varieties under aluminum stress. *Hayati J. Biosci* 14(3):110-114.
- Mukhlis. 2012. Remediasi lahan rawa pasang surut melalui pemanfaatan mikroba tahan masam dan bahan organik untuk meningkatkan produktivitas lahan. Laporan Hasil Penelitian. Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa.
- National Working Party on Acid Sulphate Soils. 2000. National Strategy for The Management of Coastal Acid Sulphate Soil. NSW Agriculture. Wollongbar Agricultural Institute. Australia.
- Noor, A. dan Khairuddin. 2013. Keracunan besi pada padi: aspek ekologi dan fisiologi-agronomi. Hlm. 305-318. *Dalam*. Yasin, M. *et al* (Eds.)

Prossiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian, Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Kalimantan Selatan.

- Notohadikusumo, T. 2000. Benang merah tulisan-tulisan yang pernah disusun. Dalam Buku Panduan Seminar Nasional Pengembangan Ilmu Tanah Bervisi Lingkungan. Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian UGM, Yogyakarta.
- Notohadiprawiro, T. 2000. Tanah dan Lingkungan. Cetakan ke-2. Pusat Studi Sumberdaya Lahan (PPSL) univ. Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Nozoe, T., Y. Fukuta, R. Agbisiti, R. Rodriguez, and S. Yanagihara. 2008. Characteristics of iron tolerance rice lines developed at IRRI under field condition. *JARQ*. 42:187-192.
- Nugroho, K. dan D. A. Suriadikarta. 2010. Kapasitas produksi bahan pangan lahan rawa. Hlm. 71-87. *Dalam*. Sumarno dan Nata Suharta (Eds.) Analisis Sumber Daya Lahan Menuju Ketahanan Pangan Berkelanjutan. Badan Litbang Pertanian, Jakarta.
- Pons, L.J. 1973. Outline of the genesis, characteristic, classification and improvement of acid sulphate soils, p. 1-27. Dalam H. Dost (ed.). *Acis Sulphate Soils*. I. Introduction Paper and Bibliography. Proc. Int. Symp. Publ No. 18. Vol. 1. ILRI. Wageningen. The Netherlands.
- Ponnamperuma, F.N. 1976. Specific soil chemical characteristics for rice production in Asia. IRRI Research Paper Series, No. 2. Int.Rice Res. Ins., Los Banosa, The Philippines.
- Purnomo., A. Mursyid., M. Sarwani., A. Jumberi., Y. Hashidoko., T. Hasegawa., S. Honma., M. Osaki. 2005. Phosphorus Solubilizing Microorganisms in the Rhizosphere of Local Rice Varieties Grown without Fertilizer on Acid Sulphate Soils. *Soil Science & Plant Nutrition*. 51(5): 679-681.
- Priatmadi, B. J. dan A. Haris. 2009. Reaksi Pemasaman Senyawa Pirit pada Tanah Rawa Pasang Surut. *Jurnal Tanah Tropika*. 14:19-24.
- Ritung, S., Wahyunto, K. Nugroho, Sukarman, hikmatullah, Suparto dan C. Tafakresnanto. 2011. Peta Lahan Gambut Indonesia, skala 1:250.000. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, kementerian Pertanian.
- Ryan, P. R. and E. Delhaize. 2010. The convergent evolution of aluminium resistance in plants exploits a convenient currency. *Functional Plant Biology*, 37:275-284.

- Ragusa, S. and I. Madgwick. 1990. Acidophilic, iron oxidizing bacteria in mineral leaching. *Aust. J. Biotech.* 4 (2):109-112.
- Roslim, D. I., H. Alex, H. Aswidinoor, Miftahudin, dan U. Suharsono. 2008. Karakter root re-growth sebagai parameter toleransi Aluminium pada tanaman padi. *J. Natur Indo* 13:82-88.
- Sahrawat, K. L. 2004. Iron Toxicity in wetland rice and the role of other nutrients. *J. of Plant Nutrition.* 27:147-1504.
- Samac, D. A. and M. Tesfaye, M. 2003. Plant improvement for tolerance to Al in acid soil a review. *J. Plant Cell Tissue Organ Cult.* 75:189-207.
- Shamshuddin, J., Muhrizal, S., I. Fauziah., E.V Ranst, E. 2004. A laboratory study on pyrite oxidation in acid Sulphate soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 35 (1 & 2):117-129.
- Shamshuddin, J., Elisa, A. A., Shazana, M. A. R. S and Fauziah, I. C. 2013. Rice defense mechanisms against the presence of excess amount of Al^{3+} and Fe^{2+} in the water. *Australian Journal Crop Science*, 7: 314-320.
- Soil Survey Staff. 2010. Keys to Soil Taxonomy. United States Department of Agriculture, Washington DC.
- Stevenson, F. J. 1994. Humus Chemistry. Genesis, Composition, Reaction. John Wiley and Son Inc. New York.
- Subagyo, H. 2006. Klasifikasi dan penyebaran lahan rawa. Hal. 1-22. *Dalam Didi A.S, U. Kurnia, Mamat H.S., W. Hartatik, D. Setyorini (Eds.). Karakteristik dan Pengelolaan Lahan Rawa.* Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor.
- Sudarmo. 2004. Perubahan Sifat-Sifat Bahan Sulfidik Akibat Pengeringan dan Pencucian serta Pengaruhnya terhadap Kualitas Air Cucian. *Disertasi.* Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Sudhalaksmi, C., V. Velu and T. M. Thiyagarajan. 2007. Redox Potential in the Rhizosphere Soil of Rice Hybrid as Mediated by Crop Management options. *Res. J. Agric. Biol. Sci.* 3(4): 299-301.
- Suhartini, T. dan A. K. Makarim. 2009. Teknik seleksi genotip padi toleran keracunan besi. *J. Penelitian Pertanian Tanaman Pangan.* 28:125-130.
- Tinh, T. K. 1999. Reduction chemistry of acid sulphate soils: Reduction rates and influence of rice cropping. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Agraria* 206, Uppsala, Sweden.

- Trikoesoemaningtyas. 2002. Fisiologi dan pewarisan sifat efisiensi kalium dalam keadaan tercekam aluminium pada padi (*Oryza sativa*. L). *Disertasi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Vadari, T.H. Suwardjo, K. Subagyono, Sutono, I. Abas, & R.A.L. Kselik. 1992. Peranan pengelolaan air dalam usaha reklamasi tanah sulfat masam potensial di Unit Tatas, Kalimantan Tengah. *Pemberitaan Penelitian Tanah dan Pupuk*.No. 10. Puslittanak, Bogor.
- Van Breemen, N. 1993. Environmental aspects of acid sulfate soils. p. 391–402. *In* D.L. Dent and M.E.F.Van Mensvoort (Eds.), *Selected Papers of the Ho Chi Minh City Symposium on Acid Sulfate Soils*. ILRI Publ. 53. Wageningen.
- Van Mensvoort, M. E. F. and D. L. Dent. 1998. Acid Sulphate Soil. *In*. Lal R, WH Blum, C Valentine dan BA Steward (Eds.). *Method for Assessment of Soil Degradation*. Florida. CRC Prees LLC.
- Widjaya Adhi, I. P. G. 1986. Pengelolaan Lahan Pasang Surut dan Lebak. *Jurnal Litbang Pertanian* 5(1): 19-31.
- Widjaya Adhi, I P.G. 1995. Pengelolaan tanah dan air dalam pengembangan sumberdaya lahan rawa untuk usahatani berkelanjutan dan berwawasan lingkungan. Makalah disampaikan pada Pelatihan Calon Pelatih untuk Pengembangan Pertanian di Daerah Pasang Surut, 26-30 Juni 1995, Karang Agung Ulu, Sumatera Selatan.
- Wood, D. and D.E. Rawlings. 1989. Bacterial Leaching and Biomining. *In* J. L. Mark (ed). *A Revolution in Biotechnology*. Cambridge. ISCU. New York.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB IV

PENINGKATAN PRODUKTIVITAS KOMODITAS

TEKNOLOGI INOVATIF PENINGKATAN PRODUKTIVITAS JAGUNG DI LAHAN RAWA PASANG SURUT

R. Smith Simatupang dan Isri Hayati
Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa, Banjarbaru
Email: rsmith_simatupang@yahoo.co.id

RINGKASAN

Jagung merupakan salah satu komoditas strategis dan memiliki nilai penting dalam sistem perekonomian nasional. Oleh karena itu, produksi jagung nasional terus ditingkatkan agar tercipta swasembada secara berkelanjutan. Upaya khusus peningkatan produksi jagung dapat dilakukan melalui intensifikasi dan ekstensifikasi. Intensifikasi adalah mengupayakan untuk meningkatkan produktivitas jagung rata-rata dari 4,68 ton/ha menjadi 5,0 ton/ha bahkan lebih pada lahan *eksisting* maupun bukaan baru. Ekstensifikasi dilakukan selain pada lahan kering juga dilakukan di lahan rawa pasang surut yang sesuai untuk pengembangan jagung. Lahan rawa pasang surut yang sesuai dan potensial untuk pengembangan tanaman jagung cukup luas. Secara teknis agronomis pengembangan komoditas jagung di lahan rawa pasang surut dapat dilakukan, inovasi teknologi budi daya jagung sudah tersedia dan siap dikembangkan. Pengembangan jagung diarahkan pada lahan rawa pasang surut tipe luapan C dan B, diperkirakan luasnya mencapai 2,57 juta hektar terdapat di Pulau Sumatera dan Kalimantan. Teknologi inovatif di antaranya penyiapan lahan dan pengolahan tanah, ameliorasi dan pemupukan, pengelolaan air, sistem tanam, pemeliharaan tanaman, penggunaan benih bermutu dan varietas

unggul yang tahan terhadap kemasaman tanah, diikuti dengan penanganan pascapanen, akan meningkatkan produktivitas jagung yang tinggi dan berkelanjutan. Ada empat langkah yang harus diperhatikan dan dilakukan pada program pengembangan jagung, yakni (1) menyediakan teknologi spesifik lokasi, (2) memanfaatkan lahan secara optimal, (3) meningkatkan intensitas pertanaman, dan (4) melakukan rekayasa kelembagaan. Pengembangan jagung pipilan kering akan berbenturan dengan masalah sosial ekonomi terutama pasar. Oleh karena itu, perlu diciptakan pasar untuk mendorong petani mengembangkan jagung pipilan kering.

I. PENDAHULUAN

1.1. Budi Daya Jagung

Jagung (*Zea mays* L) merupakan salah satu komoditas strategis kedua setelah padi pada sistem pertanian di Indonesia. Ditinjau dari aspek ekonomi, maka jagung memiliki nilai dan peranan penting dalam sistem perekonomian baik di pedesaan bagi petani maupun di tingkat nasional pada sektor industri. Jagung digunakan sebagai bahan baku berbagai industri produksi olahan pakan ternak, makanan ringan (*snack food*), minyak jagung, pelapis kertas, farmasi dan berbagai produk industri berbasis jagung lainnya, kebutuhan untuk pakan ternak berkisar 7,5-8,5 juta ton per tahun (Rusastra *et al.* 2004; Santoso, 2014). Di pedesaan maupun di kota jagung muda (manis) banyak dijual dan dihidangkan sebagai jagung rebus maupun jagung bakar. Pilihan petani menanam jagung dipanen muda merupakan salah satu cara mendapatkan uang tunai (*cash flow*) untuk mengatasi ekonomi dalam memenuhi keperluan keluarga sehari-hari.

Budi daya jagung umumnya dilakukan di lahan kering dan lahan tadah hujan. Pertanaman jagung di Indonesia luasnya mencapai 3,82 juta hektar dengan tingkat produktivitas yang termasuk relatif masih rendah, yakni 4,84 ton/ha pipilan kering dan masih berpeluang ditingkatkan (Kementerian Pertanian 2010; Suswono 2014). Selain di lahan kering, tanaman jagung dapat dikembangkan pada tipologi lahan lainnya di antaranya di lahan rawa pasang surut. Jagung sudah ditanam dan dikembangkan oleh petani di lahan rawa pasang surut, tetapi umumnya jenis jagung manis dan dipanen muda untuk dijual mendukung ekonomi keluarga dan dikonsumsi sebagai bahan makanan selingan. Dari keragaan tanaman jagung di lahan rawa pasang surut, pengembangan jagung pada tipologi lahan ini sangat

prospektif di masa datang untuk mendukung upaya peningkatan produksi jagung nasional.

Lahan rawa pasang surut luasnya mencapai 20,1 juta hektar. Lahan rawa pasang surut, berdasarkan jenis tanahnya terdiri atas dua jenis tanah, yakni tanah mineral dan tanah gambut, dan berdasarkan tipe luapan pasang surutnya air dapat dibedakan atas empat tipe luapan A, B, C, dan D. Pada kedua jenis tanah baik tanah mineral maupun tanah gambut dengan tipe luapan C dan D jagung dapat ditanam mendukung program intensifikasi dan ekstensifikasi upaya peningkatan produksi jagung nasional. Berdasarkan hasil kegiatan penelitian bahwa budi daya tanaman jagung pada tanah mineral dan gambut tumbuhnya sangat baik dan subur. Budi daya jagung pada tipe luapan C dan D dapat dilakukan menjelang akhir musim hujan sekitar bulan April/Mei dan pada musim kemarau antara bulan Juli/Agustus. Pertanaman di musim kemarau, pengelolaan airnya menggunakan sistem tabat untuk mempertahankan ketinggian muka air tanah (Raihan dan Simatupang 2010).

1.2. Perkembangan Produksi Jagung Nasional

Luas pertanaman jagung nasional fluktuatif yakni berkisar 3,0-4,1 juta hektar per tahun. Tabel 1 menggambarkan bahwa luas tanam pada tahun 2004-2007 berkisar 3,3-3,6 juta hektar, tahun 2008-2010 luas tanam jagung meningkat mencapai 4,1 juta hektar, kemudian luas tanam turun < 4,0 juta hektar. Salah satu cara untuk meningkatkan produksi jagung adalah dengan memperluas areal tanam secara nasional. Fluktuasi luas areal tanam akan memengaruhi produksi jagung nasional.

Produksi jagung nasional sangat fluktuatif, akan tetapi berdasarkan data pada satu dekade (2004-2014) cenderung meningkat setiap tahunnya sejalan dengan peningkatan luas tanam, namun sampai tahun 2014 produksi jagung nasional masih belum mencukupi kebutuhan jagung nasional sehingga pemenuhan kebutuhan jagung ini dilakukan melalui impor (Suswono 2014). Hal tersebut terbukti bahwa pada 2014, yakni periode Januari-April impor jagung mencapai 699.425 ton (Hurhayat 2014). Pada tahun 2015 periode yang sama impor jagung meningkat menjadi satu juta ton (Agustine 2015).

Produktivitas dan produksi jagung secara nasional pada dekade tahun 2000-2010 masih tergolong rendah dan sangat fluktuatif, sehingga ketika

produksi menurun kebutuhan jagung nasional dipenuhi melalui impor. Tahun 2010, produksi jagung meningkat namun tahun 2011 menurun (3,81%) dibandingkan dengan tahun sebelumnya. Pada tahun 2012 iklim pertanaman jagung membaik, ditandai meningkatnya luas tanam per tahun maupun produktivitasnya meningkat sehingga produksi jagung nasional meningkat mencapai 19,8 juta ton, namun tahun 2013 produksi jagung turun 4,54%. Setelah tahun 2013 dengan adanya program upsus, luas tanam dan produktivitas jagung meningkat. Perkembangan produksi jagung nasional disajikan pada Tabel 31 berikut.

Tabel 31. Perkembangan luas panen, produktivitas dan produksi jagung nasional

Tahun	Luas panen (ha)	Produktivitas (ton/ha)	Produksi (ton)	Peningkatan produksi (%)
2004 ¹	3.356.914	3,34	11.225.243	-
2005 ¹	3.625.987	3,45	12.523.894	11,56
2006 ¹	3.345.805	3,47	11.609.463	- 7,30
2007 ¹	3.630.324	3,66	13.287.527	14,45
2008 ¹	4.003.313	4,08	16.323.922	22,85
2009 ²	4.160.659	4,24	17.629.740	7,99
2010 ¹	4.131.676	4,44	18.327.636	3,96
2011 ¹	3.861.433	4,57	17.629.033	- 3,811
2012 ²	3.957.595	4,90	19.387.022	9,99
2013 ¹	3.820.161	4,84	18.506.287	- 4,54
2014 ²	-	-	19,13 juta	3,33
2015 ³	-	-	20,61 juta	3,17
2016 ⁴	-	-	23,60 juta	14,5
2017 ⁴	-	-	28,90 juta	22,5

Keterangan : * ditargetkan

Sumber data : ¹ Suswono, (2014); ² Tanaman pangan (2015); ³ Kementan (2016)

⁴ *Tribunnews 2018*

Sejak adanya SL-PTT pada tahun 2008 digulirkan, luas panen jagung mengalami peningkatan rata-rata sebesar 1,72% dan produksi jagung meningkat menjadi 18,51 juta ton (2013) dan produktivitas meningkat dari 3,43 ton/ha menjadi 4,68 ton/ha (4,68%). Peningkatan produksi jagung utamanya karena penggunaan benih jagung hibrida (baru sekitar 50%) (Ditjen Tanaman Pangan 2008). Namun demikian, produksi jagung nasional masih belum bisa memenuhi kebutuhan jagung nasional yang terus meningkat yakni mencapai 20,9 juta ton pada tahun 2015 (Tanaman

Pangan 2015). Kalaupun impor jagung masih dilakukan, impor jagung tersebut untuk mengisi stok jagung nasional. Pada tahun 2015 produksi jagung nasional mencapai 20,61 juta ton (Kementan 2016). Berdasarkan data BPS, dilaporkan bahwa produksi jagung nasional tahun 2014 sebesar 19,0 juta ton, tahun 2015 meningkat menjadi 19,6 juta ton. Kenaikan yang signifikan terjadi pada tahun 2016 di mana produksi jagung nasional mencapai 23,6 juta ton kemudian diikuti dengan peningkatan yang sangat tinggi (5,3 juta ton) pada tahun 2017 yakni 28,9 juta ton (Tribunnews 2018). Tahun 2018 produksi jagung diperkirakan mencapai 30 juta ton, sedangkan kebutuhan nasional sekitar 15,5 juta ton sehingga surplus 12,98 juta ton.

Tulisan ini merupakan karya tulis ilmiah dalam bentuk bagian buku dari *Buku Bunga Rampai*, merupakan kumpulan data dan informasi yang dihimpun dari hasil-hasil penelitian jagung. Data dan informasi yang dikumpulkan diolah, diformulasikan dan disintesis kemudian disajikan sebagai salah satu judul karya tulis ilmiah pada buku ini, menjadi sarana untuk mendiseminasi hasil penelitian dan pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK). Harapan penulis, informasi ini dapat bermanfaat sebesar-besarnya bagi pengguna.

II. POTENSI, LUAS, DAN KESESUAIAN LAHAN

Lahan rawa pasang surut adalah lahan yang keadaan hidrotopografi lahannya baik langsung maupun tidak langsung dipengaruhi oleh pasang surutnya air laut. Lahan rawa pasang surut dapat dipilah menjadi dua, yaitu (1) lahan pasang surut langsung (*direct tidal swamp*) yaitu kawasan lahan yang secara langsung dipengaruhi oleh pasang surutnya air laut, dan (2) lahan pasang surut tidak langsung (*indirect tidal swamp*) yaitu kawasan lahan yang secara tidak langsung dipengaruhi oleh pasang surutnya air laut. Selanjutnya, akibat pengaruh luapan air pasang surut, lahan dibagi atas empat tipe luapan, yakni lahan tipe luapan A, B, C, dan D (Noorsyamsi *et al.* 1984; Nursyamsi *et al.* 2014). Berdasarkan tipologi lahannya, lahan rawa pasang surut dibedakan atas beberapa tipologi, yakni 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.* 2014).

2.1. Potensi dan Luas Lahan

Kawasan lahan rawa pasang surut merupakan lahan sub-optimal, luasnya mencapai 20,1 juta hektar dan yang berpotensi untuk pengembangan komoditas tanaman pangan umumnya meliputi sekitar 2,07 juta ha lahan potensial, 6,72 juta ha lahan sulfat masam, 10,89 juta ha lahan gambut, dan 0,44 juta ha lahan salin (Ritung 2011). Potensi dan luas lahan yang dapat dikembangkan sebagai lahan pertanian berbeda-beda datanya tergantung dengan sumbernya. Secara umum, luas lahan yang berpotensi untuk pengembangan pertanian adalah sekitar 9,54 juta ha, dan lebih rinci luasnya sekitar 6,11 juta ha tersebar di Kalimantan, Sumatera dan Papua (Widjaya-Adhi *et al.* 1992; Nursyamsi *et al.* 2014).

Lahan rawa pasang surut yang sudah direklamasi luasnya mencapai 5,27 juta ha, terdiri atas 2,27 juta ha oleh pemerintah dan sekitar 1,78 juta ha (data lain disebutkan 3,0 juta ha) oleh masyarakat secara swadaya. Peruntukannya adalah untuk sawah 830 ribu ha, kebun 358 ribu ha, tambak 437 ribu ha dan sekitar 242 ribu ha untuk penggunaan lainnya: pemukiman, jalan dan fasilitas umum (Noor *et al.* 2014). Dari total luas yang direklamasi, baru sekitar 1,856 juta ha (35,2%) yang dimanfaatkan. Artinya, lahan rawa pasang surut yang sudah direklamasi tetapi belum dimanfaatkan masih sangat luas, lahan tersebut menjadi sasaran pengembangan pertanian sehingga upaya peningkatan produksi pangan, salah satunya komoditas jagung (Soehendi dan Syahri 2013).

Sesuai kondisi hidrotopografi lahannya, pengembangan komoditas jagung diarahkan pada lahan tipe luapan C dan D. Hal ini dikarenakan lahan tersebut merupakan kawasan lahan kering (tegalan) berada di lahan rawa pasang surut. Meskipun demikian, pertanaman jagung dapat juga dilakukan pada lahan tipe luapan B pada musim kemarau. Pada musim kemarau, luapan pasang surutnya air berlangsung hanya pada saluran-saluran saja meskipun saat pasang tinggi (*spring tide*). Karena luapan air pasang tidak sampai pada hamparan lahan sehingga lahan kondisinya bagaikan lahan tegalan dan dapat ditanami dengan tanaman palawija salah satunya adalah tanaman jagung.

Sebaran dan luas lahan rawa pasang surut yang berpotensi untuk pengembangan komoditas jagung mendukung upaya peningkatan produksi jagung nasional, yaitu di wilayah Kalimantan (Kalsel, Kalteng, Kaltim dan Kalbar) pada lahan tipe luapan B luasnya berkisar 445.782

ha, dan tipe luapan C berkisar 46.410 ha. Di Sumatera (Riau, Jambi, Lampung dan Sumatera Selatan) lahan tipe luapan B luasnya mencapai 1.132.987 hektar, dan tipe luapan C dan D luasnya mencapai 2.570.318 ha (Cahyana *et al.* 2013). Ditinjau dari potensi luas dan kesesuaian lahan rawa pasang surut tersebut, pengembangan pertanaman komoditas jagung melalui ekstensifikasi (perluasan areal tanam) sangat prospektif. Melalui pengembangan jagung di lahan rawa pasang surut ini, upaya peningkatan produksi jagung nasional dan swasembada jagung nasional dapat dicapai.

2.2. Kesesuaian Lahan

Lahan rawa pasang surut dibentuk oleh dua jenis tanah, yakni 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 dengan unsur-unsur hara (Nugroho *et al.* 1998; Nursyamsi *et al.* 2014).

Tanah gambut adalah tanah organik dibentuk oleh tumpukan bahan organik, atau onggokan sisa tanaman/serasah tumbuhan yang tertimbun secara alami dan berlangsung selama ratusan bahkan sampai ribuan tahun. Karakteristik kimia tanah gambut pada dasarnya dicirikan dengan kemasaman tanah yang tinggi dan kahat akan unsur-unsur hara lahan dan produktivitas sangat rendah. Karakteristik lahan gambut sangat spesifik, yakni lahan gambut sangat rapuh (*fragile*), bersifat sarang (porus), mudah mengalami penurunan permukaan tanah (*subsidence*), gambut sangat rentan terhadap kebakaran apabila lahan mengalami kekeringan dan akan terbentuk gambut kering tak balik yakni salah satu sifat tanah gambut yang menolak air (*hydrophobic*) sehingga fungsi lahannya menurun dan produktivitasnya menjadi rendah (Maas 2013; Noor 2010).

Berdasarkan karakteristik kimia tanahnya, maka lahan rawa pasang surut baik tanah mineral maupun tanah gambut termasuk lahan yang memiliki kelas kesesuaian lahannya S3, yaitu lahan sesuai bersyarat berat atau disebut sesuai marginal, di antaranya kemasaman tanah sangat tinggi (pH tanah < 4,0), kahat unsur hara dan kesuburan tanah sangat rendah (Noor *et al.* 2014). Artinya pada lahan rawa pasang surut ini

ditemukan beberapa faktor pembatas produksi atau kendala apabila lahan ini digunakan sebagai areal pengembangan tanaman pertanian termasuk komoditas jagung. Sehubungan dengan itu, untuk mengoptimalkan pemanfaatan lahan ini terutama untuk pengembangan tanaman jagung, diperlukan inovasi teknologi sesuai dengan kondisi lahannya. Inovasi tersebut adalah inovasi teknologi yang dapat meningkatkan daya dukung lahan dan produktivitas lahannya, sehingga tanaman jagung dapat tumbuh dan memberikan hasil yang maksimal.

III. KENDALA DAN FAKTOR PEMBATAS PRODUKSI

Secara umum, pengembangan lahan rawa pasang surut untuk tanaman pertanian (pangan) terkendala dengan agrohidrologi lahannya dan dihadapkan dengan berbagai masalah yang perlu diatasi melalui teknologi inovatif. Secara garis besar dikelompokkan menjadi dua masalah, yaitu (1) masalah biofisik lahan, yakni masalah fisik dan kimia tanah, air serta biologi tanah dan (2) masalah sosial ekonomi di antaranya: modal, tenaga kerja dan kelembagaan desa (Noorinayuwati dan Rina 2003; Rina 2013; Subagio *et al.* 2015). Selain kedua masalah tersebut, masalah lain terkait dengan pengembangan jagung di lahan rawa pasang surut adalah masalah ketersediaan benih yang bermutu dan berkualitas. Untuk mengoptimalkan pemanfaatan lahan dan meningkatkan daya dukung lahannya, maka masalah dan faktor pembatas produksi tanaman jagung tersebut seharusnya ditiadakan atau setidaknya-tidaknya faktor pembatas tersebut diminimalkan (Simatupang dan Qomariah 2015).

3.1 Masalah Biofisik Tanah

Karakteristik tanah rawa pasang surut yang menjadi penghambat pertumbuhan tanaman jagung adalah solum tanah yang dangkal, drainase jelek, toksisitas, retensi hara dan/atau status hara. Drainase jelek umumnya ditemukan pada lahan rawa pasang surut sehingga memerlukan tingkat pengelolaan sedang hingga tinggi, antara lain pengelolaan air agar dapat mempertahankan muka air tanah yang sesuai bagi tanaman jagung, pengelolaan hara, amelioran, dan pupuk (Noor *et al.* 2014). Tanaman jagung menghendaki kondisi tanah dengan aerasi baik. Oleh karena itu, sangat diperlukan pengelolaan air untuk menciptakan kondisi tanah beraerasi yang baik sehingga tanaman jagung dapat tumbuh optimal.

Lahan rawa pasang surut memiliki karakter yang sangat spesifik baik tanah, air dan lingkungannya serta tanaman yang dibudidayakan harus memiliki daya adaptasi yang baik terhadap kondisi lahannya terutama kemasaman tanah. Beberapa kendala yang dihadapi dalam pengembangan lahan rawa pasang surut bertanah sulfat masam untuk pertanaman jagung, antara lain: (1) kemasaman tanah (pH tanah < 4,0), (2) kelarutan ion aluminium (Al^{3+}) tinggi, dan (3) ketersediaan hara P dan K rendah. Sedangkan untuk lahan gambut meliputi (1) kemasaman tanah, dan (2) ketersediaan hara makro dan mikro P, K, Zn, Cu dan Bo rendah (Noor *et al.* 2014; Raihan dan Simatupang 2010).

Dengan cara meniadakan faktor pembatas melalui penerapan teknologi inovatif, yakni pengelolaan hara, ameliorasi tanah, pemberian pupuk organik dan/atau anorganik, maka kimia tanah pasang surut dapat diperbaiki dan produktivitas lahan dapat ditingkatkan. Periode bulan November s/d Mei/Juni, tanah-tanah di lahan rawa pasang surut tipe luapan A, B, dan C kondisinya basah. Di lain pihak tanah yang basah (*saturated*) merupakan media tumbuh yang kurang cocok bagi tanaman jagung. Oleh karena itu, diperlukan pengelolaan air di tingkat mikro untuk menciptakan aerasi tanah yang sesuai bagi tanaman jagung. Selain penerapan inovasi teknologi di atas, pemilihan dan penanaman varietas jagung yang tepat dan adaptif serta tahan terhadap kemasaman tanah mendorong pertumbuhan jagung secara optimal sehingga memberikan hasil yang maksimal (tinggi). Beberapa pertanaman jagung yang ditanam oleh petani di lahan sulfat masam hasilnya mencapai 4-5 ton/ha pipilan kering (*Wawancara dengan Mantri Tani/Kepala BPP Marabahan Bapak Suroto, September 2018*).

Terkait dengan masalah biofisik lahan, faktor pembatas lain yang tidak kalah penting dan memerlukan perhatian adalah adanya gangguan dari organisme pengganggu tanaman (OPT) di antaranya tumbuhan pengganggu (gulma), hama dan penyakit tanaman. Gulma di lahan rawa pasang surut tumbuhnya sangat cepat dan subur, lebih mampu beradaptasi pada kondisi lahan tertentu sehingga apabila pertumbuhannya tidak dikendalikan akan menjadi masalah. Gulma menjadi saingan utama bagi tanaman jagung dalam hal penyerapan unsur-unsur hara terutama hara makro N, P, dan K, untuk itu pertumbuhannya perlu dikendalikan terutama pada awal pertumbuhan vegetatif tanaman sangat diperlukan unsur hara yang cukup.

Tanaman jagung yang kekurangan unsur hara utamanya hara makro, saat pertumbuhannya menjadi tidak maksimal dan produktivitasnya menjadi rendah.

Masalah hama dan penyakit tanaman jagung menjadi perhatian untuk mendapatkan tanaman yang sehat dan produktivitas tinggi. Serangan hama dan penyakit tanaman dapat menyebabkan kehilangan hasil tanaman yang berarti dan menimbulkan kerugian bagi petani sehingga perlu dikendalikan. Hama utama tanaman jagung adalah serangan lalat bibit, penggerek batang dan penggerek tongkol, sedangkan penyakit utama: bulai, bercak daun, dan busuk pelepah. Sistem pengendalian hama dan penyakit dilakukan dengan menerapkan konsep pengendalian hama terpadu (PHT) (Raihan dan Simatupang 2010).

3.2. Masalah Sosial Ekonomi

Di lahan rawa pasang surut, masalah sosial ekonomi merupakan masalah yang krusial dalam pengembangan tanaman pertanian, di antaranya permodalan petani umumnya lemah, kelembagaan desa (petani), dan terbatasnya ketersediaan tenaga kerja. Ketersediaan tenaga kerja terbatas dan upah kerja yang mahal menyebabkan ketidakmampuan petani untuk menggarap lahan yang luas. Kelembagaan seperti lembaga keuangan, pemasaran, penyuluhan, dan kelompok tani umumnya fungsinya belum efektif. Selain itu, pasar atau lembaga ekonomi yang dapat menampung hasil jagung belum tercipta menyebabkan daya saing rendah (Rina 2013; Subagio *et al.* 2015).

Salah satu masalah yang cukup krusial yang perlu ditangani secara baik dan tepat, adalah pasar. Pasar dalam hal ini adalah lembaga/instansi/swasta yang dapat membeli hasil panen (jagung) ketika panen berlimpah dengan jaminan harga yang jelas serta berpihak kepada petani. Kesiapan pasar dan jaminan harga merupakan hal yang sangat penting dan perlu mendapat perhatian dari instansi terkait. Dalam hal ini pihak pembuat kebijakan (Pemerintah Daerah) harus terlibat di dalamnya sehingga ada jaminan secara politis melalui diterbitkannya regulasi/peraturan yang terkait dengan pemasaran jagung pipilan kering. Selain itu, adanya alih fungsi lahan disebabkan perubahan komoditas (terutama kelapa sawit) memengaruhi pola pikir dan sistem usahatani masyarakat.

3.3. Masalah Perbenihan

Dalam mendukung program upaya khusus peningkatan produksi jagung di berbagai tempat, benih menjadi sesuatu yang sangat penting dan selalu menjadi masalah, di antaranya ketepatan waktu, jenis varietas yang digunakan (bersertifikat, bermutu/kualitas, daya tumbuh, dan jumlah) dan lainnya. Agar upaya peningkatan produksi sukses dan target produksi tercapai, maka semua permasalahan yang berkaitan dengan benih hendaknya diperhatikan dan ditangani secara baik dan tepat. Produktivitas jagung di lahan rawa pasang surut di tingkat petani berkisar 2-3 ton pipilan kering/ha. Hasil penelitian dilaporkan bahwa produktivitas jagung varietas Sukmaraga dan Patmaraga mencapai 4,0-5,5 ton pipilan kering/ha (William *et al.* 2010). Terakhir dilaporkan bahwa dengan pemberian fosfat alam (Rock Phosphate-RP) hasil jagung di lahan rawa pasang surut dapat mencapai > 10 ton/ha. Artinya, jagung sangat potensial untuk dikembangkan di lahan rawa pasang surut untuk mendukung peningkatan produksi jagung nasional.

Rusastra *et al.* (2007) menjelaskan bahwa salah satu penyebab mengapa upaya peningkatan produksi jagung susah dicapai adalah disebabkan jenis/ varietas jagung yang ditanam oleh petani. Umumnya petani menanam jagung komposit bukan jenis jagung hibrida sehingga produktivitasnya rendah tidak seperti jagung hibrida. Petani umumnya masih enggan atau belum mau menanam jagung hibrida. Ada beberapa alasan yang menjadi faktor menyebabkan petani masih belum memanfaatkan teknologi produksi jagung hibrida, antara lain:

- a. harga benih jagung hibrida mahal, ditanam hanya satu kali, hasilnya tidak dapat dijadikan benih untuk musim tanam berikutnya,
- b. kebutuhan benih lebih banyak sehingga biaya produksi tinggi, di lain pihak modal petani sangat lemah,
- c. umurnya lebih panjang, tidak bisa dipanen muda,
- d. memerlukan lahan yang lebih subur, petani kurang mampu menyediakan pupuk sesuai kebutuhan jagung,
- e. distribusi/suplai benih sering terlambatnya sehingga tidak tepat waktu tanamnya, dan
- f. kurangnya rangsangan produksi yang diberikan oleh pasar kepada petani jagung, seperti jaminan harga.

Di kawasan lahan rawa pasang surut, jagung sudah banyak dan sering ditanam oleh petani. Namun, pada umumnya petani menanam jagung untuk dipanen muda dan bukan dalam bentuk jagung pipilan kering kecuali pertanaman jagung pada kegiatan penelitian. Simatupang dan Qomariah (2015) menjelaskan bahwa kurang tertariknya petani di kawasan lahan rawa pasang surut untuk menanam jagung yang dipanen kering, dan lebih tertarik panen muda atau menanam jagung manis ada beberapa alasan dikemukakan, antara lain:

- a. umur tanaman jagung lebih pendek (lebih cepat), tidak menunggu terlalu lama,
- b. harga jual jagung per tongkolnya lebih mahal dan cepat dipasarkan/dijual,
- c. pasar jagung muda/manis tersedia sehingga hasil panen mudah dijual (Gambar 1),
- d. petani lebih cepat mendapatkan uang tunai (*cash flow*) untuk memenuhi kebutuhan keluarga sehari-hari.



Sumber: Dokumentasi Simatupang, 2018

Gambar 24. Hasil panen jagung muda siap untuk dijual ke pasar, harga rp 2.500-3.000/Tongkol

Sebaliknya, ada beberapa alasan mengapa petani masih belum berminat atau masih belum mau bertanam atau mengembangkan jagung yang dipanen dalam bentuk pipilan kering, antara lain:

- a. umur tanaman jagung yang dipanen kering lebih lama (panjang) dibandingkan dengan umur jagung yang dipanen muda,

- b. panen dan pascapanennya (*processing* hasilnya) lebih repot dan lebih sulit, selain itu belum tersedia alat *processing* hasil,
- c. Memerlukan tempat untuk *processing* hasil, lantai jemur atau alat pengering jagung untuk mendapatkan kadar air tertentu dan gudang tempat penyimpanan sementara sebelum dijual kepada pembeli,
- d. Pasar untuk jagung pipilan kering di kawasan lahan rawa pasang surut masih belum tersedia.

Dari beberapa alasan di atas, untuk mendorong petani agar mau dan bersedia untuk bercocok tanam dan/atau mengembangkan jagung dalam skala luas. Ada hal penting yang menjadi perhatian oleh yang terkait yakni membangun kelembapan dan penyediaan pasar untuk hasil panen jagung pipilan kering (Simatupang dan Qomariah 2015). Sebagaimana telah dikemukakan bahwa salah satu masalah yang cukup krusial dan perlu ditangani secara baik dan tepat serta untuk meningkatkan minat petani dalam sistem usahatani, adalah pasar. Terciptanya pasar untuk komoditas tertentu akan mendorong minat petani mengembangkan komoditas tersebut dalam skala lebih luas (Rina 2013; Subagio *et al.* 2015).

IV. INOVASI TEKNOLOGI BUDI DAYA JAGUNG DI LAHAN RAWA

Inovasi adalah sesuatu yang diperbarui, yakni merupakan proses pembaruan atau proses memodifikasi sesuatu (teknologi) yang lama menjadi lebih baru. Artinya, sesuatu yang dimaksud menjadi lebih efektif dan lebih efisien dalam proses sehingga kinerjanya meningkat dibandingkan dengan sebelumnya. Inovasi dapat diartikan penciptaan suatu produk yang baru (terbarukan) sehingga menjadi lebih baik, lebih efektif dan lebih efisien dalam proses (sistemproduksi.blogspot.com 2012). UU No. 19 Tahun 2002 inovasi adalah kegiatan penelitian, pengembangan dan/atau perekayasaan yang dilakukan untuk pengembangan penerapan praktis nilai dan konteks ilmu pengetahuan yang baru, ataupun cara baru untuk menerapkan yang sudah ada ke dalam produk ataupun proses produksinya.

Pengembangan jagung di lahan rawa pasang surut memerlukan teknologi yang spesifik sesuai dengan kondisi atau karakteristik lahannya. Sesuai dengan kelas kesesuaian lahannya, lahan rawa pasang surut termasuk dalam kelas kesesuaian S3, yakni lahan yang memiliki keterbatasan atau pemanfaatan lahannya memerlukan cara pengelolaan yang baik dan tepat serta input untuk meningkatkan daya dukung serta produktivitas lahannya.

Beberapa teknologi yang merupakan inovasi akan dikemukakan pada paragraf berikutnya. Inovasi teknologi tersebut adalah hasil-hasil penelitian di lahan rawa pasang surut.

4.1. Penyiapan Lahan

Dalam sistem usahatani ada beberapa kegiatan yang harus dilakukan untuk mendapatkan performa pertumbuhan tanaman yang maksimal, salah satu kegiatan tersebut adalah penyiapan lahan (*land preparation*). Penyiapan lahan merupakan kegiatan yang paling awal dilakukan dalam sistem usahatani. Pengertian penyiapan lahan adalah kegiatan untuk menyiapkan lahan yang sesuai sebagai media tumbuh tanaman dengan jenis tanaman budi daya yang akan ditanam, dan untuk mendapatkan pertumbuhan tanaman secara optimal sehingga dapat memberikan hasil yang maksimal (tinggi) serta memberi keuntungan kepada petani. Tujuan penyiapan lahan adalah untuk mempersiapkan lahan sebagai media tumbuh tanaman yang dapat mendukung dan menjamin pertumbuhan tanaman secara optimal. Sistem penyiapan lahan yang baik akan mendorong pertumbuhan perakaran tanaman sehingga penyerapan unsur-unsur hara oleh tanaman melalui akar tanaman lebih efisien, efektif, dan maksimal.

Umumnya tanaman pangan menghendaki tanah yang gembur dan subur agar tanaman tersebut dapat tumbuh maksimal dan memberikan hasil yang tinggi. Tanaman jagung adalah kelompok tanaman palawija yang memiliki perakaran yang relatif tidak dalam (akar serabut), sehingga agar tanaman dapat tumbuh optimal menghendaki tanah yang relatif gembur. Oleh karena itu, tanah sebagai media tumbuh (tempat pertanaman) jagung sebaiknya lahannya dipersiapkan sedemikian rupa.

Penyiapan lahan untuk pertanaman (media tumbuh) tanaman jagung dapat dilakukan tergantung dengan kondisi tanahnya. Tanah-tanah yang keras dan kompak (padat), tanahnya perlu diolah untuk mendapatkan kondisi tanah yang gembur. Biasanya lahan rawa pasang surut dibedakan atas dua jenis tanah, yaitu tanah mineral (liat) dan tanah gambut. Tanah mineral adalah jenis tanah yang mengandung liat, dan lebih kompak/padat dibanding dengan tanah gambut. Tanah gambut adalah jenis tanah organik, yang merupakan ongkongan sisa-sisa tumbuhan/tanaman, atau bahan organik yang tertimbun secara alami. Tanah gambut sifatnya sarang dan tidak padat (Noor 2010). Tanah mineral maupun tanah gambut

apabila diperuntukkan sebagai areal pertanaman jagung tentunya perlu dipersiapkan.

Sejak dahulu sampai sekarang cara penyiapan lahan untuk pertanaman jagung dilakukan dengan tiga cara.

- a. Sistem olah tanah sempurna (*full tillage-OTS*): sistem olah tanah sempurna diutamakan pada tanah-tanah liat yang memiliki struktur tanah padat/keras/kompak. Olah tanah sempurna dilakukan dua kali yaitu olah tanah pertama (*primary tillage*) menggunakan bajak singkal/luku atau cangkul, tujuannya untuk membongkar dan membalik tanah. Kemudian dilakukan olah tanah kedua (*secondary tillage*) menggunakan rotari atau garu, tujuannya untuk menghancurkan tanah sehingga tanah menjadi gembur. Selang waktu antara olah tanah pertama dan kedua 1-2 minggu tergantung kondisi, setelah olah tanah pertama dilakukan pemberian kapur sebagai perlakuan ameliorasi lahan. Namun, olah tanah pertama pada lahan sulfat masam perlu kehati-hatian dan diupayakan jangan sampai mengganggu lapisan pirit.
- b. Sistem tanpa olah tanah (*no tillage-TOT*): sistem TOT penerapannya menggunakan herbisida. Herbisida merupakan komponen utama pada sistem TOT ini, tujuannya untuk membasmi gulma sehingga lahan bersih dari gulma dan dapat ditanami jagung. Pengembangan sistem TOT adalah diterapkan pada tanah-tanah yang struktur tanahnya sudah gembur (Utomo 2000; Simatupang dan Nurita 2013). Biasanya tanpa olah tanah diterapkan pada tanah-tanah yang sudah cukup cukup gembur.
- c. Sistem olah tanah minimum (*minimum tillage-OTM*). Sistem OTM cukup efektif diterapkan pada tanah-tanah yang strukturnya sudah remah atau sarang. Sistem olah tanah minimum lebih hemat biaya karena hanya bagian barisan tanaman yang diolah, caranya dapat dilakukan dengan cara manual (tenaga manusia) menggunakan cangkul dan/atau alat dan mesin pertanian (alsintan). OTM sangat dianjurkan diterapkan pada tanah yang rentan terhadap degradasi lahan, contohnya pada lahan gambut/bergambut (*peat/peaty soil*).

4.2. Benih, Sistem Tanam, dan Jumlah Populasi

Benih

Benih adalah bahan tanam yang merupakan salah satu komponen hasil atau sarana produksi yang perlu mendapat perhatian. Penggunaan benih unggul (baik benih jagung hibrida maupun benih jagung bersari bebas) yang bermutu dan berkualitas serta bersertifikat sangat dianjurkan untuk menjamin kualitas benih dan mendapatkan hasil yang tinggi/maksimal. Sebelum benih jagung ditanam, perlu mendapatkan perlakuan benih. Perlakuan benih dilakukan dengan cara mencampur fungisida metalaksil dengan takaran 2 gram per kilogram benih. Perlakuan benih dilakukan untuk mengendalikan penyakit bulai yang merupakan penyakit utama pada tanaman jagung. Benih jagung yang dijual dalam kemasan biasanya sudah diberi/dicampur dengan metalaksil, jadi tidak perlu lagi diberi perlakuan benih.

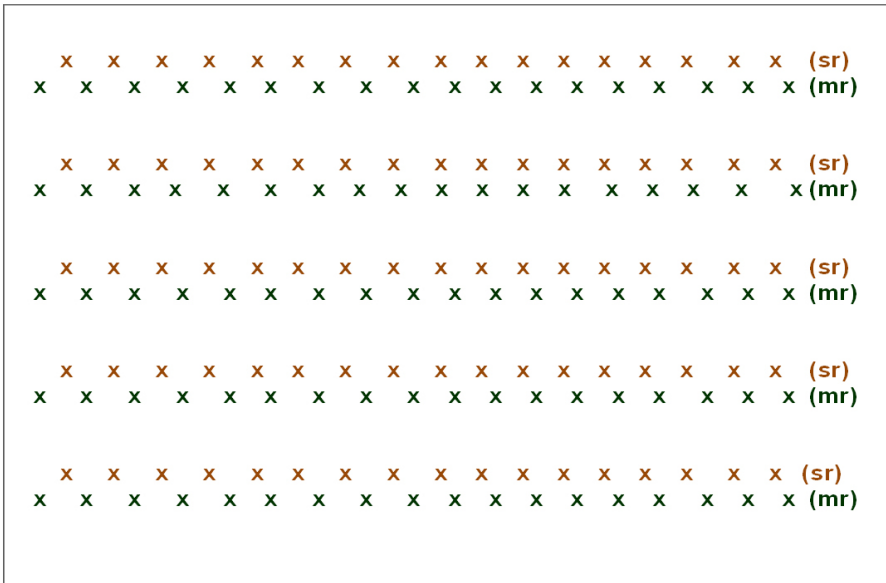
Karakter yang perlu diperhatikan dalam memilih benih varietas unggul adalah kesesuaiannya terhadap lingkungannya (tanah dan iklim) di mana jagung tersebut akan ditanam dan keinginan petani (minat/preferensi). Varietas jagung yang diharapkan: toleran kekeringan, toleran pada tanah masam. Masalah sosial juga perlu diperhatikan dalam memilih benih/varietas jagung, yakni apakah jagung tersebut sudah menjadi preferensi petani, umur panen jagung dan warna biji jagung. Beberapa varietas unggul yang sudah dihasilkan oleh Badan Litbang yang dapat digunakan di lahan rawa pasang surut adalah Arjuna, Kalingga, Bisma, Bayu, Antasena, C-3, C-5, Semar, Sukmaraga H6 dan Bisi-2 yang memiliki potensi hasil 4-5 ton per hektar pipilan kering (Raihan dan Simatupang 2010). Selain varietas jagung unggul tersebut masih banyak jagung hibrida yang dapat dikembangkan di lahan rawa pasang surut, di antaranya Bisi-18

Sistem Tanam dan Populasi

Sistem tanam merupakan salah satu teknologi budi daya jagung. Sistem tanam jagung erat dengan jarak tanam dan jumlah populasi jagung per hektarnya. Sistem tanam jagung yang lazim dilakukan adalah dengan cara mengatur barisan tanaman jagung dengan ukuran/jarak tertentu antara barisan yang satu dan baris tanaman lainnya, begitu juga antara tanaman

yang satu dengan tanaman yang di sebelahnya dalam satu barisan tanaman. Jarak tanam dimaksud akan mengatur jarak dan populasi tanaman.

Ada dua jarak tanam yang sudah dianjurkan untuk tanaman jagung, yakni 75 x 20 cm, dengan jumlah benih jagung 1 biji per lubang, dan jarak tanam 75 x 40 cm dengan jumlah benih 2 biji per lubang. Cara tanam dengan jarak tanam tersebut untuk mendapatkan jumlah populasi tanaman jagung yang optimum, yakni sekitar 66.600-75.000 tanaman per hektar (Raihan dan Simatupang, 2010). Belakangan ini ada sistem tanam yang dikenal dengan metode “zig zag”. Sistem tanam menggunakan metode zig zag akan meningkatkan populasi tanam sekitar 60-80% dibandingkan dengan sistem tanam konvensional (biasa), sehingga jumlah populasi mencapai 106.560-119.880 tanaman per hektar. Skematis sistem tanam dengan metoda zig zag sebagaimana pada gambar berikut (Gambar 25).



Gambar 25. Skematis Tata Cara Jagung Menggunakan Metode Zig Zag

Teknologi budi daya jagung menggunakan metoda zig zag, jarak tanamnya sama dengan jarak sistem tanam jagung yang ditanam sistem konvensional, yakni 75 x 25 cm. Tetapi pada metode zig zag, di samping barisan tanaman utama (*main rows*) ditanam lagi jagung dengan cara membuat lubang tanaman yang jaraknya setengah dari jarak antar tanaman, yakni 12,5 cm, kemudian ditempatkan di sebelah kiri atau di

sebelah kanan, sehingga membentuk barisan tanaman jagung yang kedua (*secondary rows*). Keragaan pertanaman jagung yang ditanam dengan menggunakan metoda zig zag populasi tanaman jagung terlihat penuh atau padat sehingga hasilnya pun akan maksimal (Gambar 26). Dengan meningkatnya populasi tanaman jagung pada metode tanam zig zag, maka hasil jagung yang dipanen juga akan meningkat. Pada sambutan Menteri Pertanian RI pada acara pembukaan Pekan Pertanian Rawa Nasional (PPRN II) yang dilaksanakan pada bulan Oktober 2018, gelar teknologi pertanaman jagung hibrida dengan metoda tanam sistem “zig zag”, yang ditanam di lahan Taman Sains Pertanian (TSP) Rawa Banjarbaru dilaporkan bahwa hasil panen ubinan pada petak 2,5 x 2,5 m mencapai 12,71 kilogram atau sekitar 20 ton/ha tongkol kering panen (Gambar 27).



Sumber: Dokumentasi Simatupang, 2018

Gambar 26. Keragaan pertanaman jagung yang ditanam menggunakan metoda zig zag



Sumber: Dokumen PPRN II, Oktober 2018

Gambar 27. Hasil panen ubinan jagung hibrida, di lahan rawa lebak

4.3. Pengelolaan Lahan dan Air

Lahan rawa pasang surut adalah tipologi lahan yang keadaan agrohidrologi lahannya dipengaruhi oleh pasang surut air laut, dan hampir sepanjang tahun lahan ini dalam kondisi anaerob kecuali pada musim kemarau. Pengelolaan lahan dan air merupakan salah satu inovasi teknologi yang dapat memaksimalkan pemanfaatan lahan untuk budi daya tanaman pertanian. Pengelolaan air adalah kunci sukses pemberdayaan lahan untuk budi daya tanaman pertanian khususnya untuk tanaman pangan seperti tanaman padi, palawija, dan tanaman sayur-sayuran. Tanaman palawija umumnya tidak tahan dengan genangan air atau tanah yang terlalu lembap, menginginkan keadaan tanah dengan aerasi yang baik. Pengelolaan air untuk tanaman palawija di lahan rawa pasang surut ditujukan untuk menciptakan kondisi tanah dengan aerasi baik supaya tanaman palawija tersebut dapat tumbuh optimal.

Pengelolaan lahan dan air untuk tanaman jagung dilakukan dengan cara pembuatan saluran-saluran, disebut saluran air dangkal (*shallow drainage*) untuk mengatur dan/atau mengelola air (Gambar 28). Biasanya pembuatan saluran-saluran tersebut dilakukan bersamaan saat melakukan penyiapan lahan atau pengolahan tanah untuk areal budi daya jagung baik pada lahan sulfat masam (tanah mineral) maupun lahan gambut/bergambut. Saluran air dangkal ini dibuat bertujuan, untuk:

1. pada musim hujan, saluran berfungsi untuk membuang kelebihan air agar permukaan air tanah turun atau tanaman jagung tidak terendam air dan/atau untuk menciptakan kondisi tanah dengan aerasi yang baik,
2. pada musim kemarau, saluran berfungsi untuk mempertahankan permukaan air tanah untuk menciptakan kondisi tanah agar tetap lembap sehingga kebutuhan air bagi tanaman jagung dapat terpenuhi. Mempertahankan permukaan air dilakukan dengan cara membuat tabat pada saluran-saluran agar air yang terdapat di saluran tidak hilang seluruhnya tetapi tetap masih ada pada saluran dan menciptakan kelembapan terhadap lingkungannya.

Pada tanah gambut/bergambut, pengelolaan air di areal pertanaman jagung pada prinsipnya tidak berbeda dengan pada tanah mineral, yakni membuat saluran-saluran untuk mengelola air. Perbedaannya hanya dikarenakan tanah gambut/bergambut bersifat sarang dan porus, sehingga

pembuatan saluran dibuat sedemikian rupa yakni dalam skala yang lebih sempit berbentuk bedengan-bedengan berjarak (Gambar 28).



Sumber: Dokumentasi Balittra

Gambar 28. Cara penyiapan lahan untuk areal pertanaman jagung pada tanah mineral di lahan rawa pasang surut



Sumber: Dokumentasi Simatupang, 2018

Gambar 29. Pembuatan saluran untuk mengelola air di areal pertanaman jagung pada musim hujan di lahan gambut

4.4. Ameliorasi dan Pemupukan

Karakteristik tanah-tanah di lahan rawa pasang surut baik lahan sulfat masam maupun lahan gambut/bergambut, di antaranya kemasaman tanah sangat tinggi (pH tanah 3,0-4,5) dan tingkat kesuburan alami tanah sangat rendah mengakibatkan produktivitas lahan rendah (Anwar *et al.* 1996; Subagio 2006). Namun demikian, tanah-tanah di lahan rawa pasang surut cukup potensial dan masih dapat ditingkatkan produktivitasnya untuk

mendukung pertumbuhan tanaman dan mendapatkan hasil tanaman yang tinggi. Tindakan untuk meningkatkan produktivitas lahan ini adalah dengan menerapkan inovasi teknologi yakni pemberian bahan amelioran dan pemupukan (Nursyamsi *et al.* 2014).

Pemberian bahan amelioran (ameliorasi tanah) merupakan proses untuk memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah, sehingga baik secara fisik maupun secara kimia sifat-sifat tanah menjadi lebih baik dibandingkan dengan sebelumnya. Secara fisik, tanah sebelumnya kompak dan padat menjadi lebih longgar atau gembur, secara kimia beberapa sifat kimia sebelumnya rendah dapat meningkat menjadi lebih baik (kesuburan tanah meningkat). Untuk tindakan ini diperlukan bahan amelioran (*ameliorant matters*) yang akan dimasukkan ke dalam tanah. Bahan amelioran yang dapat digunakan antara lain: kapur (kaptan dan dolomit), pupuk kandang, kompos dari berbagai jenis sumber (jerami padi, biomassa gulma, dan tanaman). Selain itu, fosfat alam (*Rock phosphate*) salah satu komponen teknologi “Panca Kelola” budi daya jagung, dapat digunakan sebagai bahan amelioran untuk memperbaiki kualitas tanah masam dan terbukti dapat meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman jagung (Balai Penelitian Tanah 2018).

Meningkatkan kesuburan tanah dilakukan dengan cara pemberian pupuk, baik pupuk organik maupun untuk anorganik. Pemberian pupuk organik bertujuan untuk memperbaiki kualitas tanah sehingga daya dukung tanah meningkat dan menjadi lebih baik. Pemberian pupuk anorganik bertujuan untuk meningkatkan ketersediaan unsur hara baik hara makro N, P, dan K maupun hara mikro sesuai kebutuhan tanaman jagung. Pemupukan tentunya dilakukan berdasarkan status hara tanah dan kebutuhan tanaman. Oleh karena itu, untuk mendapatkan pertumbuhan tanaman jagung yang optimal dan hasil yang tinggi, tindakan ameliorasi tanah dan pemberian pupuk sangat perlu. Teknologi inovatif ameliorasi tanah dan pemupukan berimbang pada tanah masam dilakukan dengan pemberian, antara lain kapur 1-2 ton/ha, fosfat alam 1,0 ton/ha, pupuk kandang 2,0 ton/ha, kompos jerami padi atau biomasa gulma seperti gulma Kayapu (*Pistia stratiotes* L) sebanyak 2,0 ton/ha sangat bermanfaat bagi pertumbuhan jagung (Raihan dan Simatupang 2010).

Unsur hara makro seperti N, P, dan K sangat diperlukan oleh tanaman jagung untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Pemberian pupuk N, P, dan K dilakukan berdasarkan status hara tanah yang diketahui dari hasil

analisis tanah. Pemberian pupuk yang tepat adalah dilakukan di saat tanaman jagung memerlukan sehingga diperoleh efisiensi pemupukan yang tinggi. Pada prinsipnya pemberian pupuk dilakukan sesuai dengan porsi dan harus seimbang setiap fase pertumbuhan tanaman. Bagan warna daun dapat digunakan untuk menambah kekurangan hara N apabila diperlukan saat tanaman berumur 45 hari setelah tanam (HST). Sebagai acuan dapat digunakan takaran pupuk seperti pada Tabel 32 berikut.

Tabel 32. Takaran, porsi, dan waktu pemberian pupuk n, p dan k pada tanaman jagung di lahan rawa

Jenis Pupuk	Takaran Pupuk	Porsi Takaran Pupuk (kg/ha)		
		7-10 HST	28-30 HST	40-45 HST
Urea	150-200	30%	70%	BWD
SP36	125-250	100%	-	-
KCl	100	50%	50%	-

Sumber: Raihan dan Simatupang, 2010

4.5. Pemeliharaan Tanaman

Untuk mendapatkan pertumbuhan tanaman jagung yang baik dan optimal, perlu dilakukan pemeliharaan tanaman. Pemeliharaan tanaman meliputi pembumbunan atau pendangiran tanaman, pengendalian gulma dan pengendalian hama dan penyakit tanaman. Kegiatan pemeliharaan tanaman memerlukan perhatian oleh petani untuk mendapatkan hasil jagung yang maksimal.

Pembumbunan tanaman bertujuan untuk menciptakan lingkungan tanaman terutama aerasi tanah pada zona perakaran menjadi lebih baik, sehingga pertumbuhan akar tanaman jagung juga menjadi lebih baik, efektivitas serapan unsur hara meningkat, kegiatannya dikaitkan dengan pengendalian gulma. Pembumbunan bertujuan untuk membuat tanaman jagung agar tumbuhnya berdiri tegak, lebih kokoh dan lebih kuat untuk menahan terpaan angin serta tidak mudah rebah. Pembumbunan tanaman dilakukan bersamaan dengan waktu penyiangan I dan pembuatan saluran atau setelah pemupukan II pada 35 HST dan setelah penyiangan II. Pembumbunan dilakukan menggunakan cangkul atau mesin pembuat alur.

Masalah gulma sangat penting, karena pertumbuhannya menjadi saingan utama bagi tanaman jagung dalam hal penyerapan unsur hara.

Kekurangan unsur hara bagi tanaman dapat berakibat menurunnya produktivitas dan produksi tanaman. Oleh sebab itu, gulma yang tumbuh di areal pertanaman jagung harus dikendalikan agar tidak merugikan. Periode kritis tanaman jagung terhadap gangguan gulma berlangsung pada dua bulan pertama pertumbuhannya, sehingga pada periode ini sebaiknya tanaman bebas dari gangguan gulma agar kebutuhan unsur hara N, P, dan K terpenuhi maksimal (Raihan dan Simatupang 2010). Pengendalian gulma dilakukan apabila penutupannya sudah di atas 25%. Caranya dapat dilakukan dengan cara mekanis yakni menggunakan cangkul dan mesin pembuat alur, dan cara kimia menggunakan herbisida (2,4-D amina 1-2 l/ha), diaplikasi pada umur tanaman 3-4 MST atau tergantung kondisi pertumbuhan gulma.

Masalah organisme pengganggu tanaman (OPT) yang perlu mendapat perhatian adalah serangan hama dan penyakit tanaman. Hasil identifikasi jenis hama utama yang menyerang pertanaman jagung adalah lalat bibit, penggerek batang dan penggerek tongkol, sedangkan penyakit utama: bulai, bercak daun dan busuk pelepah. Pengendaliannya dilakukan berdasarkan pendekatan pengendalian secara terpadu dengan menerapkan prinsip: mengusahakan tanaman tumbuh sehat, secara hayati, penggunaan varietas tahan dan senyawa hormon, dan menggunakan pestisida kimia (Raihan dan Simatupang 2010).

4.6. Panen dan Pascapanen

Panen merupakan kegiatan paling akhir di areal pertanaman jagung, dilakukan jika kelobot tongkol jagung sudah mengering/kering. Ciri-ciri jagung sudah dapat dipanen adalah biji telah keras dan telah terbentuk lapisan hitam minimal 50% pada setiap baris biji. Panen lebih awal atau saat kadar air biji masih tinggi menyebabkan biji keriput, warna kusam dan bobot biji lebih ringan. Panen terlambat terutama pada musim hujan menyebabkan tumbuhnya jamur bahkan biji berkecambah.

Panen jagung dapat dilakukan dengan cara manual menggunakan tenaga kerja manusia, untuk pertanaman jagung seluas satu hektar memerlukan tenaga kerja untuk panen sebanyak 18-20 HOK, sehingga biaya panen menjadi mahal. Panen jagung dapat dilakukan dengan alat dan mesin pertanian, yakni dengan *Combine Harvester* untuk komoditas jagung (Gambar 30). Penggunaan mesin pertanian lebih cepat dan efisien hanya saja investasi awal sangat mahal.



Sumber: Google

Gambar 30. Mesin pemanen jagung (*corn combine harvester*)

Penanganan hasil jagung untuk mendapatkan pipilan kering yang berkualitas dapat dilakukan melalui proses yang disebut *processing* hasil panen atau penanganan pascapanen. Hal ini sangat perlu diperhatikan terutama apabila panen jagung berlangsung pada musim hujan. Jagung setelah dipanen, tongkol dikupas dari kelobotnya, kemudian dijemur sampai kadar air biji mencapai $\pm 20\%$. Jagung setelah dipipil, dijemur sampai kadar air biji sekitar 13-14% baru dapat disimpan di dalam gudang yang bersih, dan sebaiknya disemprot terlebih dahulu dengan insektisida untuk mengendalikan hama bubuk (*Sri Sudarwati kaltim.litbang.pertanian.go.id>ind>pdf*).

V. STRATEGI PENGEMBANGAN JAGUNG

Untuk mendorong pengembangan tanaman jagung, meningkatkan produktivitas dan produksi jagung di lahan rawa pasang surut, ada beberapa langkah yang menjadi perhatian, dipersiapkan dan dilaksanakan, yakni meliputi berikut ini.

- a. Penyiapan teknologi spesifik lokasi, adalah teknologi yang sudah teruji, sesuai dan adaptif dengan kondisi lahan-lahan rawa pasang surut yakni lahan sulfat masam dan lahan gambut/bergambut. Melalui penerapan teknologi spesifik lokasi budi daya jagung, akan mendorong keberhasilan upaya peningkatan produksi jagung nasional khususnya di lahan rawa pasang surut.
- b. Pemanfaatan lahan secara optimal: perluasan areal tanam jagung dapat dilakukan dengan cara memanfaatkan lahan yang sudah dibuka/

diusahakan, lahan yang sedang mengalami bera dan lahan bukaan baru. Optimalisasi lahan juga dapat dilakukan dengan menerapkan pola tanam seperti pola tanam padi-palawija (jagung) pada lahan-lahan yang memungkinkan ditanami jagung.

- c. Intensitas pertanaman: Meningkatkan produksi jagung dapat dilakukan di lahan rawa pasang surut pada lahan tipe luapan C dan D. Pertanaman jagung dapat dilaksanakan secara monokultur dengan pola tanam dua kali dalam setahun, yakni pada akhir musim hujan bulan April/Mei, dan awal musim hujan bulan Oktober/November. Lahan rawa pasang surut tipe luapan C dan D tidak mengalami genangan kecuali pada musim hujan sehingga dapat dimanfaatkan untuk pertanaman jagung. Pertanaman jagung pada musim hujan diperlukan pengelolaan air dengan sistem drainase dangkal (*shallow drainage system*) untuk mengatur air pada hamparan lahan.
- d. Dukungan kelembagaan: Kesuksesan proses adopsi teknologi dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal petani. Faktor eksternal berkaitan erat dan bertujuan untuk mengatasi kekurangan faktor internal. Keberhasilan pelaksanaan usahatani jagung di lahan rawa pasang surut tidak hanya tergantung faktor teknis, biologis tetapi juga sosial ekonomis dan kelembagaan. Kelembagaan penunjang dalam sistem usahatani meliputi kelembagaan penyuluhan, kelembagaan permodalan, kelembagaan sarana produksi dan pemasaran. Kelembagaan pasar meliputi kemampuan pasar untuk menampung dan membeli hasil pertanian (jagung pipilan kering) serta jaminan dan kepastian harga per kilogram di tingkat petani.

Badan Litbang Pertanian telah menyediakan inovasi teknologi budi daya jagung di lahan rawa pasang surut, yakni mulai dari teknologi penyiapan lahan dan teknologi budi daya lainnya hingga teknologi pascapanen (Hatta *et al.* 2009; Simatupang *et al.* 2000; Raihan dan Simatupang 2010). Meskipun inovasi teknologi telah tersedia dan siap diimplementasikan, tetapi masih belum bisa dilakukan disebabkan oleh beberapa faktor yang menjadi kendala, utamanya terkait dengan masalah pasar, harga jagung dan jaminan harga serta kebijakan dari pihak pemerintah daerah di mana tanaman jagung akan dikembangkan secara luas. Selain itu, infrastruktur umumnya masih belum mendukung secara optimal.

Berdasarkan permasalahan yang sudah diuraikan, maka strategi yang dapat dilakukan untuk pengembangan tanaman jagung di kawasan lahan rawa pasang surut mengacu kepada beberapa saran berikut.

1. Melakukan inventarisasi, identifikasi serta memetakan lahan rawa pasang surut yang berpeluang dikembangkan sebagai areal pengembangan tanaman jagung dalam skala luas atau skala industri.
2. Membangun infrastruktur pada daerah/wilayah fokus pengembangan jagung. Lahan rawa pasang surut relatif kelebihan air, oleh karena itu perlu dibangun/dibuat saluran-saluran untuk pengelolaan air sistem drainase dangkal (*shallow drainage*).
3. Membuat regulasi/peraturan atau kebijakan yang memberikan kemudahan dalam rangka pemanfaatan lahan/kawasan untuk tujuan pengembangan jagung dalam skala industri. Kebijakan bertujuan untuk merangsang dan/atau menstimulasi pengusaha supaya menginvestasikan modalnya untuk pengembangan jagung di kawasan lahan rawa pasang yang potensial, dan membangun industri olahan yang bahan bakunya berbasis jagung.
4. Memberikan kemudahan dan fasilitasi bagi para petani untuk mendapatkan bantuan permodalan dan/atau bantuan sarana produksi, yakni berupa benih unggul dan bermutu, bahan amelioran, pupuk dan obat-obatan untuk usahatani jagung. Fasilitasi dan bantuan ini akan mendorong petani lebih giat bercocok tanam jagung di lahan rawa pasang surut.
5. Menciptakan pasar dan menetapkan harga jual per kilogram jagung pipilan kering serta memberi jaminan harga. Tersedianya pasar, penetapan harga dasar jagung pipilan kering serta jaminan pasar dapat mendorong dan merangsang bagi petani yang berkeinginan untuk mengembangkan jagung dalam skala usahatani yang lebih luas di lahan rawa pasang surut.

VI. PENUTUP

Lahan rawa pasang surut berpotensi sebagai areal pengembangan tanaman jagung, diperkirakan luasnya mencapai 2,57 juta hektar berada di Pulau Sumatera dan Kalimantan. Pengembangan tanaman jagung diarahkan ke lahan tipe luapan C dan D. Teknologi budi daya untuk mendukung

pengembangan tanaman jagung di lahan rawa pasang surut sudah tersedia, namun dukungan sarana dan prasarana (infrastruktur) dan aspek sosial ekonomi sangat diperlukan untuk merangsang dan mendorong upaya pengembangan dan peningkatan produksi jagung.

Pengembangan jagung di lahan rawa pasang surut berorientasi kepada beberapa langkah atau strategi, antara lain pemetaan wilayah/daerah sebagai fokus pengembangan jagung, penyusunan rekomendasi teknologi budi daya jagung spesifik lokasi sesuai tipologi lahannya berdasarkan hasil-hasil penelitian, rekayasa sosial melalui: penciptaan pasar, mematok harga jagung pipilan kering per satuan berat (kg) dan memberi jaminan harga, pembentukan kelembagaan pengelola jagung, dan pemberian fasilitasi kepada petani berupa bantuan modal (Bansos) maupun sarana produksi oleh pemerintah.

Pemerintah sebagai regulator (pembuat kebijakan) sangat berperan sebagai pendorong dan pemberi semangat kepada para petani maupun pihak swasta/pengusaha yang ingin mengembangkan tanaman jagung di lahan rawa pasang surut. Peran serta pemerintah dapat diwujudkan melalui pembuatan regulasi atau peraturan yang berpihak kepada para pelaku pembangunan sektor pertanian. Petani merupakan ujung tombak pembangunan pertanian. Oleh karena itu, pemberian fasilitasi kepada petani berupa bantuan modal (Bansos) maupun sarana produksi adalah suatu kebijakan yang berpihak kepada petani sebagai pelaku ekonomi di pedesaan.

Suksesnya pengembangan komoditas jagung di kawasan lahan rawa pasang surut, maka upaya peningkatan jagung nasional tidak hanya mengandalkan lahan kering/tegalan saja. Total luas lahan rawa pasang surut yang berpotensi untuk pengembangan jagung, adalah lahan tipe luapan C dan D sekitar 2,57 juta hektar dan lahan tipe luapan B mencapai 1.13 juta hektar. Apabila diasumsikan sekitar 40% saja dari luas lahan yang potensial dapat dikembangkan jagung dengan tingkat produktivitas rata-rata 4,80 t/ha jagung pipilan kering, maka lahan rawa pasang surut dapat berkontribusi dalam upaya peningkatan produksi jagung nasional sekitar 7.104 ton per sekali musim tanam/tahun, merupakan sumbangan produksi yang cukup besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar K., M. Sarwani dan M. Noor. 1996. Status unsur P di lahan sawah pasang surut. Makalah penunjang pada Prosiding Simposium Nasional dan Kongres VI Peragi, Jakarta 25–27 Juni 1996.
- Agustine, I. 2015. Kebutuhan jagung nasional. 13 Januari 2015 m.bisnis.com/industry/ro, diunduh 24 Oktober 2018
- Balai Penelitian Tanah. 2018. Direct application of rock phosphate on maize. Petunjuk Pelaksanaan Kegiatan Penelitian. Office Cherifien des Phosphates (The OCP Gorup). Balai Penelitian Tanah.
- Cahyana, D., Mawardid dan I. Khairullah. 2013. Pemetaan lahan rawa dengan metode digital soil mapping. Laporan Hasil Penelitian Tahun Anggaran 2013. Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa. Banjarbaru.
- Ditjen Tanaman Pangan. 2008. Pedoman Umum Peningkatan Produksi dan Produktivitas Padi, Jagung dan Jagung melalui Pelaksanaan Sekolah Lapang Pengelolaan Tanaman dan Sumberdaya terpadu (SL-PTT). Departemen Pertanian.
- Hatta, M., B.H. Sunarminto., B.D. Kertonegoro dan E. Hanudin. 2009. Upaya perbaikan pengelolaan lahan pada beberapa tipe luapan untuk meningkatkan produktivitas jagung di lahan rawa. Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan. Vol 9(1) p: 37-48. Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Hurhayat. 2014. Kebutuhan jagung. Hurhayat-detikFinance: 3 Juni 2014, 12 Maret 2019
- Kementerian Pertanian. 2010. Road map swasembada Jagung Tahun 2010-2014. Direktorat Jenderal Tanaman Pangan. Kementerian Pertanian. Jakarta.
- Kementan. 2016. Produksi jagung nasional. m.republika.co.id > kementan > kementan. diunduh September 2018
- Maas, A. 2013. Peluang dan konsekuensi pemanfaatan lahan gambut masa mendatang. Dalam M. Noor., M. Alwi., Mukhlis., D. Nursyamsi., dan M. Thamrin. (Eds.) Lahan Gambut: Pemanfaatan dan Pengembangannya untuk Pertanian. Penerbit Kanisius, Yogyakarta
- Noorsyamsi, H., H. Anwarhan., S. Sulaiman., dan H.H. Bechel. 1984. Rice cultivation in tidal swamp rice. Workshop on Res. Priorities in Tidal Swamp Rice. Philippines IRRI.

- Noorginayuwati dan Y. Rina. 2003. Aspek Sosial Ekonomi Petani di Lahan Sulfat Masam. *Dalam* Isdijanto, A dkk (Penyunting). Prosiding Seminar Hasil-Hasil Penelitian dan Pengkajian Teknologi Pertanian di Lahan Pasang Surut. Kuala Kapuas, Puslitbang Sosial Ekonomi Pertanian. Badan Litbang Pertanian.
- Noor, M. 2010. Lahan Gambut Pengembangan, Konservasi, dan Perubahan Iklim. Sabiham, S (Penyunting). Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Noor, M., H. Subagio., dan D. Nursyamsi., 2014. Karakteristik dan kesesuaian lahan rawa pasang surut untuk tanaman kedelai. *Dalam* Anwar, K., M. Noor., M. Alwi., M. Thamrin., dan H. Subagio (Penyunting) Kedelai Lahan Rawa Pasang Surut Mendukung Swasembada Pangan dan Bioindustri. Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian, Jakarta.
- Nursyamsi, D., S. Raihan, M. Noor, K. Anwar, M. Alwi, E. Maftuah, I. Khairullah, I. Ar-Riza, R. S. Simatupang, Noorginayuwati, dan Y. Rina. 2014. Buku Pedoman Pengelolaan Lahan Gambut untuk Pertanian Berkelanjutan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian. IAARD Press. Jakarta.
- Nugroho, K., H. Van den Bosh., Holongphi., and J. Michaelsen. 1998. Evaluation of water management strategic for sustainable land use of acid sulphate soil in coastal low lnd in the tropics. Gric. Research Dept. Report. 157. Wageningen.
- Raihan, S., dan R. S. Simatupang. 2010. Pengelolaan tanaman terpadu (PTT) jagung di lahan rawa pasang surut. *Dalam* Nazemi, D., M. Noor., I. Ar-Riza., dan Mukhlis (Penyunting). Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT) di Lahan Rawa Pasang Surut dan Lebak. Kementerian Pertanian, Badan Litabng Pertanian, BBSDLP, Balittra. Banjarbaru.
- Rina, Y. 2013. Analisis Kelayakan Usahatani Padi dan Jagung di Lahan Rawa Pasang Surut. Prosiding Seminar Nasional Akselerasi Pembangunan Pertanian Berkelanjutan Menuju Kemandirian Pangan dan Energi. Fak. Pertanian Universitas Sebelas Maret Surakarta
- Ritung, S. 2011. Karakteristik dan sebaran lahan sawah di Indonesia. Hlm 83–98. *Dalam*. Prossiding Seminar Nasional Teknologi Pemupukan dan Pemulihan lahan Terdegradasi. Balai Penelitian dan Pengembangan Sumber daya Lahan Pertanian. Bogor.

- Rusastra, I, W., B. Rachman., dan S. Friyatno. 2004. Analisis daya saing dan struktur proteksi komoditas palawija. *Dalam* Saliem *et al.* (Editor). *Prosiding Efisiensi dan Daya Saing Sistem Usahatani Beberapa Komoditas Pertanian di Lahan Sawah*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Sosial Ekonomi. Bogor.
- Santoso, M. B. 2014. Efektivitas SL-PTT jagung terhadap peningkatan penerapan teknologi (Studi Kasus di Kecamatan Pelaihari Kabupaten Tanah Laut. Kementerian Pertanian. Badan Penyuluhan dan Pengembangan Sumberdaya Pertanian, Balai Besar Pelatihan Pertanian Binuang, Kalimantan Selatan.
- Simatupang, R. S., and Nurita. 2013. Conservation tillage at rice culture in acid sulphate soil. *In* Husen, E.,D. Nursyamsi., M. Moor., A. Fahmi., Irawan., and I. P. G. Wigena (Eds.) *Proceeding International Workshop on Sustainable Management of Lowland for Rice Production*. IAARD Press. Ministry of Agriculture.
- Simatupang, R.S., dan R. Qomariah. 2015. Upaya khusus peningkatan produksi padi, jagung dan kedelai berkelanjutan di Kalimantan Selatan. Makalah dipresentasikan pada Ekpose Tim Kelompok Kerja Ahli Dewan Ketahanan Pangan Kalimantan Selatan. Tanggal 1 September 2015.
- Soehendi, R dan Syahri. 2013. Potensi Pengembangan Jagung di Sumatera Selatan. *Jurnal Lahan Suboptimal*. Vol 2(1): 81-92 April 2013. (www.suboptimal.unsri.ac.id diunduh 14 Desember 2015)
- Subagio, H., M. Noor., W.A. Yusuf., dan I. Khairullah. 2015. Perspektif Pertanian Lahan Rawa Mendukung Kedaulatan Pangan. Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian. Jakarta.
- Subagyo, H. 2006. Lahan rawa pasang surut. *Dalam* Eds. Didi Ardi, S., U. Kurnia., Mamat.H.S., W. Hartatik., dan D. Setyorini; *Karakteristik dan Pengelolaan Rawa*. BB Litbang SDLP, Badan Litbang Pertanian, eptan.
- Suswono, 2014. Kebijakan pembangunan pertanian untuk mewujudkan kedaulatan pangan dan energi dalam menyongsong era Asia. *Dalam* *Prosiding Seminar Nasional Pembangunan Pertanian Berkelanjutan untuk Mewujudkan Kedaulatan Pangan dan Energi Dalam Menyongsong era Asia*. Fakultas Pertanian Sebelas Maret-Surakarta.

- Tanaman pangan. 2015. Produksi jagung. http://tanaman.pangan.pertanian.go.id/files/pednis-GP-PTT_jagung_2015, diunduh 18 September 2018
- Tribunnews. 2018. Produksi jagung. *Tribunnews.Com Rabu 1 Agustus 2018*, diunduh tanggal 21 Oktober 2018
- Utomo, M. 2000. Olah tanah konservasi untuk mendukung pertanian berkelanjutan berwawasan agribisnis. *Dalam* Ar-Riza, I., H. Mukhlis., dan R. Smith Simatupang (Eds.) *Prosiding Seminar Budi Daya Pertanian Olah Tanah Konservasi VII F-OTK, HIGI, Balittra, Banjarmasin, 223-24 Agustus*.
- Widjaja-Adhi, I.P.G., Nugroho, Didi Ardi dan A.S. Karama, 1992. Sumber daya lahan pasang surut, rawa dan pantai: Potensi, Keterbatasan dan Pemanfaatan. *Dalam* S. Partohardjono dan M. Syam (Eds.). *Pengembangan Terpadu Pertanian Lahan Pasang Surut dan Lebak. Risalah Pertemuan Nasional Pengembangan Pertanian Lahan Pasang Surut dan Rawa. Puslitbangtan. Bogor*.
- William E., M. Saleh dan Raihan. S. 2010. Pertumbuhan dan Hasil Jagung Manis (*Zea mays Saccharata Sturt*) di Lahan Rawa Pasang Surut Sulfat Masam di Kalimantan Selatan. *Dalam* Sutiman. B.S., Agus Mulyono, E.B. Minarno, Cahyo Crysdiyan, Fachrur Rosi, Tri Kustono Adi, Ernaning Setyawati, Novi Avicena, Abdul Aziz, Mohammad Jamhuri, Yulia Eka Putrie dan Luluk Maslucha. (Eds.). *Green Technology for Better Future*. Malang: Fakultas Sain dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.

TEKNOLOGI INOVATIF DAN STRATEGI PENGEMBANGAN BAWANG MERAH DI LAHAN RAWA

Eni Maftuah dan Maulia Aries Susanti

Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa

Jl. Kebun Karet, Loktabat Utara, Banjarbaru 70712. Kalimantan Selatan
eni_balittra@yahoo.com

RINGKASAN

Lahan rawa berpotensi sebagai areal pengembangan tanaman bawang merah, namun menghadapi beberapa masalah, baik biofisik lahan maupun sosial ekonomi. Beberapa masalah biofisik lahan antara lain kondisi air yang tidak terkontrol, infrastruktur yang masih minim, kesuburan tanah yang rendah, dan tingkat serangan OPT tinggi, sedangkan masalah sosial ekonomi, antara lain ketersediaan benih masih rendah, fluktuasi harga bawang sangat tinggi, permodalan petani rendah dan rantai pasar masih panjang. Tulisan ini menguraikan tentang prospek lahan rawa untuk pengembangan bawang merah, teknologi inovatif peningkatan produktivitas bawang merah di lahan rawa, dan strategi pengembangan bawang merah di lahan rawa. Lahan rawa pasang surut tipe B, C, dan D serta lebak dangkal berpotensi untuk dikembangkan sebagai areal pengembangan bawang merah. Teknologi inovatif untuk pengembangan bawang merah di lahan rawa, yaitu persiapan lahan, pemilihan varietas dan bibit, ameliorasi dan pemupukan, tanam, irigasi/penyiraman, pengendalian OPT dan panen. Strategi yang diperlukan untuk pengembangan bawang merah di lahan rawa, antara lain pemilihan lokasi yang tepat, penerapan teknologi budi daya bawang merah secara benar, penumbuhan penangkar benih bawang merah di petani, peningkatan kapasitas petani dan kelembagaan serta penerapan pertanian korporasi.

I. PENDAHULUAN

Lahan rawa merupakan ekosistem yang berada pada daerah transisi di antara daratan dan perairan (sungai, danau, atau laut), yaitu antara daratan dan laut, atau di daratan sendiri, antara wilayah lahan kering (*uplands*) dan sungai/danau. Lahan rawa adalah lahan yang sepanjang tahun atau selama

waktu yang panjang dalam setahun, selalu jenuh air atau tergenang. Luas lahan rawa Indonesia adalah 34,12 juta ha atau 17,92% dari luas total daratan Indonesia (191,09 juta ha) (Ritung *et al.* 2015).

Lahan rawa berpotensi sebagai areal pengembangan tanaman bawang merah berdasarkan luasan tersebut, namun lahan rawa mempunyai pH sangat masam sampai masam, ketersediaan hara terutama, P, K, dan basa-basa rendah, konsentrasi unsur yang dapat meracuni tanaman bawang Al dan H, fluktuasi luapan air, serta tingkat serangan OPT tinggi. Kondisi lahan yang tepat untuk diusahakan sebagai tempat tumbuh bawang merah antara lain berstruktur remah, tekstur sedang sampai liat, drainase/aerasi baik, mengandung bahan organik yang cukup, dan reaksi tanah tidak masam (pH tanah: 5,6 – 6,5). Tanah yang cukup lembap dan air tidak menggenang disukai oleh tanaman bawang merah (Rismunandar 1986). Bawang merah menghendaki tanah yang subur, gembur, dan banyak mengandung humus dengan radiasi sinar matahari 70% dan suhu udara 25–32°C (Rukmana, 1994; Siswadi 2006). Jenis tanah yang paling baik yaitu lempung berpasir atau lempung berdebu dengan pH 5,5–6,5 serta drainase dan aerasi tanah yang baik (BPTP Sulawesi Tenggara 2009).

Bawang merah memegang peranan yang cukup penting dalam kestabilan ekonomi nasional, karena sebagai salah satu penyumbang inflansi yang cukup besar. Produksi bawang merah yang tidak merata sepanjang tahun dan bersifat musiman mengakibatkan pemerintah mengambil kebijakan untuk melakukan impor bawang merah guna memenuhi pasokan bawang merah di Indonesia dengan tujuan agar harga tetap stabil. Sementara itu, pada bulan September hingga November di mana sedang terjadi musim kemarau, pasokan bawang merah sangat melimpah dan bisa diekspor ke negara lain (Yanuarti dan Afsari 2016). Pengembangan bawang merah pada beberapa agroekosistem termasuk lahan rawa diperlukan tidak hanya untuk mewujudkan swasembada bawang merah, namun juga untuk tujuan ekspor.

Tulisan ini menjelaskan tentang propek lahan rawa untuk pengembangan bawang merah, teknologi inovatif peningkatan produktivitas lahan rawa untuk bawang merah, dan strategi pengembangan bawang merah di lahan rawa.

II. PROSPEK LAHAN RAWA UNTUK PENGEMBANGAN BAWANG MERAH

Lahan rawa adalah lahan yang sepanjang tahun atau selama waktu yang panjang dalam setahun, selalu jenuh air atau tergenang (Subagyo 2006). Berdasarkan tipologi luapan air, lahan rawa terdiri atas lahan rawa pasang surut 8,92 juta ha, dan lahan rawa lebak 25,21 juta ha. Berdasarkan tanahnya, sebagian besar rawa pasang surut tersebut (7,55 juta ha) merupakan tanah mineral dan sekitar 1,37 juta ha merupakan tanah gambut atau gambut pasang surut, tersebar di Sumatera sekitar 0,52 juta ha, di Kalimantan 0,69 juta ha, dan di Papua 0,16 juta ha (Ritung *et al.* 2015).

Berdasarkan jenis dan tingkat kendala fisiko-kimia tanahnya, lahan pasang surut dibagi dalam empat tipologi utama, yaitu (1) Lahan potensial atau berpirit dalam (kedalaman lapisan pirit lebih dari 50 cm); (2) Lahan sulfat masam atau berpirit dengan kedalaman kurang dari 50 cm; (3) Lahan gambut; dan (4) Lahan salin. Selain berdasarkan tipologi, lahan ini juga dikategorikan menurut tipe luapan air menjadi 4 kelompok, yaitu (1) Tipe A, selalu terluapi baik pasang besar maupun kecil; (2) Tipe B, hanya terluapi pada pasang besar saja; (3) Tipe C, tidak pernah terluapi, walaupun pasang besar. Air pasang memengaruhi secara tidak langsung, sehingga kedalaman air tanah dari permukaan tanah kurang dari 50 cm; dan (4) Tipe D, tidak pernah terluapi dengan kedalaman air tanah lebih dari 50 cm.

Sementara untuk lahan lebak, dibagi menjadi 3 bagian, yaitu (1) Lebak dangkal, bila genangan airnya kurang dari 50 cm selama kurang dari 3 bulan; (2) Lebak tengahan, bila genangan airnya antara 50–100 cm selama 3–6 bulan; dan (3) Lebak dalam, bila genangan airnya lebih dari 100 cm selama lebih dari 6 bulan. Perpaduan antara tipologi lahan dengan tipe luapan air ini, dapat dipakai untuk menentukan pola pemanfaatan dan pengelolaan lahan rawa secara lebih tepat dan optimal (Widjaya-Adhi 1986).

Berdasarkan tipologinya, lahan rawa terdiri atas lahan rawa pasang surut 8,92 juta ha, dan lahan rawa lebak 25,21 juta ha. Lahan rawa pasang surut terluas terdapat di Sumatera 3,02 juta ha, diikuti Kalimantan 2,99 juta ha dan Papua 2,43 juta ha. Di Sulawesi luas lahan rawa pasang surut sekitar 0,32 juta ha, Jawa 0,09 juta ha, dan Maluku 0,07 juta ha. Berdasarkan tanahnya, sebagian besar rawa pasang surut tersebut (7,55 juta ha) merupakan tanah mineral, dan sekitar 1,37 juta ha merupakan tanah gambut atau gambut pasang surut, tersebar di Sumatera sekitar 0,52 juta ha, di Kalimantan 0,69 juta ha, dan di Papua 0,16 juta ha (BBSDLP 2015).

Secara teknis bawang merah dapat ditanam di dataran rendah, baik di lahan basah maupun lahan kering (BPTP Sulawesi Tenggara 2009). Kondisi lahan rawa yang sesuai untuk pengembangan tanaman bawang merah dengan kriteria, antara lain mempunyai temperatur 25-33°C, pH mendekati netral, ketebalan gambut kurang dari 150 cm, kematangan gambut hemik-saprik, salinitas < 2 dS/cm, bahan sulftidik < 70 cm (Wahyunto *et al.* 2016). Lahan rawa yang berpeluang untuk dikembangkan menjadi daerah pengembangan bawang merah adalah lahan pasang surut sulfat masam potensial, lahan gambut dangkal dan lahan lebak dangkal. Lahan rawa berpotensi dan strategis dikembangkan sebagai areal pengembangan bawang karena: (1) tersedia cukup luas dan berada dalam satuan-satuan skala hamparan yang cukup luas, (2) topografi rata atau datar, (3) ketersediaan air cukup, (4) akses ke daerah pengembangan dapat melalui jalur darat dan jalur air, dan (4) kesesuaian lahan cukup sesuai sampai sangat sesuai.

Berdasarkan data BBSDLP (2015) luas lahan rawa yang berpotensi dikembangkan sebagai areal hortikultura salah satunya bawang merah sekitar 3,24 juta ha, tersebar di Sumatera, Kalimantan dan Papua. Lahan rawa potensial untuk tanaman hortikultura tersebut merupakan lahan gambut, baik yang terdapat di pasang surut maupun lebak. Di pasang surut, rawa gambut potensial dijumpai di Sumatera sekitar 0,28 juta ha, dan Kalimantan sekitar 0,23 juta ha. Sedangkan di lebak, rawa gambut potensial untuk tanaman hortikultura terdapat di Sumatera sekitar 1,20 juta ha, Kalimantan 0,67 juta ha, dan Papua 0,75 juta ha (Tabel 33).

Tabel 33. Potensi lahan rawa untuk pengembangan hortikultura

Pulau	Lahan		Total
	Pasang surut	Lebak	
Sumatera	284.092	1,204,564	1,488,656
Kalimantan	234,736	665.905	900,641
Papua	-	763,720	763,720
Total	518,828	2,624,189	3,113,017

Sumber: BBSDLP (2015)

Besarnya potensi luas lahan rawa untuk pengembangan bawang merah, namun juga menghadapi masalah yang tidak kalah besarnya. Pemanfaatan lahan rawa sering kali dihadapkan pada berbagai masalah, antara lain kondisi air yang tidak terkendali, kondisi infrastruktur masih

minim, biofisik lahan umumnya tidak/kurang subur, sedangkan beberapa masalah sosial ekonomi, antara lain ketersediaan benih masih rendah, fluktuasi harga bawang sangat tinggi, permodalan petani rendah dan rantai pasar masih panjang.

Lahan rawa umumnya selalu jenuh air atau dalam kondisi tergenang, drainase jelek, serta mempunyai kesuburan tanah yang rendah. Tanaman bawang merah memerlukan air yang cukup selama pertumbuhannya, namun tidak menghendaki kondisi tergenang dan banyak hujan. Pengelolaan air menjadi sangat penting untuk keberhasilan budi daya di lahan rawa.

Kesuburan tanah di lahan rawa umumnya sangat rendah sampai rendah. Pada tanah pasang surut sulfat masam faktor utama yang menentukan kesuburan adalah keberadaan pirit. Oksidasi mineral pirit, dapat menyebabkan pemasaman tanah ketika jumlah asam yang dihasilkan melebihi daya sangga tanah. Menurut Mosley *et al.* (2014) ketika pH lingkungan <4,0 perubahan pH air atau tanah sulfat masam ditentukan tingkat redoks tanah. Penggenangan tanah sulfat masam menyebabkan penurunan kondisi Eh tanah. Demikian pula sebaliknya menurunnya permukaan air tanah akibat kekeringan dan musim kemarau dapat menyebabkan peningkatan Eh tanah.

Kesuburan tanah gambut sangat ditentukan oleh ketebalan gambut, tingkat dekomposisi (kematangan gambut) serta jenis bahan induk gambut. Ketebalan lapisan gambut menentukan sifat gambut, pada gambut tebal umumnya memiliki tingkat dekomposisi lebih rendah dan lebih masam (pH 3 – 4) serta kandungan hara lebih rendah dibandingkan gambut yang lebih tipis (Kurnain *et al.* 2001; Wust *et al.* 2002; Page *et al.* 2006). Semakin tebal lapisan gambut khususnya pada kubah gambut maka pengaruh ayunan pasang air laut juga semakin rendah. Fluktuasi dan pergerakan air tanah ini sangat berpengaruh pada kelarutan maupun pergerakan unsur dan senyawa kimia di tanah gambut.

Kesuburan tanah rawa juga sangat dipengaruhi oleh tingkat pengelolaan lahan. Andersen dan Davis (2013) menyatakan terdapat perbedaan proses transformasi hara tanah dan aktivitas mikroorganisme dari lahan gambut alami dan lahan gambut yang telah direstorasi. Input baik bahan amelioran maupun pupuk sangat memengaruhi karakteristik kesuburan tanah rawa. Pada lahan yang telah lama dikelola, kesuburan tanah umumnya lebih tinggi dibandingkan pada lahan yang baru dibuka.

Masalah lainnya dalam pengembangan lahan rawa untuk tanaman bawang merah adalah tingkat serangan OPT yang tinggi. Serangan penyakit pada budi daya bawang merah di lahan gambut lebih tinggi dibandingkan di tanah mineral. Penyakit yang umum menyerang disebabkan oleh cendawan *Alternarias porii*, penyakit layu, penyakit moler. Menurut Setiawati *et al.* (2011), OPT adalah ulat bawang (*Spodoptera exigua*), antraknos (*Colletotricum gluesporioides*), bercak ungu (*Alternaria porri*) dan fusarium (*Fusarium spp*). Serangan penyakit ini dapat menyebabkan penurunan hasil yang signifikan bahkan dapat menyebabkan kegagalan panen.

III. TEKNOLOGI INOVATIF BUDI DAYA BAWANG MERAH DI LAHAN RAWA

Bawang merah menghendaki kondisi yang ideal untuk pertumbuhan dan berproduksi yaitu tanah yang subur, gembur, dan banyak mengandung humus atau bahan organik. Bawang merah menyukai tekstur tanah lempung berpasir atau lempung berdebu dengan pH 5,5–6,5 serta drainase dan aerasi tanah yang baik. Bawang merah juga membutuhkan pancaran radiasi sinar matahari 70% pada suhu udara 25–32°C. Waktu tanam bawang merah yang baik pada musim kemarau dengan ketersediaan air yang cukup.

Lahan rawa pasang surut dan lebak yang cukup luas keberadaannya mempunyai potensi untuk pengembangan bawang merah. Namun besarnya permasalahan teknis terutama rezim air, kesuburan tanah, dan serangan OPT diperlukan teknologi inovatif untuk mengembangkan bawang merah di lahan rawa. Sering kali hasil bawang merah yang rendah disebabkan teknik budi daya yang belum optimal. Teknologi inovatif budi daya bawang merah di lahan rawa berupa persiapan lahan, pemilihan varietas, ameliorasi dan pemupukan, serta pengendalian OPT.

3.1. Persiapan lahan

Tanaman bawang merah tidak toleran terhadap genangan air, sehingga diperlukan pengelolaan lahan dan air yang tepat. Persiapan lahan rawa untuk budi daya bawang merah dilakukan tergantung kondisi lahan. Pada lahan rawa yang tergenang dibuat saluran drainase untuk mengatur ketinggian air. Pembersihan lahan dilakukan dengan menggunakan herbisida dan mekanis. Selanjutnya, dilakukan penataan lahan dan pengolahan tanah untuk memperbaiki lingkungan tumbuh (akar) tanaman.

Genangan air akan mengurangi ketersediaan oksigen di lapisan perakaran. Respirasi akar akan terganggu, yang dalam jangka panjang dapat mematikan tanaman. Selain itu, genangan yang terjadi setelah biji ditanam menghambat difusi oksigen sehingga respirasi akar terganggu. Oleh karena itu, untuk usahatani bawang merah di lahan pasang surut memerlukan tata air dengan saluran-saluran drainase di lahan usahatani.

Pada lahan yang terluapi air baik oleh air pasang maupun hujan atau banjir diperlukan penataan lahan dengan sistem surjan atau guludan/bedengan yang tingginya disesuaikan dengan ketinggian air maksimal. Tinggi surjan/bedengan lebih tinggi 30 cm dari ketinggian muka air tanah maksimal, dan panjangnya tergantung pada kondisi lahan. Tahap selanjutnya adalah proses menggemburkan tanah untuk memperbaiki drainase dan aerasi tanah, meratakan permukaan tanah, dan mengendalikan gulma.

Pada lahan rawa yang tidak terluapi air (pasang surut tipe D dan lebak pematang, dangkal), persiapan lahan dilakukan dengan olah tanah, yaitu tanah dibajak atau dicangkul sedalam 20 cm, kemudian dibuat bedengan-bedengan dengan lebar 1,2 meter, tinggi bedengan antara 30-40 cm dan panjang menyesuaikan kondisi lahan. Bedengan yang telah dibuat tersebut diolah sempurna dan dibuat guritan atau larikan sedalam 10 cm untuk menempatkan pupuk dasar dan untuk penanaman.



Gambar 31. Persiapan lahan untuk budi daya bawang merah di lahan rawa

3.2. Pemilihan Varietas dan Bibit

Setiap varietas bawang merah mempunyai potensi hasil dan keunggulan yang berbeda-beda. Karakteristik beberapa varietas bawang merah yang sering dibudidayakan di lahan rawa seperti pada Tabel 34. Varietas yang

mempunyai potensi hasil tinggi, antara lain batu ijo, biru lancor, trisula, dan super philip. Potensi hasil ini berhubungan erat dengan ukuran umbi dan jumlah umbi yang dihasilkan. Preferensi ukuran umbi tergantung pada tingkat kesukaan petani dan konsumen.

Tabel 34. Karakteristik beberapa varietas bawang merah yang dapat beradaptasi di lahan rawa

Varietas	Potensi Hasil Umbi Kering (t/ha)	Umur Panen (Hari)	Keterangan Lainnya
Bima	10	60	Tahan terhadap busuk umbi
Bauji	14	60	Agak tahan terhadap ulat grayak (<i>Spodoptera exigua</i>) dan fusarium
Batu ijo	16,5	55-70	Rentan terhadap ulat grayak (<i>Spodoptera exigua</i>) Rentan terhadap <i>Alternaria porii</i>
Trisula	23	55	Tahan simpan selama 5 bulan
Sembrani	9-24	55	Baik ditanam pada musim kemarau Berumbi besar (cocok untuk salad)
Manjung	15	55	
Super philip	18	55	Kurang tahan terhadap <i>Alternaria porii</i> , ulat grayak (<i>Spodoptera exigua</i>)
Biru lancor	16,8	55	Toleran terhadap <i>Fusarium</i> sp dan <i>Alternari</i>

Sumber: Rismunandar, 1986; Pramudyani dan Pramesti, 2016; Baswarsiati *et al.* 2015

Pemilihan varietas menjadi salah satu hal penting dalam budi daya bawang merah di lahan rawa. Beberapa varietas yang dapat ditanam di lahan rawa antara lain bima, bauji, trisula, biru lancor, dan super philip. Bima lebih beradaptasi di lahan sulfat masam (Koesworo 2007), sedangkan di lahan gambut varietas monjung (Purbiati *et al.* 2010), sedangkan di lahan lebak varietas biru lancor mampu menghasilkan 24,5 ton/ha dengan rata-rata diameter umbi 26 mm dan rata-rata bobot umbi per rumpun 35,33 gram (Pramudyani dan Pramesti 2016). Menurut Firmansyah *et al.* (2014), hasil uji adaptasi dan uji preferensi varietas bawang merah di lahan gambut Kalimantan Tengah pada musim hujan menunjukkan varietas yang memiliki peluang besar untuk dikembangkan adalah sembrani, maja cipanas dan bima brebes, sedangkan pada musim kemarau varietas terbaik adalah varietas super philip.

Umbi bawang merah yang dapat digunakan sebagai bibit yang berumur sudah cukup tua, yaitu telah disimpan 70-80 hari setelah panen. Umbi bibit yang baik berukuran sedang, yaitu berdiameter 1,5–1,8 cm atau 5–10 g; segar dan sehat; bernas; dan berwarna cerah mengkilap; serta bebas luka. Umbi bibit yang umur simpannya kurang dari 2 bulan dilakukan pemotongan ujung umbi $\frac{1}{4}$ bagian dari seluruh umbi. Kebutuhan bibit dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut: petakan seluas 1 m² dengan jarak tanam 15 x 20 cm dapat ditanam 40 tanaman, maka untuk lahan 1 ha setara 10.000 m² dengan efektivitas lahan dapat ditanami 65% diperlukan umbi bibit 6.500 m² x 40 umbi = 260.000 umbi, seberat 260.000 x 5 g = 1300 kg bersih.



Sumber: Dokumentasi Balittra, 2018; Balitsa, 2018

Gambar 32. Jenis-jenis bawang merah yang dapat dibudidayakan di lahan rawa

Sebelum ditanam, dilakukan *regol* yaitu pembersihan kulit luar benih umbi yang mengering dan sisa-sisa akar. Untuk umbi yang belum bertunas bagian ujung umbi dipotong dengan pisau kurang lebih $\frac{1}{3}$ – $\frac{1}{4}$ bagian dari panjang umbi. Saat memotong haruslah hati-hati agar tunasnya tidak ikut terpotong. Tujuan dilakukan pemotongan adalah agar umbi tumbuh merata, merangsang tumbuhnya tunas, mempercepat tumbuhnya tanaman, merangsang tumbuhnya umbi samping dan mendorong terbentuknya anakan. Sebelum umbi ditanam, luka bekas pemotongan harus dikeringkan terlebih dahulu untuk mencegah terjadinya pembusukan.

3.3. Ameliorasi dan Pemupukan

Ameliorasi diperlukan untuk memperbaiki sifat tanah rawa baik sifat kimia, biologi maupun fisika. Ameliorasi dapat menggunakan bahan anorganik dan organik. Bahan amelioran yang umum digunakan oleh petani adalah pupuk kandang, kapur pertanian, kompos, biochar, tanah mineral, dsb. Sedangkan pemupukan diperlukan untuk meningkatkan ketersediaan hara bagi tanaman. Amelioran juga dapat sekaligus berperan sebagai pupuk jika dapat menyumbangkan hara ke tanah.

Amelioran berupa pupuk kandang sapi yang direkomendasikan untuk tanaman bawang merah dosisnya sebesar 10-20 t/ha, sedangkan pupuk kandang ayam sebesar 5-6 t/ha yang diberikan 1-2 minggu sebelum tanam. Bahan pembenah tanah lain yang dapat diberikan pupuk kandang kotoran sapi dan biochar sekam padi masing-masing 7,5 t/ha. Kompos memberikan pengaruh lebih baik terhadap produktivitas bawang merah di lahan gambut. Selain diberi bahan pembenah tersebut, masih perlu diberikan kapur dengan dosis 3-5 t/ha. Bahan pembenah tanah diberikan 2 minggu sebelum tanam (Balittra 2018).

Tabel 35. Jenis amelioran terhadap pertumbuhan dan produksi bawang merah di lahan gambut

Jenis Ameliorant	Tinggi Tanaman	Hasil (t/ha)
Pupuk kandang sapi	14,69	12,55
Biochar sekam padi	14,01	13,48
Abu sekam padi	15,67	13,53
Kompos	17,25	15,27

Sumber: Balittra (2017)

Jenis pupuk anorganik yang diberikan untuk lahan rawa dengan tanah gambut berupa pupuk dasar berupa NPK dosis 200 kg/ha, SP 36 150 kg/ha, pupuk susulan I (14 hst) berupa NPK 200 kg/ha, KCl 100 kg/ha, dan pupuk susulan 2 (35 hst) berupa NPK 100 kg/ha dan KCl 100 kg/ha. Pemberian pupuk organik cair yang disemprotkan setiap satu minggu dapat menekan penggunaan pupuk anorganik sampai 50% di tanah gambut (Balittra, 2018). Jenis pupuk untuk lahan rawa dengan jenis tanah mineral, yaitu pupuk Urea, SP36 dan KCl dengan dosis 100 kg N, 120 kg P₂O₅, dan 150 kg K₂O per hektar. Pupuk susulan Urea sebanyak 100 kg N/ha diberikan secara larik pada saat tanaman berumur 30-35 hari.

3.4. Sistem Tanam

Sebelum tanam sebaiknya umbi diberi atau dicampur Dithane M-45 sebanyak 10 gram/1 kg umbi, kemudian diperam 12 jam. Tanam dengan memasukkan umbi bawang merah ke dalam lubang tanam yang berjarak 20 x 15 cm dengan gerakan seperti memutar sekerup sehingga ujung umbi tampak rata dengan permukaan tanah. Bibit ditanamkan 2/3, apabila terlalu dalam akan mudah mengalami pembusukan. Ujung umbi sedikit ditutup dengan tanah, jika terlalu tebal tanah yang menutupinya akan menghambat pertumbuhan tanaman. Setelah penanaman selesai, bedengan disiram dengan air, umbi akan terus tumbuh setelah 5-7 hari.



Gambar 33. Penanaman bawang merah

3.5. Irigasi/Penyiraman

Salah satu faktor penting dalam budi daya bawang merah di lahan rawa adalah aspek pengelolaan air. Penyiraman dilakukan tidak hanya untuk memenuhi kebutuhan air tanaman, namun juga untuk tujuan perlindungan tanaman dari percikan air hujan yang mengenai tanah dan tanaman. Penyiraman dilakukan dengan menggunakan air bersih. Agar sebaran air merata pada seluruh permukaan daun, penyiraman dilakukan secara manual dan sprinkler dengan *nozzle* yang dapat diatur sebaran airnya (Gambar 34).

Waktu yang baik untuk dilakukan penyiraman tergantung pada umur tanaman, pada umur 0-10 hari penyiraman pagi dan sore hari, pada tanaman umur lebih 10 hari penyiraman pagi hari, sedangkan pada saat selesai hujan waktu siang harus dilakukan penyiraman untuk membuang embun bekas hujan dan tanah yang kemungkinan menempel di daun pada saat hujan.



Gambar 34. Penyiraman bawang merah dengan springkler dan manual

Tabel 36. Pengaruh jenis penyiraman terhadap pertumbuhan tanaman dan hasil bawang merah

Cara Penyiraman	Jumlah Daun	Tinggi Tanaman (cm)	Hasil (t/ha)
Sprinkler	16,25	36,59	13,45
Konvensional	16,11	35,69	13,50

Sumber: Balittra (2017)

Perlakuan jenis penyiraman tidak memberikan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan tanaman bawang baik tinggi maupun jumlah daun. Begitu pula terhadap hasil bawang merah (Tabel 37). Namun dari hasil analisis usahatani perlakuan penyiraman dengan sprinkler mampu menekan biaya operasional dibandingkan dengan cara konvensional sehingga memberikan keuntungan yang lebih besar.

3.6. Pengendalian OPT

Pengendalian OPT merupakan salah satu aspek budi daya yang menentukan keberhasilan dalam budi daya bawang merah. Menurut Udiarto *et al.* (2005) kehilangan hasil oleh serangan OPT pada tanaman bawang merah berkisar antara 20 sampai 100% dengan potensi kerugian secara ekonomi rerata mencapai 138,4 miliar rupiah/tahun. Penyakit yang umum menyerang tanaman bawang merah adalah bercak ungu, embun tepung, busuk leher batang, antraknose, busuk umbi, layu fusarium, dan busuk basah.

Pengendalian OPT dilakukan jika populasi dan atau tingkat serangan OPT dapat menimbulkan kerugian secara ekonomis. Aspek tindakan OPT ini memerhatikan aspek teknis, ekonomis, ekologis/lingkungan, dan aspek

sosial (Siregar dan Novebryna 2017). Pengendalian OPT dengan sistem PHT dapat dilakukan melalui budi daya tanaman sehat, pengendalian mekanik dan penggunaan musuh alami. Budi daya yang sehat, meliputi pemilihan waktu tanam yang tepat (musim kemarau lebih baik dibandingkan musim hujan), pergiliran tanaman, penggunaan varietas tahan, penggunaan bibit/ umbi yang sehat, pengolahan tanah yang baik, pemupukan berimbang, sanitasi, penyiraman, dan pemasangan perangkat.

Jika serangan OPT sudah melebihi ambang batas, dilakukan pengendalian dengan pestisida. Pestisida kimia yang bisa digunakan untuk pengendalian hama antara lain menggunakan insektisida berbahan aktif Siromazin (dosis 250 g/ha) dan penggunaan perangkat kuning untuk mengendalikan imago ulat (serangga dewasa). Penyakit yang disebabkan oleh jamur dapat dikendalikan menggunakan fungisida berbahan aktif propinep 70% (1 kg/ha), mankozeb 80% (1kg/ha), azoksistrobin (0,5 l/ha). Untuk tujuan pemeliharaan pengendalian dengan kimia dapat juga dilakukan terutama saat budi daya pada musim hujan, dengan penyemprotan pestisida dilakukan setiap 3-6 hari sekali.

Pengendalian OPT juga dapat dilakukan dengan menggunakan sungkup plastik pada musim hujan. Teknologi pengelolaan tanah menggunakan *rain shelter* dan pemupukan NPK dosis 75% dari dosis rekomendasi + POC dapat meningkatkan hasil bawang merah pada musim hujan di lahan bergambut sampai 25,7% dibandingkan pemupukan 100% NPK tanpa POC (Balittra 2018).



Gambar 38. Sungkup Plastik untuk Budi Daya Bawang Merah di Musim Hujan

3.7. Panen

Panen bawang merah dapat dilakukan saat tanaman berumur 60-70 hari. Cirinya umbi sudah terbentuk dan keluar dari permukaan tanah, 60% leher batang lunak, lebih 80% tanaman rebah, dan daun menguning. Panen sebaiknya pada keadaan tanah kering dan cuaca cerah untuk mencegah serangan penyakit busuk umbi di gudang. Selanjutnya, umbi dijemur di bawah sinar matahari langsung sampai cukup kering (1-2 minggu) sampai mencapai kadar air kurang lebih 80% (susut umbi 25-40%). Setelah pengeringan umbi bawang merah disimpan dengan menggantungkan ikatan-ikatan bawang merah di gudang khusus pada suhu 25-30 °C dan kelembaban rendah (\pm 60-80%).

IV. STRATEGI PENGEMBANGAN BAWANG MERAH DI LAHAN RAWA

Bawang merah merupakan salah satu komoditas unggulan yang pengaruhnya cukup besar dalam perkembangan ekonomi global. Bawang merah mampu menyebabkan inflasi pada perekonomian Indonesia. Konsumsi bawang merah penduduk Indonesia mencapai 725 t/tahun dan meningkat sekitar 5% setiap tahun (Purbiati 2012). Pengembangan bawang merah di lahan rawa diperlukan untuk meningkatkan produksi nasional, terutama saat di daerah lain tidak dapat memproduksi bawang merah atau produksi di daerah lain menurun. Namun dalam pengembangan bawang merah di lahan rawa ini tidak mudah, perlu strategi agar teknologi inovatif pengembangan bawang merah dapat cepat diadopsi dan menghasilkan peningkatan pendapat petani serta produksi bawang merah nasional terjaga.

4.1. Pemilihan Lokasi yang Sesuai

Bawang merah menghendaki kondisi lahan yang tidak tergenang, dan tersedia air yang cukup. Lahan rawa yang sesuai untuk pengembangan komoditas bawang merah adalah lahan rawa lebak dangkal, lahan pasang surut tipe B, C, dan D. Namun pada lahan rawa pasang surut tipe B perlu dilakukan penataan lahan sistem surjan agar tanaman bawang merah dapat tumbuh dan berproduksi dengan baik. Pada lahan gambut yang paling cocok adalah pada lahan bergambut dan gambut dangkal, namun pada lahan gambut tengahan dan dalam masih dapat diusahakan untuk budi daya bawang merah dengan pemberian amelioran yang cukup.

4.2. Penerapan Teknologi Budi Daya Bawang Merah Secara Benar

Keberhasilan pengembangan budi daya bawang merah di lahan rawa sangat tergantung pada teknologi budi daya bawang merah. Lahan rawa merupakan lahan yang mempunyai karakter khusus, sehingga diperlukan teknologi yang spesifik. Budi daya bawang merah di lahan rawa berbeda dengan budi daya bawang merah di lahan non rawa (lahan kering dan dataran tinggi). Teknologi spesifik yang menonjol, antara lain budi daya bawang merah di lahan rawa tidak menggunakan mulsa plastik karena kondisi iklim yang umumnya lembap, dan karakteristik tanah yang kurang subur sehingga diperlukan bahan amelioran dan pupuk dalam dosis lebih tinggi, serta pemeliharaan lebih intensif karena tingkat serangan OPT di lahan rawa lebih tinggi dibandingkan di lahan lainnya.

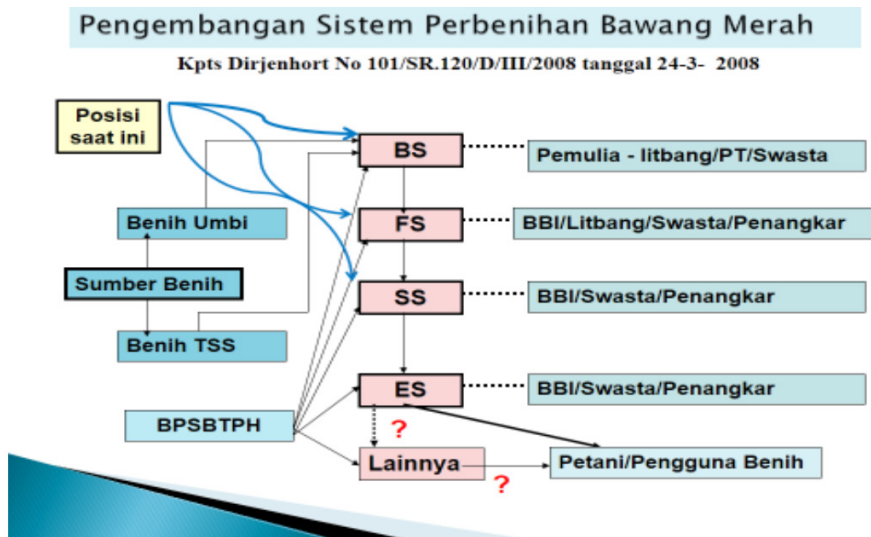
4.3. Penumbuhan Penangkar Benih Bawang Merah di Petani

Pengadaan benih untuk pengembangan bawang merah di lahan rawa merupakan hal yang sangat penting. Sering kali dalam upaya pengembangan bawang merah terkendala dengan ketersediaan benih dan harus mendatangkan benih dari daerah/pulau lain, sehingga meningkatkan biaya produksi. Inisiasi penangkar benih di lahan rawa sangat diperlukan, sedangkan untuk daerah yang sudah ada penangkar benihnya perlu dikembangkan penangkar benih dalam skala yang lebih besar sehingga dapat memenuhi kebutuhan benih dalam satu kawasan. Pada saat ini masih banyak permasalahan yang muncul dalam penyediaan benih bawang merah terutama belum terpenuhinya benih bersertifikat. Padahal benih bersertifikat dapat meningkat pula produksi dan kualitas bawang merah sehingga meningkatkan efisiensi produksi sebesar 20%.

Dalam manajemen sistem penyediaan benih bawang merah seharusnya mengikuti alur atau sistem yang telah dibuat oleh Dirjen Hortikultura No. 101/SR.120/D/III/2008 (Gambar 36). Benih Penjenis atau BS (Breeder Seed) adalah benih yang diproduksi oleh dan di bawah pengawasan Pemulia Tanaman yang bersangkutan atau instansinya dan berlabel putih. Benih dasar atau Foundation Seed (FS) adalah keturunan pertama dari Benih Penjenis, yang dapat diproduksi penangkar atau lainnya, namun harus dalam pengawasan yang ketat sehingga kemurnian varietas dapat terpelihara. BS diproduksi oleh Instansi yang ditunjuk oleh Direktorat Jenderal Tanaman Pangan dan produksinya disertifikasi oleh Balai Pengawasan dan Sertifikasi

Benih dengan label putih. Benih Pokok atau Stock Seed (SS), merupakan keturunan dari benih dasar dengan label ungu, sedangkan Benih Sebar atau ES (Extension Seed) dengan label biru.

Penggunaan benih bawang merah di tingkat petani menurut informasi Puslitbanghorti, yaitu dari dalam negeri hanya 23%, benih asal impor 5% dan membuat benih sendiri dari umbi konsumsi sebesar 72%. Penyebab petani menggunakan benih sendiri yang turun-temurun antara lain karena (1) stabilitas harga bawang merah (konsumsi) fluktuatif dan ketersediaan benih bermutu terbatas serta tingkat serangan hama/penyakit tanaman, (2) keterbatasan benih sumber, walaupun varietas yang sudah dilepas relatif banyak, (3) terbatasnya pelaku bisnis di perbenihan bawang merah, (4) varietas yang sudah dilepas belum banyak dimanfaatkan pelaku bisnis perbenihan (Puslitbang Hortikultura 2013).



Sumber: Baswarsiati *et al.* 2015

Gambar 36. Alur sistem perbenihan bawang merah sesuai sk dirjen hortikultura no. 101/Sr.120/D/iii/2008, tanggal 24-3-2008

4.4. Peningkatan Kapasitas Petani dan Kelembagaan

Peningkatan kapasitas petani dan kelembagaan merupakan salah satu aspek penting dalam pengembangan komoditas bawang merah di lahan rawa. Kelembagaan petani perlu dibangun dan dioptimalkan perannya

dalam melaksanakan usaha pertanian agar mampu bersaing dan tangguh dalam menghadapi persaingan global. Peningkatan kapasitas kelembagaan petani dapat ditingkatkan dengan membangun kemampuan atau kapasitas petani. Faktor-faktor yang berperan dalam peningkatan kemampuan petani, antara lain kelompok tani, intensitas belajar petani, peran penyuluh, pengaruh pihak luar, dukungan kearifan lokal, dan karakteristik petani. Selain itu, faktor lain yang berpengaruh dalam peningkatan kapasitas petani yaitu berupa tingkat ketersediaan informasi dan tingkat pengalaman belajar petani, tingkat dukungan sosial budaya (Subagio 2008; Nasrul 2012; Balaji 2015).

Penyebaran inovasi kepada petani agar dapat dikembangkan perlu peningkatan kapasitas petani dan kelembagaan petani (Slamet 2003). Menurut Santoso dan Darwanto (2015) yang menyebutkan bahwa masalah pertanian bukan hanya masalah teknologi tapi juga bagaimana mendiseminasikan informasi sampai ke petani yang jumlahnya banyak dan tersebar luas, hingga petani berpartisipasi. Namun sering kali peran kelembagaan kelompok tani dan kelembagaan penyuluhan belum memberikan kontribusi yang besar dalam peningkatan usaha dan kehidupan petani melalui diseminasi dan pemanfaatan inovasi (Ayele dan Wield 2005; Nafukho 2013). Revikasari (2010) yang menyimpulkan bahwa pengaruh petugas penyuluh pertanian menjadi faktor pendukung dalam pengembangan kelompok tani, karena melalui petugas penyuluh pengetahuan petani dan kelompoknya semakin bertambah dan berwawasan luas.

4.5. Penerapan Pertanian Korporatif

Komoditas bawang merah merupakan salah satu komoditas yang harganya berfluktuasi sangat tinggi, di mana saat produksi melimpah harga sangat rendah dan saat produksi turun harga bisa melambung tinggi, sehingga menjadi salah satu penyebab inflansi. Kenaikan harga bawang merah pada saat tertentu dipicu oleh pengaruh iklim atau cuaca serta panjangnya rantai pasok pengembangan bawang merah di lahan rawa selain faktor budi daya perlu (*on farm*) juga perlu dipikirkan strategi *off farm* untuk menjaga keberlanjutan sistem usahatani.

Korporasi petani adalah kelembagaan ekonomi petani berbadan hukum berbentuk koperasi atau badan hukum lain dengan sebagian besar kepemilikan modal dimiliki oleh petani sehingga mereka punya posisi

tawar (*bargaining*) atas produk yang mereka hasilkan. Pengembangan bawang merah di lahan rawa dapat mengacu pada model sistem pertanian korporasi untuk mendorong aspek pemberdayaan petani dalam suatu kelembagaan ekonomi petani di daerah yang ditetapkan sebagai “Kawasan Pertanian’ agar menjadi suatu kesatuan yang utuh dalam perspektif sistem usahatani. Keuntungan dengan terbentuk kelembagaan korporasi petani dapat menerima fasilitasi bantuan modal, prasarana dan sarana produksi maupun pendampingan teknis dan manajerial baik dari pemerintah, swasta atau lembaga non pemerintah. Melalui korporasi petani akan dapat tercipta penangkar bibit, terbangun industri kecil sektor riil, yaitu pengolahan hasil dan memperpendek rantai pasok pemasaran.

V. PENUTUP

Pengembangan bawang merah dapat dilakukan di lahan rawa, baik pasang surut, lebak maupun gambut. Beberapa masalah dalam budi daya bawang merah di lahan rawa, antara lain kondisi lahan rawa yang tergenang, sehingga memerlukan pengelolaan air yang tepat, kesuburan tanah yang rendah sehingga memerlukan amelioran dan pupuk dalam jumlah yang cukup, dan tingkat serangan OPT tinggi sehingga memerlukan penanganan yang tepat.

Pengembangan lahan rawa untuk bawang merah memerlukan dukungan teknologi inovatif meliputi persiapan lahan, pemilihan varietas dan bibit, ameliorasi dan pemupukan, tanam, irigasi/penyiraman, pengendalian OPT dan panen. Strategi yang diperlukan untuk pengembangan bawang merah di lahan rawa, antara lain pemilihan lokasi yang tepat, penerapan teknologi budi daya bawang merah secara benar, penumbuhan penangkar benih bawang merah di petani, peningkatan kapasitas petani dan kelembagaan dan penerapan pertanian korporasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, J.T. and C.A. Davis. 2013. *Wetland Techniques Volume 3: Applications and Management*. Springer Dordrecht Heidelberg New York London. 270 hal. ISBN 978-94-007-6906-9 ISBN 978-94-007-6907-6 (eBook) DOI 10.1007/978-94-007-6907-6
- Alihamsyah, T., 2004. *Potensi dan Pendayagunaan Lahan Rawa untuk Peningkatan Produksi Padi. Ekonomi Padi dan Beras Indonesia*. Badan Litbang Pertanian, Jakarta.
- Ayele S, Wiold. 2005. Science and Technology Capacity Building and Partnership in African Agriculture: Perspectives on Mali and Egypt. *Journal of International Development*. Vol 17; 631–646.
- Ayele S, Wiold. 2005. Science and Technology Capacity Building and Partnership in African Agriculture: Perspectives on Mali and Egypt. *Journal of International Development*. Vol 17, 631–646.
- Balaji. 2015. Communication and Capacity Building to Advance Adaptation Strategies in Agriculture in the Context of Climate Change in India. *Journal of IIM-Calcutta*. Vol 42 (2):147–158.
- Balitsa. 2018. Bawang merah varietas sembrani. <http://balitsa.litbang.pertanian.go.id/ind/index.php/varietas/cabai/36-halaman/623-bawang-merah-varietas-sembrani>
- Balittra, 2018. Laporan Akhir. Penelitian Perbaikan Budi Daya di Lahan Gambut Dangkal dan Bergambut untuk Meningkatkan Produktivitas Tanaman Cabai dan Bawang Merah. Laporan Akhir TA 2018. Balittra. Banjarbaru.
- Baswarsiati, T. Sudaryono, K. B. Andri, dan S. Purnomo, 2015. Pengembangan Varietas Bawang Merah Potensial dari Jawa Timur hal 5-20 dalam *Inovasi Hortikultura Pengungkit Peningkatan Pendapatan Rakyat*. (I. Djatnika. Eds). IAARD Press. Kementerian Pertanian. Jakarta.
- BPTP Sultra, 2005. Budi Daya bawang merah di lahan kering sultra. <http://sultra.litbang.pertanian.go.id/ind/> diakses pada 10 Maret 2019.
- Firmansyah, M.A, D. Musaddad, T. Liana, MS, Mokhtar, dan MP.Yufdi, 2014. Uji Adaptasi Bawang Merah di Lahan Gambut Pada Saat Musim Hujan di Kalimantan Tengah. *J. Hort.* 24(2):114-123.

- Koesworo, E. 2007. Teknik pengujian daya hasil beberapa varietas bawang merah di lahan pasang surut Sumatera Selatan. *Bul. Teknik. Pert.* 1(12);1-3.
- Kurnain, A., T. Notohadikusumo, B. Radjagukguk, dan S. Hastuti. 2001. The state of decomposition of tropical peat soil under cultivated and fire damage peatland. Dalam Rieley, dan Page (Eds.). Jakarta Symposium Proceeding on Peatlands for People: Natural Resources Functions and Sustainable Management. Halaman:168-178.
- Mosley, L.M., D. Palmer, E. Leyden, F. Cook, B. Zammit, P. Shand, A. Baker, and R.W. Fitzpatrick, 2014. Acidification of floodplains due to river level decline during drought. *J. Contam. Hydrol.* 161, 10–23.
- Nasrul, W. 2012. Pengembangan Kelembagaan Pertanian untuk Meningkatkan Kapasitas Petani terhadap Pembangunan Pertanian. *Menara Ilmu* Volume III (29):166-174. LPPM UMSB. ISSN 1693-2617. Padang.
- Nafukho. 2013. Capacity Building Through Investment in People:Key To Africa's Development . Africa's Development. *Journal of Training and Development.* Vol 37 (7): 604 – 614.
- Page, S.E., J.O. Rieley,. and R.A.J. Wüst, 2006. Lowland tropical peatlands of Southeast Asia. In: Martini, I.P., Martinez Cortizas, A. & Chesworth, W. (eds.) *Peatlands: Evolution and Records of Environmental and Climate Changes*, Developments in Earth Surface Processes 9, Elsevier, Amsterdam, 145–172.
- Pramudyani, L. dan A. D. Pramesti, 2016. Keragaan Tanaman Bawang Merah Di Lahan Rawa Lebak Tengahan Kalimantan Selatan. Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal 2016, Palembang 20-21 Oktober 2016. 458-464.
- Purbiati, T. A. Supriyanto dan A. Umar. 2010. Pengkajian adaptasi varietas-varietas bawang merah pada lahan gambut di Kalimantan Barat. hlm. 62–67. Dalam I M.S. Utama, A.D. Susila, R. Poerwanto, N.S. Antara, N.K. Putra, dan K.B. Susrusa (Ed.). Prosiding Seminar Nasional Hortikultura Indonesia, Denpasar, 26 November 2010. Perhimpunan Hortikultura Indonesia dan Universitas Udayana.
- Purbiati, T. 2012. Potensi pengembangan bawang merah di lahan gambut. *J. Litbang Pert.* Vol. 31 No. 3: 113-118.

- Puslitbang Hortikultura, 2013. Laporan Akuntabilitas Kinerja Instansi Pemerintah Puslitbang Hortikultura Tahun 2013. Jakarta: Puslitbang Hortikultura, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Revikasari, A. 2010. Peranan penyuluh pertanian dalam pengembangan Gabungan Kelompok Tani (Gapoktan) di desa Tempuran kecamatan Paron Kabupaten Ngawi, UNS. Surakarta.
- Ritung, S. E. Suryani, D. Subardja, Sukarman, K Nugroho, Suparto, Hikmatullah, Anny Mulyani, C. Tafakresnanto, Y Sulaeman, R E Subandiono, Wahyunto, Ponidi, N. Prasodjo, U Suryana, H. Hidayat, A. Priyono dan W. Supriatna, 2015. SUMBER DAYA LAHAN PERTANIAN INDONESIA: Luas, Penyebaran, dan Potensi Ketersediaan. IAARD Press.
- Rismunandar. 1986. Mengenal Tanaman Buah-buahan. Penerbit Sinar Baru. Bandung.
- Rukmana, R, 1994. Bawang Merah Budi Daya dan Pengolahan Pasca Panen. Kanisius, Yogyakarta.
- Santoso, P. B. dan Darwanto. 2015. Strategy for Strengthening Farmer Groups by Institutional Strengthening. Jurnal Ekonomi Pembangunan, 16 (1), Juni 2015, 33-45.
- Setiawati, W., N. Gunaeni, Subhan, dan A. Muharam. 2011. Pengaruh pemupukan dan tumpangsari antara tomat dan kubis terhadap populasi Bemisia tabaci dan insiden penyakit virus kuning pada tanaman tomat. *J. Hort.* 21(2): 135-144.
- Slamet M. 2003. Meningkatkan Partisipasi Masyarakat dalam Pembangunan Perdesaan dalam Membentuk Pola Prilaku Manusia Pembangunan. . Sudrajad dan Yustina (Eds). Bogor: IPB Press.
- Siregar, A.Z. dan Novebryna, Y. 2017. Inventarisasi hama-hama tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.). PS Agroekologi. Fak Pertanian. USU. Sumatera Utara.
- Siswadi. 2006. Budi Daya Tanaman Sayuran. Citra Aji Parama, Yogyakarta.
- Subagyo, H. 2006. Klasifikasi dan penyebaran lahan rawa. hlm.1- 22. Dalam D.A. Suriadikarta, U. Kurnia, Mamat H.S., W. Hartatik, dan D. Setyorini (Ed.). Karakteristik dan Pengelolaan Lahan Rawa. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor.

- Subagio, H, P. S. Sumardjo, P. Asngari, Tjitropranoto, dan D. Susanto. 2008. Kapasitas Petani dalam Mewujudkan Keberhasilan Usaha Pertanian: Kasus Petani Sayuran di Kabupaten Pasuruan dan Kabupaten Malang Provinsi Jawa Timur. *Jurnal Penyuluhan*. 4 (1): 11-20.
- Sudana, W. 2005. Potensi dan prospek lahan rawa sebagai sumber produksi pertanian. *Analisis Kebijakan Pertanian*. Volume 3 No. 2: 141-151.
- Udiarto, BK, Setiawati, W dan Suryaningsih, E 2005, Pengenalan hama dan penyakit pada tanaman bawang merah dan pengendaliannya, Panduan teknis PTT bawang merah No. 2, Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Bandung.
- Yanuarti AR, Afsari MD. 2016. Profil Komoditas Barang Kebutuhan Pokok dan Barang Penting Komoditas Cabai. Jakarta (ID): Kementerian Perdagangan. 67 hal. <https://www.google.com/search?safe=strict&biw=1366&bih=657&>
- Widjaya Adhi, I.P.G. 1986. Pengelolaan lahan rawa pasang surut dan lebak. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, V(1): 1-9.
- Wahyunto, Hikmatullah, E. Suryani, C. Tafakresnanto, S. Ritung, A. Mulyani, Sukarman, K. Nugroho, Y. Sulaeman, Y. Apriyana, Suciantini, A. Pramudia, Suparto, R.E. Subandiono, T. Sutriadi, D. Nursyamsi. 2016. Petunjuk Teknis Pedoman Penilaian Kesesuaian Lahan untuk Komoditas Pertanian Strategis Tingkat Semi Detail Skala 1:50.000. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Bogor.
- Wust, R.A.J. C.R. Ward, R.M. Bustin and M.I. Hawke, 2002. Characterization and quantification of inorganic constituents of tropical peats and organic rich deposits from Tasek Bera (Peninsular Malaysia). Implications for coals. *Int.J.Coal Geol.*49:215-249.

TEKNOLOGI PENINGKATAN PRODUKTIVITAS PADI DI LAHAN RAWA MENDUKUNG KEDAULATAN PANGAN

Masganti, Hendri Sosiawan, dan Ani Susilawati
Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa Banjarbaru
Jalan Kebun Karet, Loktabat Utara, Banjarbaru
masgambut59@yahoo.com

RINGKASAN

Pulau Jawa merupakan pemasok bahan pangan terbesar di Indonesia, diperkirakan 55% bahan pangan berasal dari pulau terpadat populasi penduduknya tersebut. Akhir-akhir ini mulai terjadi ancaman pasokan bahan pangan antara lain karena konversi lahan pertanian produktif, kerusakan infrastruktur pertanian, degradasi kesuburan tanah, iklim ekstrem dan serangan organisme pengganggu tanaman (OPT). Luas lahan rawa di Indonesia diperkirakan 34.125.185 ha tersebar luas di Pulau Sumatera, Papua, dan Kalimantan, dan sebagian kecil di Pulau Jawa, Sulawesi, dan Maluku. Akan tetapi, pengembangan lahan ini sebagai pemasok bahan pangan terkendala dengan sifat biofisik, fisik dan kimia tanah serta aspek sosial ekonomi petani. Ini tercermin dari lambatnya laju pemanfaatan lahan ini. Rata-rata luas lahan rawa yang dimanfaatkan untuk menghasilkan bahan pangan hanya 15-20% luas total. Selain rendahnya luas lahan yang dimanfaatkan, produktivitas padi di lahan ini juga rendah, bahkan sebagian ditinggalkan atau ditelantarkan petani. Lahan rawa sangat berpeluang untuk dikembangkan sebagai pemasok padi Indonesia pada masa mendatang mengingat (1) produktivitas masih rendah, (2) lahan potensial masih luas, (3) indeks pertanaman (IP) masih rendah, (4) lahan terdegradasi yang potensial masih luas, (5) pola produksi padi bersifat komplementer dengan pola produksi padi di Pulau Jawa, (6) kompetisi pemanfaatan lahan untuk tujuan non-pertanian relatif rendah, dan (7) tersedianya teknologi produksi padi. Teknologi peningkatan produksi padi di lahan rawa dapat dilakukan melalui (1) penggunaan varietas, (2) pengelolaan air, (3) pemupukan, (4) ameliorasi, (5) sistem tanam, (6) alsintan, dan (7) pengendalian OPT.

I. PENDAHULUAN

Pertambahan penduduk Indonesia yang relatif tinggi menyebabkan kebutuhan beras meningkat. Selain itu, masih rendahnya diversifikasi konsumsi karbohidrat dan efisiensi konsumsi nasi mewajibkan tersedianya jumlah beras yang lebih banyak, sehingga secara nasional, pemerintah harus terus berusaha meningkatkan kapasitas penyediaan beras melalui peningkatan produktivitas dan luas areal panen.

Ketersediaan beras di pasaran menjadi tolok ukur tingkat kesejahteraan, sosial, keamanan, bahkan politik. Apabila beras tidak tersedia dalam jumlah cukup dan harga yang terjangkau dapat menyebabkan gejolak sosial, keamanan, dan bahkan politik. Pemerintah Indonesia telah berkomitmen penuh untuk melanjutkan swasembada beras, bahkan pada tahun 2045 bertekad menjadi lumbung pangan dunia (LPD), memberi makan dunia dari keberlimpahan produksi bahan pangan dalam negeri.

Pasokan beras selama ini banyak bergantung dari Pulau Jawa. Diperkirakan saat ini Pulau Jawa memasok sekitar 55% kebutuhan bahan pangan Indonesia (Haryono, 2013; Masganti, 2013). Akan tetapi, dinamika pembangunan bangsa Indonesia menyebabkan kapasitas penyediaan bahan pangan pulau terpadat penduduknya ini menjadi berkurang. Beberapa hal yang menjadi penyebab menurunnya kapasitas penyediaan bahan pangan di Pulau Jawa adalah (1) konversi lahan sawah produktif, (2) kerusakan infrastruktur pertanian, (3) degradasi kesuburan tanah, (4) iklim ekstrem, (5) kurangnya minat tarunatani, (6) berkurangnya jumlah rumah tangga petani, dan (7) serangan OPT. Selain itu, sudah saatnya tumpuan pasokan bahan pangan tidak bersandar hanya dari Pulau Jawa. Pemerataan pembangunan perlu dilakukan agar jika terjadi gangguan berproduksi yang ekstrem di Pulau Jawa, pasokan bahan pangan nasional tidak terganggu. Selain itu, pengembangan kantong-kantong bahan pangan ke luar Pulau Jawa juga menyebarkan keahlian atau keterampilan kepada petani luar Pulau Jawa, dan menggairahkan perekonomian kawasan.

Tulisan ini mencoba menghimpun teknologi peningkatan produktivitas padi di lahan rawa sebagai langkah awal untuk meningkatkan kapasitas produksi padi di lahan rawa.

II. POTENSI DAN PEMANFAATAN LAHAN RAWA

Kebutuhan beras untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan tekad untuk menyediakan bahan pangan bagi dunia, memicu dan menantang bangsa Indonesia untuk memanfaatkan segenap potensi sumber daya lahan dan intervensi teknologi, termasuk sumber daya lahan rawa yang masih “Tertidur” karena berbagai kendala pengembangan pertanian yang melekat di lahan tersebut.

2.1. Luas Lahan Rawa

Lahan rawa merupakan salah satu lahan yang sangat potensial dikembangkan untuk memasok bahan pangan nasional. Luas lahan rawa diperkirakan sekitar 34.125.185 ha yang tersebar luas di Pulau Sumatera, Kalimantan, dan Papua, dan sebagian kecil di Pulau Sulawesi, Maluku, dan Jawa (Ritung *et al.* 2015; BBSDLP 2016). Dari luas tersebut, terdapat 8.919.349 ha lahan pasang surut (26,14%) dan 25.205.836 ha lahan lebak (73,86%). Luas lahan rawa terluas terdapat di Pulau Sumatera, diikuti oleh Kalimantan, Papua, Sulawesi, Maluku, dan terendah Pulau Jawa (Tabel 37). Tiga pulau utama (Sumatera, Kalimantan, dan Papua) menempati 96,17% luas lahan rawa Indonesia.

Tabel 37. Luas lahan rawa 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>		8.919.349	25.205.836	34.125.185	100,00

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

Provinsi Riau merupakan provinsi yang memiliki luas lahan rawa terluas di Pulau Sumatera, diikuti Provinsi Sumsel, Jambi, Sumut, Aceh, Lampung, Sumbar, Babel, Bengkulu, dan provinsi yang terendah luas lahan rawanya adalah Kepulauan Riau. Provinsi Riau, Sumsel, Sumut, Jambi, dan

Aceh merupakan provinsi utama yang memiliki luas lahan rawa terluas di Pulau Sumatera, yakni masing-masing 4.894.694 ha; 3.358.604 ha; 1.239.551; 1.127.234 ha; dan 811.652 ha (Tabel 38).

Tabel 38. Luas lahan rawa di pulau sumatera

No.	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>Pulau Sumatera</i>		<i>3.109.354</i>	<i>9.907.481</i>	<i>12.926.835</i>	<i>100,00</i>

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

Provinsi Kalteng merupakan provinsi dengan kontribusi tertinggi terhadap luas lahan rawa Pulau Kalimantan, diikuti Provinsi Kalbar, Kaltim, dan Kalsel. Luas lahan rawa lebak tertinggi terdapat di Provinsi Kalteng, sedangkan luas lahan rawa pasang surut tertinggi terdapat di Provinsi Kaltim (Tabel 39).

Tabel 39. Luas lahan rawa di pulau kalimantan

No.	Provinsi	Luas Lahan Rawa (ha)			Persentase (%)
		Pasang Surut	Lebak	Total	
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>Pulau Kalimantan</i>		<i>2.968.437</i>	<i>7.037.062</i>	<i>10.023.499</i>	<i>100,00</i>

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

Tabel 40 menginformasikan bahwa luas lahan rawa terbesar di Pulau Papua terdapat di Provinsi Papua dengan luas 8.662.652 atau menempati sekitar 87,77% luas lahan rawa di Pulau Papua. Tabel ini juga menjelaskan bahwa Provinsi Papua merupakan provinsi dengan luas lahan rawa lebak terluas di Indonesia, yakni 7.309.527 ha atau sekitar 29,00% dari luas total lahan rawa lebak di Indonesia. Sebaliknya, provinsi Papua Barat memiliki lahan rawa pasang surut yang lebih luas yakni 8,11 kali luas lahan rawa lebak.

Tabel 40. Luas Lahan Rawa di Pulau Papua

No.	Provinsi	Luas Lahan Rawa (ha)			Persentase (%)
		Pasang Surut	Lebak	Total	
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>Pulau 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)

2.2. Pemanfaatan Lahan Rawa

Lahan rawa telah lama dimanfaatkan masyarakat di kawasan rawa sebagai sumber kehidupan. Masyarakat menganggap lahan rawa sebagai tempat untuk membudidayakan tanaman, mencari kayu, mencari ikan, mencari rotan, bahkan menjadi tempat peristirahatan terakhir. Dalam bidang pertanian, lahan rawa dianggap sebagai penghasil bahan pangan dan hasil perkebunan (Masganti dan Yuliani 2009; Masganti 2010; Masganti 2013). Lahan rawa juga dilaporkan sebagai penghasil komoditas hortikultura (Masganti *et al.* 2015; Masganti dan Anwar, 2018), bahkan lahan rawa lebak juga dikenal sebagai penghasil ikan dan menjadi sumber pendapatan masyarakat (Zainal 2013; Effendi *et al.* 2014; Rina 2015).

Lahan rawa memiliki kekayaan sumber daya genetik (SDG) yang dapat dimanfaatkan untuk mendukung pertanian ramah lingkungan karena dapat digunakan sebagai bahan insektisida nabati (Susanti dan Thamrin 2017). Bahkan beberapa sumber daya genetik dapat dijadikan sebagai tanaman obat atau tanaman kesehatan (Setyowati 2010; Setiawan dan Qiptiah, 2014).

Pemanfaatan lahan rawa sebagai pemasok bahan pangan nasional semakin penting mengingat pertambahan jumlah penduduk dengan kecepatan 1,19% per tahun. Saat ini penduduk Indonesia diperkirakan 270 juta jiwa. Selain itu, menciutnya lahan pertanian produktif karena kompetisi pemanfaatan baik internal pertanian, maupun eksternal pertanian menyebabkan daya pasok pangan menjadi berkurang (Masganti 2010; Nurhayati *et al.* 2016). Keinginan Indonesia untuk menjadi LPD merupakan pertimbangan penting lainnya untuk lebih memanfaatkan lahan rawa.

2.3. Kendala Pemanfaatan Lahan Rawa

Potensi luas lahan rawa sangat menjanjikan untuk “Mengambil alih” peran Pulau Jawa sebagai pemasok utama bahan pangan, akan tetapi pemanfaatan lahan rawa terkendala oleh sifat biofisik, fisik, kimia dan sosial ekonomi petani (Anwar dan Mawardi 2012; Alwi dan Tapakrisnanto 2016; Nurhayati *et al.* 2016), cekaman lingkungan yang tinggi, dan serangan OPT yang relatif tinggi menyebabkan produktivitas padi rendah (Annisa *et al.* 2011; Nurzakiah *et al.* 2011; Subowo *et al.* 2013).

Pengelolaan air merupakan kunci utama keberhasilan pengembangan lahan rawa sebagai penghasil bahan pangan (Masganti *et al.* 2015; Wakhid *et al.* 2015; Anwar dan Susilawati 2017). Ketersediaan air di lahan rawa pasang surut sangat dipengaruhi oleh gerakan pasang surut air di sungai dan jaraknya dari sungai utama. Kondisi ini mengharuskan adanya desain yang berbeda untuk setiap tipologi lahan. Pengelolaan air yang tepat menurunkan potensi keracunan besi dan meningkatkan efisiensi pemupukan dan ameliorasi, sehingga menentukan produktivitas padi (Khairullah *et al.* 2011; Indriyati *et al.* 2011; Alwi dan Nazemi 2013).

Keberhasilan dalam mengelola air menjadi garansi peningkatan produktivitas tanaman dan pendapatan petani di lahan rawa lebak (Rina 2015). Beragamnya topografi lahan rawa lebak memunculkan keragaman tinggi muka air, demikian juga keragaman karakter sumber air yang masuk ke areal rawa lebak memengaruhi tinggi muka air lahan. Ketersediaan air di lahan rawa lebak tidak hanya dipengaruhi oleh pasokan air hujan di lokasi tersebut, tetapi juga ditentukan oleh besarnya limpasan air hujan dari kawasan hulu dan sekitarnya, sehingga sulit memprediksi tingkah laku tinggi air (Wakhid *et al.* 2015; Anwar dan Susilawati 2017). Selain

itu, produktivitas padi di lahan rawa lebak juga terkait dengan perubahan iklim (Khodijah 2015).

Dari segi biofisik lahan, titik masalah utama rendahnya indeks pertanaman (IP) adalah masalah air yang sulit diprediksi, terutama dinamika tinggi muka air yang identik dengan neraca air pada suatu kawasan rawa lebak, sehingga tanaman bisa tenggelam pada musim hujan atau kekeringan pada musim kemarau dan mengakibatkan gagal panen (Wakhid *et al.* 2015; Anwar dan Susilawati 2017).

Beragamnya topografi lahan rawa lebak memunculkan keragaman tinggi muka air, demikian juga keragaman karakter sumber air yang masuk ke areal rawa lebak memengaruhi tinggi muka air lahan. Para petani di lapangan dalam melakukan budi daya padi dan palawija mengacu pada dinamika tinggi muka air lahan pada iklim normal. Kegagalan terjadi bila iklim tidak berada dalam kondisi normal, baik kondisi La Nina (curah hujan di atas normal) yang menyebabkan tanaman tenggelam, maupun kondisi El Nino (curah hujan di bawah normal) yang menyebabkan tanaman mengalami kekurangan air.

Kontribusi lahan rawa terhadap produksi padi nasional masih tergolong rendah (Ar-Riza dan Alkasuma 2009; Masganti, 2010; Nurhayati *et al.* 2016), diperkirakan kurang dari 10%. Hal ini disebabkan tingkat kesuburan tanah yang rendah, cekaman lingkungan yang tinggi, dan serangan OPT yang relatif tinggi, sehingga petani terkadang “putus asa” dan membiarkan lahannya terlantar (Las *et al.* 2012; Masganti 2013; Nurhayati *et al.* 2016). Di Kalimantan Selatan terdapat 809.296 ha lahan rawa yang terdiri dari 258.568 ha lahan pasang surut dan 550.728 ha lahan lebak (BBSDLP 2016). Menurut BPS Provinsi Kalsel (2016) dari 188.908 ha lahan sawah pasang surut, 156.480 ha ditanami padi satu kali setahun (IP100) dan hanya 9.844 ha yang ditanami dua kali setahun. Sedangkan lahan sawah lebak yang luasnya 135.604 ha yang ditanami padi sekali setahun dan hanya 1.710 ha ditanami padi dua kali setahun.

Kontribusi lahan rawa pasang surut terhadap penyediaan beras di Kalsel cukup tinggi, akan tetapi lahan lebak kontribusinya masih rendah. Meskipun demikian, pengembangan lahan rawa sebagai pemasok bahan pangan nasional pada masa mendatang menjadi sesuatu yang prospektif. Masganti *et al.* (2017) mengusulkan pengembangan lahan rawa untuk pengadaan bahan pangan nasional dengan beberapa pertimbangan (1) produktivitas masih rendah, (2) lahan potensial masih luas, (3) indeks pertanaman (IP) masih rendah, (4) lahan terdegradasi yang potensial masih luas, (5) pola produksi bahan pangan bersifat komplementer dengan pola

produksi di Pulau Jawa, (6) kompetisi pemanfaatan lahan untuk tujuan non-pertanian relatif rendah, dan (7) tersedianya teknologi produksi berbagai komoditas bahan pangan.

III. TEKNOLOGI PENINGKATAN PRODUKTIVITAS PADI DI LAHAN RAWA

Padi telah lama dibudidayakan petani di lahan rawa dan menjadi sandaran utama pendapatan keluarga (Sutarno 2012; Zainal 2013; Rina 2015). Menurut Kementerian Pertanian (2015), produktivitas padi di lahan rawa pasang surut lebih rendah dari lahan rawa lebak. Rata-rata produktivitas padi di lahan rawa pasang surut hanya 3,70 ton/ha dengan kisaran 2,85-4,54 ton/ha, sedangkan rata-rata produktivitas padi di lahan rawa lebak 3,82 ton/ha dengan kisaran 3,15-5,23 ton/ha. Hal ini disebabkan tingkat kesuburan tanah di lahan rawa lebak lebih baik (Nurzakiah *et al.* 2011; Alwi dan Nazemi 2013; Alwi dan Tapakrisnanto 2016; Masganti *et al.* 2016). Hanya saja IP dan luas panen padi di lahan rawa lebak lebih rendah, sehingga kontribusinya dalam produksi padi lebih rendah.

Budi daya padi di lahan rawa pasang surut menghadapi kendala yang lebih besar dibandingkan di lahan rawa lebak. Di lahan rawa lebak, kendala utama yang dihadapi adalah pengelolaan air (Wahid *et al.* 2015; Anwar dan Susilawati 2017), kesuburan tanah lebih baik akibat pengayaan dari lingkungan sekitarnya. Sedangkan di lahan rawa pasang surut, selain pengelolaan air, tingkat kemasaman tanah yang lebih tinggi, keracunan besi, dan pirit (Djufry *et al.* 2011; Khairullah *et al.* 2011; Subowo *et al.* 2013; Arsyad *et al.* 2014).

Desakan untuk menyediakan beras dalam jumlah yang lebih banyak mengharuskan dimanfaatkannya segala sumber daya secara optimal. Oleh karena itu, kontribusi lahan rawa dalam penyediaan beras perlu ditingkatkan melalui pemanfaatan inovasi teknologi (Masganti 2010; Arsyad *et al.* 2014; Effendi *et al.* 2014). Teknologi tersebut meliputi (1) penggunaan varietas, (2) pengelolaan air, (3) pemupukan, (4) ameliorasi, (5) sistem tanam, (6) alsintan, dan (7) pengendalian OPT.

3.1. Penggunaan Varietas

Varietas berdaya hasil tinggi merupakan komponen teknologi utama yang mampu meningkatkan produktivitas padi di lahan rawa (Hendrayana

2012; Giometri dan Yursak, 2013; Helmi 2015). Penggunaan varietas unggul dapat mengantisipasi kendala biofisik lahan seperti salinitas (Djufry *et al.* 2011), rendaman air (Hairmansis *et al.* 2011; 2012), kekeringan (Fukao *et al.* 2011), keracunan besi (Koesrini *et al.* 2013), dan serangan OPT (Dianawati dan Sujitno 2015; Iswanto *et al.* 2015; Syahri dan Somantri 2016).

Pengembangan padi di lahan rawa tidak hanya memperhitungkan besarnya peningkatan produktivitas, tetapi juga faktor lingkungan (Susilawati *et al.* 2011; Wihardjaka dan Nursyamsi 2012; Wihardjaka 2015). Oleh karena itu, dalam pengembangan padi di lahan rawa diperlukan padi rendah emisi (Kumar dan Vijol 2009).

Penggunaan varietas padi unggul baru yang berproduksi tinggi telah berkembang dan banyak diadopsi petani (Rina dan Koesrini 2016). Varietas yang berkembang di lahan rawa pasang surut, sebagian juga berkembang di lahan rawa lebak. Melalui wawancara dengan peneliti di beberapa BPTP yang mempunyai lahan rawa diperoleh informasi varietas yang berkembang di lahan rawa pasang surut dan lahan rawa lebak. Tabel 41 memperlihatkan varietas padi berproduksi tinggi yang dikembangkan petani di lahan rawa.

Tabel 41. Rekomendasi Varietas Padi di Lahan Rawa

No.	Agroekosistem	Rekomendasi Varietas
1.	Lahan Pasang Surut	Banyuasin; Batang Piaman, Cekaw; Ciherang; Ciliwung; Cimalaya Muncul; Cisokan; Indragiri; Inpara 1; 2; 3; 4; Inpari 9; 14; 29; 30; Karya; Margasari; Mendawak
2.	Lahan Lebak	Batang Piaman; Indragiri; Inpara 1; 2; 3; 6; 9; Inpari 9; 30; Mekongga; Mendawak

3.2. Pengelolaan Air

Jaminan ketersediaan air menjadi kunci utama keberhasilan dalam budi daya padi di lahan rawa (Khairullah *et al.* 2011; Masganti 2013; Masganti *et al.* 2015). Pengelolaan air yang tepat meningkatkan efisiensi pemupukan (Indriyati *et al.* 2011; Alwi dan Nazemi 2013), mengurangi risiko keracunan besi (Khairullah *et al.* 2011) dan salinitas (Putra dan Istianto 2014), meningkatkan kualitas air (Anwar dan Mawardi 2012), meningkatkan kemampuan tanaman beradaptasi dengan perubahan iklim (Widiarta 2016), dan mengurangi emisi GRK akibat pemupukan (Annisa 2014) serta mendukung optimalisasi pemanfaatan lahan rawa (Noor 2014). Air menjadi penggerak utama berbagai kegiatan utama seperti fotosintesis

dan respirasi dalam tanaman. Oleh karena itu, untuk memperoleh produksi tanaman yang maksimal, diperlukan pengelolaan air yang tepat.

Pengelolaan air harus berkaitan langsung dengan jenis dan tipologi lahan (Indriyati *et al.* 2011; Alwi dan Nazemi, 2013; Masganti *et al.* 2015; Anwar dan Susilawati 2017). Pengelolaan air di lahan rawa pasang surut disesuaikan dengan tipe luapan air seperti tipe luapan A, B, dan C yang banyak dimanfaatkan petani untuk budi daya padi. Demikian juga di lahan rawa lebak harus disesuaikan dengan tipe lahan seperti lahan lebak dangkal, dan tengahan yang umumnya dimanfaatkan petani untuk budi daya padi. Bahkan menurut Masganti *et al.* (2015), dimensi saluran yang meliputi lebar dan kedalaman harus disesuaikan dengan jenis tanaman yang akan dibudidayakan.

Selain memberikan jaminan ketersediaan air sesuai dengan kebutuhan tanaman pada setiap fase pertumbuhan, pengelolaan air juga berfungsi untuk mengendalikan reaksi kimia dan melakukan pencucian unsur-unsur toksik yang ada dalam tanah (Khairullah *et al.* 2011; Alwi dan Nazemi 2013; Masganti *et al.* 2015). Oleh karena itu, terdapat perbedaan prinsip dalam sistem pengelolaan air di lahan rawa pasang surut menurut tipe luapannya.

Pengelolaan air di lahan rawa pasang surut bertipologi luapan A, karena posisi geografisnya lebih rendah dan lebih dekat dari laut, maka banyak mendapat kiriman bahan-bahan toksik dari bagian hulu, sehingga memerlukan pencucian agak intens dapat menggunakan sistem pengelolaan air dua arah (sistem andil). Pada sistem pengelolaan air ini saluran inlet (pemasukan air) sekaligus sebagai saluran pengeluaran. Namun, apabila diperlukan pencucian lebih intens maka dapat menggunakan satu arah. Pada tipe luapan B, diperlukan intensitas pencucian yang lebih intens, sehingga saluran inlet dan *outlet* perlu dipisahkan. Sistem ini dikenal dengan pengelolaan air satu arah. Pada lahan pasang surut tipe luapan C diperlukan sistem pengelolaan air konservasi yang dapat berupa tabat bertingkat atau *longstorage* yang berfungsi memperlama air dalam saluran. Tabel 42 memberikan informasi tentang sistem pengelolaan air di lahan rawa pasang surut berdasarkan tipe luapan air.

Tabel 42. Sistem pengelolaan air di lahan pasang surut berdasarkan tipe luapan air

No.	Tipe Luapan	Sistem Pengelolaan Air
1.	A	Satu Arah
2.	B	Satu Arah
3.	C	Konservasi

Pengelolaan air di lahan lebak disesuaikan dengan lama dan tinggi genangan (Wakhid *et al.* 2015; Anwar dan Susilawati 2017). Air di lahan lebak sangat sulit untuk dikendalikan. Oleh karena itu, diperlukan sistem pengelolaan air yang berbasis mini polder. Pembuatan mini polder merupakan langkah penting untuk mengendalikan air yang dapat bersumber dari bagian hulu yang lebih tinggi. Pembuatan mini polder hendaknya didasarkan atas klasifikasi lahan lebak. Mini polder hendaknya berasal dari lahan lebak dangkal dan tengahan, karena kedua tipe lahan lebak inilah yang banyak dimanfaatkan petani untuk budi daya padi. Lahan lebak dalam hanya dimanfaatkan petani jika terjadi kemarau yang panjang (Rina 2015).

3.3. Pemupukan

Pemupukan merupakan langkah penting dalam meningkatkan kapasitas produksi padi di lahan rawa. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa kesuburan tanah di lahan rawa pasang surut tergolong rendah (Alwi dan Nazemi 2013; Annisa 2014; Masganti *et al.* 2016), akan tetapi kesuburan tanah di lahan rawa lebak lebih tinggi (Nurzakiah *et al.* 2011; Alwi dan Tapakrisnanto 2016).

Kesuburan tanah di lahan rawa pasang surut dibedakan berdasarkan atas jenis tanah penyusunnya. Akan tetapi secara umum dapat dikatakan bahwa kesuburan tanah di lahan rawa pasang surut tipe luapan A lebih tinggi dari lahan bertipe luapan B, sedang lahan pasang surut tipe luapan C lebih rendah dari lahan bertipe luapan B (Annisa 2014; Masganti *et al.* 2016). Demikian juga kesuburan tanah di lahan rawa lebak dangkal lebih rendah dari lahan rawa lebak tengahan (Alwi dan Tapakrisnanto 2016).

Lahan rawa lebak dangkal mempunyai kadar Ca, Mg, dan K lebih tinggi dari lahan rawa lebak tengahan, tetapi nilai pH dan kadar C-organik dan N-total dalam tanah di lahan rawa lebak tengahan lebih tinggi. Oleh

karena itu, rekomendasi pemupukan untuk tanaman padi berbeda sesuai dengan tipologi lahan dan tipe luapan (Tabel 43). Rekomendasi pemupukan dalam tulisan ini ditekankan untuk tiga unsur utama, yakni N (urea), P (SP-36) dan K (KCl).

Tabel 43. Rekomendasi pemupukan padi di lahan rawa berdasarkan tipologi lahan dan tipe luapan/ketinggian air

No.	Tipologi lahan dan luapan	Rekomendasi pemupukan (kg/ha)		
		Urea	SP-36	KCl
1.	Lahan pasang surut tipe A	133-200	167-200	100
2.	Lahan pasang surut tipe B	200-267	200-250	100-150
3.	Lahan pasang surut tipe C	267-300	250-333	150-200
4.	Lahan lebak dangkal	150-200	75-100	50-75
5.	Lahan lebak tengahan	100-150	100-150	100

3.4. Ameliorasi

Lahan rawa pasang surut dikenal mempunyai tingkat kemasaman yang tinggi dan kekurangan unsur Ca dan Mg (Alwi dan Nazemi 2013; Annisa 2014; Masganti *et al.* 2016). Sedangkan lahan rawa lebak tingkat kemasamannya relatif rendah dibandingkan lahan rawa pasang surut (Nurzakiah *et al.* 2011; Alwi dan Tapakrisnanto 2016). Masalah hara di lahan rawa pasang surut tidak hanya masalah kekurangan unsur utama seperti N, P, dan K, tetapi juga keracunan besi dan aluminium (Indrayati *et al.* 2011; Alwi dan Nazemi 2013; Masganti *et al.* 2016). Oleh karena itu, untuk mendukung pertumbuhan tanaman padi di lahan rawa pasang surut diperlukan ameliorasi (Indrayati *et al.* 2011; Masganti 2013; Azman *et al.* 2014).

Ameliorasi merupakan tindakan yang dilakukan untuk memperbaiki lingkungan tumbuh tanaman padi seperti ketersediaan hara dalam jumlah yang cukup dan keseimbangan hara dalam tanah. Pemberian jerami padi dapat mengurangi keracunan besi (Annisa *et al.* 2011; Subowo *et al.* 2013), dan meningkatkan efisiensi pemupukan (Indriyati *et al.* 2011; Masganti *et al.* 2016) yang pada akhirnya meningkatkan produktivitas padi (Subowo *et al.* 2013; Azman *et al.* 2014; Masganti *et al.* 2016).

Bahan amelioran yang sering digunakan petani untuk meningkatkan produksi padi di lahan rawa pasang surut adalah kapur. Sumber kapur

yang digunakan menentukan tingkat produksi (Azman *et al.* 2014), dan menurunkan jumlah pupuk P yang diperlukan (Masganti 2013). Tabel 44 memperlihatkan kebutuhan bahan amelioran yang diperlukan untuk memperbaiki pertumbuhan dan produksi padi di lahan rawa pasang surut.

Tabel 44. Kebutuhan amelioran untuk meningkatkan produktivitas padi di lahan pasang surut berdasarkan tipologi lahan dan tipe luapan

No.	Tipologi Lahan dan Tipe Luapan	Sumber Amelioran	
		CaCO ₃	(Ca, Mg)CO ₃
1.	Lahan pasang surut tipe A	500-1.000	1.000-1.500
2.	Lahan pasang surut tipe B	1.000-1.500	1.500-2.000
3.	Lahan pasang surut tipe C	1.500-2.000	2.000-3.000

3.5. Sistem Tanam

Produktivitas padi di lahan irigasi meningkat dengan perubahan sistem tanam dari sistem tegel ke sistem jajar legowo atau lebih dikenal dengan sistem Jarwo (Giametri dan Yursak 2013; Erythrina dan Zaini 2014). Hasil yang sama di lahan rawa pasang surut juga dilaporkan Masganti *et al.* (2019). Peningkatan produktivitas tersebut didukung oleh pertumbuhan yang lebih baik dan komponen hasil yang lebih tinggi (Hasanuzzaman *et al.* 2009; Mohaddesi *et al.* 2011; Mondal dan Putsch 2013; Masganti *et al.* 2019), persaingan dengan gulma relatif rendah (Nayak *et al.* 2014), dan metode pemupukan yang tepat (Husnain *et al.* 2016).

Peneliti bersepakat bahwa penggunaan sistem tanam Jarwo mempunyai beberapa kelebihan, yakni (a) populasinya lebih tinggi, penggunaan sistem tanam Jarwo 4:1 meningkatkan jumlah populasi sebesar 20.000 tanaman, sedang penggunaan Jarwo 2:1 meningkatkan populasi sebesar 53.333 tanaman, (b) mempunyai tanaman pinggir yang lebih banyak. Dalam petakan berukuran 5 m x 5 m, tanaman pinggir padi yang dibudidayakan dengan sistem tegel hanya 2, sedang pada sistem Jarwo 2:1 ada 16 tanaman pinggir dan pada sistem Jarwo 4:1 terdapat 12 tanaman pinggir. Pengamatan lapang menunjukkan bahwa tanaman pinggir tumbuh lebih baik dan memberikan hasil yang lebih tinggi, (c) perawatannya lebih mudah karena ada ruang kosong, (d) pertumbuhan gulma lebih terbatas, dan (e) gangguan tikus lebih rendah karena ada ruang yang terang, sehingga tikus menjadi “malu” untuk menyerang padi. Tabel 45 memperlihatkan beberapa

keunggulan pertumbuhan dan hasil tanaman padi yang dibudidayakan dengan sistem tanam berbeda.

Tabel 45. Pengaruh perbedaan sistem tanam terhadap komponen tanaman padi di lahan rawa pasang surut

No.	Komponen Tanaman	Sistem Tanam		
		Tegel	Jarwo 4:1	Jarwo 2:1
1.	Jumlah populasi (tanaman per hektar)	160.000	180.000	213.333
2.	Jumlah baris tanaman pinggir per 5 m x 5 m	2	10	16
3.	Produktivitas (t/ha)	4,43	5,38	5,80

Sumber: Masganti *et al.* (2019)

3.6. Alsintan

Salah satu masalah yang dihadapi petani dalam budi daya padi di lahan rawa adalah keterbatasan tenaga kerja (Masganti 2013; Umar dan Indrayati 2013). Tahapan budi daya padi yang memerlukan tenaga kerja yang banyak adalah pengolahan tanah, tanam, dan panen. Oleh karena itu, diperlukan alsintan untuk pengolahan tanah, penanam, dan pemanen.

Alsintan pengolah tanah yang umum digunakan petani adalah traktor roda-2 (TR-2) dan TR-4, akan tetapi secara umum TR-2 lebih banyak digunakan petani karena pertimbangan pengangkutan alat lebih mudah, biaya lebih murah, operasional alat lebih mudah dalam luas areal atau sawah yang lebih sempit, dan petani lebih percaya diri mengoperasikan alsintan tersebut. Akan tetapi di lahan rawa lebak sebagian besar lahan tidak bisa diolah tanahnya menggunakan traktor karena tingkat kepadatan tanah yang rendah dan topografi yang bergelombang. Umumnya petani di lahan rawa lebak tidak melakukan pengolahan tanah atau dilakukan dengan olah tanah minimum.

Penanaman padi secara manual biasanya memerlukan waktu sekitar 30 HOK untuk setiap hektare, akan tetapi dengan menggunakan mesin penanam (*transplanter*) hanya diperlukan delapan jam untuk luasan yang sama. Transplanter umumnya telah banyak digunakan petani di lahan rawa pasang surut, akan tetapi petani di lahan rawa lebak masih sedikit yang menggunakannya karena pertimbangan topografi lahan yang lebih bergelombang.

Alsintan pemanen padi yang digunakan petani adalah combine harvester (KH) berukuran kecil (KH-K), sedang (KH-S), dan besar (KH-K). Data penggunaan alsintan pemanen padi juga menunjukkan bahwa petani lebih menyenangi menggunakan KH kecil dibandingkan alsintan pemanen lainnya. Kontribusi KH kecil terhadap luas panen berkisar antara 65-70%. Dari hasil wawancara dengan petani diketahui bahwa petani lebih menyenangi KH kecil dengan pertimbangan (1) mobilitas alat lebih mudah, (2) lebih mudah dioperasikan, (3) risiko merusak galangan rendah, (4) kinerjanya lebih baik, dan (5) biaya operasional lebih murah.

3.7. Pengendalian OPT

Kehilangan hasil akibat serangan OPT menjadi masalah tersendiri dalam budi daya padi di lahan rawa, pengendalian OPT yang tidak tepat menyebabkan penurunan produktivitas padi secara signifikan. Oleh karena itu, untuk meningkatkan produktivitas padi, diperlukan teknologi pengendalian OPT. Secara umum OPT padi di lahan rawa terbagi menjadi dua, yakni hama dan penyakit (Thamrin *et al.* 2015).

Tabel 46. Hama utama tanaman padi di lahan rawa dan cara pengendaliannya

No.	Hama utama	Cara Pengendalian
1.	Tikus	Sanitasi, rodentisida, perangkap bambu, tanaman perangkap, dan penggunaan anjing.
2.	Penggerek batang putih	Tanam serempak, waktu tanam, rotasi tanaman, penggunaan varietas tahan, pemupukan dengan abu sekam, penggunaan predator, parasit, penggunaan insektisida sintetik, sek feromon.
3.	Pelipat daun	Penggunaan parasitoid, predator, insektisida nabati dan sintetik.
4.	Wereng coklat	penggunaan varietas tahan, tanam serempak, pemanfaatan musuh alami, penggunaan lampu perangkap, insektisida nabati dan sintetik, dan sanitasi.
5.	Walang sangit	Tanam serempak, tanaman perangkap, perangkap bau, insektisida nabati, dan sintetik.
6.	Keong mas	Persemaian kering, tanam pindah, rotasi tanaman, pengambilan telur dan keong mas, pembuatan parit pemisah, pemasangan saringan pada saluran inlet, tanaman attraktan, pelumpuran, musuh alami, pestisida nabati dan sintetik.

Sumber: Thamrin *et al.* (2013); Susanti *et al.* (2017)

Menurut Thamrin *et al.* (2013), hama utama yang menyerang padi di lahan rawa pasang surut adalah tikus, penggerek batang padi putih, hama pelipat daun, wereng coklat, wereng hijau, dan walang sangit. Sedangkan Susanti *et al.* (2017) menjelaskan bahwa hama utama padi di lahan rawa lebak adalah tikus, penggerek batang, keong mas. Tabel 46 menjelaskan beberapa hama utama padi di lahan rawa dan cara pengendaliannya.

IV. PENUTUP

Pertambahan jumlah penduduk yang tinggi, diversifikasi sumber karbohidrat yang masih rendah, efisiensi konsumsi yang rendah, dan keinginan Pemerintah Republik Indonesia untuk menjadi LPD pada tahun 2045 mengharuskan tersedianya beras dalam jumlah yang lebih banyak. Sementara kapasitas produksi beras Pulau Jawa yang menjadi sandaran pasokan beras nasional mulai berkurang akibat (1) konversi lahan sawah produktif, (2) kerusakan infrastruktur pertanian, (3) degradasi kesuburan tanah, (4) iklim ekstrem, (5) kurangnya minat tarunatani, (6) berkurangnya jumlah rumah tangga petani, dan (7) serangan OPT.

Lahan rawa merupakan pendukung utama Indonesia menjadi LPD. Hal ini didasarkan atas pertimbangan (1) produktivitas masih rendah, (2) lahan potensial masih luas, (3) indeks pertanaman (IP) masih rendah, (4) lahan terdegradasi yang potensial masih luas, (5) pola produksi padi bersifat komplementer dengan pola produksi padi di Pulau Jawa, (6) kompetisi pemanfaatan lahan untuk tujuan non-pertanian relatif rendah, dan (7) tersedianya teknologi produksi padi. Meski demikian, kontribusi lahan ini terhadap penyediaan beras nasional masih tergolong rendah.

Kontribusi lahan rawa terhadap penyediaan beras nasional dapat ditingkatkan melalui pemanfaatan teknologi peningkatan produktivitas, yakni (1) penggunaan varietas, (2) pengelolaan air, (3) pemupukan, (4) ameliorasi, (5) sistem tanam, (6) alsintan, dan (7) pengendalian OPT.

Pengendalian penyakit blas dapat dilakukan dengan penggunaan benih/bibit sehat, perendaman benih dengan larutan fungisida, pelapisan benih dengan fungisida, penggunaan jarak tanam yang tidak rapat, pemupukan, penggunaan varietas tahan, dan fungisida. Sedangkan penyakit hawar pelepah daun dikendalikan dengan cara budi daya dengan jarak tanam tidak rapat, pemupukan N yang sedang, tata air yang baik, sanitasi yang baik, penggunaan varietas tahan, dan bakteri antagonis.

DAFTAR PUSTAKA

- Alwi, M., dan D. Nazemi. 2013. Pengaruh pengelolaan air dan pemberian pupuk terhadap hasil padi di lahan pasang surut. *Jurnal Tanah dan Iklim* 37(2):111-118.
- Alwi, M., dan T. Tapakrisnanto. 2016. Potensi dan karakteristik lahan rawa lebak. Hlm:1-18 *Dalam* Noor *et al.* (Eds.). Lahan Lebak. IAARD Press, Badan Litbang Pertanian, Jakarta.
- Annisa, W, B. H. Purwanto, dan D. Shiddieq. 2011. Pengaruh pemberian jerami padi dan Purun Tikus pada berbagai tingkat dekomposisi terhadap konsentrasi besi di tanah sulfat masam. *Jurnal Tanah dan Iklim*. Edisi Khusus Rawa. Juli 2011:25-32.
- 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*. Program Pascasarjana UGM Yogyakarta. 173 halaman.
- 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., dan A. Susilawati. 2017. Dinamika tinggi muka air dan perancangan pengelolaan air di lahan rawa lebak. Hlm:33-48 *Dalam* Noor *et al.* (Eds.). Lahan Lebak. IAARD Press, Badan Litbang Pertanian, Jakarta.
- Ar-Riza, I., dan Alkasuma. 2009. Pertanian lahan pasang surut dan strategi pengembangannya dalam era otonomi daerah. *Jurnal Sumberdaya Lahan* 2(2):94-105.
- Arsyad, D. M., B. B. Saidi, dan Endrizal. 2014. Pengembangan inovasi pertanian di lahan rawa pasang surut mendukung kedaulatan pangan. *Pengembangan Inovasi Pertanian* 7(4):169-176.
- Azman, E.A. S. Jusup, C.F. Ishak, and R. Ismail. 2014. Increasing rice production using different lime source on acid sulphate soil in Merbok, Malaya. *Pertanika J.Trop.Sci* 37(2):223-247.
- BBSDLP. 2016. Peta Arahan Penggunaan Lahan. Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor.
- BPS Provinsi Kalsel. 2016. Luas Lahan Menurut Penggunaannya di Provinsi Kalimantan Selatan. BPS Provinsi Kalsel.

- Dianawati, N., dan E. Sujitno. 2015. Kajian berbagai varietas unggul terhadap serangan wereng batang coklat dan produksi padi di lahan sawah Kabupaten Garut, Jawa Barat. *Masyarakat Biodiversiti Indonesia* 1(4):868-873.
- Djufry, F., Sudarsono dan M.S. Lestari. 2011. Tingkat toleransi beberapa galur harapan padi pada kondisi salinitas di lahan rawa pasang surut. *J. Agrovigor* 10(2):196-207.
- Effendi, D. S., Z. Abidin, dan B. Prastowo. 2014. Model percepatan pengembangan pertanian lahan rawa lebak berbasis inovasi. *Pengembangan Inovasi Pertanian* 7(4):177-186.
- Erythrina dan Z. Zaini. 2014. Budi Daya padi sawah sistem jajar legowo: tinjauan metodologi untuk mendapatkan hasil optimal. *J. Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 33(2):79-86.
- Fukao, T., E. Yeung, J. Barley-Serres. 2011. The submergence tolerance regulator sub I-A mediates crossing between submergence and drought tolerance in rice. *The Plant Cell* 23(1):412-427.
- Giametri, Y., dan Z. Yursak. 2013. Keragaan komponen hasil dan produktivitas padi sawah varietas Inpari 13 pada berbagai sistem tanam. *Widyariset* 16(3):481-488.
- Hairmansis, A., Supartopo, B. Kustianto, dan H. Pane. 2011. Karakter agronomi dan hasil galur padi toleran rendaman. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 30(1):1-8.
- Hairmansis, A., Supartopo, B. Kustianto, Suwarno dan H. Pane. 2012. Perakitan dan pengembangan varietas unggul baru padi toleran rendaman air Inpara 4 dan Inpara 5 untuk daerah rawan banjir. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 31(1):1-7.
- Haryono. 2013. Strategi dan Kebijakan Kementerian Pertanian dalam Optimalisasi Lahan Sub-optimal Mendukung Ketahanan Pangan Nasional. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta. 11 halaman.
- Hasanuzzaman, M., K. Nahar, T. S. Roy, M. Z. Hussain, and J. U. Ahmed. 2009. The dynamic and dry matter production of transplanted rice as affected by plant spacing and number of seedling per hill. *Acad. J. Plant Science* 2(3):162-168.
- Helmi. 2015. Peningkatan produktivitas padi lahan rawa lebak melalui penggunaan varietas unggul padi rawa. *Jurnal Pertanian Tropik* 2(2):78-92.

- Hendrayana, R. 2012. Strategi pengembangan padi varietas unggul di lahan pasang surut dan rawa. Prosiding Seminar Nasional Sumber Daya Lahan. Banjarbaru, 13-14 Juli 2011.
- Husnain, D. Nursyamsi, dan M. Syakir. 2016. Teknologi pemupukan mendukung Jarwo Super. *Jurnal Sumbeday Lahan* 10(1):1-10.
- Indrayati, L., A. Supriyo, dan S. Umar. 2011. Intergrasi teknologi tata air, amelioran, dan pupuk dalam budi daya padi pada tanah sulfat masam Kalimantan Selatan. *Jurnal Tanah dan Iklim*. Edisi Khusus Rawa. Juli 2011:47-54.
- Iswanto, E. H., U. Sutanto, dan A. Jamil. 2015. Perkembangan dan tantangan perakitan varietas tahan dalam pengendalian wereng coklat di Indonesia. *J. Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 34(4):187-193.
- Kementerian Pertanian. 2015. Statistik Pertanian 2015. Pusdatin, Kemtan. Jakarta.
- Khairullah, I. L. Indrayati, A. Hairani dan A. Susilawati. 2011. Pengaturan waktu tanam dan tata air untuk mengendalikan keracunan besi pada tanaman padi di lahan rawa pasang surut sulfat masam potensial tipe B. *Jurnal Tanah dan Iklim*, Edisi Khusus Rawa, Juli 2011:13-24.
- Khodijah, N. S. 2015. Hubungan antara perubahan iklim dan produksi tanaman padi di lahan rawa Sumatera Selatan. *Enviagro. Jurnal Pertanian dan Lingkungan* 8(2):83-91.
- Koesrini, M. Saleh dan D. Nursyamsi. 2013. Keragaan varietas Inpara di lahan rawa pasang surut. *Pangan* 22(3):221-227.
- Kumar, J. I. N., and S. Viyol. 2009. Short term diurnal and temporal measurement of methane emission in relation to organic carbon, phosphate, and sulphate content of two rice fields of central Gujarat, India. *J. Environ. Biol.* 30(2):241-246.
- Las, I., M. Sarwani, A. Mulyani, dan M. F. Saragih. 2012. Dilema dan rasionalisasi kebijakan pemanfaatan lahan gambut untul areal pertanian. Hlm:17-29. *Dalam Husen et al.* (Eds.). Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Lahan Gambut Berkelanjutan. Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian.
- Masganti dan N. Yuliani. 2009. Arah dan strategi pemanfaatan lahan gambut di Kota Palangkaraya. *Agripura* 4(2):558-571.
- Masganti. 2010. Strategi peningkatan kontribusi lahan pasang surut dalam penyediaan beras di Kalimantan Tengah. Halaman: 35-47. *Dalam Jamal*

- et al.* (Eds.). Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian Mendukung Ketahanan Pangan dan Agribisnis Perdesaan. Buku II.
- Masganti. 2013. Teknologi inovatif pengelolaan lahan suboptimal gambut dan sulfat masam untuk peningkatan produksi tanaman pangan. *Pengembangan Inovasi Pertanian* 6(4):187-197.
- Masganti, M. Alwi, dan Nurhayati. 2015. Pengelolaan air untuk budi daya pertanian di lahan gambut: kasus Riau. Hlm:62-87. *Dalam* Noor, M. *et al.* (Eds.). *Pengelolaan Air di Lahan Rawa Pasang Surut: Optimasi Lahan Mendukung Swasembada Pangan*. IAARD Press, Badan Litbang, Jakarta.
- Masganti, Nurhayati, dan Nurmili. 2016. Peningkatan produktivitas padi di lahan pasang surut dengan pupuk P dan kompos jerami. *Jurnal Tanah dan Iklim* 40(1):17-24.
- Masganti, E. Maftu'ah, dan N. Wakhid. 2017. Degradasi lahan gambut. Hlm:439-469. *Dalam* Masganti *et al.* (Eds.). *Agroekologi Rawa*. IAARD Press, Badan Litbang Pertanian, Jakarta.
- Masganti dan Khairil Anwar. 2018. Teknologi peningkatan produksi tanaman hortikultura di lahan gambut. *Dalam* Masganti *et al.* (Eds.). *Inovasi Teknologi Lahan Rawa Mendukung Kedaulatan Pangan*. IAARD Press. Jakarta.
- Masganti, Ani Susilawati, Rahmiwati Yusuf, dan Nurhayati. 2019. Peningkatan Produktivitas Padi di Provinsi Riau Melalui Perbaikan Sistem Tanam. 16 halaman (belum dipublikasi).
- Mohaddesi, A., A. Abbasian, S. Bhakshipour, and H. Aminpanah. 2011. Effect of different level of nitrogen and plant spacing on yield, yield components and physiological indices in high yield rice. *Aqmer-Eur J. Agric. Environ* 10:893-900.
- Mondal, M. M. A., and A. B. Putch. 2013. Optimizing plant spacing for modern rice varieties. *Int. J. Agric. Biol.* 15:175-178.
- Nayak, B. N. S., M. M. Khan, K. Mosba, and P. P. Rani. 2014. Plant spacing and weed management technique influence weed competitiveness of drum seeded rice (*Oryza sativa* L.). *Int. J. Appl. Biol. Pharmaceutical Technol.* 5(3):13-22.
- Noor, M. 2014. Teknologi pengelolaan air menunjang optimalisasi lahan dan intensifikasi pertanian di lahan rawa pasang surut. *Pengembangan Inovasi Pertanian* 7(2):95-104.

- Nurhayati, Masganti, Rachmiwati Yusuf, dan Ade Yulfida. 2016. Potensi ketersediaan lahan untuk peningkatan produksi padi di Provinsi Riau. *Jurnal Sumberdaya Lahan*. Edisi Khusus Desember 2016:1-6.
- Nurzakiah, S., Y. Lestari, dan Muhammad. 2011. Dinamika hara akibat aplikasi pupuk di lahan lebak. *Jurnal Tanah dan Iklim*. Edisi Khusus Rawa. Juli 2011:71-78.
- Putra, I. S., dan H. Istianto. 2014. Dampak perubahan muka air laut pada daerah rawa dengan irigasi pasang surut: Pemodelan daerah rawa Tabunganen. *Jurnal Tanah dan Air* 38(1):43-50.
- Rina, Y. 2015. Usahatani padi dan kontribusinya terhadap pendapatan petani di lahan rawa lebak. *Jurnal Agroscientie* 22(1): 5-12.
- Rina, Y., dan Koesrini. 2016. Tingkat adopsi varietas Inpara dan Margasari di lahan rawa pasang surut. *Jurnal AGROS* 18(1):65-80.
- Ritung, S., Wahyunto, K. Nugroho, Sukarman, Hikmatullah, Suparto dan C. Tafakresnanto. 2015. Sumberdaya Lahan Pertanian Indonesia: Luas, Penyebaran dan Potensi Ketersediaan. Indonesian Agency for Agricultural Research and Development (IAARD) Press.
- Setiawan, H. dan M. Qiptiyah, 2014. Kajian etnobotani masyarakat adat suku Moronene di Taman Nasional Rawa Aopawatumohai. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea* 3(2):107-117.
- Setyowati, F. M. 2010. Etnofarmakologi dan pemakaian tanaman obat Suku Dayak Tunjung di Kalimantan Timur. *Media Litbang Kesehatan* 20(3):104- 112.
- Subowo, N. P. S. Ratmini, R. Purnamayani, dan Yustisia. 2013. Pengaruh ameliorasi tanah rawa pasang surut untuk meningkatkan produksi padi sawah dan kandungan besi dalam beras. *Jurnal Tanah dan Iklim* 37(1):19-24.
- Susanti, M. A., dan M. Thamrin. 2017. Biodiversiti lahan rawa dan pemanfaatannya untuk Biofarmaka, Biopestisida, dan Kosmetik.. Hlm:631-652. *Dalam Noor et al.* (Eds.). *Agroekologi Rawa*. IAARD Press, Badan Litbang Pertanian, Jakarta.
- Susilawati, H. L., P. Setyanto, dan M. Ariani. 2011. Emisi dan absorpsi karbon pada penggunaan amelioran di lahan padi gambut. *Jurnal Tanah dan Iklim* 34:26-32.

- Sutarno. 2012. Kontribusi varietas unggul baru pada usahatani padi dalam rangka meningkatkan keuntungan petani. *Jurnal SEPA* 9(1):83-89.
- Syahri, dan R. U. Somantri. 2016. Penggunaan varietas unggul tahan hama dan penyakit mendukung peningkatan produksi padi nasional. *J. Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 34(1):25-36.
- Thamrin, M., S. Asikin dan M. Willis. 2013. Tumbuhan kirinyu *Chromolaena odorata* (L) (Asteraceae: Asterales) sebagai insektisida nabati untuk mengendalikan ulat grayak *Spodoptera litura*. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. 32(3):112-121.
- Thamrin, M., I. Khairullah dan A. Fahmi. 2015. Fluktuasi serangan penggerek batang padi berdasarkan perubahan iklim di lahan rawa Kalimantan. Hlm. 45-54. *Dalam Rejekiingrum et al* (eds.). Prosiding Seminar Nasional, Sistem Informasi dan Pemetaan Sumberdaya Lahan Mendukung Swasembada Pangan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Umar, S., dan L. Indrayati, 2013. Efisiensi energi dan produksi pada usahatani padi di lahan sulfat masam potensial. *Jurnal Teknologi Pertanian* 33(2): 244-249.
- Wakhid N., Syahbuddin H., Khairullah I., Indrayati L., Cahyana D., Mawardi, Noor M., Anwar K., Alwi M., Hairani A. 2015. Peta kalender tanam padi lahan rawa lebak di Kalimantan Selatan. *Jurnal Tanah dan Iklim*. 39(1):41-50.
- Widiarta, I. N. 2016. Teknologi Pengelolaan Tanaman Pangan dalam Beradaptasi terhadap Perubahan Iklim pada Lahan Sawah. *J. Sumberdaya Lahan*. 10(2): 91-102.
- Wihardjaka, A., dan D. Nursyamsi. 2012. Pengelolaan tanaman pada padi sawah yang ramah lingkungan. *Pangan* 21(2):185-195.
- Wihardjaka, A. 2015. Mitigasi emisi gas metana melalui pengelolaan lahan sawah. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 34(3):95-104.
- Zainal, R. D. 2013. Kegiatan agronomis untuk meningkatkan potensi lahan lebak menjadi sumber pangan. *Jurnal Lahan Suboptimal* 2(1):58-67.

TEKNOLOGI BUDI DAYA CABAI DI LAHAN RAWA

Muhammad Saleh dan Muhammad Alwi

Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa.

Jalan Kebun Karet Loktabat Utara Banjarbaru.

saleh_duransyah@yahoo.co.id

RINGKASAN

Cabai merupakan komoditas sayuran unggulan yang strategis karena nilai ekonominya sangat menjanjikan. Pemasaran cabai cukup baik, karena dapat dipasarkan sebagai buah muda (hijau), buah masak (merah), atau sebagai cabai yang dikeringkan, dalam bentuk olahan (sambal), atau sebagai bahan industri (obat, oleorisen, pewarna, dan lain lain). Penyebaran cabai cukup luas mulai dari dataran rendah sampai dataran tinggi. Selama ini sentra produksi cabai di Jawa Tengah. Indonesia memiliki lahan rawa yang luas dan potensial untuk pertanian. Tanaman cabai juga cukup adaptif dibudidayakan di lahan rawa, baik lahan rawa lebak maupun lahan rawa pasang surut. Petani di lahan rawa lebak sudah sejak lama membudidayakan komoditas cabai ini. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, melalui para peneliti pemulia tanaman di Balai Penelitian Sayuran (Balitsa) sejak tahun 1980 telah melepas beberapa varietas unggul cabai merah seperti varietas Lembang-1, Tanjung -1, Tanjung-2. Cabai rawit varietas Prima Agrihorti, Rabbani Agrihorti. Cabai keriting varietas Kencana dan cabai besar varietas Ciko, Innata Agrihorti. Dalam pengelolaan tanaman cabai di lahan rawa, tahapan yang perlu mendapat perhatian adalah persiapan benih, persemaian, pengelolaan lahan, pengapuran, pemberian bahan organik, pemberian mulsa, penanaman, pemupukan, dan pemeliharaan tanaman yang meliputi pengendalian gulma, pengendalian hama dan penyakit tanaman, panen, dan pascapanen.

I. PENDAHULUAN

Tanaman cabai dengan nama ilmiah (*Capsicum annum* L) sudah lama dikenal oleh masyarakat Indonesia, di mana tanaman asal muasal cabai diduga berasal dari Amerika, dari sinilah menyebar ke seluruh dunia.

Cabai merupakan komoditas sayuran unggulan yang sangat berperan dalam struktur pembangunan perekonomian nasional. Hal ini disebabkan nilai ekonomis cabai yang menjanjikan dan adaptasinya yang luas. Luas tanam cabai di Indonesia menduduki areal pertama di antara komoditas sayuran lainnya seperti bawang merah, kentang, tomat dan kacang panjang, hal ini mencerminkan bahwa nilai ekonomis cabai yang tinggi (Setiawati *et al.* 2015).

Luas panen cabai di Indonesia pada tahun 2017, sebesar 193.099 hektar, dengan produksi sebesar 1.206.271 ton, hasil rata/ha sebesar 6,2 ton, sedangkan luas panen cabai di Kalimantan Selatan pada tahun 2017 sebesar 2.332 hektar, dengan produksi sebesar 10.359 ton, hasil rata/ha sebesar 4,4 ton (Badan Pusat Statistik Indonesia 2018).

Tanaman cabai merupakan tanaman setahun, dengan jumlah kromosom $2n = 24$, berupa herba, batang berkayu, tipe percabangan tegak, atau menyebar. Cabai berdaun tunggal, tersebar dengan bentuk bulat telur memanjang. Bunga tergolong sempurna, bunga jantan dan betina terdapat pada satu bunga, berwarna putih cerah dan menggantung. Ukuran buah Cabai panjang, ujung runcing sampai tumpul, berongga (Tjitrosoepomo 2007; Van Steenis *et al.* 2008).

Klasifikasi botani tanaman cabai adalah sebagai berikut.

Divisi	:	Spermatophyta
Subdivisi	:	Angiospermae
Kelas	:	Dicotyledonae
Ordo	:	Solanales
Keluarga	:	Solanaceae
Genus	:	Capsicum
Spesies	:	<i>Capsicum annum</i> L.

Cabai mempunyai pasar yang cukup baik, karena dapat dikonsumsi dalam berbagai bentuk. Di antaranya dalam bentuk buahnya yang segar, baik muda yang berwarna hijau, buah tua yang berwarna merah, maupun dalam bentuk olahan seperti sambal, variasi bumbu, maupun hasil industri seperti oleoresin, pewarna, bumbu, rempah, dan obat-obatan (Setiawati *et al.* 2015).

Pada saat panen raya yang dibarengi dengan turunnya harga jual, petani dilahan rawa lebak menyiasati dengan cara menjemur hasil panen sampai benar-benar kering. Proses pengeringan yang mereka lakukan melalui penjemuran di bawah sinar matahari. Cabai kering ini dapat disimpan lebih lama.

Kandungan gizi buah cabai cukup banyak. Setiap 100 g bahan mengandung air 90%, energi 32 kal, karbohidrat 7,8 g, serat 1,6 g, abu 0,5 g, protein 0,5 g, lemak 0,3 g, fosfor 45 mg, kalsium 29,0 mg, asam askorbat 18,0 mg, niasin 0,9 mg, besi 0,5 mg, riboflavin 0,06 mg, tiamin 0,05 mg, dan vitamin A 470 IU (Ashari 1995).

Kondisi iklim di Indonesia sangat sesuai untuk tanaman cabai, sehingga cabai dapat tumbuh dengan baik. Salah satu komponen iklim di Indonesia yang sangat menguntungkan bagi cabai adalah penyinaran matahari yang penuh. Tanaman cabai dapat tumbuh dari dataran rendah sampai ketinggian 1400 meter dari permukaan laut. Suhu yang optimum untuk pertumbuhan dan pembungaan berkisar antara 21-27°C. Tanaman cabai tidak menghendaki curah hujan yang terlalu tinggi, karena pada suhu yang rendah akan mudah terserang penyakit. Curah hujan yang optimum berkisar antara 600-1250 mm per tahun (Sumarni 1996; Alam Tani 2019).

II. POTENSI LAHAN RAWA

Luas lahan rawa di Indonesia adalah 34,12 juta ha atau 17,92 % dari luas total daratan Indonesia (191,09 juta ha), tersebar paling luas di Sumatera 12,93 juta ha, Kalimantan 10,02 juta ha, Papua 9,87 juta ha, Sulawesi 1,05 juta ha, Maluku 0,16 juta ha, dan Jawa 0,09 juta ha (Ritung *et al.* 2015). Lahan rawa pasang surut cukup luas dan menyebar di beberapa pulau. Lahan rawa pasang surut terluas terdapat di Pulau Sumatera 3,02 juta ha, kemudian diikuti Pulau Kalimantan 2,99 juta ha dan Pulau Papua 2,43 juta ha. Di Pulau Sulawesi luas lahan rawa pasang surut sekitar 0,32 juta ha, di Pulau Jawa 0,09 juta ha, dan Maluku 0,07 juta ha (Ritung *et al.* 2015). Didasarkan pada tipologi lahan, lahan rawa dibedakan menjadi dua yaitu lahan rawa lebak dan lahan rawa pasang surut.

Lahan rawa lebak berbentuk cekungan, pada musim hujan tergenang, pengatusan jelek, ditutupi tumbuhan air dan pada musim kemarau menjadi kering (Las *et al.* 2007). Lahan rawa lebak menduduki luasan sebesar 25,21 juta ha, yang tersebar di Sumatera 9,91 juta ha, Papua 7,44 juta ha,

Kaimantan 7,04 juta ha, Sulawesi 0,73 juta ha, dan Maluku 0,09 juta ha (Ritung *et al.* 2015). Berdasarkan lama dan ketinggian genangan air, lahan lebak dibagi menjadi tiga kategori menurut Widjaja-Adhi *et al.* (1992), yaitu (1) lebak dangkal, lahan lebak yang mempunyai tinggi genangan 25-50 cm, selama minimal 3 bulan dalam setahun, mempunyai hidrotopografi nisbi tinggi dan merupakan wilayah paling dekat dengan tanggul, (2) lebak tengahan, lahan lebak yang mempunyai tinggi genangan 50-100 cm, selama minimal 3-6 bulan dalam setahun, mempunyai hidrotopografi lebih rendah dari lebak dangkal dan terletak antara lebak dangkal dan lebak dalam, (3) lebak dalam, lahan lebak yang mempunyai tinggi genangan > 100 cm, selama > 6 bulan dalam setahun, mempunyai hidrotopografi paling rendah.

Tanaman cabai umumnya tidak tahan terhadap genangan, sehingga petani di lahan rawa lebak Kabupaten Hulu Sungai Selatan dan Hulu Sungai Utara, Kalimantan Selatan menanam pada musim kemarau, sedang pada musim hujan mereka menanam pada surjan di antara tanaman padi. Budi daya cabai ini sudah lama digeluti oleh petani di lahan rawa lebak Kalsel.



Sumber: Dokumentasi Saleh, 2000

Gambar 37. Budi daya cabai di lahan rawa lebak tengahan pada musim kemarau

Selain di lahan rawa lebak, tanaman cabai juga dapat di tanam pada lahan rawa pasang surut. Pada lahan rawa pasang surut, budi daya cabai secara hamparan dapat dilakukan pada lahan pasang surut dengan tipe luapan air C dan D, sedang pada lahan rawa pasang surut dengan tipe luapan air B dapat dilakukan dengan sistem surjan, di mana tanaman cabai ditanam pada bagian yang tinggi, yaitu galangan atau tabukan.

III. TEKNOLOGI BUDI DAYA TANAMAN CABAI

3.1. Varietas Unggul

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, melalui para peneliti pemulia tanaman pada Balai Penelitian Tanaman Sayuran, sejak tahun 1980 telah melepas beberapa varietas unggul cabai merah varietas Lembang-1, Tanjung -1, Tanjung-2. Cabai rawit varietas Prima Agrihorti, Rabbani Agrihorti Cabai keriting varietas Kencana. Cabai besar varietas Ciko, Innata Agrihorti (Balai Penelitian Tanaman Sayuran 2019; Setiawati *et al.* 2015). Varietas-varietas tersebut adaptif terhadap dataran rendah maupun dataran tinggi. Cabai varietas Kencana mempunyai keunggulan toleran terhadap ekstrem kering dan genangan air (Setiawati *et al.* 2015). Deskripsi dari varietas Lembang-1, Tanjung-1, Tanjung-2 sajikan pada Tabel 47.

Tabel 47. Deskripsi cabai varietas lembang-1, tanjung-1 dan tanjung-2.

Deskripsi	Lembang-1	Tanjung-1.	Tanjung-2
Asal	-	-	-
Nomor asal	LV-3044	LV.-2323	LV-2319
Umur mulai panen	63 hst	58 hst	58 hst
Tinggi tanaman	65 cm	45 cm	55 cm
Tipe tumbuh	Kompak	Menyebar	Menyebar
Posisi tangkai bunga saat anthesis	Merunduk	Merunduk	Merunduk
Warna mahkota bunga	Putih	Putih	Putih
Warna buah muda	Hijau tua	Hijau tua	Hijau
Warna buah tua	Merah	Merah cerah	Merah
Diameter buah	0,8 cm (ramping)	1,5 cm	1,3 cm
Panjang buah	15 cm (panjang)	10 cm (sedang)	11 cm (sedang)
Ujung buah	Runcing	Agak tumpul	Runcing
Penampang melintang buah	Bergelombang	Rata	Agak bergelombang
Potensi hasil	9 t/ha	18 t/ha	12 t/ha
Ketahanan terhadap hama dan penyakit	-	Toleran hama pengisap daun	Agak toleran Antraknose
Sesuai untuk daerah	Dataran rendah	Dataran rendah	Dataran rendah
No. SK	238/Kpts/ TP.240/4/2001	210/Kpts/ TP.240/4/2001	240/Kpts/ TP.240/2001

Sumber: Balai Penelitian Tanaman Sayuran (2019)

3.2. Persiapan Benih

Kualitas benih sangat menentukan pertumbuhan tanaman, benih yang bermutu baik, akan menghasilkan tanaman yang baik. Benih cabai dapat dihasilkan melalui seleksi tanaman yang akan diambilnya untuk di buat benih.

Tanaman induk yang akan diambil buahnya untuk menjadi harus benih, disyaratkan sebagai berikut (Sumarni 1996): (a) tanaman harus sehat, tumbuh normal, subur, vigoritas tinggi, (b) berbuah lebat dan seragam(c) bebas dari serangan hama dan penyakit tanaman.

Benih dibuat dengan cara mengambil buah sudah matang yang berwarna merah. Buah di belah membujur, biji bijinya dikeluarkan dan dijemur sampai kering. Biji yang keriput dan berwarna hitam dibuang, untuk menghindari terbawanya penyakit antraknuse. Biji kering tersebut selanjutnya disimpan di tempat kering dengan suhu rendah. Untuk mendapatkan biji kering sebanyak 1 kg, diperlukan 50 kg cabai matang. Dalam 1 g benih terdapat kurang lebih 120 biji, dan akan menghasilkan 90 bibit tanaman yang baik.

3.3. Persemaian

Pastikan benih yang akan kita semai dalam kondisi baik, lakukan hal-hal sebagai berikut (1) pilih benih yang sehat, dengan tanda bernas dan permukaan bijinya mengkilat, dan (2) perendaman benih dalam air hangat selama 1-3 jam, gunakan benih yang tenggelam, benih yang timbul disisihkan. Perendaman benih ini bertujuan untuk menghilangkan hama dan penyakit yang ada pada kulit biji dan mempercepat perkecambahan biji. Persemaian biji cabai, dapat dilakukan langsung di polybag, atau melalui persemaian di bak, baru di pindah ke polybag.

Persemaian di bak (semai I)

Bak semaian dapat berukuran 1 x 2 m, atau sesuaikan dengan benih. Bak semaian diisi dengan tanah dan pupuk kandang menggunakan perbandingan 1 : 1. Benih ditabur merata pada permukaan semaian, baru ditutup tipis dengan tanah. Agar benih tidak diganggu oleh hama tanaman, taburkan insektisida berbahan aktif Karboforan pada permukaan semai secara merata dengan dosis rendah. Semaian sebaiknya ditempatkan pada lokasi yang teduh. Penyiraman dilakukan agar tanah tetap lembap. Bibit

akan tumbuh 3-5 hari setelah semai. Setelah bibit berumur 2 minggu pada baksemaian, bibit siap dipindah ke polybag (persemaian II) atau dikenal dengan istilah penyapihan.



Sumber: Dokumentasi Saleh 2018

Gambar 38. Semai i di bak semaian (a), semai ii di polybag (b)

Persemaian di Polybag (Semai II)

Siapkan polybag kecil berukuran 8 x 14 cm, masukkan media berupa tanah dan pupuk kandang dengan perbandingan 1 : 1. Ambil bibit di bak semaian (semai I), yang normal dan subur dengan hati-hati, kemudian tanam ke polybag. Tiap polybag diisi sebanyak 1 tanaman. Setelah bibit dipolybag berumur 2-3 minggu, bibit siap ditanam ke lapangan.

3.4. Pengolahan Tanah

Lahan dibersihkan dari gulma serta tumbuhan lainnya, baik melalui penyemprotan dengan herbisida maupun secara manual melalui penyiangan. Gulma dibuang dan disingkirkan dari lahan yang akan ditanami cabai. Langkah berikutnya adalah pencangkulan. Pencangkulan dilakukan pada lapisan olah tanah, yaitu dengan kedalaman sekitar 15-20 cm. Tanah dicangkul sampai gembur, kemudian permukaan tanah diratakan menggunakan alat garu. Pengolahan tanah dilakukan agar tanah menjadi gembur, bertujuan untuk memperbaiki sifat fisik dan biologi tanah. Tanah yang gembur menjadikan aerasi dan drainasinya lancar, sehingga mikroba yang menguntungkan tanaman juga akan berfungsi secara maksimal, serta memudahkan pengambilan unsur hara yang ada di dalam tanah. Pada lahan rawa pasang surut kedalaman pencangkulan perlu mendapat perhatian, karena pencangkulan yang terlalu dalam dapat menjadikan Al/Fe yang

ada di dalam tanah jadi terangkat, sehingga menimbulkan keracunan bagi tanaman.

3.5. Pengapuran

Tanaman cabai akan tumbuh optimum pada pH tanah 5,5-6,8. Lahan dengan pH tanah di bawah 5,5 perlu dilakukan pengapuran dengan dosis 1,5 t/ha. Kapur diberikan sebaiknya 3-4 minggu sebelum tanam (Sumarni, 1996). Kapur diberikan dengan cara ditabur dan dicampurkan secara merata tanah saat pengolahan tanah.

Pada lahan rawa pasang surut, khususnya yang bertanah sulfat masam, pada umumnya tanah bersifat masam (pH rendah), sehingga perlu perlakuan pemberian kapur. Sedang pada lahan rawa lebak, umumnya pH tanah tidak begitu bermasalah sehingga pengapuran jarang dilakukan petani. Menurut Saleh dan Koesrini (2016), pemberian kapur dengan dosis 1,5 ton/ha pada lahan sulfat masam potensial di Kebun Percobaan Belandean, hasil yang dicapai oleh cabai varietas Hot Chili dan Tit Super masing masing sebesar 6,56 dan 4,95 ton/ha.

3.6. Pemberian Bahan Organik

Bahan organik yang diberikan berupa pupuk kandang, baik pupuk kandang yang berasal dari kotoran sapi, ayam maupun kelelawar. Pemberian bahan organik ini selain menambah unsur hara di dalam tanah, juga akan memperbaiki sifat fisik tanah dan meningkatkan mikroba tanah yang menguntungkan bagi tanaman. Menurut Hayati *et al.* (2012), Pemberian bahan organik yang tepat dapat memperbaiki kualitas tanah, tersedianya air yang optimal sehingga memperlancar serapan hara tanaman serta merangsang pertumbuhan akar. Dosis pemberian bahan organik tergantung pada kondisi lahan, umumnya berkisar antara 5–20 t/ha. Agar pupuk kandang yang diberikan dapat diserap tanaman secara optimum, pemberiandilakukan dengan cara dimasukkan pada lubang tanam atau dilarrik disepanjang barisan tanaman.

3.7. Pemberian Mulsa

Terdapat berapa keuntungan dari perlakuan pemberian mulsa, di antaranya (a) menjaga kelembapan tanah pada musim kemarau, (b) mencegah tumbuhnya gulma, (c) mencegah percikan air hujan mengenai

tanah langsung, karena akibat percikan pada tanah yang menempel pada bagian tanaman, akan mengganggu pertumbuhan tanaman. Mulsa yang diberikan pada tanaman bisa berupa mulsa plastik atau jerami padi. Petani di lahan rawa lebak, mempunyai kearifan lokal dengan memberikan tanaman air, yaitu kayu apu atau eceng gondok, yang berfungsi untuk menjaga kelembaban tanah (Khairani *et al.* 2018).



A



B

Sumber: Dokumentasi Saleh, 2018

Gambar 39. Tanaman cabai dengan mulsa kayu apu (a), mulsa eceng gondok (b)

3.8. Penanaman

Waktu penanaman yang dianjurkan sebaiknya dilakukan pada pagi hari atau sore hari. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya stres pada tanaman akibat perpindahan dari polybag ke lapangan. Jarak tanaman dapat digunakan 75 x 50 cm atau 50 x 50 cm. Pengeluaran tanaman dari polybag harus hati-hati, jangan sampai tanaman terlepas dari tanahnya atau media tanamnya terpecah. Untuk mencegah hal tersebut, sebelum pengeluaran tanaman dari polybag, dilakukan penyiraman pada media polybag. Tiap lubang tanam hanya diisi satu bibit tanaman. Setelah penanaman, dilakukan penyiraman agar tanah tetap lembap. Penyulaman tanaman yang mati dapat dilakukan antara 10-15 hari setelah tanam (Wiryanta *et al.* (2002) *dalam* Kusuma 2016).

3.9. Pemupukan

Dalam budi daya cabai, agar hasil yang dicapai dapat optimum, selain pemberian pupuk kandang, juga harus ditambah dengan pupuk buatan seperti N, P, dan K. Dosis pemberian pupuk buatan itu tergantung pada

keadaan tanahnya. Menurut Sumarni (1996), pemberian pupuk buatan untuk penanaman cabai dengan sistem monokultur adalah 100 kg Urea, 100 kg TSP, 150 kg KCl, dan 300 kg ZA perha. Pupuk TSP diberikan sebelum tanam, sedang pupuk Urea, KCl, dan ZA diberikan bertahap pada minggu ke-3, 6 dan 9 setelah tanam, masing-masing sepertiga dosis.

Selain pupuk tersebut di atas, pemberian pupuk hayati juga dapat meningkatkan hasil tanaman cabai. Menurut Anggraini *et al.* (2017), tanaman cabai yang diberi *Streptomyces* spp dan Mikoriza dapat meningkatkan hasil masing-masing sebesar 25,7% dan 22,5% dibandingkan dengan kontrol. Penelitian Dermawan *et al.* (2018), kombinasi aplikasi pupuk Boron-Tricoderma meningkatkan komponen hasil.

3.10. Pemeliharaan Tanaman

Pemeliharaan tanaman yang perlu diperhatikan dalam budi daya cabai di lahan rawa baik pasang surut dan lebak adalah pengendalian gulma dan hama penyakit tanaman.

Pengendalian Gulma

Keberadaan gulma dipertanaman dapat memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman cabai. Gulma akan menjadi saingan bagi cabai, khususnya dalam hal penyerapan cahaya, air dan unsur hara, serta dapat menjadi inang hama dan penyakit tanaman. Menurut Sumarni (1996) periode kritis cabai akibat persaingan dengan gulma terjadi pada umur 30 sampai 60 hari setelah tanam. Pengendalian dapat dilakukan secara manual dengan cara mencabut, atau penyemrotan dengan herbisida.

Pemangkasan

Pemangkasan tunas dilakukan pada saat tanaman berumur 3-4 minggu. Tunas yang dibuang adalah tunas yang tumbuh pada ketiak daun, yang disebut juga dengan tunas wiwilan (tunas liar), karena tunas wiwilan ini kurang produktif (Alam Tani 2019). Selain itu, tunas yang terlalu dekat dengan permukaan tanah juga harus dibuang, tunas yang dipelihara adalah tunas yang tumbuh di atas 25 cm dari permukaan tanah. Menurut Hatta (2012), pemangkasan juga akan memperluas ruang sirkulasi udara dan penetrasi sinar matahari ke seluruh bagian tanaman. Menurut Raihana dan Koesrini (2017), pemangkasan cabang pada tanaman cabai bertujuan

untuk membentuk tanaman, pemangkasan tunas ini perlu dilakukan secara rutin agar tidak mengganggu pembentukan buah.

Pemasangan Ajir

Pemasangan ajir dilakukan untuk menopang tanaman agar berdiri tegak, dipasang pada umur 1-2 minggu setelah tanam, dengan jarak sekitar 4,0 cm dari pangkal batang. Pemasangan ajir ini juga berfungsi menahan tanaman rebah akibat buahnya yang terlalu banyak. Ajir bisa berupa belahan bambu atau ranting tanaman yang cukup kuat.

Pengendalian Hama dan Penyakit Tanaman

Hama ulat. Salah satu jenis ulat yang sering menyerang tanaman cabai adalah ulat grayak (*Spodoptera litura*). Ulat grayak ini menyerang dengan memakan daging daun, sehingga akan tersisa tulang daun saja.

Selain itu, terdapat juga sejenis ulat yang menyerang buah cabai, yaitu *Spodoptera exigua* dan *Helicoverpa sp.* Serangan kedua jenis ulat ini dapat menjadikan buah berlubang, baik buah yang muda maupun buah yang masak. Pengendalian dapat dilakukan secara manual, yaitu dengan cara pengambilan kelompok telur dan ulat secara serentak dan menyeluruh. Pengendalian lain dapat dilakukan melalui penyemprotan dengan insektisida kimia maupun botanis. Pengendalian sebaiknya dilakukan pada sore hari setelah matahari mulai teduh, atau pada malam hari. Hal ini disebabkan pada siang hari yang terik ulat bersembunyi pada pangkal tanaman atau di balik mulsa. Musuh alami dari ulat ini, antara lain parasitoid telur *Telenomus spodopterae* dan predator berupa kepik. Musuh alami lainnya berupa penyakit virus SeNPV (Kusuma 2016).

Kutu daun persik (*Myzus persicae* Sulz). Hama ini akan mengisap cairan tanaman, akibatnya daun keriput, berwarna kekuningan, terpuntir, pertumbuhan tanaman menjadi kerdil, dapat menyebabkan tanaman menjadi layu dan mati. Kutu daun ini dapat juga berperan sebagai vektor penyakit virus yang menjadikan mozaik yang disertai dengan malformasi. Terdapat tiga musuh alami yang potensial untuk mengurangi populasi kutu daun persik adalah: parasitoid *Aphidiussp*, kumbang macan *Menochilus sp*, dan larva Syrphidae (Kusuma 2016).

Thrip (*Thrip parvispinus* Karny). Hama ini menyerang daun muda, dengan ciri-ciri adalah daun muda yang terserang berwarna noda keperakan yang tidak beraturan. Setelah beberapa waktu noda keperakan tadi berubah

menjadi coklat tembaga, dan akhirnya daun mengeriting ke atas (Kusuma 2016). Menurut Setiawati *et al.* (2013), hama Thrips dapat dikendalikan dengan biofestsida Atecu dengan dosis 10 ml/l air dan biofestsida yang berbahan aktif daun legundi.

Penyakit busuk buah. Tanda-tanda serangan busuk buah ini, dimulai dengan bercak berwarna coklat. Bercak coklat tersebut semakin melebar dan menyebabkan buah busuk. Busuk buah ini disebabkan oleh cendawan *Colletotricum* sp. Untuk mencegah penyakit ini dapat dilakukan dengan penyemprotan fungisida, terutama kepada tanaman yang terserang. Menurut Hardiansyah *et al.* (2016), fungisida yang digunakan adalah fungisida yang sistemik dengan berbahan aktif Pyraclostrobin, di mana juga bisa memberi efek untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman.

Penyakit layu bakteri. Penyakit layu menyebabkan tanaman layu, daun, dan buah gugur. Penyakit layu ini disebabkan oleh bakteri *Pseudomonas solanacearum*. Pengendalian dapat dilakukan dengan penyemprotan bakteriosida. Tanaman yang sudah terkena serangan penyakit ini, sebaiknya dicabut dan dibuang.

3.11. Panen dan Pascapanen

Panen buah pertama dapat dilakukan pada umur sekitar dua bulan. Panen dilakukan secara manual dengan menggunakan tangan. Panen dan penanganan hasil panen harus hati-hati, karena sangat berhubungan dengan mutu buahnya. Menurut Hartuti (1996), ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam proses panen, yakni (1) tingkat kematangan cabai, sesuai dengan tujuan penggunaannya, (2) jumlah buah per pohon dan jumlah pohon tanaman yang siap untuk dipanen, (3) saat pemetikan buah, sebaiknya permukaan kulit buah jangan basah, untuk mengurangi kontaminasi mikroba pembusuk, (4) saat pemetikan buah harus hati-hati, hindari terjadinya luka dan patahnya cabang, ranting, (5) pisahkan antara buah yang baik dan busuk, untuk mencegah pindahnya mikroba ke buah yang baik, (6) tempat pemungutan hasil panen jangan ditutup. Misalnya, menggunakan karung plastik, jangan ditutup, dan (7) hindarkan hasil panen terkena sinar matahari langsung, harus langsung dibawa ke tempat yang teduh.



(A)



(B)

Sumber: Dokumentasi Saleh, 2019

Gambar 40. Cabai yang di panen muda (a), cabai yang di panen tua (b)



Sumber: Dokumentasi Saleh, 2019

Gambar 41. Cabai yang dikeringkan

Saat panen melimpah dan harga turun, petani di lahan rawa lebak mengeringkan cabainya dengan cara di jemur di bawah sinar matahari, tanpa membuang bijinya. Cabai kering ini dapat disimpan dan tahan lama.

IV. PENANAMAN SISTEM TUMPANGSARI

Cabai dan tomat merupakan jenis sayuran yang mempunyai nilai ekonomis tinggi, dan kedua jenis tanaman tersebut dapat ditanam dengan sistem tumpangsari. Tanaman tomat dan cabai dipanen apabila keadaan buah sudah memasuki fase panen yang ditandai dengan berubahnya warna buah. Panen kedua jenis tanaman tersebut dilakukan secara bertahap dengan interval waktu satu minggu. Menurut Sujitno *et al.* (2015), dalam tumpangsari antara kedua jenis tanaman tersebut, menghasilkan tomat 27,180 ton/ha dan cabai 8,127 ton/ha. Penanaman secara tumpangsari ini menguntungkan bagi petani, dengan nilai R/C yang diperoleh sebesar 2,65.

Menurut Suwandi *et al.* (2003) pola tanam tumpangsari sayuran di dataran tinggi maupun di dataran rendah, saat ini telah menjadi salah satu pilihan utama dalam aspek pengendalian risiko, juga produksi tanaman persatuan luas dan persatuan waktu umumnya lebih tinggi daripada sistem monokultur, kondisi ini terkait dengan upaya petani dalam mempertahankan keberlanjutan usahatani sebagai mata pencaharian utamanya.

Pengujian Suryadi dan Mariyana (2012), pada pola tanam tumpangsari 2 baris cabai merah + 1 baris kacang panjang lebih menguntungkan dibanding menanam pada lahan yang sama dengan pola monokultur cabai dan monokultur kacang panjang.

V. PENUTUP

Tanaman cabai mempunyai adaptasi yang cukup luas, di mana dapat dibudidayakan di lahan rawa, khususnya rawa lebak dan pasang surut. Pada lahan rawa lebak dangkal dan tengahan penanaman dapat dilakukan secara hamparan pada musim kemarau, sedang pada musim hujan ditanam pada surjan.

Pada lahan rawa pasang surut, budi daya cabai secara hamparan dapat dilakukan di tipe luapan air C dan D, sedang pada tipe luapan air B dapat dilakukan dengan sistem surjan, di mana tanaman cabai ditanam pada bagian yang tinggi, yaitu galangan atau tabukan. Dalam pengelolaan tanaman cabai di lahan rawa, tahapan yang perlu mendapat perhatian adalah: persiapan benih, persemaian, pengelolaan lahan, pengapuran, pemberian bahan organik, penanaman pemupukan, dan pemeliharaan tanaman yang meliputi pengendalian gulma, pengendalian hama dan penyakit tanaman, pemasangan mulsa, pemasangan ajir dan pemanenan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alam Tani. 2019. Panduan Budi Daya Cabai Merah. <https://alamtani.com/budidaya-cabai-merah>. Diunduh 7 Maret 2019.
- Anggraeni,D., Sri Sulandari dan Erlina Ambarwati. 2017. Pengaruh pupuk hayati terhadap pertumbuhan cabai merah. *Dalam* Tri Joko *et al.* (eds) Proseding Seminar Hasil Penelitian Pertanian 2016. Peranan Hasil Penelitian Pertanian dalam Mewujudkan Kedaulatan Pangan untuk Kesejahteraan Petani. Fakultas Peranian. Universitas Gadjah Mada.
- Ashari, S. 1995. Hortikultura. Aspek Budi Daya. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik Indonesia. 2018. Statistik Tanaman Sayuran dan Buah-buahan Semusim Indonesia. Badan Pusat Statistik Indonesia. Jakarta.
- Balai Penelitian Tanaman Sayuran. 2019. Varietas Cabai. Balittsa.litbang.pertanian.go.id. diunduh 24 Pebruari 2019.
- Dermawan,R., Muh. Farid BDR, Hayanti Ridwan dan Reni Syarifuddin. 2018. Aplikasi pupuk Baron dan pengayaan trichoderma pada media tanam terhadap pertumbuhan dan produksi varietas cabai besar. *Jurnal Floratek* 13(1): 37-48.
- Hatta, M. 2012. Pengaruh pembuangan pucuk dan tunas ketiak terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman cabai. *Jurnal Floratek*. 7(1): 85-90
- Hayati, E., T. Mahmud dan Riza Fazil. 2012. Pengaruh jenis pupuk organik dan varietas terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman cabai. *Jurnal Floratek* 7(2): 173-181
- Hardiansyah,A.N., Endang S, dan Eka TSP. 2016. Pengaruh pemberian Pyraclostrobin terhadap pertumbuhan vegetatif tajuk tanaman cabai merah keriting. Hal 83-87. *Dalam* Tri joko *et al* (eds) Proseding Seminar Nasional Hasil Penelitian Pertanian 2015. Peningkatan Sinergi dan Inovasi Teknologi untuk kedaulatan Pangan. Fakultas Pertanian. Universitas Gadjah Mada.
- Hartuti,N. 1996. Penanganan panen dan pasca panen cabai merah. Hal 102-113. *Dalam* Atie.S.D. *et al* (eds) Teknologi Produksi Cabai Merah.
- Khairani, A., Kharil, A., Mauliana, A.S., M. Saleh, dan Yanti Rina. 2018. Laporan Hasil Penelitian Perbaikan Teknologi Budi Daya Terpadu Padi dan Cabai di Lahan Lebak Tengahan.

- Kusuma, W. A. 2016. Laporan Praktek Lapang. Budi Daya Tanaman Cabai. SMK. Kapuas Murung Kalimantan Tengah.
- Las I, Sukarman, Kasdi S, Suriadikarta DA, Noor M, dan Jumberi A. 2007. Grand design lahan rawa. hal 29–48. *Dalam Mukhlis et al (eds) Proseding Seminar Nasional Pertanian Lahan Rawa*. Badan Litbang Pertanian dan Pemkab Kapuas. Kalimantan Tengah.
- Raihana, Y dan Koesrini. 2017. Teknologi Budi Daya Tanaman Hortikultura di Lahan Rawa. Hal 345-370. *Dalam Masganti et al (eds) Agroekologi Rawa*. IAARD Press.
- Ritung, S., Erna Suryani, D. Subardja, Sukarman, Kusumo Nugroho, Suparto, Hikmatullah, Anny Mulyani, Chendy Tafakresnanto, Yiyi Sulaiman, Rudi Eko Subandiono, Wahyontu, Ponidi, Noto Prasodjo, Usep Suryana, Hapid Hidayat, Adi Priyono dan Wahyu Supriatna. 2015. Sumber Daya Lahan Pertanian Indonesia. Luas, Penyebaran, dan potensi ketersediaan. Indonesia Agency For Agricultural Research And Development (IAARD) Press.
- Saleh, M dan Koesrini. 2016. Penggunaan Kapur dan Varietas Adaptif untuk Meningkatkan Hasil Tanaman Cabai di Lahan Sulfat Masam Potensial. Hal 360-365. *Dalam Tri Joko et al (eds). Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Pertanian. Peningkatan Sinergi dan Inovasi Teknologi untuk Kedaulatan Pangan*. Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada.
- Setiawati, W, Sumarni, N, Kosandriani, Hasym, y, Uhan, A. T.S dan Sutarya, R. 2013. Penerapan teknologi pengendalian hama terpadu pad tanaman cabai merah untuk mitigasi dampak perubahan iklim. *Journal Horti*, vol 23, No 2, hal. 174-183
- Setiawati, W., Yenni. K. dan H. Ahsol. 2015. Sumbangsih cabai keriting varietas Kencana dalam menghadapi kebijakan swasembada cabai. Hal 45-57. *Dalam I. Djatnika et al (eds) Inovasi Hortikultura Pengungkit Peningkatan Pendapatan Rakyat*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian.
- Sujitno, E., Taema. F dan I. Djatnika. 2015. Usahatani tumpangsari tanaman tomat dan cabai di dataran tinggi Kabupaten Garut. Hal 58-64. *Dalam I. Djatnika et al (eds) Inovasi Hortikultura Pengungkit Peningkatan Pendapatan Rakyat*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian.

- Sumarni, N. 1996. Budi Daya Tanaman Cabai Merah. Hal 36-63. *Dalam* Atie.S.D. *et al* (eds) Teknologi Produksi Cabai Merah.
- Suryadi dan Mariana. 2012. Hasil tanaman pada takaran limbah las karbit dan pola tanam tumpangsari cabai merah dengan kacang panjang. Hal 93-97. *Dalam* Yanisworo *et al* (eds) Proseding Seminas Nasional 2012. Peran Teknologi Untuk Mewujudkan Kedaulatan Pangan dan Peningkatan Perekonomian Bangsa. Fakultas Pertanian UPN Veteran Yogyakarta.
- Suwandi, Rosliani. R, Sumarni, N dan Setiawati, W. 2003. Interaksi tanaman pada sistem tumpangsari tomat dan cabai di dataran tinggi. *J.Horti* 20(3):244-250.
- Tjitrosoepomo, G.. 2007. Taksonomi Tumbuhan (Permatophyta). Gajah Mada University Press.
- Van Steenis, C.G.G.J., G.den Hoed, S. Bloembergen dan P.J. Eyma. 2008. Flora. PT.Pradnya Paramita, Jakarta.
- Widjaya-Adhi, I.P.G., K. Nugroho, D. Ardi S., dan A.S. Karama. 1992. Sumber daya lahan rawa: potensi, keterbatasan dan pemanfaatan. *Dalam* S. Partohardjono dan M.Syam (eds). Pengembangan Terpadu Pertanian Lahan Rawa Pasang Surut dan Lebak. Risalah Pertemuan Nasional Pengembangan Pertanian Lahan Pasang Surut dan Rawa, Cisarua 3-4 Maret. Bogor: Puslitbang Tanaman Pangan.

PENINGKATKAN PRODUKTIVITAS PADI VARIETAS UNGGUL DI LAHAN RAWA

Izhar Khairullah dan Koesrini
Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa
Jl. Kebun Karet Loktabat Utara,
Banjarbaru Utara, Banjarbaru 70712
E-mail: *Izhar.balittra@gmail.com*

RINGKASAN

Lahan rawa, terdiri atas lahan rawa pasang surut dan lahan rawa lebak, keduanya mempunyai ekosistem berbeda, baik dilihat dari aspek hidrologi maupun jenis tanahnya. Kondisi lahan demikian memerlukan adaptasi varietas padi yang bersifat spesifik. Banyak varietas unggul padi yang ditujukan khusus untuk lahan rawa telah dilepas oleh Badan Litbang Pertanian, namun belum semuanya diadopsi dan ditanam oleh petani di lahan rawa. Ada hal-hal yang menurut deskripsi unggul, tetapi petani belum mau menerimanya. Diperlukan strategi penentuan varietas yang tepat agar produktivitas padi di lahan rawa meningkat. Penentuan varietas ini tergantung beberapa faktor seperti potensi hasil tinggi, toleran cekaman abiotik, permintaan pasar, preferensi, umur, tinggi tanaman, dan ketahanan terhadap hama dan penyakit tanaman. Strategi penentuan varietas unggul padi untuk lahan rawa pasang surut tergantung jenis tanah dan tipe luapan airnya. Pada lahan rawa pasang surut potensial yang cekaman agrofisik lahannya lebih ringan, banyak varietas unggul yang dapat dipilih untuk dikembangkan, baik varietas unggul spesifik lahan rawa (Inpara 2, Inpara 3, Margasari) maupun varietas unggul padi sawah irigasi (Inpari 13 dan Inpari 30). Pada lahan rawa pasang surut sulfat masam, pilihan varietas lebih terbatas karena faktor cekaman tanah terutama konsentrasi Fe dan Al tinggi dan pH rendah (Inpara 2, Inpara 3, dan Margasari). Tidak dianjurkan menanam varietas unggul padi sawah irigasi pada tipologi tersebut. Faktor pembatas di lahan salin adalah salinitas. Oleh karena itu, strateginya dapat menggunakan varietas unggul toleran salinitas, yaitu Inpari 34, Inpari 35, dan Unsoed 79.

I. PENDAHULUAN

Lahan rawa sebagai salah satu lahan suboptimal, kini dan ke depan, semakin memegang peranan penting dalam upaya peningkatan produksi tanaman pangan, khususnya padi. Hal ini terkait dengan semakin menyusutnya lahan potensial dari tahun ke tahun, khususnya di Pulau Jawa. Penyusutan lahan potensial tersebut akibat berbagai kegiatan pembangunan seperti pemukiman, jalan raya, lapangan olahraga, dan berbagai aktivitas bisnis lainnya. Luas lahan rawa di Indonesia mencapai 34,93 juta ha, sekitar 19,99 juta ha di antaranya merupakan lahan potensial untuk pertanian, baik tanaman pangan, hortikultura, dan tanaman perkebunan. Dari luas lahan rawa tersebut, terdapat 8,35 juta ha lahan rawa pasang surut, 11.64 juta ha lahan rawa lebak, dan 14,92 juta ha lahan gambut (BBSDLP 2014). Pembagian luasan ini memisahkan khusus untuk lahan gambut, meskipun lahan gambut tersebut berada dalam kawasan lahan pasang surut dan lahan lebak. Hal ini karena lahan gambut dianggap menjadi topik internasional, sehingga untuk memudahkan sebaran dan luasan lahan gambut, maka lahan gambut dipilah tersendiri.

Potensi lahan rawa untuk persawahan cukup besar. Budi daya padi di lahan rawa, baik pasang surut maupun lebak, sudah dikenal masyarakat petani sejak berabad yang lalu. Tanaman pangan, khususnya padi merupakan komoditas paling luas dibudidayakan di lahan rawa. Budi daya padi umumnya masih bersifat tradisional yang diusahakan sekali setahun dengan menggunakan sistem tanam pindah, varietas lokal, pupuk terbatas, dan produktivitas rendah antara 1,5-2,0 t/ha GKG (Gabah Kering Giling) (Khairullah 2007; Khairullah dan Saleh 2014; Saragih dan Nurzakiah 2011). Berbagai penelitian dan pengembangan terus dilaksanakan untuk meningkatkan produksi padi di lahan rawa tersebut. Hasil penelitian menunjukkan produktivitas padi unggul di lahan pasang surut dengan input dan pengelolaan yang baik dapat mencapai 4,12-6,2 t/ha GKG (Balittra 2013; Adri dan Yardha 2014).

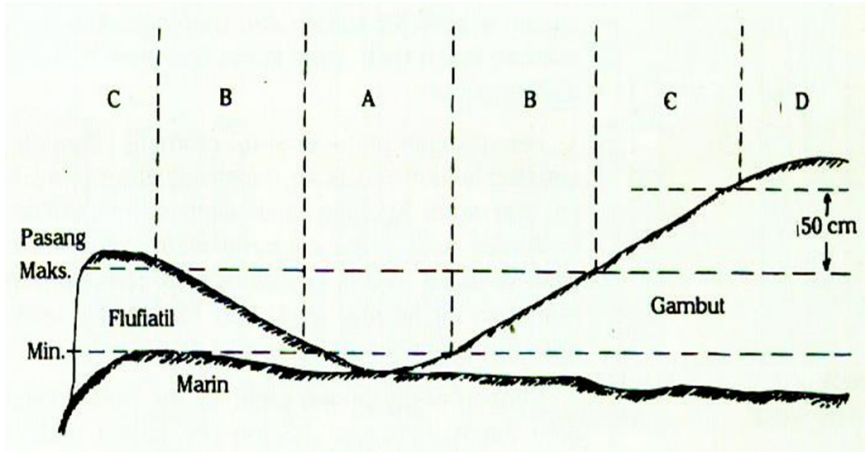
Salah satu komponen teknologi budi daya padi yang mudah untuk diadopsi dan perannya terhadap peningkatan produktivitas cukup nyata adalah penggunaan varietas unggul. Tidak semua varietas unggul baru yang dihasilkan sesuai dan cocok untuk lahan rawa. Hal ini disebabkan adanya variasi jenis lahan, baik ditinjau dari segi hidrologi maupun jenis tanahnya, sehingga memerlukan varietas unggul baru yang sifatnya

spesifik. Keakurasian dalam memilih varietas unggul baru merupakan langkah utama penanaman padi dalam rangka meningkatkan produksinya agar tidak terdapat senjang hasil yang lebar antara hasil faktual dan hasil potensial. Selain faktor hasil, beberapa faktor lainnya seperti preferensi dan akseptabilitas petani dan konsumen juga perlu diperhatikan dalam penentuan varietas unggul tersebut. Pemilihan varietas unggul yang tepat mendukung keberhasilan pertanaman padi di lahan rawa.

II. KERAGAMAN LAHAN RAWA

Penentuan varietas padi di lahan rawa bersifat spesifik karena lahan rawa memiliki karakteristik yang khas. Lahan rawa terdiri atas lahan rawa pasang surut dan lahan rawa lebak. Berdasarkan dari jenis tanah dan kendalanya dalam pengembangan pertanian, lahan rawa dibagi dalam empat tipologi lahan, yaitu (1) lahan potensial, lahan dengan kendala yang lebih ringan dibandingkan tipologi lainnya, (2) lahan sulfat masam, lahan dengan kendala yang lebih berat disebabkan adanya pirit yang berada pada kedalaman 50-100 cm dan sebagian lagi pada kedalaman >100 cm dengan pH tanah 4,5 dan kadar besi yang tinggi, (3) lahan gambut, lahan dengan adanya lapisan gambut pada lapisan atas setebal >50 cm dengan kadar bahan organik 20%, dan (4) lahan salin, lahan dengan kendala salinitas akibat intrusi air laut dan umumnya tekstur pasiran karena berada pada dataran pantai (Widjaja Adhi 1997 dalam Annisa dan Alwi 2017). Permasalahan agrofisik lahan terjadi terutama pada lahan sulfat masam (Fe dan Al tinggi, pH rendah), salin (salinitas), dan gambut (kahat unsur mikro Cu dan Zn) sehingga tingkat kesuburannya rendah (Anwar *et al.* 2014).

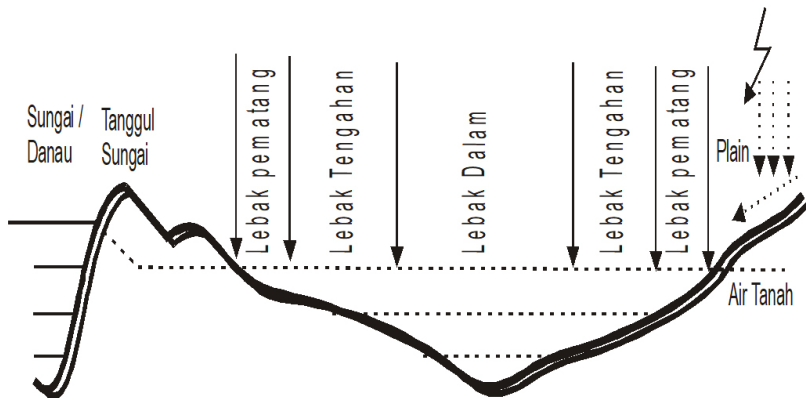
Berdasarkan tinggi luapan air pasang dan tinggi muka air tanah, lahan rawa pasang surut dibagi ke dalam empat tipe luapan, yaitu tipe luapan A, B, C, dan D (Gambar 42). Tipe luapan A selalu terluapi air pasang tunggal (purnama) maupun pasang ganda (perbani) serta mengalami pengatusan secara harian. Wilayah tipe luapan ini meliputi pesisir pantai dan sepanjang tepian sungai. Tipe luapan B hanya mendapat luapan saat pasang tunggal (purnama), tetapi mengalami pengatusan secara harian. Wilayah tipe luapan ini meliputi pedalaman sejauh 50-100 km dari tepian sungai. Tipe luapan C tidak mendapatkan luapan pasang dan mengalami pengatusan secara permanen. Tipe luapan D tidak mendapatkan pengaruh pasang dan pengatusan secara terbatas. Lahan tipe A kelebihan air, sedangkan di lahan tipe D keterbatasan ketersediaan air (Nursyamsi *et al.* 2014a).



Sumber: Alihamsyah et al. (2003)

Gambar 42. Skematik pembagian lahan pasang surut berdasarkan tipe luapan

Lahan rawa lebak dibagi menurut ketinggian dan lama genangan, terdiri atas lahan lebak dangkal, lebak menengah, dan lebak dalam. Lahan lebak dangkal dengan tinggi genangan <50 cm selama < 3 bulan; lahan lebak menengah dengan tinggi genangan 50-100 cm selama 3 – 6 bulan; lahan lebak dalam dengan tinggi genangan > 100 cm selama > 6 bulan (Subagyo 2006). Pembagian lahan rawa lebak berdasarkan tinggi dan lama genangan ini secara skematik dapat dilihat pada Gambar 43.



Sumber: Noor (2007)

Gambar 43. Klasifikasi lahan rawa lebak berdasarkan tinggi dan lama genangan air

Penentuan varietas padi di lahan rawa pasang surut dapat berbeda dengan varietas di lahan rawa lebak, mengingat faktor pembatasnya yang berbeda. Alihamsyah *et al.* (2003) menyatakan bahwa masalah utama di lahan rawa pasang surut adalah kemasaman tanah dan air sangat tinggi, miskin unsur hara makro (P, K) dan mikro (Zn, Cu, Bo) serta tingginya kandungan besi (Fe), sulfat (SO₄) dan hidrogen sulfida (H₂S) yang bersifat racun bagi tanaman, sedangkan untuk lahan rawa lebak, masalah utama adalah fluktuasi air sulit diprediksi, karena sering dipengaruhi oleh air dari kawasan di hulu. Helmi (2015) melaporkan bahwa kondisi air di lahan rawa lebak sangat tergantung dengan kondisi hidrotopografi, curah hujan, serta ketinggian air setempat. Kondisi ini yang menyebabkan penentuan saat tanam yang tepat agak sulit diprediksi di lahan rawa lebak. Oleh karena itu, pemilihan varietas untuk lahan rawa pasang surut lebih diarahkan pada varietas yang memiliki toleransi terhadap kemasaman tanah dan keracunan besi (Koesrini *et al.* 2014 dan Koesrini *et al.* 2017), sedangkan varietas untuk lahan rawa lebak diarahkan yang memiliki toleransi terhadap cekaman kekeringan/genangan (Helmi 2015).

III. SYARAT PENENTUAN VARIETAS UNGGUL PADI

Penentuan varietas padi di lahan rawa (pasang surut dan lebak) ditentukan oleh banyak faktor. Faktor-faktor dominan yang memengaruhi penentuan varietas padi di lahan rawa adalah sebagai berikut.

3.1. Potensi Hasil Tinggi

Hasil merupakan resultante dari semua faktor yang mencerminkan pengaruh faktor genetik (varietas) dan lingkungan tumbuh (tanah, air, iklim). Adanya interaksi antara genotipe dengan lingkungan menentukan stabilitas hasil varietas. Varietas dengan interaksi genotipe lingkungan kecil, pada umumnya lebih stabil hasilnya, karena dapat menyesuaikan terhadap berbagai kondisi lingkungan (Soemartono *et al.* 1992). Karakter hasil banyak digunakan untuk menilai ketahanan suatu genotipe terhadap kondisi biofisik lahan. Potensi hasil yang tinggi menjadi fokus utama dalam penentuan varietas padi di lahan rawa. Varietas padi dengan potensi hasil tinggi hanya dapat diperoleh dari varietas unggul. Di lahan rawa, suatu varietas dengan potensi hasil tinggi belum tentu dapat menunjukkan potensi hasilnya tersebut, karena tingkat adaptasinya yang rendah.

Sebaliknya, varietas dengan potensi hasil rendah (varietas lokal) sering lebih dapat beradaptasi di lahan rawa tersebut.

3.2. Toleran Cekaman Abiotik

Di lahan rawa pasang surut sulfat masam, cekaman utama adalah konsentrasi Fe dan Al tinggi serta pH tanah rendah, cekaman di lahan salin adalah salinitas, sedangkan di lahan gambut kahat unsur hara mikro Cu dan Zn (Nursyamsi *et al.* 2014a; Alwi dan Hairani 2018; Maftu'ah dan Susanti 2018). Pada lahan rawa lebak cekaman utamanya adalah genangan air, di mana pada lahan lebak dangkal dapat terjadi kekeringan di musim kemarau, sedangkan di lahan lebak tengahan dan dalam adalah genangan dalam di musim hujan (Nursyamsi *et al.* 2014b). Adanya perubahan iklim yang semakin berdampak pada kekeringan dan genangan yang dalam harus menjadi pertimbangan khusus dalam penentuan varietas. Soemartono *et al.* (1992) menyatakan bahwa berdasarkan adaptabilitasnya varietas/kultivar dibedakan menjadi dua, yaitu yang memiliki adaptabilitas luas dan sempit. Varietas yang adaptabilitasnya luas atau interaksi genotipe x lingkungan kecil, daya hasilnya stabil, dapat menyesuaikan diri terhadap berbagai lingkungan dan mungkin juga lebih tahan terhadap berbagai biotipe penyakit, sedangkan varietas yang adaptabilitasnya sempit, daya hasilnya kurang stabil. Varietas tersebut pada umumnya menunjukkan penampilan yang bagus pada kondisi lingkungan tertentu.

3.3. Permintaan Pasar (Harga Jual Tinggi)

Tidak bisa dipungkiri bahwa sebaran varietas yang dominan berkaitan erat dengan permintaan pasar. Kondisi di lahan rawa pasang surut Kalimantan Selatan dan Tengah yang sebagian besar ditanami varietas lokal adalah karena harga jualnya yang tinggi. Wahdah dan Langai (2010) menyatakan petani menanam varietas Lokal karena kemudahan dalam budi daya, tidak memerlukan input tinggi, dan nasinya (pera) disukai konsumen sehingga harga jual berasnya tinggi. Harga beras varietas Lokal berkisar antara Rp12.500-13.750/kg untuk varietas Siam Mutiara dan Siam Mayang, Rp10.000-11.250/kg untuk varietas Siam Unus, Siam Rukut, dan Siam Karang Duku. Harga beras varietas unggul berkisar Rp8.750-10.000/kg dan umumnya berasal dari varietas Cihayang dan Mekongga yang sudah banyak diadopsi petani.

3.4. Preferensi

Preferensi dapat diartikan kecenderungan dalam memilih atau prioritas yang diinginkan. Preferensi petani terhadap varietas berkaitan dengan rasa nasi dan harga jual yang tinggi. Preferensi petani di lahan rawa Sumatera dan Sulawesi pada umumnya menyukai varietas dengan tekstur nasi pulen, sebaliknya di Kalimantan Selatan, Tengah, dan Barat suka tekstur nasi pera (Haryadi 2015; Darsani dan Koesrini 2018). Ningsih dan Nafisah (2013) melaporkan bahwa 75% petani memilih varietas Inpara yang berbentuk gabah panjang ramping dan 60% menyukai rasa nasi pera di lahan rawa pasang surut Kalimantan Selatan. Masyarakat Irian Jaya di Marauke lebih menyukai tekstur nasi Inpara 2 (52%) dibandingkan Inpari 7 (26%) dan Inpari 8 (22%) (Untari dan Nursih 2013). Faktor yang memengaruhi preferensi petani, selain tekstur nasi juga dilihat dari kejernihan beras dan terawang (*transluscent*), serta ukuran gabah (panjang, ramping). Varietas yang memiliki keunggulan dalam hal adaptasi, potensi hasil tinggi dan mutu hasil sesuai preferensi petani, biasanya akan mudah diadopsi petani.

3.5. Umur tanaman

Ada lima kriteria umur tanaman padi, yaitu umur dalam (>165 hari), umur sedang (125-164 hari), genjah (105-124 hari), sangat genjah (90—104 hari), dan ultra genjah (<90 hari) (Suprihatno *et al.* 2010). Sampai saat ini varietas unggul padi berumur ultra genjah masih dalam proses perakitan. Umur tanaman menentukan indeks pertanaman (IP), di mana varietas yang berumur genjah atau sangat genjah dapat meningkatkan IP menjadi 300 atau 400. Di lahan rawa, umur tanaman padi (sangat genjah) menjadi penting karena selain dapat meningkatkan IP, juga dapat menyiasati terjadinya salinitas pada lahan pasang surut tipe A dan terjadinya kekeringan pada lahan lebak dangkal di musim kemarau.

3.6. Tinggi Tanaman

Berdasarkan standar IRRI (2014) tinggi tanaman padi digolongkan menjadi 3 kelompok, yaitu rendah (<110 cm), sedang (110-130 cm), dan tinggi (>130 cm). Meskipun tanaman tinggi dapat menurunkan intersepsi cahaya matahari ke daun bagian bawah, tetapi di lahan rawa sifat ini menjadi cukup penting. Tanaman yang tinggi dapat mengimbangi tinggi genangan di lahan sawah terutama lahan pasang surut tipe A dan lahan

lebak tengahan pada musim hujan. Tanaman yang tinggi memungkinkan malai-malai padi berada di atas genangan dan dapat berkembang dengan baik. Sebagian varietas unggul memiliki malai yang tidak muncul penuh dan ini sangat berisiko jika terendam air genangan.

3.7. Ketahanan Terhadap Hama dan Penyakit Utama

Hama utama di lahan rawa yang menyerang tanaman padi adalah tikus, penggerek batang padi putih, hama pelipat daun, wereng coklat, wereng hijau, dan walang sangit, sedangkan penyakit utama adalah tungro dan blas, sedangkan penyakit bercak coklat, bercak coklat bergaris, hawar daun bakteri dan busuk pelepah daun muncul pada kondisi tertentu (Thamrin *et al.* 2014). Hama tikus dan burung merupakan kendala utama pada pertanaman di musim hujan pada lahan rawa di Kalimantan Selatan. Penentuan varietas yang tahan hama (kecuali tikus) dan penyakit akan mempercepat penyebaran varietas unggul baru padi di lahan rawa.

Selain faktor internal tanaman tersebut, penentuan varietas di tingkat petani juga ditentukan oleh faktor eksternalnya antara lain adanya informasi yang terus-menerus tentang keunggulan suatu varietas dan ketersediaan benih bermutu dalam jumlah dan waktu yang tepat serta kemudahan dalam pemasaran hasilnya.

IV. VARIETAS UNGGUL PADI UNTUK LAHAN RAWA

Varietas unggul padi merupakan salah satu komponen teknologi yang berperan penting dalam meningkatkan produktivitas hasil padi. Varietas unggul padi yang dihasilkan adalah hasil dari serangkaian kegiatan pemuliaan yang menggabungkan beberapa sifat unggul dari tetuanya (hasil, ketahanan terhadap hama/penyakit, cekaman terhadap lingkungan). Penggunaan varietas unggul menghasilkan pertumbuhan tanaman yang seragam, hasil lebih tinggi, lebih tahan hama penyakit tanaman, dan adaptif terhadap cekaman lingkungan.

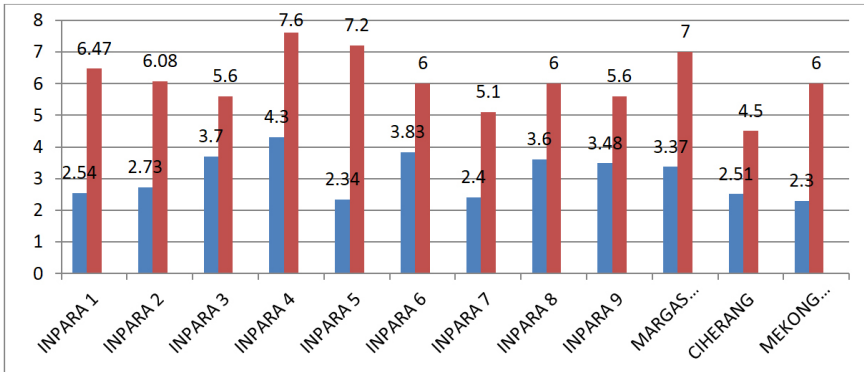
Pengembangan padi ke lahan rawa memerlukan varietas unggul yang adaptif terutama terhadap kemasaman tanah, keracunan besi dan cekaman air. Ketiga masalah tersebut menjadi faktor pembatas pengembangan padi di lahan rawa. Virmani (1977) melaporkan penurunan hasil padi akibat keracunan besi pada varietas peka dapat mencapai 75% dan varietas toleran 30%. Cekaman air di lahan rawa lebak baik kekeringan maupun

genangan bahkan dapat menggagalkan tanam atau panen. Oleh karena itu, penggunaan varietas toleran terhadap kemasaman tanah dan keracunan besi mutlak diperlukan untuk penanaman padi di lahan rawa. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian telah menghasilkan varietas padi adaptif untuk lahan rawa.

4.1. Lahan Rawa Pasang Surut

Penentuan varietas padi untuk lahan rawa pasang surut tergantung jenis tanah dan tipe luapan airnya. Pada lahan rawa pasang surut potensial yang cekaman agrofisik lahannya lebih ringan, banyak varietas unggul yang dapat dipilih untuk dikembangkan, baik varietas unggul spesifik lahan rawa maupun varietas unggul padi sawah irigasi. Meskipun sampai saat ini telah dilepas banyak varietas unggul padi spesifik lahan rawa, tetapi tidak semua varietas tersebut masih ada dan tersebar di masyarakat tani. Inpara (Inbrida padi rawa) merupakan varietas padi adaptif lahan rawa. Ada sembilan varietas yang sudah dilepas, yaitu Inpara 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, dan 9. Varietas Inpara dirakit dengan memiliki keunggulan toleransi terhadap keracunan besi (Inpara 1, 2, 3, 6, 7, 8 dan 9) dan toleran rendaman (varietas Inpara 4 dan Inpara 5). Potensi hasil rata-rata di atas 5 t/ha dengan potensi hasil 5,0-7,6 t/ha. Bentuk tekstur nasi pulen (Inpara 2, 7), pera (Inpara 1, 3, 4, 8, dan 9) dan sedang (Inpara 5, 6) dengan umur panen 114-135 hari (Suprihatno *et al.* 2010).

Informasi adaptasi varietas Inpara 1 sampai Inpara 5 pernah dilakukan oleh Koesrini *et al.* (2013) yang menunjukkan bahwa adaptasi varietas Inpara 1, 2, 3, dan 4 lebih baik daripada adaptasi varietas Inpara 5 di lahan rawa pasang surut. Varietas Inpara 5 rentan terhadap penyakit blas yang disebabkan jamur patogen *Pyricularia grisea* serta tidak tahan terhadap keracunan besi. Selain itu, dari uji adaptasi sembilan varietas Inpara di lahan rawa pasang surut di Kabupaten Barito Kuala, juga menunjukkan bahwa varietas Inpara 3, 4, 6, 8, dan 9 adaptif di lahan tersebut dengan hasil 3,7-4,3 t/ha. Kelima varietas tersebut berproduksi 38.5-71.3% lebih tinggi dibandingkan varietas Margasari dan 51.4-87.2% lebih tinggi dibandingkan varietas Mekongga. Keragaan hasil varietas Inpara rata-rata baru mencapai 50% dari potensi hasil yang ditunjukkan dideskripsi varietas. Hal ini menunjukkan kondisi lahan yang masih belum optimal, menyebabkan pertumbuhan varietas masih belum optimal (Gambar 47) (Koesrini *et al.* 2017).



Sumber: Koesrini *et al.* 2017

Gambar 44. Keragaan hasil varietas inpara di lahan rawa pasang surut, kabupaten barito kuala, kalsel, mk 2016

Pada saat ini adopsi varietas Inpara 2 dan Inpara 3 sudah mulai terlihat di Kabupaten Barito Kuala dan Kabupaten Kapuas. Permintaan benih kedua varietas tersebut cukup tinggi dibandingkan varietas Inpara lainnya. Data permintaan bantuan benih ke UPBS Balittra dari Kabupaten Barito Kuala tahun 2018 sebagai berikut: permintaan benih varietas Inpara 2 sebesar 7,825 t (81,9%), Inpara 3 sebesar 1,630 t (17,1%), dan Margasari sebesar 0,1 t (1%) (Koesrini 2018). Varietas Inpara 2 memiliki adaptasi yang baik di lahan rawa pasang surut maupun lahan rawa lebak. Varietas Inpara 3 memiliki adaptasi luas dapat ditanam pada beberapa agroekosistem, baik di lahan rawa pasang surut, lebak, irigasi semi teknis dan tadah hujan di Kalimantan Selatan, Tengah, dan Barat. Daya hasil Inpara 3 relatif stabil antara 3,0-5,0 t/ha. Adaptasi kedua varietas tersebut cukup baik di lahan rawa pasang surut, sehingga pada daerah di mana varietas Ciherang kurang adaptif, kedua varietas tersebut masih dapat berproduksi dengan baik. Adaptasi dan hasil varietas Inpara 4 sebenarnya cukup baik di lahan rawa pasang surut, tetapi karena umur panennya satu minggu lebih panjang daripada varietas Inpara 2 dan Inpara 3, varietas ini kurang diminati petani di lahan rawa pasang surut. Adopsi varietas Inpara di lahan rawa relatif masih rendah. Hal ini disebabkan rendahnya diseminasi yang dilakukan ke lahan rawa dan ketersediaan benih serta penyebarannya di tingkat petani masih terbatas. Strategi yang dilakukan untuk meningkatkan adopsi varietas Inpara melalui demplot beberapa macam varietas Inpara di lahan

petani, sehingga petani dapat secara langsung mengamati pertumbuhan dan adaptasi varietas tersebut. Selain itu, perlu inisiasi penangkaran benih Inpara adaptif, sehingga memudahkan petani untuk mendapatkan benih varietas Inpara adaptif.



Sumber: Koesrini, 2018

Gambar 45. Adaptasi varietas inpara 2 dan inpara 3 di lahan rawa pasang surut, kabupaten barito kuala, kalsel mk 2018

Pada lahan rawa pasang surut sulfat masam, pilihan varietas lebih terbatas karena faktor cekaman tanah terutama konsentrasi Fe dan Al tinggi dan pH rendah (tanah masam). Tidak dianjurkan menanam varietas unggul padi sawah irigasi di lahan tersebut, mengingat rendahnya daya toleransi terhadap keracunan besi dan Al serta pH rendah. Varietas yang dapat dipilih adalah varietas unggul padi rawa seperti Margasari, Inpara-1 sampai Inpara-9 (kecuali Inpara 5), atau Inpari-13 dan Inpari-30. Khusus untuk lahan sulfat masam dengan tingkat cekaman tinggi sampai sangat tinggi, varietas Margasari dan Inpara-1 dapat dipilih untuk dikembangkan. Margasari dan Martapura adalah varietas unggul padi rawa pasang surut yang dirakit di Balittra yang sudah terbukti toleran keracunan besi dan tanah masam.

Faktor pembatas budi daya padi di lahan salin adalah salinitas dan berasosiasi dengan tipe luapan A. Lahan ini terletak di pinggir sungai besar atau pantai. Saat ini ada varietas unggul padi rawa yang dilepas untuk toleran salinitas, seperti Inpari 34, Inpari 35, dan Unsoed 79 (Litbang Pertanian 2015). Varietas unggul lainnya yang dapat dipilih pada lahan salin yang lebih jauh dari pinggir sungai besar atau pantai adalah Inpara-3, Inpara-4, dan Inpara-5. Meskipun demikian penanaman ketiga varietas unggul di lahan ini masih dapat dilakukan dengan cara menyaliasi waktu tanam.

Penanaman varietas dilakukan lebih awal sehingga pada fase berbunga air payau belum masuk menggenangi persawahan. Jika pada fase berbunga air payau masuk, maka proses pembungaan akan gagal dan tanaman menjadi puso. Pada lahan salin yang dekat dengan sungai besar atau pantai di mana ketinggian genangan >30 cm, hanya varietas lokal yang dapat ditanam. Bibit varietas lokal besar, kuat, dan tinggi karena telah berumur 3-4 bulan, sehingga saat ditanam pucuk bibit masih dapat berada di atas genangan air. Hal ini tidak bisa dilakukan pada varietas unggul, karena bibit varietas unggul saat ditanam sekitar 20 cm, sedangkan genangan lebih dari 30 cm (Khairullah 2007). Varietas lokal yang dapat dipilih adalah varietas padi panjang (varietas Datu), varietas Pandak, atau varietas Bayar.

4.2. Lahan Rawa Lebak

Permasalahan utama di lahan rawa lebak adalah genangan air, sedangkan faktor kesuburan tanah tidak terlalu dominan memengaruhi pertanaman padi. Pada umumnya tingkat kesuburan tanah di lahan rawa lebak lebih tinggi dibandingkan dengan di lahan rawa pasang surut. Pada lebak dangkal di musim kemarau jika kondisi musim normal, varietas unggul padi rawa yang dapat ditanam adalah Inpara-1 sampai Inpara-9. Varietas unggul padi sawah irigasi yang dapat ditanam antara lain: Ciherang, Mekongga, Inpari-9, Inpari-19 atau Inpari-27. Penggunaan varietas berumur sangat genjah pada pertanaman musim kemarau, dapat mengurangi risiko puso karena varietas tersebut dapat menyelesaikan fase pengisian bulir gabah, sebelum kondisi lahan benar-benar kekeringan. Pada musim hujan pilihan varietas dapat lebih beragam karena kondisi genangan tidak lebih dari 50 cm. Varietas unggul padi rawa yang disarankan adalah Inpara-1 sampai Inpara-9, sedangkan varietas unggul padi sawah irigasi yang dapat ditanam adalah Ciherang, Mekongga, Inpari-11, Inpari-22, atau Inpari-20.

Penentuan varietas di lahan rawa lebak tengahan pada musim kemarau umumnya lebih beragam, baik varietas unggul padi rawa maupun padi sawah irigasi, karena ketersediaan air yang cukup. Varietas unggul padi rawa yang dapat ditanam adalah Inpara-1 sampai Inpara-9, sedangkan varietas unggul padi sawah irigasi yang dapat ditanam adalah Ciherang, Mekongga, Inpari-13, Inpari-18, Inpari-19, atau Sidenuk. Pada musim hujan, terutama saat *la nina*, penentuan varietas lebih terbatas mengingat kondisi genangan dalam. Varietas unggul padi rawa Inpara-3, Inpara-4, dan Inpara-5 atau Inpari-29 dan Inpari-30 dapat ditanam. Inpara-3 tahan rendaman 6 hari,

Inpara-4 dan Inpara-5 masing-masing tahan rendaman 14 hari. Demikian juga dengan Inpari 29 dan Inpari-30 Ciharang Sub 1 masing-masing tahan rendaman 14 dan 15 hari. Tidak dianjurkan menanam varietas unggul padi rawa lainnya, apalagi varietas unggul padi sawah beririgasi pada saat *la nina* di lahan lebak tengahan.

Pada lahan rawa lebak dalam, hampir semua varietas unggul dan varietas lokal padi tidak dapat ditanam. Balittra pernah merakit varietas yang kemudian dilepas dengan nama varietas Tapus, Alabio, dan Nagara atau lebih dikenal dengan padi air dalam (*deep water rice*). Keberadaan varietas ini perlu ditelusuri mengingat ketiga varietas ini pernah ditanam di lahan rawa lebak dalam dan berhasil panen dengan menggunakan perahu atau sampan. Varietas Tapus, Nagara, dan Alabio mampu memanjang dan membentuk tunas buku, dapat ditanam pada lahan rawa lebak dalam dengan genangan 150 cm di mana kenaikan genangan 1-3,5 cm per hari. Meskipun keterbatasan varietas padi yang dapat ditanam pada lahan rawa lebak dalam, tetapi lahan ini dapat menjadi anugerah bagi masyarakat lokal jika *el nino* tiba. Pada saat *el nino* lahan ini sangat subur bagi pertumbuhan padi sehingga dapat menjadi lumbung padi saat lahan lainnya kekeringan dan pertanaman puso.

Penentuan varietas padi untuk menanggulangi ledakan serangan hama dan penyakit serta perubahan iklim cukup terbatas. Jika terjadi serangan hama wereng coklat, varietas Inpari-1, Inpari-6, Inpari-13, Inpari-18, Inpari-19, Inpari-23, Inpari-31, dan Inpari-33 dapat digunakan karena tahan wereng coklat biotipe 1, 2, dan atau 3. Varietas Inpari-7, Inpari-31, Inpari-32, Inpari-36 Lanrang, dan Inpari-37 Lanrang yang tahan tungro dapat ditanam pada daerah endemik tungro. Varietas dapat digunakan jika terjadi endemik penyakit bakteri hawar daun seperti Inpari-1, Inpari-6, Inpari-11, Inpari-16 sampai Inpari-28, dan Inpari-31 sampai Inpari-33 dapat ditanam (Mejaya *et al.* 2014).

Jika terjadi *el nino*, varietas unggul baru yang berumur sangat genjah dapat ditanam seperti Inpari 12 dan 13 yang berumur 99 hari, atau Inpari 18, 19, dan 20 yang umurnya 102-104 hari. Varietas unggul baru yang agak tahan kekeringan seperti Inpari 38, Inpari-39, dan Inpari-40 (Mejaya *et al.* 2014). Karena berumur sangat genjah, varietas-varietas ini diharapkan mampu *escape* (terhindar) dari kekeringan terutama saat menjelang berbunga. Pada saat terjadi *la nina*, varietas Inpara-3, Inpara-4, dan Inpara-5 menjadi pilihan untuk ditanam mengingat kedua varietas ini

tahan rendaman. Inpara-3 tahan rendaman 6 hari, Inpara-4 dan Inpara-5 masing-masing tahan rendaman 14 hari . Varietas unggul padi irigasi yang tahan rendaman seperti Inpari 29 dan Inpari-30 Cihayang Sub 1 yang masing-masing tahan rendaman 14 dan 15 hari.

V. PENUTUP

Penentuan varietas yang tepat di lahan rawa sangat penting agar selisih potensi hasil dan hasil faktual tidak lebar. Penentuan varietas yang akurat akan meningkatkan produktivitas lahan rawa, baik lahan rawa pasang surut maupun lahan rawa lebak. Penentuan varietas ini didasarkan atas beberapa faktor seperti potensi hasil tinggi, toleran cekaman abiotik, permintaan pasar, preferensi atau faktor kesukaan, umur dan tinggi tanaman, dan tahan hama dan penyakit tanaman.

Penentuan varietas padi untuk lahan rawa pasang surut tergantung jenis tanah (potensial, sulfat masam, salin, bergambut) dan tipe luapan airnya (tipe A, B, C, D) sedangkan di lahan rawa lebak tergantung ketinggian air dan lama genangannya (lebak dangkal, tengahan, dalam). Strategi yang dapat dilakukan dalam pemilihan varietas untuk lahan rawa adalah berdasarkan adaptabilitas dan potensi hasilnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adri dan Yarda. 2014. Upaya peningkatan produktivitas padi melalui varietas unggul baru mendukung swasembada berkelanjutan di Provinsi Jambi. *J. Agroekotek* 6:1-11.
- Alihamsyah, T., M. Sarwani, A. Jumberi, I. Ar-Riza, I. Noor, dan H. Sutikno. 2003. *Lahan Rawa Pasang Surut Pendukung Ketahanan Pangan dan Sumber Pertumbuhan Agribisnis*. Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa (Balittra).
- Alwi, M. 2018. *Diseminasi teknologi inovatif hasil penelitian lahan rawa mendukung swa sembada pangan*. Laporan Akhir Tahunan. Balittra.
- Alwi, M. dan A. Hairani. 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.

- Annisa, W. Dan M. Alwi. 2017. Potensi, kendala dan peluang rawa pantai untuk pengembangan pertanian. Hlm:73-90. *Dalam* Masganti *et al.* (Eds.). *Agroekologi Rawa*. IAARD Press, Jakarta,
- Anwar, K., D. Subardja, dan I.G. Made Subiksa. 2014. Teknologi Inovasi Lahan Rawa Mendukung Kedaulatan Pangan Nasional. Hal:23-48. *Dalam* D. Nursyamsi *et al.* (Eds). Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian. IAARD Press Jakarta.
- Balittra 2013. Kajian Penerapan Paket Alat Mesin Budi Daya Padi di Lahan Rawa. Balittra dan Balai Besar Mektan.
- BBSDLP. 2014. Sumberdaya Lahan Pertanian Indonesia : Luas, Penyebaran, dan Potensi Ketersediaan. Laporan Teknis No. 1/BBSDLP/10/2014, Edisi 1th. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.
- Darsani, Y.R. dan Koesrini. 2018. Preferensi petani terhadap karakter beberapa varietas unggul padi lahan rawa pasang surut. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 2(2):85-94.
- Haryadi. 2015. *Teknologi Pengolahan Beras*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Helmi. 2015. Peningkatan produktivitas padi lahan rawa lebak melalui penggunaan varietas unggul padi rawa. *Jurnal Pertanian Tropik* 2(2):78-92.
- IRRI. 2014. *Standar Evaluation System for Rice*. International Rice Research Institute.
- Khairullah. 2007. Keunggulan dan kekurangan varietas lokal padi pasang surut. *Prosiding Seminar Nasional Pertanian Lahan Rawa*. Hlm:339-348. *Dalam* Mukhlis *et al.* (Eds). "Revitalisasi Kawasan PLG dan Lahan Rawa Lainnya untuk Membangun Lumbung Pangan Nasional", Kuala Kapuas 3-4 Agustus 2007. Buku I. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Khairullah, I., dan M. Saleh. 2014. Sumberdaya lokal tanaman pangan lahan rawa. *Biodiversiti Rawa: Eksplorasi, Penelitian, dan Pelestariannya*. Hlm: . *Dalam* Mukhlis *et al.* (Eds). Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. IAARD Press, Jakarta.

- Koesrini, M. Saleh dan Dedi Nursyamsi. 2013. Keragaan varietas Inpara di lahan rawa pasang surut. *Majalah Pangan* 22(3).
- Koesrini, E. William, dan I. Khairullah. 2014. Varietas padi adaptif lahan rawa pasang surut. *Dalam: Nursyamsiet al.* (Eds). *Teknologi Inovasi Lahan Rawa Pasang Surut Mendukung Kedaulatan Pangan Nasional*. IAARD Press, Badan Litbang Pertanian.
- Koesrini, M. Saleh, dan S. Nurzakiah. 2017. Adaptabilitas varietas Inpara di lahan rawa pasang surut tipe luapan air B pada musim kemarau. *J.Agron.Indonesia* 45(2):117-123.
- Koesrini. 2018. Produksi Benih Sumber Padi Lahan Rawa. Laporan Akhir Tahunan Balittra.
- Litbang Pertanian. 2015. Varietas padi toleran kekeringan, rendaman, salinitas, dan tahan hama penyakit utama. www.litbang.pertanian.go.id. Diakses 20 Juni 2019.
- Maftu'ah, E. dan M.A. Susanti. 2018. Ameliorasi lahan gambut terdegradasi untuk pertanian berkelanjutan. Hlm:295-322. *Dalam Masganti et al.* (Eds). *Inovasi Teknologi Lahan Rawa Mendukung Kedaulatan Pangan*. Rajawali Press, Depok.
- Mejaya, I.M.J, Satoto, P. Sasmita, Y. Baliadi, A. Guswara, dan Suharma. 2014. Deskripsi Unggul Baru padi (Inpari, Inpago, Inpara, Hipa). Badan Litbang Pertanian.
- Ningsih, R.D.dan K. Nafisah. 2013. Preferensi Konsumen terhadap Padi Inpara dan Penampilan Pertumbuhan di Lahan Rawa Kabupaten Barito Kuala. Hlm:172-177. *Dalam Muniyanto et al.* (Eds). *Prosiding Seminar Nasional Menggagas Kebangkitan Komoditas Unggulan Lokal Pertanian dan Kelautan*. Madura, Juni 2013. Faperta Universitas Trunojoyo.
- Nursyamsi, D., S. Raihan, M. Noor, K. Anwar, M. Alwi, E. Maftuah, I. Khairullah, I. Ar Riza, R.S. Simatupang, NoorGINAYuwati, dan Y. Rina. 2014a. Pedoman Umum Pengelolaan Lahan Sulfat Masam untuk Pertanian Berkelanjutan. IAARD Press, Badan Litbang Pertanian.
- Nursyamsi, D., M. Alwi, M. Noor, K. Anwar, E. Maftuah, I. Khairullah, I. Ar Riza, S. Raihan, R.S. Simatupang, NoorGINAYuwati, A. Jumberi. 2014b. Pedoman Umum Pengelolaan Lahan Rawa Lebak untuk Pertanian Berkelanjutan. IAARD Press, Badan Litbang Pertanian.

- Noor, M. 2007. Rawa Lebak: Ekologi, Pemanfaatan, dan Pengembangannya. RajaGrafindo Persada. Jakarta.
- Saragih, S., dan Siti Nurzakiah. 2011. Peluang meningkatkan indeks pertanaman padi dengan IP 300 di lahan rawa pasang surut. *Agroscentiae* 18(3):38-43.
- Subagyo. 2006. Lahan rawa pasang surut. Hal.23-98. *Dalam* Suriadikarta *etal.* (Eds). Karakteristik dan Pengelolaan Lahan Rawa. Balai Besar Litbang Sumberdaya lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Sumartono, Nasrullah, dan H. Hartiko. Genetika Kuantitatif dan Bipteknologi Tanaman. PT Tiara Wacana Yogya.
- Suprihatno, B., A.A. Daradjat, Satoto, Baehaki. 2010. Deskripsi Varietas Padi. Balai Besar Penelitian tanaman Padi. Sukamandi.
- Thamrin, M., S. Asikin, D. Nazemi. 2014. Inovasi teknologi pengelolaan organisme pengganggu tanaman padi di lahan rawa pasang surut. Hlm:173-220. *Dalam* Nursyamsi *et al.* (Eds). Teknologi Inovasi Lahan Rawa Pasang Surut Mendukung Kedaulatan Pangan Nasional. IAARD Press, Badan Litbang Pertanian.
- Untari, U. dan W. I. Nursih. 2013. Uji preferensi masyarakat lokal terhadap nasi dari varietas padi Inpari 7, Inpari 8 Dan Inpara 2. *Journal Agricola* 3(1): 43-52.
- Virmani, S.S. 1977. Varietal tolerance of rice to iron toxicity in Liberia. *Internat. Rice Res. News* 2:4-5.
- Wahdah, R., dan B.F. Langai. 2010. Preferensi petani terhadap varietas padi lokal di areal pasang surut Kabupaten Tanah Laut dan Kabupaten Barito Kuala. *Media Sains* 2(1):114-120.

POTENSI DAN PROSPEK INOVASI TEKNOLOGI INTEGRASI KELAPA SAWIT DAN SAPI DI LAHAN PASANG SURUT KALIMANTAN SELATAN

Eni Siti Rohaeni¹, M. Yasin¹, Siti Nurawaliah¹ dan
Sara Sorayya Ermuna²

¹Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Kalimantan Selatan

²Kementrian Koordinator Bidang Perekonomian

Email: *eni_najib@yahoo.co.id*

RINGKASAN

Pengembangan pertanian di lahan rawa pasang surut merupakan upaya dalam menjawab tantangan peningkatan produksi pertanian. Integrasi antara kelapa sawit dan ternak sapi di lahan rawa pasang surut memiliki potensi dan prospek yang besar untuk dikembangkan. Sistem integrasi yang berkelanjutan menerapkan teknologi yang layak secara teknis, ekonomi, sosial, dan dapat diterima masyarakat. Selain produk utama yang dihasilkan dari kelapa sawit, terdapat produk sampingan berupa limbah baik dari perkebunan maupun pabrik pengolahan kelapa sawit. Limbah dari perkebunan kelapa sawit yang potensial digunakan untuk pakan ternak berupa pelepah, daun, dan tandan buah kosong. Keuntungan yang diberikan dengan adanya ternak sapi di lahan perkebunan kelapa sawit di antaranya efisiennya biaya tenaga kerja untuk mengendalikan gulma dan kotoran ternak yang dihasilkan sebagai sumber pupuk dan hara bagi tanaman. Tujuan dari makalah ini adalah untuk menginformasikan potensi dan prospek integrasi antara kelapa sawit dengan ternak sapi khususnya di pasang surut. Peluang pengembangan sistem ini karena adanya potensi sumber daya lahan yang potensial dan luas, sumber daya manusia yang tersedia dan inovasi teknologi. Pengembangan integrasi sawit dan sapi perlu didukung dengan penguatan kelembagaan dan permodalan serta fasilitas berupa mesin pencacah pelepah sawit (*shredder*). Integrasi sawit dan sapi memiliki beberapa keuntungan di samping kelemahan. Keuntungan yang diperoleh, yaitu tersedianya pakan sepanjang waktu, lingkungan kandang menjadi bersih, dapat menyuburkan lahan, meningkatkan produksi kelapa sawit, terjadinya peningkatan produktivitas ternak berupa bobot badan meningkat dan meningkatkan pendapatan petani. Dalam diperlukan

sinergi dan kerja sama antara pemerintah dan swasta sehingga petani dapat mengimplementasikannya secara maksimal.

I. PENDAHULUAN

Lahan rawa merupakan salah satu lahan yang potensial untuk pengembangan pertanian. Untuk lahan basah, seluas 14,9 juta ha berupa lahan gambut, seluas 11,0 juta ha berupa lahan rawa pasang surut, dan 9,3 juta ha berupa lahan rawa lebak (Mulyani dan Sarwani 2013). Sebaran lahan rawa di Kalimantan Selatan terdiri atas rawa pasang surut 1.032.184 ha (49,08%), rawa gambut 800.257 ha (38,05%), dan rawa lebak 270.547 ha (12,87%). Kabupaten Barito Kuala memiliki lahan pasang surut terluas, yaitu 287.922 ha (96,07%) dengan luasan lahan sawah fungsional sekitar 95.869 ha (Balittra 2014).

Pengembangan pertanian di lahan rawa pasang surut merupakan upaya dalam menjawab tantangan peningkatan produksi pertanian. Penerapan inovasi teknologi yang tepat dan sesuai diperlukan dalam pengelolaan lahan rawa. Pengelolaan lahan yang tepat memiliki prospek yang baik untuk dikembangkan menjadi lahan yang produktif untuk beberapa komoditas (Arsyad *et al.* 2014). Usahatani yang dilakukan di daerah pasang surut, khususnya di Provinsi Kalimantan Selatan dalam hal ini di Kabupaten Barito Kuala, yaitu padi (lokal dan unggul), jeruk, karet, kelapa sawit, singkong dan sayuran serta ternak sapi (Rohaeni *et al.* 2016 dan Rohaeni *et al.* 2017).

Sistem integrasi yang berkelanjutan menerapkan teknologi yang layak secara teknis, ekonomi, sosial, dan dapat diterima masyarakat. Ciri khas dari sistem integrasi yaitu dapat mengurangi atau menekan biaya input/pengeluaran usahatani melalui pemanfaatan limbah yang dihasilkan dari beberapa komoditas yang diusahakan. Di samping itu, dapat meningkatkan pendapatan dan skala usaha petani jika dibandingkan tanpa integrasi (Dwiyanto dan Haryanto 2001; Rohaeni 2014).

Luasan kebun kelapa sawit di Kalsel pada tahun 2017 sebesar 423.414 ha, dan khusus di Barito Kuala seluas 20.748 ha atau sekitar 4,78%. Produksi kelapa sawit di Kalsel 1.395.577 ton dan di Batola 14.914 ton (1,07%). Populasi ternak sapi di Kalsel pada tahun 2017 sebesar 164.219 ekor dan di Batola 8.546 ekor (BPS Provinsi Kalsel 2018). Berdasarkan data terlihat bahwa luasan kelapa sawit dan sapi di Barito Kuala tidak terlalu besar namun walaupun demikian tetap memiliki potensi.

Peran ternak sapi di Kalsel umumnya adalah sebagai usaha sampingan dan bersifat tabungan yang dapat dijual jika diperlukan. Kondisi ini menunjukkan bahwa usahatani ternak sebagai bagian dari sektor pertanian dapat diintegrasikan dengan usahatani lain seperti tanaman pangan atau perkebunan yang dapat digunakan untuk meningkatkan produktivitas masing-masing cabang usahatani. Artinya, dapat saling menunjang untuk saling mengisi dalam meningkatkan produktivitas dengan memanfaatkan produk samping usaha (Rohaeni 2014).

Peran ternak dapat dimasukkan dalam bagian integrasi sistem usahatani untuk saling mengisi dan bersinergi yang memberi hasil dan nilai tambah optimal. Tanaman, baik dari tanaman semusim ataupun tanaman tahunan tidak hanya menghasilkan pangan sebagai produk utama, tetapi juga menghasilkan produk samping. Hasil samping tersebut berupa limbah pertanian yang dengan inovasi teknologi dapat diubah menjadi pakan ternak (Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2002). Demikian juga limbah ternak melalui inovasi teknologi dapat digunakan sebagai sumber pupuk organik (Rohaeni 2014). Menurut Arianto (2017) bahwa model pengembangan sapi Bali pada sistem integrasi sawit-sapi mampu meningkatkan produktivitas dan populasi sapi Bali, memberikan tambahan penghasilan dari hasil penjualan sapi, meningkatkan hasil panen dan penjualan Tandan Buah Segar (TBS), memanfaatkan kotoran sapi sebagai pupuk organik dan mengurangi jumlah tenaga kerja. Pengembangan sapi Bali melalui integrasi dengan perkebunan kelapa sawit memberikan prospek yang positif dan dapat mewujudkan program nasional untuk meningkatkan populasi sapi.

Kajian sistem integrasi yang telah dilakukan di antaranya integrasi padi dan ternak sapi, integrasi sawit dan ternak sapi dan integrasi jagung dan sapi dengan pendekatan *zero waste*. Pendekatan ini merupakan penyempurnaan dari teknologi yang telah berkembang di kalangan petani/peternak di pedesaan (Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian 2002). Sistem integrasi memberikan peluang untuk meningkatkan pendapatan dan kesejahteraan petani dapat dicapai dengan meningkatnya produktivitas baik ternak dan tanaman. Sebagai contoh, ternak yang pakannya tersedia sepanjang waktu dengan kualitas yang baik maka produktivitas ternak dapat optimal, kesulitan pakan pada musim paceklik dapat dihindari, dan pemanfaatan kotoran ternak dapat memperbaiki kualitas tanah.

Tujuan dari makalah ini adalah untuk menginformasikan potensi dan prospek integrasi antara kelapa sawit dengan ternak sapi khususnya di daerah pasang surut.

II. POTENSI LIMBAH KELAPA SAWIT SEBAGAI PAKAN SAPI

Luasan kebun kelapa sawit di Kalsel pada tahun 2017 sebesar 423.414 ha, dan di Barito Kuala seluas 20.748 ha atau sekitar 4,78%. Produksi kelapa sawit di Kalsel 1.395.577 ton dan di Batola 14.914 ton (1,07%). Populasi ternak sapi di Kalsel pada tahun 2017 sebesar 164.219 ekor dan di Batola 8.546 ekor (BPS Provinsi Kalsel 2018). Berdasarkan data terlihat bahwa luasan kelapa sawit di Barito Kuala tidak terlalu besar namun walaupun demikian tetap memiliki potensi. Jika menggunakan asumsi Arianto (2017) bahwa 1 ha kebun sawit dapat memenuhi untuk 1 ekor sapi, maka luasan kebun sawit di Barito Kuala mampu untuk menampung sebanyak 20,748 ekor sementara pada saat yang sama populasi sapi hanya 8.546 ekor, jadi masih dapat ditingkatkan sebesar 12.202 ekor.

Selain produk utama yang dihasilkan dari kelapa sawit, terdapat produk sampingan berupa limbah, baik dari perkebunan maupun pabrik pengolahan kelapa sawit. Limbah dari perkebunan kelapa sawit yang potensial digunakan untuk pakan ternak berupa pelepah, daun, dan tandan buah kosong. Sementara limbah dari pabrik kelapa sawit yaitu lumpur dan bungkil inti sawit. Bungkil inti sawit saat ini telah memiliki nilai jual yang cukup tinggi dan memiliki pasar.

Potensi pakan dari perkebunan kelapa sawit yaitu dari hijauan antar tanaman (HAT), pelepah, daun kelapa sawit dan tandan buah kosong. HAT yang dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak meliputi rumput yang tumbuh sendiri/liar dan hijauan pakan introduksi seperti legum *Callopogonium*. Namun produksi hijauan vegetasi di bawah tanaman kelapa sawit itu sangat bergantung pada umur tanaman. Semakin besar dan tua tanaman sawit maka produksi HAT semakin kecil. Hal ini terkait dengan intensitas cahaya yang mencapai areal perkebunan. Tanaman sawit di atas umur 6 tahun tidak berpotensi sebagai sumber HAT. Untuk produk samping dari kebun kelapa sawit seperti pelepah dan daun berpotensi sebagai sumber pakan serat (Mathius 2003; Mathius 2008).

Hasil penelitian yang dilaporkan oleh Daru *et al.* (2014) bahwa hijauan antara tanaman (HAT) di lahan perkebunan kelapa sawit memiliki potensi yang besar sebagai sumber pakan bagi ternak ruminansia. Jenis-jenis

hijauan yang tumbuh di lahan kelapa sawit umumnya sebagai gulma, namun gulma ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber hijauan pakan. Selanjutnya, dilaporkan bahwa produksi hijauan di lahan perkebunan kelapa sawit rakyat yang di Kutai Kartanegara yang dihasilkan pada umur tanaman 3 tahun dapat menampung 1,44 ST/ha, dan menurun menjadi 0,71 ST/ha pada tanaman umur 6 tahun.

Bungkil inti sawit atau *palm kernel cake* adalah hasil ikutan dari proses pengolahan inti sawit menjadi *Palm Kernel Oil* (PKO). Beberapa tahun lalu, bungkil inti sawit (BIS) dilaporkan oleh Dinas Peternakan Kalimantan Selatan (2004) memiliki nilai ekonomi karena telah diperjualbelikan dengan harga Rp500/kg di tempat (pabrik) namun saat ini (2018) harga bungkil kelapa sawit Rp1.500-2.500/kg tergantung lokasi.

Tabel 48 menampilkan kandungan gizi dari limbah sawit. Berdasarkan Tabel 51 ini diketahui bahwa limbah sawit yang mempunyai kandungan protein kasar di atas 10%, yaitu lumpur sawit, bungkil inti sawit dan daun sawit (tanpa lidi). Hal ini menunjukkan bahwa ketiga limbah ini mempunyai nilai lebih dibanding limbah sawit lainnya. Namun untuk lumpur dan bungkil hanya dapat diperoleh dari pabrik pengolahan kelapa sawit.

Tabel 48. Kandungan gizi beberapa produk dari limbah kelapa sawit

No	Gizi	Limbah sawit						
		PS ¹	LS ¹	BIS ¹	DS ² tanpa lidi	SP ²	TK ²	BS ²
1	BK (%)	86,2	91,1	91,8	46,18	93,11	92,1	88-92
2	PK (%)	5,8	11,1	15,3	14,12	6,2	3,7	1,6-3,2
3	SK (%)	48,6	17,0	15,0	21,52	48,1	47,93	36-39
4	LK (%)	5,8	12,0	8,9	4,37	3,22	4,7	0,6-1,0
5	BETN (%)	36,5	50,4	55,8	46,59	-	-	51-54
6	Abu (%)	3,3	9,0	5,0	13,4	5,9	7,89	2,8-3,2
7	Kalsium (%)	0,32	0,7	0,2	0,84	-	-	-
8	Fosfor (%)	0,27	0,5	0,52	0,17	-	-	-
9	TDN (%)	29,8	45,0	65,4	-	-	-	-
10	GE (MJ/kg)	4,02	6,52	9,8	4,46	4,68	-	4,3-4,6

Keterangan: PS: pelepah sawit; LS: lumpur sawit ; BIS: bungkil inti sawit; DS: daun sawit; SP: serat perasan; TK: tandan kosong ; BS : batang sawit; BK: bahan kering; PK: protein kasar; SK: serat kasar; LK: lemak kasar

Sumber: (1) Idris *et al.* (1998) dalam Elisabeth dan Ginting (2003); (2) Mathius *et al.* (2003)

Usaha perkebunan terutama kelapa sawit sangat potensial untuk diintegrasikan dengan budi daya ternak sapi (Utomo dan Widjaya 2012). Namun limbah ini di samping memiliki kelebihan juga ada kelemahannya sehingga dalam pemanfaatan limbah sawit harus dilakukan dengan inovasi teknologi agar menghasilkan pengaruh yang positif. Pemanfaatan limbah dan produk samping industri kelapa sawit dapat meningkatkan produktivitas atau pertambahan bobot badan harian (PBBH) sapi potong hingga 72% (Mathius 2008). Beberapa penelitian lain menunjukkan bahwa integrasi sawit-sapi mempunyai prospek yang baik untuk mendukung pengembangan sapi potong di masa mendatang (Diwyanto *et al.* 2004; Manti *et al.* 2004; Mathius 2008; Diwyanto dan Priyanti 2009).

Menurut Purba dan Elisabeth (2003) bahwa pelepah sawit merupakan salah satu limbah dari hasil pemangkasan yang rutin, sedang daun sawit merupakan hasil ikutan yang diperoleh saat dilakukan pemanenan tandan buah segar. Kebun kelapa sawit diperkirakan dapat menghasilkan pelepah dan daun per hektar lahan mencapai lebih dari 2,3 ton bahan kering. Asumsi yang digunakan dari jumlah tersebut jika tiap pohon kelapa sawit menghasilkan 22 pelepah dan daun segar per tahun. Pemanfaatan daun kelapa sawit harus dibuang dulu lidinya karena akan memberikan pengaruh terhadap kesehatan. Pemanfaatannya sebagai pakan sapi dapat digunakan maksimal sejumlah 30% dari konsumsi bahan kering. Dalam pemanfaatan pelepah dan daun sawit diperlukan proses atau penanganan agar kualitasnya meningkat di antaranya dengan cara penggilingan atau pencincangan dan fermentasi.

Beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa pemanfaatan limbah sawit berupa pelepah untuk ternak pemberiannya tidak melebihi dari 30% dan jika diberikan dalam waktu panjang menghasilkan kualitas karkas yang baik (Wan Zahari *et al.* 2003 yang disitasi Mathius *et al.* 2003). Hasil lainnya bahwa pemanfaatan pelepah sawit untuk pakan ternak dapat dilakukan dalam bentuk silase yang dikombinasikan dengan bahan pakan lain sehingga dihasilkan konsentrat (Abu Hasan dan Ishida, 1991 yang disitasi Mathius *et al.* 2003). Hasil yang dilaporkan oleh Elisabeth dan Ginting (2003) bahwa pemberian pelepah dapat diberikan sampai 60%, yang sisanya digunakan lumpur dan bungkil sawit masing-masing 18%, dedak padi 4% memberikan pertambahan berat badan harian sapi potong sebesar 0,58 kg/ekor dan ekonomis. Daun kelapa sawit dapat diberikan segar untuk ternak sapi, namun bila diberikan lebih dari 20%

perlu pengolahan untuk meningkatkan kualitasnya. Penelitian Batu bara (2002) bahwa pemberian daun kelapa sawit tanpa lidi sebanyak 40% dan konsentrat dihasilkan PBBH pada sapi jantan muda sebesar 0,76 kg/ekor dan nilai B/C 1,5.

Limbah yang potensial berasal dari industri pabrik kelapa sawit, yaitu lumpur atau solid. Lumpur sawit atau solid adalah *palm sludge* dan merupakan hasil ikutan yang diperoleh dari pencucian dan proses pemisahan CPO. Jumlah lumpur sawit yang dapat diperoleh berkisar 29% dari bobot tandan buah segar, atau setara dengan 1,13 ton per Ha. Umumnya bahan ini digunakan sebagai sumber energi dalam ransum. Uji lapang menunjukkan bahwa lumpur sawit cukup disenangi ternak, meskipun awalnya memerlukan waktu adaptasi dalam penggunaannya.

Pemanfaatan lumpur yang dihasilkan dari industri pengolahan kelapa sawit masih belum dilakukan untuk tujuan ekonomi. Umumnya lumpur sawit digunakan sebagai penimbun jurang atau bahkan dibuang sehingga menimbulkan polusi. Menurut Suharto (2003), pemanfaatan lumpur sawit memberikan hasil ganda, yaitu menambah persediaan bahan pakan dan mengurangi polusi. Kekurangan dari lumpur sawit, yaitu tingginya kadar air. Hal ini kemungkinan yang menyebabkan kurang disukai. Pemanfaatan lumpur sawit untuk ternak tidak bisa tunggal karena kandungan energi rendah dan abu yang tinggi sehingga penggunaannya harus dicampur dengan bahan pakan lain (Mathius *et al.* 2003).

Hasil penelitian Rohaeni *et al.* (2016 dan 2017) menunjukkan bahwa meningkatnya usaha perkebunan kelapa sawit di Kalsel berpotensi sebagai penghasil biomassa yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber pakan baik dari limbah kebun berupa pelepah atau biomassa dari pabrik. Biomassa pabrik berupa *solid* atau lumpur dapat digunakan sebagai sumber bahan pakan yang berkualitas dengan harga murah, namun dalam penggunaannya harus dilakukan dengan cara mencampur *solid* dan bahan pakan lain. Pemanfaatan biomassa sawit berupa *solid* sebagai bahan dasar pakan dapat memperbaiki kinerja dan reproduksi sapi.

III. LIMBAH TERNAK SAPI UNTUK KELAPA SAWIT

Potensi besar yang ada di Kabupaten Batola sebagai daerah pasang surut, yaitu adanya limbah ternak yang belum dimanfaatkan secara optimal. Limbah ternak yang dihasilkan belum dimanfaatkan dapat juga merupakan

masalah. Hal ini karena dapat menyebabkan lingkungan menjadi kotor dan tercemar. Solusinya adalah dengan mengelola limbah ternak dengan bijak termasuk di antaranya perbaikan atau penataan denah kandang. Kesadaran petani untuk berperan serta dalam menjaga lingkungan melalui pembersihan kandang, menyediakan tempat penampungan limbah dan melakukan pengolahan limbah ternak, baik padat maupun cair serta memanfaatkannya. Limbah ternak ini sebagai pasok pupuk organik yang dapat meningkatkan kualitas lahan dan menekan biaya pupuk kimia sehingga memiliki nilai ekonomi.

Keuntungan yang diberikan dengan adanya ternak sapi di lahan perkebunan kelapa sawit di antaranya efisiennya biaya tenaga kerja untuk mengendalikan gulma dan kotoran ternak yang dihasilkan sebagai sumber pupuk dan hara bagi tanaman (Daru *et al.* 2014). Besarnya potensi limbah ternak sapi tergantung bangsa dan umur ternak, semakin besar maka semakin banyak dihasilkan. Menurut Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian (2003) dalam Rohaeni *et al.* (2013) menyebutkan bahwa seekor sapi dapat menghasilkan feses antara 4,5-9,0 kg/ekor/hari. Populasi ternak sapi di Batola 8.546 ekor maka diperkirakan menghasilkan pupuk 38,457-76,914 ton/hari jumlah yang cukup besar. Pengaruh pemanfaatan limbah ternak terhadap produksi sawit disajikan pada bab berikut.

IV. PROSPEK INTEGRASI SAWIT DAN SAPI

Menurut Arianto (2017) bahwa saat ini sekitar 78,25% populasi ternak sapi terkonsentrasi di luar non-sentra sawit seperti Jawa, Bali, Nusa Tenggara, dan Sulawesi, sedangkan 21,75% berada di wilayah sawit (Kalimantan dan Sumatera). Luasan kebun sawit di Indonesia sebesar 11,3 juta ha, yang mana ini berpotensi untuk mendukung perkembangan populasi sapi secara nasional melalui sistem integrasi. Sementara menurut Mulyani *et al.* (2003) bahwa berdasarkan kelas kesesuaian lahan, lahan yang sesuai untuk tanaman kelapa sawit sekitar 51,4 juta ha yang tersebar di 16 provinsi di Indonesia. Kelapa sawit dapat dikembangkan di seluruh provinsi di Sumatera, Kalimantan, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tengah, Sulawesi Tenggara, dan Papua.

Potensi biomassa tiap hektar kebun kelapa sawit dapat memenuhi kebutuhan pakan untuk satu ekor ternak sapi dewasa selama setahun.

Jika diasumsikan seluas 30% kebun kelapa sawit yang ada di Indonesia dapat menerapkan program integrasi ternak sapi, maka sekitar 3 juta ha kebun kelapa sawit yang dapat menampung 3 juta ekor ternak sapi potong. Tentu ini merupakan peluang dan potensi yang besar seperti yang disampaikan oleh Utomo dan Widjaja (2012) bahwa dengan semakin luas areal pengembangan perkebunan kelapa sawit, maka semakin besar potensi peningkatan populasi ternak.

Walaupun usaha perkebunan kelapa sawit memberikan tambahan pendapatan bagi petani yang menunjukkan adanya peningkatan kesejahteraan. Usaha kelapa sawit memberikan pendapatan yang lebih kontinyu karena setiap dua minggu panen dan langsung dijual. Menurut Soedjana (2015) melaporkan bahwa implementasi program integrasi sawit-sapi di Indonesia baru mencapai 0,5%. Beberapa faktor yang menjadi pembatas di antaranya bahwa usaha sapi merupakan hal baru bagi para pekebun, maka diperlukan adanya pengawalan dan pendampingan dalam integrasi sawit-sapi. Selain itu, pemahaman sistem integrasi sapi sawit masih rendah, karena muncul kekhawatiran bahwa adanya sapi di kebun sawit dapat menyebabkan kerusakan tanaman. Faktor penghambat dalam kegiatan integrasi sapi dengan kelapa sawit di antaranya pengalaman dan pemahaman pemilik/manajemen kebun kelapa sawit yang rendah sehingga ada keraguan khawatir terjadi pemadatan tanah, kesulitan pemasaran ternak dan kekurangan suplai bakalan dan induk produktif.

Arianto (2017) menegaskan bahwa yang perlu diperhatikan dalam integrasi, yaitu (1) Teknologi pakan harus bertujuan untuk memenuhi kebutuhan pakan peningkatan populasi ternak; (2) Teknologi pakan pada sistem integrasi sawit harus mempunyai nilai keberlanjutan dan ekonomis serta ramah lingkungan; (3) Sinergitas hasil riset teknologi pakan perlu dilakukan antarinstansi (kerja sama riset dan diseminasi); dan (4) adanya inovasi teknologi hasil riset perlu diaplikasikan pada sistem integrasi sawit-sapi.

Strategi yang diperlukan dalam pengembangan peternakan sapi yang terintegrasi dengan perkebunan kelapa sawit yaitu dengan mengarahkan pada 1) industri pakan ternak berbasis limbah dan produk samping kelapa sawit, 2) industri perkembangbiakan sapi, dan 3) industri penggemukan sapi potong. Hal ini menunjukkan bahwa dalam integrasi sawit dan sapi terdapat tiga peluang yaitu industri pakan ternak, industri pengembangan ternak sapi dan industri penggemukan (Umar 2009).

Hasil kajian yang dilakukan di Barito Kuala Kalsel dan dilaporkan oleh Rohaeni *et al.* (2016 dan 2017) bahwa pemanfaatan limbah sawit asal pabrik dan kebun sawit memberikan keuntungan, yaitu menghemat waktu atau lebih efisien, memanfaatkan limbah yang berpotensi sebagai sarang tikus jika tidak dimanfaatkan, pakan lebih tersedia sepanjang waktu. Beberapa penelitian lain yang mendukung dilaporkan oleh Utomo dan Widjaja (2012) bahwa sistem integrasi sawit-sapi memberikan keuntungan secara finansial yang pada akhirnya akan meningkatkan pendapatan dan kesejahteraan petani. Hasil penelitian di Kaltim melaporkan bahwa dengan integrasi sawit dan sapi pendapatan petani meningkat 10,56-16,49% (Pagassa, 2008). Hasil lain di Kalteng dilaporkan oleh Yuwanta (2009) bahwa pendapatan dari sistem integrasi sawit-sapi sebesar (Rp16.240.000) sedangkan tanpa terintegrasi (Rp14.180.000) atau meningkat sebesar 14,53%. Penelitian lain di Riau yang dilakukan oleh Bangun (2010) bahwa peningkatan pendapatan integrasi sawit dan sapi sebesar 33,67% dibandingkan tanpa integrasi. Integrasi sawit sapi yang dilaporkan di Kampar bahwa selain meningkatkan pendapatan juga dapat mengurangi biaya pembelian kimia sebesar 35% (Saleh 2012).

Hasil kajian yang dilakukan di Barito Kuala bahwa pemanfaatan limbah sawit baik dari kebun dan pabrik kelapa sawit pada induk bunting dapat memberikan peningkatan pada *conception rate* atau persentase induk yang bunting dari populasi yang ada, *calving rate* dan rataan bobot lahir pedet. Nilai *Conseption rate* atau persentase induk yang bunting dari populasi yang ada dinyatakan dalam persen diperoleh angka 83,33% (pemanfaatan limbah sawit untuk pakan) dan 50% pada kontrol. *Calving rate* termasuk dalam kategori ideal, yaitu di atas 80,33% pada kelompok perlakuan. Limbah cair berupa urine yang diolah menjadi biourin dan pupuk padat dimanfaatkan untuk tanaman sawit. Hasil diskusi dan pengamatan diketahui bahwa pemanfaatan kompos dan pupuk cair dapat memperbaiki tanaman kelapa sawit sebesar 78,57% (Rohaeni *et al.* 2016, Rohaeni *et al.* 2017).

Tabel 49. Demplot di kelompok harapan makmur, desa kolam makmur, kec. Wanaraya, kab. Barito kuala

No	Parameter	Pemanfaatan Limbah Sawit	Kontrol
1	Conception rate (%)	83.33	50.00
2	Calving rate (%)	83.88	50.00
3	BB lahir pedet (kg)	14,31	14

Sumber: Rohaeni *et al.* (2017)

Tabel 50. Produksi kelapa sawit yang dihasilkan antara yang diberi pupuk kandang dan tanpa pupuk kandang

No	Uraian	Pupuk Kandang	Tanpa Pupuk Kandang
		Hasil (ton/ha)	
1	Panen 1	1,75	0.98
2	Panen 2	1,75	0.98
3	Panen 3	1,75	0.98
4	Panen 4	1,75	0.98
	Rataan	1,75	0,98

Sumber: Rohaeni *et al.* 2017

Berdasarkan laporan Rohaeni *et al.* (2016 dan 2017) yang telah dilakukan di Barito Kuala dengan integrasi sawit dan sapi memberikan beberapa keuntungan di antaranya:

- a. Pemanfaatan limbah sawit sebagai pakan tambahan ternak memberikan keuntungan yaitu tersedianya pakan sepanjang waktu, ternak menjadi lebih sehat dan terjamin, kebun sawit menjadi bersih dari limbah dan sarang tikus, memiliki stok pakan kapan saja terutama saat paceklik pakan atau saat petani memiliki kesibukan.
- b. Pemanfaatan limbah ternak memberikan keuntungan yaitu lingkungan kandang menjadi bersih, dapat menyuburkan lahan, meningkatkan produksi kelapa sawit.
- c. Pemanfaatan limbah kelapa sawit untuk pakan dan limbah ternak untuk pupuk dinilai penting dan memiliki nilai tambah.
- d. Pemanfaatan limbah sawit ini sangat bermanfaat karena saat ini lahan sudah sangat terbatas dimanfaatkan untuk kelapa sawit sehingga ketersediaan pakan ternak saat musim paceklik menjadi masalah.

- e. Limbah sawit cukup potensial sebagai pakan ternak karena adanya proning yang dilakukan setidaknya 40 buah pelepah per tahun per pohon.
- f. Limbah ternak (padat dan cair) jika tidak dimanfaatkan dapat mencemari lingkungan oleh karena itu pemanfaatan limbah padat dan cair dapat dimanfaatkan untuk pertanaman kelapa sawit.
- g. Terjadinya peningkatan produktivitas ternak berupa bobot badan meningkat, Skor Kondisi Tubuh ternak dan skor bulu ternak.
- h. Terjadi peningkatan produksi sawit melalui pemanfaatan limbah ternak sebagai pupuk organik baik padat dan cair.
- i. Pemanfaatan limbah ternak pupuk padat sebanyak 40-50 kg per pohon dapat meningkatkan produksi sawit. Peningkatan produksi sawit sekitar 79% dibandingkan tanpa pemberian pupuk kandang.
- j. Pemanfaatan pupuk kandang memberikan peningkatan biaya sebesar Rp15.000/pohon (harga pupuk dan angkut), namun dapat ditutupi dengan adanya peningkatan produksi.

Namun, di samping beberapa kelebihan dan manfaat, terdapat masalah dalam melakukan integrasi sawit dan sapi di lahan rawa pasang surut khususnya di Barito Kuala, yaitu rendahnya kepemilikan lahan kering (tinggi) atau gudang penampung yang tersedia untuk mengumpulkan limbah ternak pada musim hujan sehingga keadaan pupuk dari kotoran sapi basah dan transportasi menuju ke kebun sawit kurang baik atau rusak dan sulit dilalui (Rohaeni *et al.* 2017).

V. ANALISIS USAHATANI INTEGRASI SAWIT DAN SAPI

Hasil penelitian yang dilaporkan oleh Rusdiana *et al.* (2015) bahwa tingkat keberhasilan peternak sapi potong di Kabupaten Asahan Provinsi Sumatera Utara cukup tinggi. Pendapatan bersih dengan skala 4 ekor dari hasil usaha pemeliharaan ternak sapi potong dengan cara digembalakan di lahan perkebunan kelapa sawit dan di lahan perkebunan karet, keuntungan bersih sekitar Rp3.185.000/tahun dengan B/C ratio 1.2. Untuk itu, peternak segera didorong ke arah usaha yang bersifat komersial, agar ternak sapi potong yang dipelihara bertambah dan mendapat nilai jual yang lebih tinggi dari segi harga pasar sapi potong.

Hasil pendampingan di lapangan yang dilaporkan oleh Rohaeni *et al.* (2016) bahwa pemanfaatan limbah pertanian yang difermentasi termasuk limbah sawit pada pembesaran sapi dengan skala 5 ekor dihasilkan pendapatan sebesar Rp9.854.000 dengan nilai R/C 1,36 dan MBCR 4,39. Nilai MBCR yang dihasilkan dari perlakuan sebesar 4,39 artinya setiap kenaikan biaya satu rupiah akan meningkatkan pendapatan sebesar Rp4,39.

Tabel 51. Analisis usaha pembesaran sapi potong selama 66 hari, skala 5 ekor

No	Uraian	Perlakuan	Kontrol
1	Biaya (Rp) :		
	Ternak	24.600.000	28.800.000
	HMT	1.650.000	627.000
	Limbah pertanian Fermentasi	1.188.000	-
	Jamu	27.500	-
	Mineral	33.000	19.800
	Jumlah	27.498.500	29.446.800
2	Penerimaan (Rp)	37.352.500	28.800.000
3	Pendapatan (Rp)	9.854.000	-646.000
3	R/C	1.36	0.98
4	MBCR	4.39	

Sumber: Rohaeni *et al.* 2016

Tabel 52. Analisis pendapatan pemeliharaan sapi potong penggemukan (90 hari)

Uraian	Fisik			Fisik		
	Nilai Kontrol	Total		Nilai Perlakuan	Total	
§ Input:						
konsentrat				2	1.000	2.000
HPT (kg)	30	150	4.500	30	150	4.500
Jamu ternak (lt)				0,1	7.500	750
Jumlah			4.500			7.250
§ Output:						
PBBH (kg)	0,2	50.000	10.000	0,5	50.0000	25.000
· Penerimaan (Rp)			5.500			17.500
§ R/C			1,22			2,41
§ MBCR			4,36			

Sumber: Rohaeni, *et al.* 2016

Hasil penelitian lainnya yang dilaporkan dan dilakukan di Tanah Laut (Rohaeni *et al.* 2016) bahwa pendapatan peternak sapi di Barito Kuala dengan pemberian pakan konsentrat berbasis limbah kelapa sawit + rumput alam + jamu ternak, memberikan keuntungan yang lebih tinggi, yakni sebesar Rp17.500/ekor/hari dibandingkan dengan kontrol tanpa perbaikan pakan, yakni sebesar Rp5.500/ekor/hari. Nilai MBCR yang dihasilkan dari perbaikan pakan 4,36 artinya setiap kenaikan biaya satu rupiah maka akan meningkatkan pendapatan sebesar 4,36 rupiah (Tabel 53).

Berdasarkan analisis usaha dan pengaruh yang dihasilkan bahwa integrasi sawit sapi layak untuk dikembangkan dengan beberapa faktor yang harus dilengkapi seperti mesin *shreeder* dan penguatan kelembagaan serta dukungan pemerintah dan swasta terutama pabrik kelapa sawit. Selanjutnya, berdasarkan potensi bahan pakan yang dihasilkan dari perkebunan kelapa sawit maka pengembangan sapi potong di Kalimantan Selatan dapat dilakukan dengan sistem pemeliharaan semi intensif dan intensif oleh kelompok tani/ternak yang memiliki kandang komunal, yang didukung dengan pembenahan dan penguatan kelembagaan petani/peternak (Suryana dan Yasin 2015).

Laporan penelitian Ilham dan Handewi (2011) bahwa usahatani pembibitan sapi yang diintegrasikan dengan perkebunan sawit dengan beberapa pola di antaranya pola penggembalaan, kemitraan pemanen/plasma-pengusaha, dan pola kelompok petani kebun sawit memberikan hasil yang layak untuk dilakukan dan menguntungkan dengan nilai R/C antara 1,05–2,84. Pemeliharaan ternak sapi memberikan tambahan pendapatan bagi petani/pemanen kebun sawit sehingga kesejahteraannya meningkat.

VI. PENUTUP

Integrasi antara kelapa sawit dan ternak sapi di lahan rawa pasang surut memiliki potensi dan prospek yang besar untuk dikembangkan. Peluang pengembangan sistem ini karena adanya sumber daya lahan yang potensial dan luas, sumber daya manusia yang tersedia dan inovasi teknologi.

Pengembangan integrasi sawit dan sapi dilakukan perlu didukung dengan penguatan kelembagaan dan permodalan serta fasilitas berupa mesin pencacah pelepah sawit (*shreeder*). Integrasi sawit dan sapi memiliki

beberapa keuntungan di samping kelemahan. Keuntungan yang diperoleh, yaitu tersedianya pakan sepanjang waktu, lingkungan kandang menjadi bersih, dapat menyuburkan lahan, meningkatkan produksi kelapa sawit, terjadinya peningkatan produktivitas ternak berupa bobot badan meningkat dan meningkatkan pendapatan petani. Dalam pengembangan sistem integrasi sawit dan ternak ini diperlukan sinergi dan kerja sama antara pemerintah, dan swasta sehingga petani dapat mengimplementasikannya secara maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Arianto, A. 2017. Aplikasi Teknologi Pakan Ternak Sapi melalui Integrasi Sawit-Sapi untuk Mendukung Penyediaan Protein Hewani. DOI: <http://dx.doi.org/10.14334/Pros.Semnas.TPV-2017-p.17-27>
- Arsyad, D.M., Saidi, B.B., Enrizal. 2014. Pengembangan Inovasi Pertanian di lahan Rawa Pasang Surut Mendukung Kedaulatan pangan. J. Pengembangan Inovasi pertanian. 7(4):169 – 176.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2002. Panduan Teknis Sistem Integrasi Padi-Ternak. Jakarta (ID): Badan Litbang Pertanian.
- Badan Pusat Statistik Kalimantan Selatan. 2018. Kalimantan Dalam Angka. Banjarmasin (ID) Badan Pusat Statistik Kalimantan Selatan.
- Balittra. 2014. Kabupaten Barito Kuala, Contoh Lahan Rawa Lumbung Beras. <http://balittra.litbang.pertanian.go.id/index.php?>. Diakses 12 September 2018.
- Bangun, R. 2010. Pengembangan sistem integrasi sapi-kebun kelapa sawit dalam peningkatan pendapatan petani di Provinsi Riau. Jurnal Teroka 10(2): 161 – 174.
- Batubara, L.P. 2002. Potensi biologis daun kelapa sawit sebagai pakan basal dalam ransum sapi potong. *Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner*. P. 135-138.
- Daru, T.P., Arliana Yulianti, dan Eko Widodo. 2014. Potensi Hijauan di Perkebunan Kelapa Sawit Sebagai Pakan Sapi Potong di Kabupaten Kutai Kartanegara. *Pastura* Vol. 3 No. 2: 94 – 98
- Dinas Peternakan Kalimantan Selatan, 2008. Pelaksanaan Program Percepatan Pencapaian Swasembada Daging Sapi (PSDS) Tahun 2010. Makalah Temu Informasi yang dilaksanakan BPTP Kalimantan Selatan tanggal 22 April 2008 di Banjarbaru.

- Diwyanto, K. dan B. Haryanto. 2001. Integrasi ternak dengan usaha tanaman pangan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan, Bogor.
- Diwyanto, K., D. Sitompul, I. Manti, I W. Mathius, dan Soentoro. 2004. Pengkajian pengembangan usaha sistem integrasi kelapa sawit-sapi. Prosiding Lokakarya Nasional Sistem Integrasi Kelapa Sawit-Sapi, Bengkulu, 9–10 September 2003. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Pemerintah Provinsi Bengkulu, dan PT Agrincinal.
- Diwyanto, K. dan A. Priyanti. 2009. Pengembangan industry peternakan berbasis sumber daya lokal. Pengembangan Inovasi Pertanian 2(3): 208–228.
- Elisabeth J, Ginting SP. 2003. Pemanfaatan hasil samping industri kelapa sawit sebagai bahan pakan ternak sapi potong. Dalam: Setiadi B, Mathius IW, Inounu I, Djajanegara A, Adjid RMA, Risdiono B, Lubis D, Priyanti A, Priyanto D, penyunting. Prosiding Lokakarya Nasional Sistem Integrasi Kelapa Sawit-Sapi. Bengkulu, 9-10 September 2003. Bogor (Indonesia): Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan bekerja sama dengan Pemerintah Provinsi Bengkulu dan PT Agrincinal.
- Ginting, S.P. dan J. Elizabeth. 2003. Teknologi pakan berbahan dasar hasil sampingan perkebunan kelapa sawit. hlm. 129–136. Prosiding Lokakarya Nasional Sistem Integrasi Kelapa Sawit-Sapi, Bengkulu, 9–10 September 2003. Kerja Sama Departemen Pertanian, Pemerintah Provinsi Bengkulu, dan PT Agrincinal.
- Hatmoko D., M. Aries, dan K. Anwar. 2007. Sebaran Lahan Rawa berdasarkan Luasan Tipologi dan tipe Luapan di Kalimantan Selatan. <http://www.digilib.litbang.deptan.go.id>. Diakses 8 September 2018.
- Ilham, N dan Handewi P. Saliem. 2011. Kelayakan financial system integrasi sawit-sapi melalui program kredit usaha pembibitan sapi. Analisis Kebijakan Pertanian. Volume 9 No. 4, Desember 2011: 349-369
- Manti, I., Azmi, E. Priyotomo, dan D. Sitompul. 2004. Kajian sosial ekonomi sistem integrasi sapi dengan kelapa sawit (SISKA). Prosiding Lokakarya Nasional Kelapa Sawit-Sapi. Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan, Bogor.
- Mathius, I W. 2003. Perkebunan kelapa sawit dapat menjadi basis pengembangan sapi potong. Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian 25(5): 1–4.

- Mathius IW, Sitompul D, Manurung BP, Asmi. 2003. Produk samping tanaman dan pengolahan buah kelapa sawit sebagai bahan dasar pakan komplit untuk sapi: Suatu tinjauan. Dalam: Setiadi B, Mathius IW, Inounu I, Djajanegara A, Adjid RMA, Risdiono B, Lubis D, Priyanti A, Priyanto D, penyunting. Prosiding Lokakarya Nasional Sistem Integrasi Kelapa Sawit- Sapi. Bengkulu, 9-10 September 2003. Bogor (Indonesia): Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan bekerja sama dengan Pemerintah Provinsi Bengkulu dan PT Agricial.
- Mathius, I W. 2008. Pengembangan sapi potong berbasis industry kelapa sawit. Pengembangan Inovasi Pertanian 1(2): 206–224.
- Mulyani, A., A. Fahmuddin, dan A. Abdurachman. 2003. Kesesuaian lahan untuk kelapa sawit di Indonesia. hlm. 89–102. Prosiding Lokakarya Nasional Sistem Integrasi Kelapa Sawit-Sapi, Bengkulu, 9–10 September 2003. Kerja Sama Departemen Pertanian, Pemerintah Provinsi Bengkulu, dan PT Agricial.
- Mulyani, A dan M. Sarwani. 2013. Karakteristik dan Potensi Lahan Sub Optimal untuk Pengembangan Pertanian di Indonesia. Jurnal Sumberdaya Lahan Vol. 7 No. 1 – 2013.
- Nugroho, K. Alkushima, Paidi, Wahyu Wahdini, Abdurachman, H.Suhardjo dan I.P.G. Adhi. 1992. Peta areal potensial untuk pengembangan pertanian lahan rawa pasang surut, rawa dan pantai. Proyek. Penelitian Sumber Daya Lahan. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Badan Litbang Pertanian.
- Pagassa, Y. 2008. Potensi pengembangan sapi potong melalui system integrasi sawit-ternak di Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur. Tesis. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Rohaeni, E.S., Muhammad Najib dan F.F. Munier. 2013. Potensi dan strategi usaha pengolahan pupuk organik asal ternak sapi. Prosiding Seminar Nasional Akselerasi Inovasi Dan Diseminasi Teknologi Menuju Kemandirian Dan Ketahanan Pangan Berbasis Sumberdaya Genetik Lokal. P. 1153-1170.
- Rohaeni, E.S. 2014. Optimasi Usaha Ternak Sapi Potong Di Lahan Kering Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan. Disertasi. Universitas Brawijaya. Malang.

- Rohaeni, E.S., Suryana, Subhan A, Darmawan A, Siti Nurawaliah, Susanto, Harun Kurniawan, Pagiyanto, Supriyono, Sholih H Nugroho. 2016. Pendampingan Kawasan Pertanian Nasional Komoditas Peternakan di Kalimantan Selatan. Laporan Akhir 2016. BPTP Kalimantan Selatan. Banjarbaru.
- Rohaeni, E.S, Suryana, Subhan A, Darmawan A, Siti Nurawaliah, Susanto, Harun Kurniawan, Pagiyanto, dan Supriyono. 2017a. Pendampingan Kawasan Pertanian Nasional Komoditas Peternakan di Kalimantan Selatan. Laporan Akhir 2017. BPTP Kalimantan Selatan. Banjarbaru.
- Rohaeni, E.S, Siti Nurawaliah, Supriyono, dan Yenny Nur nggraeny. 2017b. Peran solid sebagai pakan tambahan terhadap kinerja produktivitas sapi dalam system integrasi sawit-sapi. Akselerasi Pengembangan Sapi Potong Melalui Sistem Integrasi Tanaman Ternak: Sawit-Sapi. 145-164
- Rusdiana, S., R. Hutasoit dan J. Sirait. 2015. Analisis ekonomi usaha sapi potong di lahan perkebunan sawit dan karet. *SEPA : Vol. 12 No.2 Februari 2015 : 146 – 155*.
- Saleh. 2012. Sistem integrasi sapi dengan kelapa sawit (SISKA). Materi disajikan pada *Rountable Discussion (RTD)* 8 Juni 2012, Puslitbangnak, Bogor.
- Soedjana TD. 2015. Isu kebijakan dalam mengakselerasi usaha integrasi sapi-sawit. *Paper* dipresentasikan dalam *round tabel meeting* “Kebijakan integrasi sawit-sapi”. Bogor, 27 Mei 2015. Bogor (Indonesia): Puslitbangnak.
- Suharto. 2003. Pengalaman pengembangan usaha system integrasi sapi-kelapa sawit di Riau. *Prosiding Lokakarya Nasional : Sistem Integrasi Kelapa Sawit-Sapi*. Bengkulu 9-10 September 2003. Bogor (ID): IAARD Press; 2003.
- Suryana dan Muhammad Yasin. 2015. Prospek Pengembangan Integrasi Sawit-Sapi di Kalimantan Selatan. *J. Litbang Pert. Vol. 34 No. 1 Maret 2015: 9-18*
- Umar, S. 2009. Potensi perkebunan kelapa sawit sebagai pusat pengembangan sapi potong dalam merevitalisasi dan mengakselerasi pembangunan peternakan berkelanjutan. Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar Tetap dalam Bidang Ilmu Reproduksi Ternak pada Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara, Medan.

- Utomo, B.N, dan E. widjaja. 2012. Pengembangan Sapi Potong Berbasis Industri Perkebunan Kelapa Sawit. Jurnal Litbang Pertanian Vol. 31. No. 4. Desember 2012: P. 61 153.
- Yuwanta. 2009. Integrasi pola peternakan sapi pada kandang kelompok dengan perkebunan kelapa sawit untuk meningkatkan pendapatan masyarakat. Sosialisasi Integrasi Sawit-Sapi. Bappeda Kabupaten Kotawaringin Timur, Sampit.

PENGELOLAAN SUMBER DAYA PERIKANAN DALAM MENDUKUNG OPTIMALISASI LAHAN RAWA

Retna Qomariah dan Susi Lesmayati

Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Kalimantan Selatan
Jln Panglima Batur Barat No: 4 Banjarbaru Kalimantan Selatan
Telepon: 0511-4772346 Fax: 0511-4781810 HP: 081254528032
inabudhi@ymail.com

RINGKASAN

Lahan rawa merupakan ekosistem dengan keanekaragaman hayati (biodiversiti) yang sangat tinggi dan khas. Masyarakat di kawasan lahan rawa secara turun-temurun sudah memanfaatkan lahan rawa untuk kegiatan usahatani, perikanan, dan peternakan, serta memanfaatkan berbagai jenis keragaman hayati sebagai sumber pangan, tetapi pengelolaannya masih belum komprehensif dan berkelanjutan sehingga manfaatnya belum optimal. Pengembangan sistem usaha pertanian yang mengintegrasikan antara tanaman pangan, ternak, dan ikan sangat layak dikembangkan di lahan rawa untuk meningkatkan pendapatan petani. Usaha perikanan tangkap berbasis budi daya seperti pemeliharaan ikan dalam beje/sumur ikan menjadi salah satu sumber pendapatan masyarakat yang bermukim di wilayah perairan rawa. Penangkapan ikan di perairan rawa pada dasarnya dapat dilakukan sepanjang tahun tetapi berfluktuasi antara musim kemarau dan penghujan yang berpengaruh terhadap intensitas penangkapan yang bisa dilakukan dan hasil yang diperoleh. Hasil penangkapan ikan yang terbanyak biasanya terjadi pada bulan Juni-September saat kondisi perairan rawa mulai berkurang. Budi daya ikan di lahan rawa selain untuk mengatasi berkurangnya jumlah dan jenis ikan akibat penangkapan yang semakin intensif untuk memenuhi kebutuhan pangan, sekaligus menjadi salah satu tindakan pelestarian ikan-ikan yang hidup di perairan rawa. Teknologi budi daya ikan di perairan rawa yang dapat dikembangkan adalah teknologi budi daya ikan dengan sistem kolam, karamba, jaring/*net cage*, hampang/*fish pen*, dapat dilakukan pada saluran air atau lahan usahatani. Kegiatan pengolahan ikan menjadi upaya menekan kerugian pada kegiatan perikanan rawa dan memberikan nilai tambah bagi pendapatan petani. Kegiatan

pengolahan ikan juga menjadi pilihan untuk menghindari kerugian akibat pembusukan, menjadi alternatif jika terjadi produksi tinggi pada musim tangkap di perairan rawa sehingga harga ikan segar murah.

I. PENDAHULUAN

Seiring laju pertumbuhan penduduk Indonesia yang kian meningkat, kebutuhan panganpun semakin besar. Data dari Badan Pusat Statistik tahun 2012 bahwa laju pertumbuhan penduduk Indonesia mencapai 2-3% per tahun, artinya pertumbuhan penduduk Indonesia sekitar 3 juta orang setiap tahunnya (BPS 2013). Tingginya laju pertumbuhan penduduk Indonesia membutuhkan penambahan produksi beras sekitar 2 juta ton per tahun selain sumber pangan lainnya dari berbagai komoditas pertanian, peternakan, dan perikanan.

Lahan rawa merupakan ekosistem dengan keanekaragaman hayati (biodiversiti) yang sangat tinggi dan khas. Sumber daya alam yang terkandung dalam ekosistem lahan rawa sangat berpotensi bagi pengembangan pertanian, perikanan, peternakan, dan perkebunan. Berbagai macam jenis komoditas tanaman pangan, hortikultura, palawija, perkebunan, ikan, ternak, tumbuhan termasuk gulma berkembang di lahan rawa. Masyarakat di kawasan lahan rawa secara turun-temurun sudah memanfaatkan lahan rawa untuk kegiatan usahatani, perikanan, dan peternakan, serta memanfaatkan berbagai jenis keragaman hayati sebagai sumber pangan, tetapi pengelolaannya masih belum komprehensif dan berkelanjutan sehingga manfaatnya belum optimal dan beberapa jenis keragaman hayati sudah langka dan terancam punah.

Melalui pengelolaan lahan dan pemanfaatan keanekaragaman hayati pada ekosistem lahan rawa tersebut secara bijaksana berpotensi memberikan manfaat dan nilai tambah bagi ketersediaan pangan masyarakat yang berada di sana dan bangsa Indonesia umumnya. Oleh sebab itu, pengembangan sumber daya lahan rawa serta berbagai jenis komoditas pertanian, perikanan, dan peternakan untuk memenuhi kebutuhan pangan masyarakat semakin digalakkan sebagai dampak dari pertumbuhan jumlah penduduk dan perubahan fungsi lahan pertanian menjadi lahan non pertanian yang semakin tidak terkendali, degradasi lahan, dan gagal panen akibat bencana alam semakin meningkat.

II. SUMBER DAYA LAHAN RAWA

Berdasarkan hasil pemetaan Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (Balitbangtan) Kementerian Pertanian, luas lahan rawa di Indonesia sekitar 33,43 juta ha yang tersebar di Pulau Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, dan Papua merupakan salah satu sumber daya alam yang dapat mendukung pertanian Indonesia. Tetapi berdasarkan hasil penelitian Manwan *et al.* (1992) dan Nugroho *et al.* (1992) dalam Haryono (2012), dari 33,43 juta ha luas lahan rawa tersebut, hanya 9,53 juta ha yang sesuai untuk kegiatan budi daya pertanian, dan baru dimanfaatkan untuk kegiatan pertanian sekitar 2,270 juta ha atau hanya 23,8% dari luas lahan rawa yang baru sesuai untuk kegiatan pertanian. Sisanya sebanyak 76,2% atau sekitar 7,26 juta ha belum dimanfaatkan, artinya potensi lahan rawa untuk kegiatan usahatani masih terbentang luas dan lahan rawa secara alami sangat berpotensi dapat dikembangkan untuk kegiatan budi daya pertanian. Menurut Ardi *et al.* (2006) lahan rawa di Indonesia terdiri dari rawa pasang surut dan rawa lebak, tersebar di Pulau Sumatera, Kalimantan, dan Papua.

Rawa pasang surut adalah lahan yang rezim airnya dipengaruhi oleh pasang surutnya air laut atau sungai (Ismail *et al.* 1993). Rawa lebak umumnya merupakan daerah yang terdapat di kiri dan kanan sungai besar dan anak sungai, dengan topografi datar, tergenang air pada musim penghujan, dan kering pada musim kemarau. Genangan air merupakan watak bawaan (*inherence*) dan sebagai ciri hidro-ekologi rawa sehingga dapat menjadi unsur pembeda utama, antara satu daerah dengan lainnya, sekalipun dalam satu kawasan (Noor 2007). Lamanya genangan tergantung pada letak dan posisi lahan (*landscape*), dapat mencapai lebih dari enam bulan (Alihamsyah dan Ar-Riza 2006).

Ekosistem rawa lebak merupakan dataran banjir, dan di beberapa tempat selain untuk kegiatan pertanian, juga memiliki kontribusi penting bagi masyarakat sekitar untuk kegiatan perikanan, dan dari kegiatan ini rawa lebak dapat dijadikan sebagai salah satu sumber protein hewani, jalur transportasi, kesempatan kerja dan juga sebagai sumber penghasilan alternatif (Sulistiyarto 2008).

Rukmini (2014) dalam Mukhlis *et al.* (2014), seluruh agroekosistem perairan rawa merupakan potensi sumber daya ikan, sebagai daerah pemijahan, asuhan, dan tempat mencari makan bagi ikan. Berbagai jenis

ikan dapat tumbuh dan berkembangbiak di lahan rawa, seperti ikan gabus, betok, baung dan sepat siam yang mempunyai kemampuan adaptasi terhadap kondisi lingkungan rawa. Ikan-ikan ini mampu berkembang dengan baik pada suasana tingkat keasaman dan kadar oksigen sangat rendah. Tidak semua jenis lahan rawa dapat digunakan untuk kegiatan budi daya pertanian, tetapi ekosistem lahan rawa mempunyai keanekaragaman hayati (*biodiversity*) yang tinggi sebagai sumber pangan dan pendapatan masyarakat.

Berdasarkan jenis pemanfaatan dan pengembangan budi daya pertanian, keanekaragaman hayati yang terdapat di lahan rawa terbagi dalam enam ekosistem, yaitu (1) Ekosistem lahan rawa alami, (2) Ekosistem sawah lahan rawa, (3) Ekosistem tegalan atau kebun di lahan rawa, (4) Ekosistem perikanan rawa, (5) Ekosistem unggas rawa, (6) Ekosistem pengembalaan kerbau (Haryono *et al.* 2014).

Keanekaragaman hayati di lahan rawa merupakan potensi yang dapat dikembangkan sehingga mampu memberikan nilai tambah sebagai sumber pangan maupun pendapatan bagi masyarakat tani di lahan rawa dengan pengelolaan lahan dan inovasi teknologi yang tepat. Sektor perikanan merupakan salah satu sektor andalan pembangunan Indonesia. Dari sektor perikanan, selain untuk memenuhi kecukupan protein hewani masyarakat juga berpeluang dapat menghasilkan devisa negara dari ekspor hasil perikanan ke luar negeri.

Pengembangan sistem usaha pertanian yang mengintegrasikan antara tanaman pangan, ternak, dan ikan sangat layak dikembangkan di lahan rawa sebagai sumber pangan dan untuk meningkatkan pendapatan petani. *Integrated farming system* di lahan rawa antara itik Alabio (itik rawa) dan tanaman memberi prospek yang menggembirakan, dari hasil penelitian usaha budi daya itik Alabio di lahan rawa lebak lebih menguntungkan bila dipadukan dengan pemeliharaan ikan. Itik yang dipelihara dengan kandang di atas kolam ikan di Desa Bitin Kecamatan Danau Panggang Kabupaten Hulu Sungai Utara seluas 1.800 m² dengan keuntungan lima kali lipat dibandingkan hanya dengan usaha budi daya ikan. Suwarto *et al.* (2015), model alternatif pertanian terpadu kombinasi padi-ternak-ikan sangat banyak, sedangkan penentuan pola pertanian terpadu yang dipilih masyarakat petani harus yang optimal secara ekologis dan ekonomis dalam memperoleh pendapatan pada suatu wilayah untuk hidup layak dan berkelanjutan.

Ikan yang digunakan untuk *integrated farming system* di lahan rawa sebaiknya ikan air tawar yang dapat beradaptasi dengan lingkungan air yang keruh, tidak membutuhkan perawatan ekstra, mampu memanfaatkan nutrisi yang ada, dan memiliki nilai ekonomis. Sedangkan jenis-jenis ikan dominan yang terdapat di perairan rawa dan dipilih untuk dibudidayakan secara tunggal (*monoculture*), campuran (*polyculture*), atau terpadu dengan komoditas lain.

Pengembangan perikanan rawa di Kalimantan Selatan mempunyai peluang yang sangat besar dilihat dari terjadinya pergeseran pola konsumsi masyarakat Kalimantan Selatan dari *red meat* (daging sapi, kambing, dan lain-lain) ke *white meat* (ayam, ikan, *seafood*). Pergeseran pola konsumsi tersebut erat kaitannya dengan semakin banyaknya masyarakat yang memahami pentingnya makan ikan dan kandungan gizi yang terkandung di dalamnya (Akbar 2017). Selain itu, masyarakat Kalimantan Selatan pada dasarnya suka makan ikan baik berupa ikan segar yang diolah menjadi lauk pauk sehari-hari maupun dalam bentuk awetan seperti ikan asin, abon, wadi, dan pakasam. Daging ikan rawa juga dimanfaatkan sebagai bahan campuran berbagai produk olahan khas suku Banjar seperti kerupuk, amplang, terasi, dan lain-lain.

III. SUMBER DAYA IKAN RAWA

Sumber daya ikan merupakan salah satu sumber pangan dan pendapatan di lahan rawa melalui kegiatan perikanan tangkap dan budi daya secara tradisional. Kebutuhan ikan yang cukup tinggi di masyarakat dan pasar ikan yang terbuka luas (domestik dan internasional) memberi peluang dalam mengembangkan potensi perikanan lahan rawa. Jika lahan rawa dikembangkan untuk kegiatan pertanian dan perikanan berbasis inovasi dan teknologi dapat mendukung optimalisasi lahan rawa sebagai sumber pangan dan kesejahteraan masyarakatnya, bahkan Indonesia berpeluang menjadi lumbung pangan dunia.

Secara ekologis naik turunnya permukaan air di antara musim penghujan dan kemarau di perairan rawa berperan penting untuk menyediakan makanan bagi berbagai jenis ikan secara singkat atau dalam waktu pendek. Karakteristik lahan rawa yang khas memberi dua peluang usaha perikanan, yaitu usaha perikanan tangkap dan perikanan budi daya. Khusus untuk perikanan tangkap di perairan rawa, potensinya sangat

melimpah sehingga dapat diharapkan menjadi sektor unggulan di samping usahatani padi dan komoditas pertanian lainnya. Menurut Subagyo (2006), di antara tiga zona wilayah perairan rawa (rawa pasang surut, air asin/payau, rawa pasang surut air tawar, dan rawa lebak/non pasang surut), maka wilayah rawa lebaklah yang memiliki potensi sumber daya ikan yang cukup besar. Hal ini karena genangan air pada rawa lebak cukup tinggi dan lebih lama terutama pada lebak tengahan dan lebak dalam (tinggi genangan airnya lebih dari 100 cm selama lebih dari enam bulan) atau watun IV dan V. Pada lebak dalam hanya terdapat usaha perikanan tangkap dan pengembangan kerbau rawa, sedangkan usahatani tidak bisa dilakukan.

Pada agroekosistem danau atau rawa lebak dalam terdapat berbagai jenis ikan yang berkembang dengan jumlah tidak kurang dari 100 jenis spesies (Chairuddin 1990), terdiri dari ikan putih (*whitefish*) dan ikan hitam (*blackfish*). Jenis-jenis ikan dominan yang terdapat di perairan rawa Kalimantan Selatan merupakan ikan endemik (asli) dan termasuk jenis ikan hitam (*black fish*) akibat pengaruh air rawa yang hitam pekat seperti ikan gabus/haruan (*Chana striata Blkr*), ikan betok/papuyu (*Anabas testudineus*), ikan toman (*Chana micropeltes*), ikan gurami (*Osphronemus gourami*), ikan lele (*Clarias sp*), ikan baung (*Trichogaster pectoralis*), ikan sepat siam (*Trichogaster pectoralis*), ikan sepat rawa (*Trichogaster trichopterus*), ikan lais (*Cryptopterus sp*), dan ikan seluang (*Rashora sp*). Jenis-jenis ikan tersebut memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi terhadap kondisi lingkungan rawa, sebab ikannya dapat berkembang biak pada suasana tingkat keasaman dan kadar oksigen yang rendah.

Jenis ikan rawa yang mempunyai nilai ekonomis tinggi dan selalu terserap pasar sepanjang waktu adalah ikan gabus/haruan dan ikan betok. Kedua jenis ikan ini merupakan ikan kuliner khas Kalimantan Selatan untuk diolah menjadi berbagai macam masakan yang disukai masyarakat. Kedua jenis ikan endemik perairan rawa yang ada di Kalimantan Selatan berbeda dengan ikan introduksi (seperti ikan nila dan mas) merupakan ikan yang secara sengaja dimasukkan ke dalam suatu ekosistem perairan rawa dengan tujuan tertentu memiliki nilai ekonomis lebih kecil dibandingkan dengan ikan endemiknya. Hal ini berbeda dengan ikan-ikan endemik di Rawa Pening seperti yang dikemukakan oleh Rahardjo (2011), ikan endemik merupakan ikan asli, memiliki peran dalam keanekaragaman dan keseimbangan ekosistem danau Rawa Pening tetapi memiliki nilai ekonomis yang rendah. Sedangkan, untuk ikan introduksi merupakan ikan

yang secara sengaja dimasukkan ke dalam suatu ekosistem danau dengan tujuan tertentu yang memiliki nilai ekonomis lebih besar dibandingkan dengan ikan endemik.

Pada saat air meyurut (musim kemarau), ikan-ikan yang hidup di lahan rawa bermigrasi ke anak sungai atau sungai utama, dan akan kembali lagi pada saat kondisi normal. Kondisi ini dimanfaatkan masyarakat yang bermukim di wilayah perairan rawa secara tradisional di Kalimantan Selatan maupun Tengah melakukan budi daya ikan dengan sistem beje atau sumur ikan. Kegiatan ini dilakukan masyarakat pada lahan rawa lebak dangkal dan tengahan, dan beje biasanya dibuat di pinggir lahan usahatani yang berdekatan dengan saluran air.

Usaha budi daya ikan dengan sistem beje di perairan rawa Kalimantan Selatan biasanya mulai dilakukan pada musim kemarau ketika sawah/raja masih kering dengan membuat sumur atau kolam sedalam 1,5-2 m, lebar 3-5 m, dan panjang ada yang mencapai 50 m pada areal sawah rawa lebak. Ketika musim hujan, maka beje/sumur ikan terendam air lebih dalam sehingga ikan akan menuju ke tempat tersebut. Pada musim kemarau tiba, beje menjadi tempat berkumpulnya berbagai jenis ikan rawa yang terperangkap ke dalam beje/sumur. Pada bagian atasnya sengaja ditanam air sebagai tempat berlindung ikan dari panas matahari (Rukmini, 2014). Selain itu, ada juga petani ikan yang sengaja menangkap anak-anak ikan ekonomis penting seperti anak ikan gabus dan betok di perairan umum dan membesarkannya ke dalam beje selama beberapa waktu (1-2 tahun) baru dipanen atau sampai ikan berukuran besar dan bernilai ekonomis.

Usaha perikanan tangkap berbasis budi daya seperti pemeliharaan ikan dalam beje/sumur ikan tersebut menjadi salah satu sumber pendapatan masyarakat yang bermukim di wilayah perairan rawa. Menurut Rupawan (2004), dari 146 beje (40 pemilik) dengan berbagai ukuran di sepanjang tepian sungai Sambujur Kabupaten Hulu Sungai Utara Provinsi Kalimantan Selatan yang menghubungkan rawa banjiran Danau Panggang dan sungai Barito, memberikan pendapatan antara Rp650.000,- s/d Rp7.900.000,- per tahun/beje. Usaha ini sering dianggap sebagai tabungan bagi petani yang mereka panen ketika musim kemarau setelah selesai musim panen padi.

Usaha perikanan dengan sistem beje/sumur ikan memberikan pendapatan yang cukup besar bagi petani, karena mereka tidak banyak mengeluarkan biaya operasional (hanya membuat beje baru atau menyempurnakan/dari alam tanpa mengeluarkan biaya). Untuk

mempercepat pertumbuhan ikan, biasanya petani memberi tambahan pakan, berupa ikan-ikan kecil atau kodok yang diambil di alam sebagai pakan ikan gabus dan gabah untuk pakan ikan betok.

Berbagai jenis ikan rawa tertangkap saat panen di beje, tetapi tidak semua jenis ikan tersebut dapat terjual dalam bentuk segar, sehingga upaya pengolahan dan pengawetan perlu dilakukan petani untuk menyelamatkan hasil tangkapan. Apalagi ikan yang dipanen dari dalam beje terdapat berbagai jenis dan ukuran serta ketahanan kesegaran yang berbeda. Jenis ikan rawa ekonomis penting yang tahan kesegarannya dijual dalam bentuk segar seperti ikan gabus dan betok, sedangkan sepat siam, lele, kapar, dan tambakan meskipun ketahanan kesegarannya juga cukup lama tetapi harganya lebih murah dari ikan gabus dan betok. Untuk jenis ikan lainnya seperti ikan lais, baung, sepat rawa, seluang, dan sanggiringan jika mau dijual segar harus secepatnya dijual setelah panen karena ketahanan kesegarannya rendah.

IV. PERIKANAN TANGKAP DI LAHAN RAWA

Perikanan tangkap di lahan rawa telah berlangsung sejak lama dan cenderung semakin meningkat dan berkembang, tetapi penangkapan ikan secara tradisional tetap bertahan dan dilakukan masyarakat di kawasan rawa dan sekitarnya. Menurut Saleh (2015), penangkapan ikan secara tradisional umumnya masih bersifat alamiah dan ramah lingkungan sehingga penangkapan ikan secara tradisional perlu dipertahankan, agar keseimbangan lingkungan di lahan rawa tetap bisa terjaga dan tetap lestari.

Menangkap ikan membutuhkan peralatan dan teknik yang tepat sesuai kondisi lahan untuk memperoleh ikan yang banyak, baik yang secara tradisional maupun yang sudah lebih maju. Sedangkan yang dimaksud dengan alat penangkapan ikan adalah segala macam alat yang dipergunakan dalam proses penangkapan ikan termasuk kapal, alat tangkap, dan alat bantu penangkapan.

Alat tangkap ikan yang biasa digunakan masyarakat di perairan rawa umumnya seperti pancing/*hook and line* (rawai, pancing), perangkap/*traps* (serok, bubu), dan lain-lain/*others* (jala tebar, garpu, tombak), sedangkan Akbar (2017) menjelaskan alat tangkap ikan yang digunakan oleh nelayan sekitar rawa di Kalimantan Selatan berdasarkan cara operasionalnya, dikelompokkan menjadi alat aktif dan pasif. Alat tangkap ikan aktif adalah

tangguk (*scoop*), dan lunta/jala tebar (*cast net*), sesuduk (*scoop net*), serapang (*spear*), pancing biasa (*hand line*), dan pancing pair (*hand line*), sedangkan alat tangkap ikan pasif adalah lukah (*fish pots*), hancau/anco (*lift net*), tempirai (*stage trap*) dan hampang (*bamboo's split*), dan rengge (*gill net*).

Teknik penangkapan ikan secara tradisional di perairan rawa Kalimantan Selatan menurut Saleh (2015) dan bisa diterapkan pada kondisi perairan rawa lainnya sebagai berikut.

4.1. Memancing/Maunjun

Memancing dalam bahasa Banjar disebut maunjun. Kegiatan ini memerlukan seperangkat peralatan yang terdiri dari galah panjang, tali berupa nilon dan mata pancing. Umpan yang digunakan untuk memancing ikan bisa berupa cacing, larva serangga, nener udang, atau makanan buatan. Beberapa kegiatan penangkapan ikan tradisional yang mempunyai prinsip yang sama dengan memancing tetapi mempunyai kekhasan tertentu, seperti memair, membandan, dan membanjur.

4.2. Memair

Memair ditujukan khusus ditujukan untuk menangkap ikan jenis haruan atau tauman. Kegiatan ini bisa dilaksanakan pada siang maupun malam hari baik di sawah maupun di sungai-sungai dengan menggunakan alat pancing yang panjang dan menggunakan umpan kodok.

4.3. Membandan

Membandan khusus ditujukan untuk menangkap ikan jenis haruan dan tauman yang baru menetas. Secara alamiah ikan haruan/tauman yang baru menetas akan menjaga nener (anakan yang masih kecil) dengan perilaku sangat ganas. Benda-benda asing yang dianggap mengganggu nener akan diterkam oleh induknya. Sikap induk yang ganas ini dimanfaatkan oleh petani untuk menangkapnya. Kegiatan membandan ini memerlukan dua buah pancing. Pada pancing pertama diikatkan anak bebek yang masih hidup. Anak bebek ini digunakan untuk mengganggu nener ikan yang baru menetas. Secara spontan induk ikan akan menerkam anak bebek tersebut. Saat induk menerkam anak bebek tersebut, didekatkan pancing kedua yang lengkap dengan mata pancingnya. Induk haruan tersebut akan terperangkap pada pancing kedua yang ada mata pancingnya.

4.4. Membanjur

Membanjur adalah meletakkan pancing pada tempat tempat tertentu dan mengambilnya pada hari berikutnya yang diperkirakan ikan sudah tertangkap di alat banjur. Kegiatan membanjur menggunakan alat berupa pancing dengan ukuran pancing yang pendek.

4.5. Melunta

Lunta adalah semacam jaring yang pada sisinya diberi pemberat (besi berbentuk cincin). Kegiatan melunta ini dilaksanakan pada sungai, atau daerah lebak yang masih tergenang air dan dilakukan pada siang hari. Melunta relatif mudah dilakukan, hanya dengan melempar lunta secara terbuka ke permukaan air, membiarkannya tenggelam, kemudian mengangkatnya dengan cara ditarik secara perlahan-lahan. Ikan yang ada akan terperangkap pada lunta tersebut dan diambil masih dalam keadaan segar.

4.6. Melukah

Melukah merupakan kegiatan menjebak ikan dengan alat yang disebut lukah. Lukah adalah suatu alat berbentuk corong panjang. Melalui lubang depan ikan bisa masuk, tetapi melalui lubang belakang ikan tidak bisa keluar, karena terhambat/tertutup. Alat tangkap ikan tradisional ini terbuat dari bambu, mempunyai bermacam-macam ukuran dan cukup banyak dijual di pasar-pasar tradisional.

4.7. Mehampang

Hampang adalah anyaman yang terbuat dari bilah bambu yang dianyam secara jarang. Kegiatan menghampang dilaksanakan pada saat air mengalir turun. Hampang dipasang untuk menjebak ikan-ikan yang turun bersamaan dengan turunnya air. Setelah air kering, ikan-ikan yang terkumpul akibat pemasangan hampang ini, dan tinggal diambil dalam bentuk segar.

4.8. Mengacal

Mengacal adalah kegiatan menangkap ikan langsung menggunakan tangan, tanpa alat bantu. Petani di lahan rawa lebak sudah terampil menangkap ikan dengan cara mengacal. Mengacal ini dilaksanakan pada

musim kemarau saat air mulai kering. Kegiatan ini dilaksanakan pada panen ikan sistem beje, atau pada sungai dan kolam.

4.9. Menyarakap

Menyarakap adalah kegiatan menangkap ikan langsung dengan menggunakan alat yang disebut sarakap. Sarakap terbuat dari bilah-bilah bambu yang disusun/dianyam berbentuk tabung, bagian bawah runcing untuk menancapkan ke dasar tanah, sedang bagian atas tidak tertutup yang bertujuan untuk mengambil ikan yang terjebak. Menyarakap ini dilaksanakan pada saat air mulai kering.

4.10. Meringgi

Meringgi merupakan kegiatan mencari ikan secara pasif, yaitu memasang jaring pada sungai atau sumur besar dengan tujuan agar ikan terperangkap pada lubang jaring tersebut. Ringgi atau jaring yang digunakan mempunyai besar lubang tertentu. Untuk menjebak ikan sepat menggunakan ringgi dengan ukuran lubang yang lebih kecil dibanding ikan papuyu atau sapat siam.

Penangkapan ikan di perairan rawa pada dasarnya dapat dilakukan sepanjang tahun tetapi berfluktuasi antara musim kemarau dan penghujan yang berpengaruh terhadap intensitas penangkapan yang bisa dilakukan dan hasil yang diperoleh. Hasil penangkapan ikan yang terbanyak biasanya terjadi pada bulan Juni–September di mana kondisi perairan rawa mulai berkurang. Penangkapan yang dapat dilakukan sepanjang tahun berdampak positif terhadap ketersediaan sumber pangan protein dan tambahan pendapatan sepanjang tahun pula. Tetapi di sisi lain berdampak terhadap masalah kelestarian sumber daya perikanan seperti yang dikemukakan oleh Asyari (2009), antara lain (1) Intensitas penangkapan yang mencapai puncaknya pada saat dan menjelang musim kemarau, memungkinkan populasi ikan ditangkap secara besar-besaran terutama di danau, rawa lebak, atau lebak lebung. (2) Pada musim kemarau, sering juga dilakukan penangkapan dengan bahan terlarang menggunakan racun, bahan peledak, dan listrik terutama pada tempat yang jauh dari pengawasan. Tingginya intensitas penangkapan ikan dengan alat terlarang, yang membunuh mulai dari telur sampai ikan besar menyebabkan penurunan secara drastis populasi dan keragaman ikan konsumsi di rawa, danau, dan sungai.

Kenyataan ini, menyebabkan di samping berkurangnya stok ikan juga menyebabkan ancaman terhadap mata pencaharian nelayan di perairan umum. (3) Penangkapan pada bulan Oktober/November-Desember/Januari bertepatan dengan musim pemijahan ikan sehingga tertangkapnya induk-induk yang akan dan sedang memijah tak dapat dihindari. (4) Penangkapan pada bulan November/Desember-Maret/April bertepatan dengan musim anak ikan, sehingga penangkapan terhadap anak ikan berlangsung secara intensif terutama untuk budi daya atau sebagai makanan ikan. (5) Panangkapan yang disesuaikan dengan fluktuasi tinggi air dan jenis atau ukuran ikan pada musim kemarau menyebabkan tertangkapnya ikan dari berbagai tingkat umur dan ukuran. Misalnya, aktivitas penangkapan ikan di perairan rawa banjiran (*flood plain*) di Sumatera Selatan yang biasa disebut perairan lebak lebung mencapai puncaknya pada musim kemarau. Pada saat itu, kebanyakan ikan terkonsentrasi pada lebung (bagian yang dalam) dari perairan, ikan-ikan yang biasa hidup di rawa banjiran seperti ikan sepat siam, tambakan, gabus, betok, dan lele akan berusaha mencari tempat-tempat yang masih ada airnya (lebung di Sumatera Selatan) (beje di Kalimantan Selatan). Aktivitas penangkapan pada perairan rawa banjiran pada saat itu cenderung menghabiskan sumber daya ikan karena nelayan dengan mudah menangkap seluruh ikan yang ada pada lebung atau beje tersebut.

Penangkapan ikan di perairan rawa harus dilaksanakan secara bijaksana untuk menjaga kelestarian ikan-ikan endemik (lokal) yang berkembang biak secara alami tanpa menggunakan alat atau bahan yang dapat merusak ekosistem perairan tawar sebagai habitat ikan. Misalnya, penggunaan potas dan setrum. Sumber daya ikan di perairan rawa semakin mengalami tekanan tinggi akibat pencemaran lingkungan perairan, sedimentasi akibat penggundulan hutan di bagian hulu, serta adanya introduksi berbagai jenis ikan baru. Banyaknya tekanan tersebut menyebabkan berkurangnya populasi ikan di perairan umum dan menurunnya mutu lingkungan perairan rawa sebagai habitat ikan.

Sumber daya ikan di perairan umum harus dikelola dengan baik dan bijaksana agar mampu memberikan manfaat yang optimal dan berkelanjutan, artinya perikanan tangkap di perairan rawa harus mampu memberikan kontribusi nyata dalam peningkatan kesejahteraan masyarakat dan pembangunan nasional, serta terus membawa manfaat bagi generasi mendatang.

V. BUDI DAYA IKAN DI PERAIRAN RAWA

Lahan rawa sangat potensial untuk budi daya ikan seperti ikan gabus, betok, baung, sepat, dan ikan-ikan lokal lainnya yang bernilai ekonomis penting. Budi daya ikan di lahan rawa selain untuk mengatasi berkurangnya jumlah dan jenis ikan akibat penangkapan yang semakin intensif untuk memenuhi kebutuhan pangan seiring pertambahan jumlah penduduk, sekaligus menjadi salah satu tindakan pelestarian ikan-ikan yang hidup di perairan rawa. Teknologi budi daya ikan di perairan rawa yang umum dikembangkan adalah teknologi budi daya ikan dengan sistem kolam, karamba, jaring/*net cage*, hampang/*fish pen*, yang dapat dilakukan pada saluran air atau lahan usahatani.

Jenis ikan yang dipelihara harus memiliki persyaratan sebagai berikut: (1) Tahan terhadap lingkungan hidup baru, (2) Laju pertumbuhannya cukup tinggi, (3) Mampu berkembang biak dalam keadaan tertangkap, (4) Mampu menyesuaikan diri terhadap pakan buatan yang diberikan, (5) Dapat dibudidayakan dengan kepadatan tinggi, (6) Tahan terhadap penyakit, (7) Mempunyai harga pasaran yang cukup tinggi, dan (8) Memenuhi selera konsumen (Akbar 2017).

5.1. Teknologi Budi Daya Ikan Sistem Kolam

Pemeliharaan ikan dalam kolam dapat dilakukan secara monokultur (pemeliharaan satu jenis ikan dalam satu kolam) misalnya ikan gabus saja dan polikultur (pemeliharaan beberapa jenis ikan/campuran dalam satu kolam) misalnya betok dan sepat.



Sumber: <https://www.google.co.id/>

Gambar 46. Budi daya ikan dalam kolam

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pembuatan kolam: (1) Letaknya harus ada sumber air yang cukup dan terhindar dari peluang banjir, (2) Kondisi tanah kolam sebaiknya liat berpasir agar air tidak mudah merembes, kolam dikeringkan selama 3-5 hari untuk menghilangkan gas beracun dan mempermudah penguraian bahan organik menjadi mineral sebelum benih ikan ditebar, (3) Pemberian pupuk kandang sebanyak 200-400 g/m² dan pengapuran sebanyak 200 g/m² kemudian pintu pemasukan dan pengeluaran air ditutup dan kolam digenangi air setinggi 10-20 cm. Bila masa pemeliharaan sudah berjalan dua bulan, dapat dilaksanakan pemupukan susulan pertama dengan menebarkannya di permukaan air sebanyak 1/4 dari jumlah pemupukan dasar, dan pemupukan susulan kedua sebulan setelah pemupukan susulan pertama dengan dosis dan cara yang sama dengan pemupukan susulan pertama, (4) Pemberian pupuk urea dan TSP disebar merata sebanyak 4-5 g/m² tiga hari setelah pemberian pupuk kandang, (5) Kolam dibiarkan sampai terjadi pertumbuhan pakan alami (air berwarna kuning kehijauan), selanjutnya air kolam ditinggikan sesuai kebutuhan budi daya (1-1,5 m).

Jika ikan bersifat kanibal seperti ikan gabus dan toman, permukaan kolam perlu diberi pelindung berupa tanaman air yang mengapung seperti eceng gondok, atau ranting kering, daun kelapa dan sebagainya.

Contoh budi daya ikan betok/papuyu di kolam:

- a. Benih ikan betok berasal dari tangkapan di alam (rawa-rawa, sungai, sawah) atau hasil perbenihan.
- b. Padat tebar 50-100 ekor/m² dengan ukuran 3-5 cm/ekor.
- c. Benih ikan betok yang berasal dari alam diberi pakan alami yang banyak tumbuh di kolam seperti zooplankton, serangga air, dan lain-lain, sedangkan benih ikan betok yang berasal dari pembenihan sampai ukuran konsumsi diberi pakan pellet apung atau pellet tenggelam dengan kandungan protein 28-30%. sebanyak 5% dari bobot total ikan. Pakan diberikan dengan frekuensi 2 kali sehari (pagi dan sore hari).
- d. Waktu pembedahan selama 6 bulan.

5.2. Teknologi Budi Daya Ikan Sistem Karamba

Pemeliharaan ikan dalam karamba harus dilakukan secara intensif, karena lingkungan hidupnya sangat terbatas, sehingga ikan harus diberi pakan sesuai kebutuhannya. Bahan karamba bisa terbuat dari kayu atau

bambu, dan ada juga yang terbuat dari campuran kayu dan bambu, sedangkan kerangka jeruji karamba bisa terbuat dari jaring kawat atau kayu.

Bangunan karamba biasanya berukuran 3 x 2 x 1 m, terbagi atas kerangka karamba dari bahan kayu ulin, bambu, kayu galam atau bahan lainnya yang kuat dan tersedia di lokasi, jeruji karamba dari bahan kayu atau kawat, dan pelengkap karamba seperti tali untuk mengikat karamba ke dasar perairan rawa dengan pemberat agar tidak bergeser. Bentuk dan ukuran karamba harus dibuat cukup memadai untuk gerak dan hidup ikan.



Sumber: Uuk Suhartono

Gambar 47. Budi daya ikan dalam karamba

Pemasangan antarjeruji harus memerhatikan jarak agar ikan tidak bisa keluar pada saat pemeliharaan. Karamba diletakkan secara memanjang di perairan rawa atau sejajar dengan tepi sungai dengan kedalaman yang telah ditentukan segaris dengan arah arus air, terlindung dari angin dan arus yang kuat, agar karamba aman atau tidak mudah rusak.

Contoh budi daya ikan gabus/haruan dalam karamba.

- a. Benih ikan gabus bisa diperoleh dari perairan rawa atau sungai sekitarnya pada awal musim hujan atau dari hasil perbenihan.
- b. Padat penebaran: 50-60 ekor/m³ (ukuran benih 100 gr/ekor) atau 75-80 ekor/m³ (ukuran benih 80 gr/ekor).
- c. Pakan: berupa ikan-ikan yang tidak berharga sebanyak 7-10% dari bobot total ikan tiap hari dengan frekuensi 3 kali/hari.
- d. Panen: 6-10 bulan setelah masa pemeliharaan.

5.3. Teknologi Budi Daya Ikan Sistem *Fish Pen* Atau Hampang

Budi daya ikan sistem hampang (*fish pen*) adalah salah satu cara pemeliharaan ikan yang banyak dilakukan masyarakat petani ikan. Bahan hampang biasanya terbuat dari bilah bambu atau jaring. Pemeliharaan ikan dapat dilakukan secara ekstensif dengan menggunakan kesuburan alami atau secara intensif dengan memberikan pakan buatan.

Hampang disebut juga dengan kurungan ikan, yaitu tempat pemeliharaan ikan yang terbuat dari jaring, bambu atau ram kawat yang dilengkapi dengan tiang yang ditancapkan ke dasar perairan. Cara pemeliharaan ikan sama seperti cara pemeliharaan sistem lainnya, bisa dengan cara ekstensif (menggunakan pakan alami), semi intensif (diberi pakan tambahan), maupun intensif (hanya diberi pakan buatan).



Sumber: Julius Akbar

Gambar 48. Budi daya ikan dalam *fish pen*/hampang

Lokasi perairan rawa yang cocok untuk pemasangan *fish pen* adalah (1) Kedalaman air 0,5-3 m dengan fluktuasi kedalaman tidak lebih dari 50 cm, (2) Arus air tidak terlalu deras, tetapi cukup untuk sirkulasi air dalam *fish pen*, (3) Perairan tidak tercemar dan dasarnya sedikit berlumpur, (4) Terhindar dari gelombang dan angin yang kencang, dan (5) Terhindar dari hama, penyakit, dan predator atau pemangsa (Dinas Perikanan dan Kelautan Provinsi Kalimantan Selatan 2013).

Fish pen terdiri atas dua bagian utama, yaitu kerangka/tiang yang berfungsi sebagai penyangga dan dinding sebagai pembatas. Bahan yang digunakan untuk tiang bambu atau kayu yang diikat menggunakan tali plastik, sedang dinding dapat digunakan jaring, kerai bambu, atau ram kawat. Jarak antara tiang bambu atau kayu sekitar 0,5-1 m. Setiap sisi atas dan bawah jaring diperkuat dengan menggunakan tambang. Setelah siap *fish pen* dipasang di dasar perairan dengan menancapkan tiang penyangga sedalam 0,5-1 m.

Contoh budi daya ikan papuyu dalam *fish pen*:

- a. Benih ikan papuyu dapat diperoleh dari hasil tangkapan di perairan umum, atau dari hasil perbenihan. Biasanya yang banyak pada saat menjelang musim kemarau (pagi hari) dengan menggunakan alat tangkap jala atau jaring.
- b. Sebelum benih ikan papuyu ditebar, dipelihara dahulu dalam jaring selama 1-2 minggu, selanjutnya dipindahkan ke dalam *fish pen* yang sudah disiapkan.
- c. Padat penebaran: benih antara 50-100 ekor/m².
- d. Pakan: pellet sebanyak 5% dari bobot total ikan per hari frekuensi pemberian pakan 2 kali sehari (pagi hari dan sore hari).
- e. Panen: 6-bulan setelah masa pemeliharaan atau sesuai ukuran ikan yang diinginkan.

5.4. Teknologi Budi Daya Ikan Sistem Jaring Tancap

Budi daya ikan dalam jaring tancap pada dasarnya sama dengan pemeliharaan ikan dalam karamba, yaitu merupakan sistem pemeliharaan secara intensif, tetapi jumlah ikan yang ditebar dalam jaring tancap lebih tinggi daripada jumlah yang ditebar dalam karamba (Akbar 2017). Jadi, budi daya ikan sistem jaring tancap sama seperti budi daya ikan dengan sistem karamba jaring tancap, yaitu sistem teknologi budi daya ikan dalam jaring yang diikatkan pada patok yang menancap ke dasar perairan di pinggir saluran air dengan kedalaman 1-3 m.



Sumber: Retna Qomariah

Gambar 49. Budi daya ikan dalam jaring tancap

Bahan jaring tancap tersebut terbuat dari jaring/net berbentuk empat persegi panjang membentuk kantong. Jaring tancap yang berukuran 2x2x4 meter dapat menampung 50 -100 ekor/m² tergantung ukuran benih ikannya. Budi daya ikan pada saluran air dengan sistem karamba jaring tancap (KJT) secara teknis bisa menunjang pengembangan budi daya tanaman melalui pemanfaatan sumber daya air di lokasi karamba jaring tancap yang banyak mengandung kotoran ikan dan sisa-sisa pakan ikan (bahan organik) yang mampu memperbaiki dan meningkatkan efisiensi usahatani pada lahan rawa pasang surut.

Keunggulan pemeliharaan ikan dalam KJT adalah lebih mudah dalam pemeliharaan dan proses panen ikan.

Contoh budi daya ikan betok/papuyu atau kapar dalam jaring tancap:

- a. Benih ikan betok bisa diperoleh dari perairan rawa, sungai sekitarnya, atau dari hasil perbenihan.
- b. Padat penebaran 50-100 ekor/m² dengan ukuran tebar 5-8 cm/ekor.
- c. Masa pemeliharaan: 5 bulan menghasilkan ukuran bobot antara 60-75 g/ekor dengan tingkat kelangsungan hidup sebesar 85%.
- d. Pakan: pellet sebesar 5% dari total berat ikan dengan frekuensi pemberian sebanyak 2 kali sehari (pagi dan sore hari).
- e. Panen: 6-12 bulan setelah masa pemeliharaan atau sesuai ukuran ikan yang diinginkan.

Selama masa pemeliharaan ikan baik yang dipelihara di kolam, karamba, maupun jaring, yang perlu diwaspadai adalah hama dan penyakit ikan yang dapat menyerang ikan yang dapat menimbulkan kematian atau kerugian. Hama dan penyakit sering menimbulkan kematian selama proses pemeliharaan ikan dari larva sampai menjadi benih atau ukuran konsumsi, sehingga menyebabkan kegagalan. Hama yang biasa menyerang ikan bersifat predator, yaitu pemangsa larva atau benih ikan. Sedangkan penyakit yang menyerang ikan berupa infeksi dan non infeksi.

VI. TEKNOLOGI PASCAPANEN PERIKANAN

Ikan setelah dipanen dapat dipasarkan dalam bentuk ikan hidup, ikan segar dan produk olahan. Oleh sebab itu, teknologi pascapanen yang diperlukan dalam penyediaan ikan untuk keperluan konsumsi manusia adalah teknologi penanganan ikan hidup, teknologi penanganan ikan segar, dan teknologi pengolahan ikan.

Pemasaran ikan hidup telah lama dikenal di beberapa daerah di Indonesia. Teknologi yang banyak diterapkan adalah transportasi ikan hidup sistem basah, yaitu pengangkutan ikan menggunakan air sebagai media (Irianto dan Soesilo 2007). Untuk ikan perairan rawa seperti ikan gabus, betok, sepat siam, kapar biasanya memiliki kemampuan bertahan pada lingkungan dengan kadar oksigen rendah dan mampu untuk mengambil oksigen/bernapas menggunakan oksigen dari udara (*air breathing*) (Huwoyon dan Gustiano 2013), sehingga kondisi ikan yang masih hidup

pada saat dijual dapat dengan mudah diperoleh di pasaran. Sedangkan untuk jenis-jenis ikan yang tidak dapat bertahan lama di lingkungan yang sedikit memiliki kadar oksigen seperti ikan-ikan hasil tangkapan di laut, untuk mempertahankan kesegarannya harus secepatnya diawetkan dengan pendinginan atau pembekuan. Pada prinsipnya menurunkan suhu serendah mungkin dapat menurunkan aktivitas bakteri dan enzim penyebab pembusukan, sehingga proses bakteriologi dan biokimia pada ikan dapat ditunda. Penyimpanan ikan segar dengan menggunakan es atau sistem pendinginan yang lain memiliki kemampuan yang terbatas untuk menjaga kesegaran ikan, biasanya 10-14 hari (Wibowo dan Yunizal 1998) dengan beberapa persyaratan yang harus dipenuhi seperti jumlah es yang dipergunakan seimbang dengan banyaknya ikan tangkapan, wadah penyimpanan sesuai, serta kondisi sanitasi dan higienitas di tempat penangkapan, distribusi, dan pemasaran yang sesuai.

Kegiatan pengolahan ikan merupakan salah satu upaya menekan kerugian pada kegiatan perikanan rawa dan memberikan nilai tambah bagi pendapatan petani. Tujuan dari pengolahan antara lain untuk mengawetkan ikan, mengubah bahan baku menjadi produk yang disukai konsumen, mempertahankan mutu ikan, menjamin keselamatan konsumen akibat mengonsumsi produk olahan ikan, dan memanfaatkan bahan baku lebih maksimal. Pengolahan produk-produk perikanan terdapat dalam berbagai bentuk, mulai dari yang tradisional, seperti ikan asin dan ikan asap, sampai pengolahan produk modern, seperti ikan kaleng dan iradiasi. Semua bentuk pengolahan adalah untuk membuat produk agar dapat lebih diterima oleh konsumen atau untuk membuat produk agar memiliki konsumen yang lebih besar yang terdiri dari berbagai golongan etnis, agama, dan kalangan lainnya (Irianto dan Giyatmi 2014).

6.1. Teknologi Produk Olahan Tradisional

Teknologi produk tradisional perikanan biasanya dicirikan dengan suatu gambaran yang kurang baik, yaitu tingkat sanitasi dan higiennya rendah, menggunakan bahan mentah dengan tingkat mutu atau kesegaran yang rendah, keamanan pangan tidak terjamin, dan teknologi yang digunakan secara turun-temurun. Namun dengan pendampingan dari pihak-pihak atau instansi yang terkait bukan tidak mungkin teknologi produk tradisional dapat juga diterima oleh pasar yang cukup luas. Beberapa

teknologi produk tradisional perikanan misalnya teknologi pengasinan, teknologi fermentasi dan teknologi pengasapan.

Teknologi pengasinan ikan biasanya menghasilkan produk ikan asin kering. Bukan hanya ikan laut yang cocok dijadikan ikan asin, beberapa ikan air tawar juga enak diasinkan dan dikeringkan, seperti misalnya ikan gabus, ikan toman (tauman), ikan sepat rawa, ikan sepat siam, dan lain sebagainya. Permasalahan yang biasa dihadapi oleh pengolah ikan asin adalah proses pengeringan ketika musim hujan dan kemungkinan serangan belatung lalat selama pengeringan, terutama bila pengeringan memerlukan waktu lama. Hal ini dapat diatasi dengan penggunaan alat pengering mekanis, tetapi penggunaan alat ini masih kurang menarik bagi pengolah ikan asin karena harus mengeluarkan biaya ekstra untuk listrik dan kapasitasnya terbatas (Irianto dan Soesilo 2007).

Teknologi fermentasi secara sederhana didefinisikan sebagai proses pemecahan molekul organik kompleks (seperti protein) menjadi komponen sederhana atau penyusunnya (asam amino) dengan bantuan mikroorganisme. Mikroba yang ditambahkan bersifat antagonis dengan menghambat pertumbuhan bakteri pembusuk yang terdapat pada ikan. Produk-produk fermentasi ikan biasanya mempunyai konsumen khusus di Indonesia karena kemampuannya memberikan karakteristik yang unik, khususnya untuk aroma (*flavor*), dan tekstur (Prasetyo 2014). Hal ini dikarenakan terjadi transformasi dari bahan-bahan organik menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana oleh aktivitas mikroorganisme atau enzim yang terdapat di jaringan daging ikan selama proses fermentasi (Beddows 1985 dalam Irianto 2013). Soetrisno dan Apriyantono (2005) menambahkan produk fermentasi ikan merupakan sumber zat gizi yang sangat baik karena merupakan fermentasi protein sehingga meningkatkan ketercernaan, mengandung asam lemak omega-3, vitamin, dan mineral serta mempunyai cita rasa khas yang dapat membangkitkan selera makan, sehingga meskipun proporsi ikan yang diolah menjadi produk ikan fermentasi jumlahnya relatif kecil, namun produk tersebut memegang peranan penting dalam menu sehari-hari.

Produk fermentasi dapat dibedakan menjadi tiga berdasarkan bentuk produk akhirnya, yaitu cair contohnya kecap ikan; pasta contohnya terasi; dan padat atau utuh contohnya bekasam (pekasam) dan wadi yang cukup terkenal di Kalimantan dan Sumatera, cinalok dan pudu yang dikenal di Kepulauan Riau. Bekasam adalah produk fermentasi ikan

yang memanfaatkan bakteri asam laktat sehingga dapat menghambat pertumbuhan bakteri pembusuk dan patogen serta memperpanjang daya simpan produk (Fransiska 2017). Ditambahkan Wikandari *et al.* (2012), bekasam merupakan salah satu produk fermentasi ikan tradisional khas Indonesia yang terbuat dari ikan yang telah dibersihkan kemudian dicampur dengan garam dan nasi selama 5 sampai 7 hari. Penelitian Kalista *et al.* (2012) tentang penggunaan sumber karbohidrat yang berbeda, antara lain tepung ketan, tepung maizena, tepung terigu, tapioka dan tepung beras, untuk pengolahan bekasam ikan lele dumbo (*Clarias gariepinus*), hasilnya memperlihatkan perbedaan sumber karbohidrat tersebut berpengaruh nyata terhadap pH, kadar asam total, kadar N-amino tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap kadar air dan kadar abu. Pada tepung yang memiliki amilosa yang lebih tinggi dan amilopektin lebih rendah bakteri lebih mudah memanfaatkannya sebagai pertumbuhan Bakteri Asam Laktat (BAL) sehingga hasil fermentasinya lebih baik.

Teknologi pengasapan termasuk cara pengawetan ikan yang telah diterapkan secara turun temurun. Istilah pengasapan (*smoking*) diartikan untuk penyerapan bermacam-macam senyawa kimia yang berasal dari asap kayu kedalam daging ikan, disertai dengan setengah pengeringan dan biasanya didahului dengan proses penggaraman. Jadi, istilah *smoke curing* meliputi seluruh proses yang dimulai dari tahap persiapan bahan mentah sampai ke pengasapan terakhir yang mengakibatkan perubahan warna, flavor, dan tekstur ikan. Sedangkan tujuan pengasapan dalam pengawetan ikan adalah untuk mengawetkan dan memberi warna serta asap yang khusus pada ikan (Irianto dan Soesilo 2007; Sulistijowati *et al.* 2011). Proses pengasapan merupakan salah satu teknik pengolahan kombinasi antara perlakuan panas, komponen asap dan aliran gas. Proses tersebut dapat mempengaruhi nilai gizi pangan melalui reaksi antara senyawa dalam asap dengan zat gizi bahan pangan. Senyawa dalam asap dapat menyebabkan reaksi oksidatis lemak pangan, mengganggu nilai hayati protein dan merusak beberapa vitamin (Harris dan Karmas 1989 dalam Sulistijowati *et al.* 2011). Salah satu contoh ikan perairan rawa yang telah banyak diolah dengan teknologi pengasapan yaitu ikan gabus.

6.2. Teknologi Produk Olahan Non-Tradisional

Menurut Irianto dan Soesilo (2007) banyak jenis teknologi pengolahan yang dapat digolongkan pada kelompok ini, mulai dari teknologi yang

sederhana sampai yang memerlukan peralatan yang relatif canggih. Salah satu contohnya teknologi pembekuan yang telah dimanfaatkan untuk menghasilkan berbagai jenis produk yang dipasarkan dan disimpan dalam keadaan beku dengan bahan mentah ikan atau udang. Produk ikan dapat dipasarkan dalam bentuk ikan utuh yang telah disiangi, loin, fillet dan lain sebagainya yang pada umumnya dilakukan pada ikan laut. Namun tidak menutup kemungkinan ikan air tawar yang telah berkembang untuk dipasarkan dalam bentuk fillet beku seperti misalnya ikan patin dan ikan baung yang durinya tidak banyak.

Teknologi pengolahan lainnya adalah teknologi pengalengan. Teknologi pengalengan merupakan salah satu cara pengawetan ikan untuk jangka waktu yang panjang dan telah lama berkembang di Indonesia, khususnya di pusat-pusat pendaratan ikan laut seperti Banyuwangi, Bali, dan Sulawesi Utara. Ikan yang digunakan contohnya cakalang, tuna, dan lemuru (ikan-kan laut). Salah satu potensi pengembangan produk ikan kaleng adalah untuk penggunaan medium yang mencirikan makanan khas Indonesia, seperti ikan bumbu kare, bumbu pesmol, sambel goreng, dan lain sebagainya. Dengan banyaknya jenis ikan yang terdapat di perairan Indonesia, jenis-jenis ikan dari perairan rawa juga dapat menjadi salah satu bahan mentah yang diproduksi menjadi ikan kaleng dengan bumbu yang khas daerah dan sesuai selera konsumen, misalnya bumbu rendang, bumbu kuning, bumbu balado, dan lain-lain, namun harus dianalisa lebih lanjut tentang kelayakan usahanya serta keberlanjutannya.

Teknologi pengolahan produk jadi dengan memanfaatkan daging ikan juga sudah banyak dilakukan. Seperti pengolahan menjadi bakso, sosis, nugget, burger, abon ikan, kerupuk, dan lain sebagainya. Teknologi pengolahan tersebut cukup sederhana dan dapat dilakukan dalam skala rumah tangga dengan tujuan untuk konsumsi pribadi dan juga dapat dijadikan sebagai salah satu usaha yang dapat memberikan pendapatan tambahan. Nugget, bakso, dan sosis merupakan produk olahan daging beku (*frozen food*) yang memiliki daya simpan yang cukup lama dengan kondisi penyimpanan yang sesuai. Bahan-bahan yang digunakan selain bahan utama gilingan daging ikan, juga digunakan bahan tambahan seperti bahan pengisi yang biasanya tinggi karbohidrat seperti tepung tapioka dan sago, bahan pengikat atau pengemulsi seperti telur maupun lemak, serta bumbu-bumbu yang dapat disesuaikan dengan selera pengolahnya. Produk yang lain yaitu abon ikan biasanya merupakan suatu metode pengawetan

dengan kombinasi antara perebusan/pengukusan dan penggorengan serta penambahan bumbu-bumbu tertentu. Produk yang dihasilkan mempunyai tekstur yang lembut, rasa dan aroma yang khas (Mulyadi *et al.* 2011).

VII. PENUTUP

Lahan rawa merupakan ekosistem dengan keanekaragaman hayati (biodiversiti) yang sangat tinggi dan khas. Sumber daya alam yang terkandung dalam ekosistem lahan rawa sangat berpotensi bagi pengembangan pertanian, perikanan, peternakan, dan perkebunan.

Penangkapan ikan di perairan rawa pada dasarnya dapat dilakukan sepanjang tahun tetapi berfluktuasi antara musim kemarau dan penghujan yang berpengaruh terhadap intensitas penangkapan yang bisa dilakukan dan hasil yang diperoleh, sekaligus dapat mengancam kelestarian ikan di lahan rawa.

Budi daya ikan di lahan rawa selain untuk mengatasi berkurangnya jumlah dan jenis ikan akibat penangkapan yang semakin intensif, juga menjadi salah satu tindakan pelestarian ikan-ikan yang hidup di perairan rawa. Kegiatan budi daya ikan di lahan pasang surut dapat dilakukan dengan sistem kolam, karamba, *fish pen* (hampang), dan jaring tancap.

Teknologi pengolahan, selain meningkatkan nilai tambah komoditas perikanan juga memberikan pilihan produk untuk dikonsumsi oleh masyarakat, sehingga kontribusi perikanan di dalam memenuhi kebutuhan gizi masyarakat melalui produk pangan hewani dapat tercapai.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, Junius. 2017. Potensi, Peluang, dan Tantangan Pengembangan Perikanan Rawa di Kalimantan Selatan. Lambung Mangkurat University Press. Banjarmasin.
- Alihamsyah, T dan Ar-Riza, I. 2006. Teknologi Pemanfaatan Lahan Rawa Lebak. Buku Karakteristik dan Pengelolaan Lahan Rawa. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian. Bogor.
- Ardi D.S., Kurnia U., Mamat H.S., Hartatik W., dan Setyorini D., 2006. Karakteristik dan Pengelolaan Lahan Rawa. Balai Besar Penelitian

dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Balitbang Pertanian Departemen Pertanian.

- Asyari., 2009. Upaya pelestarian plasma nutfah perikanan di perairan umum. Seminar Nasional Tahunan VI. Hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan. Di UGM, Yogyakarta tanggal 25 Juli 2009.
- BPS. 2013. Statistik Indonesia tahun 2012. Jakarta. Badan Pusat Statistik.
- Chairuddin. 1990. Fisheries of the Sungai Nagara wetland dalam Conservation of Sungai Nagara Wetlands, South Kalimantan. PHPA/AWB-Indonesia dan KPSL Universitas Lambung Mangkurat. Banjarbaru.
- Dinas Perikanan dan Kelautan Provinsi Kalimantan Selatan. 2013. Budi Daya Ikan di Perairan Umum. Dinas Perikanan dan Kelautan Provinsi Kalimantan Selatan. Banjarbaru.
- Fransiska, Ike Marta. 2017. Fermentasi Bekasam Ikan Nila (*Oreochromis sp.*) dengan Penambahan Starter Bakteri Asam Laktat. Skripsi. Departemen Teknologi Hasil Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Online at : <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/87604>
- Haryono. 2013. Lahan Rawa Lumbung Pangan Masa Depan Indonesia. IAARD Press. Jakarta.
- Haryono, D.Nursyamsi, dan M.Noor dalam Mukhlis et all. 2014. Biodiversiti Sumberdaya Lahan Rawa dalam Persepektif Pengembangan Pertanian. Buku Biodiversiti Rawa Eksplorasi, Penelitian dan Pelestariannya. Penyunting: Mukhlis, M.Noor, M.Alwi, M.Thamrin, D.Nursyamsi, Haryono. IAARD Press. Jakarta.
- Huwoyon, Gleni Hasan dan Gustiano, Rudhy. 2013. Peningkatan Produktivitas Budi Daya Ikan di Lahan Gambut. Media Akuakultur Volume 8 No.1 Tahun 2013. Online at : <http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/ma/article/viewFile/357/360>
- Irianto, Hari Eko dan Giyatmi, S. 2014. Teknologi Pengolahan Hasil Perikanan. Online at : <http://repository.ut.ac.id/4554/1/LUHT4443-M1.pdf> . Diakses Maret, 2019.
- Irianto, Hari Eko dan Soesilo, Indroyono. 2007. Dukungan Teknologi Penyediaan Produk Perikanan. Makalah Seminar Nasional Hari Pangan Sedunia Tahun 2007. Diakses Maret 2019. Online at : http://www.litbang.pertanian.go.id/special/HPS/dukungan_tek_perikanan.pdf

- Irianto, Hari Eko. 2013. Produk Fermentasi Ikan. Penerbit Penebar Swadaya, Jakarta.
- Ismail, I.G., T.Alihamasyah, I.P.G.Widjaja-Adhi, Suwarno, T.Herawati, R.Thahir, D.E. Sianturi. 1993. Sewindu Penelitian Pertanian di Lahan Rawa: Kontribusi dan Prospek Pengembangan. Proyek Swamps II. Puslitbang Tanamn Pangan. Bogor.
- Kalista, A., A. Supriadi, dan S.H. Rachmawati. 2012. Bekasam Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*) dengan Penggunaan Sumber Karbohidrat yang Berbeda. Program Studi Teknologi Hasil Perikanan Universitas Sriwijaya. *Jurnal Fishtech* 1(1): 102–110.
- Mulyadi, A F, Effendi, M., Maligan, J M. 2011. Modul Teknologi Pengolahan Ikan Gabus. Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya Malang.
- Noor, M. 2007. Rawa Lebak: Ekologi, Pemanfaatan, dan Pengembangannya. Rajawali Pers, Jakarta.
- Prasetyo, Yanuar. 2014 Buku: Fermentasi Ikan. Diakses Maret 2019. Online at : https://www.academia.edu/8714722/Fermentasi_Ikan
- Rahardjo M.F. 2011. Spesies Akuatik Asing Invasif. KSI31. Masyarakat Iktiologi Indonesia. 18 Oktober 2011. Prosiding Forum Nasional Pemacuan Sumber Daya Ikan III.
- Rukmini 2014. Biodiversiti Sumberdaya Ikan pada Agroekosistem Rawa. Dalam Biodiversiti Rawa Eksplorasi, Penelitian, dan Pelestariannya. Penyunting: Mukhlis, M.Noor, M.Alwi, M.Thamrin, D.Nursyamsi, Haryono. IAARD Press. Jakarta.
- Rupawan. 2006. Beje sebagai kolam produksi di lahan rawa lebak dalam M.Noor et al (eds). Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Lahan Rawa Lebak Terpadu, 28-29 Juli 2006. Balitra. Banjarbaru. Hal 189-196.
- Saleh, M. 2015. http://balittra.litbang.pertanian.go.id/index.php?option=com_content&view=article&id=1689&Itemid=10
- Soetrisno, S.S.U. dan R.R.S. Apriyantono. 2005. Mutu Gizi dan Keamanan Bekasam Produk Fermentasi Ikan Teri secara Spontan dan Penambahan Kultur Murni. *Jurnal Penelitian Gizi dan Makanan* 28 (1): 38–42.
- Subagyo, H. 2006. Klasifikasi dan Penyebaran Lahan Rawa dlam Karakteristik dan Pengelolaan Lahan Rawa. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian. Bogor.

- Sulistiyarto, B. 2008. Pengelolaan Ekosistem Rawa Lebak untuk Mendukung Keanekaragaman Ikan dan Pendapatan Nelayan di Kota Palangkaraya. Disertasi Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Sulistijowati S, Rieny., Djunaedi, O S., Nurhajati, J., Afrianto, E., Udin, Z. 2011. Mekanisme Pengasapan Ikan. UNPAD PRESS. ISBN 978-602-8743-86-0
- Suwarto, A.T.Aryanto, I.Effendi. 2015. Perancangan Model Pertanian Terpadu Tanaman-Ternak dan Tanaman-Ikan di Perkampungan Teknologi Telo, Riau. *Jurnal Agron.Indonesia* 43 (2): 168–177.
- Wibowo, S. dan Yunizal. 1998. Penanganan Ikan Segar. Instalasi Perikanan Laut Slipi. Jakarta.
- Wikandari PR, Suparno, Marsono, Rahayu ES. 2012. Potensi Bakteri Asam Laktat yang Diisolasi Dari Bekasam Sebagai Penghasil Angiotensin Converting Enzyme Inhibitor pada Fermentasi “bekasam-like” Product. *Agritech* 32(3): 258-264.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB V

PENUTUP

KATALISASI LAHAN RAWA MENUJU LUMBUNG PANGAN DUNIA 2045

Masganti¹⁾, Hendri Sosiawan¹⁾, Eni Maftuah¹⁾ dan Mamat H.S²⁾.

¹⁾Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa

Jln. Kebun Karet, Loktabat Utara, Banjarbaru Utara,

Banjarbaru 70712, Tlp.085287386319,

2)Balai Besar Penelitian dan pengembangan Sumber Daya Lahan Pertanian

Jln. Tentara Pelajar, No 1. Bogor 16114 Tlp.0251 8323012

E-mail: masgambut59@yahoo.com

RINGKASAN

Kebutuhan pangan Indonesia terus meningkat karena penambahan jumlah penduduk, peningkatan kebutuhan konsumsi individu, dan keinginan Indonesia menjadi lumbung pangan dunia (LPD). Sementara dari sisi produksi terkendala oleh penciutan luas lahan garapan, alih fungsi lahan, kompetisi pemanfaatan lahan, degradasi kesuburan tanah, penurunan jumlah keluarga tani, kerusakan infrastruktur pertanian, serangan organisme pengganggu tanaman (OPT), dan tata ruang pertanian. Masalah konsumsi dihadapkan pada efisien dan diversifikasi sumber karbohidrat yang masih rendah. Lahan rawa berpotensi menjadi pendukung menuju LPD karena (a) lahan potensial masih luas, (b) lahan terdegradasi yang potensial masih luas, (c) produktivitas masih rendah, (d) indeks pertanaman (IP) masih rendah, (e) pola produksi bahan pangan bersifat komplementer dengan pola produksi bahan pangan di Pulau Jawa, (f) kompetisi pemanfaatan lahan untuk tujuan non-pertanian relatif rendah, dan (g) tersedia teknologi produksi berbagai komoditas bahan pangan. Katalisasi kontribusi lahan rawa terhadap penyediaan bahan pangan dapat dilakukan melalui dukungan: (1) kebijakan terintegrasi, (2) modal dan aksesibilitas, (3) ketersediaan pasar, (4) inventarisasi kondisi

eksisting lahan pertanian, (5) revitalisasi dan optimalisasi infrastruktur pengelolaan air, (6) konsolidasi manajemen pemanfaatan lahan, (7) penguatan kelembagaan pertanian dan petani, (8) optimalisasi pemanfaatan alsintan, (9) penyusunan tata ruang pertanian, dan (10) penelitian dan pengembangan pertanian ramah lingkungan.

I. PENDAHULUAN

Meski bangsa Indonesia sudah mampu berswasembada beras, tetapi kebutuhan pangan tetap meningkat akibat bertambahnya jumlah penduduk, berkurangnya luas lahan pertanian produktif, meningkatnya kebutuhan energi individu, berkurangnya jumlah keluarga tani, dan rendahnya efisiensi konsumsi dan diversifikasi sumber karbohidrat (Masganti dan Alwi 2018). Masalah pangan di Indonesia menyangkut tiga hal pokok, yakni (1) kebutuhan pangan, (2) kemampuan memproduksi dan mendistribusikan pangan, dan (3) efisiensi konsumsi.

Kebutuhan pangan diketahui berkorelasi positif dengan jumlah penduduk. Saat ini penduduk Indonesia diperkirakan sekitar 270 juta jiwa dengan kecepatan pertambahan 1,19%/tahun, sehingga diperlukan jumlah pangan yang lebih banyak dari tahun ke tahun. Peningkatan jumlah kebutuhan pangan juga dipicu oleh perubahan kebutuhan individu. Menurut FAO pada tahun 2012 kebutuhan kalori per individu hanya 2.750 kalori/orang/hari, tetapi pada tahun 2050 diperkirakan meningkat menjadi 3.130 kkalori/orang/hari. Oleh karena itu, tekad pemerintah melalui Kementerian Pertanian untuk menjadi lumbung pangan dunia (LPD) merupakan program yang mulia dan sekaligus tantangan, sehingga harus didukung oleh semua insan pertanian Indonesia.

Masalah yang dihadapi dalam memproduksi bahan pangan banyak ditentukan oleh penciptaan luas lahan garapan, alih fungsi lahan, kompetisi pemanfaatan lahan untuk tujuan non-pangan, degradasi kesuburan tanah, penurunan jumlah keluarga tani, kerusakan infrastruktur pertanian, serangan OPT, tata ruang pertanian, dan pasar.

Perubahan iklim ekstrem menyebabkan menyempitnya lahan garapan, misalnya karena intrusi air laut menyebabkan luas lahan salin menjadi bertambah (Putra dan Istianto 2014). Luas lahan garapan juga dipengaruhi oleh hak waris yang semakin menyempit dari generasi ke generasi. Selain itu, kebijakan untuk hidup dalam lingkungan yang sehat melalui

penggunaan BBM nabati menyebabkan kompetisi pemanfaatan lahan dengan tanaman non-pangan, selain alih fungsi lahan. Penurunan jumlah keluarga tani selama periode 2003-2013 juga menyebabkan berkurangnya kemampuan menghasilkan bahan pangan. Saat ini jumlah petani diperkirakan hanya 23 juta jiwa dari 31,17 juta jiwa pada tahun 2003.

Faktor penyebab lain dalam pengadaan bahan pangan adalah kerusakan infrastruktur pertanian, terutama pengelolaan air yang menyebabkan luas pertanaman berkurang dan pengamanan panen rendah, termasuk penanganan OPT, kekeringan, banjir, dan. Selain itu, pengelolaan air menjadi kendala dalam peningkatan indeks pertanaman (IP). Penurunan kapasitas produksi bahan pangan juga terkait dengan tata ruang pertanian. Tanaman pangan terutama di lahan pasang surut tipe C dan D yang dibudidayakan “berimpit” dengan kelapa sawit di bagian atasnya, akan mengalami kemunduran kualitas lahan karena penggunaan air yang mengalami penurunan kualitas, sehingga produktivitasnya rendah (Masganti dan Alwi 2018).

Ketersediaan pasar bahan pangan menjadi garansi bagi keberlangsungan usahatani pangan. Pasar yang bersifat reguler di lahan pasang surut menyebabkan petani kurang bergairah untuk memproduksi secara lebih besar karena belum adanya jaminan bahwa produk yang dihasilkan petani dapat diserap pasar secara cepat (Achmad 2012; Masganti 2013).

Masalah konsumsi pangan yang dihadapi bangsa Indonesia adalah efisiensi konsumsi dan diversifikasi sumber karbohidrat yang masih rendah. Tradisi jelek masyarakat kelas menengah dan kelas atas dalam mengonsumsi bahan pangan yang tidak efisien menyebabkan banyak bahan pangan menjadi “sampah pangan”. Di Indonesia diperkirakan 15-20% bahan pangan menjadi sampah, angka tersebut meningkat pada bulan ramadhan. Meskipun pencanangan program diversifikasi pangan telah lama, tetapi dampaknya terhadap konsumsi beras sebagai sumber karbohidrat tidak signifikan. Sekitar 95% penduduk Indonesia masih menyandarkan sumber karbohidratnya dari beras dan merasa belum makan jika belum mengonsumsi nasi.

II. POTENSI LAHAN RAWA Mendukung Pencapaian LPD

Lahan rawa merupakan “raksasa tidur” yang harus segera dibangun untuk mendukung pencapaian Lumbung Pangan Dunia (LPD). Rasionalisasi

tersebut didasarkan atas pertimbangan (1) lahan potensial masih luas, (2) lahan terdegradasi yang potensial masih luas, (3) produktivitas masih rendah, (4) IP masih rendah, (5) pola produksi bahan pangan bersifat komplementer dengan pola produksi di Pulau Jawa, (6) kompetisi pemanfaatan lahan untuk tujuan non-pertanian relatif rendah, dan (7) tersedia teknologi produksi berbagai komoditas bahan pangan (Masganti 2013).

Penyediaan bahan pangan Indonesia pada masa mendatang tidak dapat lagi bertumpu dengan Pulau Jawa. Dominasi Pulau Jawa sebagai pemasok bahan pangan perlu dikurangi secara bertahap mengingat berkurangnya kapasitas produksi bahan pangan akibat (a) konversi lahan sawah produktif, (b) kerusakan infrastruktur pertanian, (c) degradasi kesuburan tanah, (d) iklim ekstrem, (e) kurangnya minat tarunatani, (f) berkurangnya jumlah rumah tangga petani, dan (g) serangan OPT. Selain itu, kebijakan ini juga dapat meningkatkan keterampilan petani dan perekonomian kawasan.

Berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa lahan rawa sangat potensial menjadi kontributor utama penghasil bahan pangan Indonesia. Menurut catatan Ritung *et al.* (2015) dan BBSDLP (2016), luas lahan rawa di Indonesia mencapai 34,1 juta ha yang tersebar luas di Pulau Sumatera, Kalimantan, dan Papua, dan sebagian kecil di Pulau Sulawesi, Maluku, dan Jawa. Dari luas tersebut sekitar 19,1 juta ha di antaranya dinyatakan sesuai untuk pertanian, namun baru sekitar 11,6 juta ha yang sudah dimanfaatkan, sisanya 7,5 juta ha merupakan lahan bongkor, bera, atau terlantar. Lahan rawa dengan lingkungannya sudah menyediakan air yang berlimpah, sumber daya genetik (SDG) yang dapat dimanfaatkan untuk pertanian organik (Susanti dan Thamrin 2017), bahkan juga untuk tujuan non-pertanian seperti pengobatan (Setyowati 2010; Setiawan dan Qiptiah 2014). Dengan sentuhan inovasi teknologi, lahan rawa dapat diandalkan untuk mewujudkan kedaulatan pangan dan lumbung pangan dunia (Arsyad *et al.* 2014).

III. KATALISATOR KONTRIBUSI PANGAN LAHAN RAWA

Kebijakan pemerintah yang selama ini masih “mengabaikan” lahan rawa sebagai penghasil bahan pangan menyebabkan kontribusi penyediaan pangan hanya bersandar dengan Pulau Jawa. Lahan rawa belum mampu memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pasokan bahan pangan

nasional, ditaksir baru sekitar 7-8% karena produktivitasnya yang rendah. Untuk meningkatkan daya pasok pangan lahan rawa diperlukan beberapa perbaikan terhadap kebijakan yang ada.

3.1. Kebijakan Terintegrasi

Peningkatan daya pasok pangan dari lahan rawa memerlukan katalisator untuk mempercepat terjadinya pencapaian LPD. Beberapa katalisator yang diperlukan antaranya kebijakan, perencanaan, pelaksanaan, dan inovasi teknologi. Kebijakan yang baik harus dapat bergandengan atau sinkron antara kebijakan pusat (Kementerian/Lembaga). Kementerian atau lembaga yang ada di pusat harus dapat bergandengan tangan satu sama lain, untuk mengayuh sampan menuju sasaran akhir pembangunan pertanian, yakni meningkatkan daya pasok pangan, distribusi pangan, keterjangkauan pangan, dan peningkatan pendapatan dan kesejahteraan petani. Ketidakkompakan kebijakan antarkementerian/lembaga dapat berimbas terhadap kekompakan dan kebijakan Pemerintah Daerah (Pemda). Hal lain yang perlu diperhatikan terkait dengan kebijakan adalah timing kebijakan. Kebijakan kementerian/lembaga yang “mewajibkan” Pemda untuk berpartisipasi hendaknya disampaikan lebih awal agar Pemda dapat beradaptasi dengan dinamika kebijakan kementerian/lembaga. Hendaknya dinamika kebijakan juga jangan terlalu tinggi, sehingga tidak menyulitkan Pemda untuk beradaptasi, terutama dalam hal penganggaran.

Kebijakan yang baik harus bisa diterjemahkan dengan baik oleh para perencana, baik yang ada di kementerian/lembaga, maupun dari Pemda setempat. Perencanaan yang baik harus mampu menerjemahkan alokasi waktu, dana, dan aparat pelaksana yang berkomitmen. Tidak konsistennya perencana mengalokasikan dana, tidak saja menghambat percepatan tercapainya tujuan pembangunan pertanian, tetapi juga “menurunkan” semangat pelaksana dalam menjalankan tugasnya. Perencana harus mempunyai komitmen tinggi dalam menerjemahkan kebijakan.

Perencana di berbagai tingkatan Pemda (Gubernur, Bupati/Wali Kota) harus mempunyai database/sistem informasi yang kuat untuk dapat mendukung pengambilan dan implementasi kebijakan, terutama terkait dengan sumber daya alam dan sumber daya manusia. Kedua komponen ini menjadi amunisi utama dalam mencapai tujuan kegiatan. Ketidaktepatan dalam memperkirakan kapasitas amunisi menyebabkan kegiatan tidak bisa

dilaksanakan, atau dapat dilaksanakan tetapi tidak efektif atau bahkan menjadi proyek monumental.

3.2. Modal dan Aksesibilitas

Menjadikan lahan rawa sebagai pendukung utama LPD, bukanlah sesuatu yang mudah, tetapi juga bukan sesuatu yang mustahil. Hal lain yang menjadi katalisator peningkatan kapasitas lahan rawa sebagai kontributor utama pangan di Indonesia adalah tersedianya modal yang cukup bagi petani dalam mengembangkan usahatani padi (Achmad 2012). Kekurangan modal menyebabkan petani “mengalihkan” dana untuk membeli saprodi karena ada keperluan yang lebih mendesak, misalnya untuk membayar SPP. Hal ini menyebabkan produktivitas padi menjadi rendah, meskipun petani sangat meyakini bahwa dukungan saprodi meningkatkan produktivitas tanaman (Masganti 2013).

Aksesibilitas wilayah baik dari segi sarana transportasi maupun komunikasi menjadi faktor yang dapat mempercepat peningkatan kapasitas produksi pangan di lahan rawa. Aksesibilitas yang baik dapat mempercepat sampainya hasil-hasil pertanian ke konsumen, sehingga konsumen memperoleh bahan pangan yang lebih berkualitas. Bagi petani mempercepat akses ke konsumen menguntungkan mereka dari beberapa hal: (1) dapat memperoleh uang lebih cepat, sehingga dapat menanggulangi kebutuhan rumah tangga yang mendesak, (2) mempunyai alokasi waktu yang lebih banyak untuk kepentingan budi daya atau keluarga, daripada harus menghabiskan waktu untuk mengakses pasar. Kemudahan dalam komunikasi juga membantu petani untuk lebih “menikmati” rantai pasar yang lebih baik karena dengan mudah memperoleh informasi tentang harga atau menentukan lokasi transaksi dengan mitra.

3.3. Ketersediaan Pasar

Katalisator lain yang diperlukan untuk memperkuat kapasitas produksi pangan dari lahan rawa adalah tersedianya pasar yang menguntungkan bagi petani. Tidak jarang kualitas bahan pangan yang dihasilkan menjadi menurun atau kurang baik karena terlalu lama bahan tersebut “beredar” karena tidak laku-laku. Kebanyakan pasar yang ada di lahan pasang surut misalnya bersifat reguler, artinya kadang hanya beroperasi pada hari tertentu seperti pasar Rabu (Masganti 2013). Padahal pasar diperlukan

yang sifatnya terus-menerus, apalagi bahan pangan yang mudah mengalami penurunan kualitas seperti sayuran (Haryani 2010).

3.4. Inventarsasi Kondisi Lahan Eksisting

Rendahnya kontribusi lahan pasang surut terhadap penyediaan bahan pangan disebabkan produktivitas lahan yang rendah, sehingga tidak menguntungkan dan ditinggalkan petani atau dibiarkan terlantar. Saat ini diperkirakan sekitar 7,5 juta ha lahan rawa terlantar.

Langkah yang harus dilakukan adalah melakukan inventarisasi kondisi lahan eksisting meliputi pemanfaatan, produktivitas, IP, dan masalah teknis dan sosial yang dihadapi petani terkait budi daya tanaman. Dengan pemetaan tersebut dapat ditetapkan langkah-langkah strategis untuk meningkatkan peran lahan pasang surut dalam penyediaan bahan pangan, terutama menentukan daerah-daerah yang bisa ditingkatkan produktivitas dan IP-nya.

3.5. Revitalisasi dan Optimalisasi Infrastruktur Pengelolaan Air

Keberhasilan membangun pertanian di lahan rawa sangat tergantung dari kemampuan mengelola air karena kegiatan pokok seperti fotosintesis, respirasi, aerasi, reaksi kimia, dan kegiatan mikroba terkait erat dengan ketersediaan dan kualitas air sebagai garansi produktivitas yang optimal. Pengelolaan air yang baik, juga menjadi garansi untuk mengendalikan emisi gas rumah kaca (GRK) (Wihardjaka 2015), meningkatkan efisiensi pemupukan (Alwi dan Nazemi 2013), menjamin sirkulasi air yang lebih berkualitas, menekan pertumbuhan gulma, mencuci bahan-bahan beracun, meningkatkan IP, pendapatan petani, dan perekonomian masyarakat kawasan (Masganti *et al.* 2015).

Hasil pengamatan lapang menunjukkan bahwa banyak sarana pengelolaan air yang sudah tidak berfungsi secara maksimal, bahkan sama sekali tidak berfungsi. Untuk itu, perlu dilakukan langkah inventarisasi dan karakterisasi jaringan tata air eksisting untuk menentukan langkah operasional, apakah menggunakan optimalisasi atau revitalisasi jaringan. Optimalisasi jaringan tata air dapat dilakukan melalui (a) penggunaan pompa, (b) pembangunan dan penggunaan *long storage*, (c) penggunaan sumber air yang lebih berkualitas, dan (d) penguatan kelembagaan perkumpulan petani pengguna air (P3A). Sedangkan revitalisasi dilakukan

melalui (1) normalisasi saluran dan pintu air, dan (2) instalasi pintu-pintu air pengendali.

3.6. Konsolidasi Manajemen Pemanfaatan Lahan

Rendahnya kontribusi lahan rawa terhadap pasokan bahan pangan antaranya karena manajemen pemanfaatan lahan petani, budi daya dilakukan pada luasan yang sempit sehingga tidak efisien dalam pemanfaatan alsintan, tidak kompak karena usahatani tidak terintegrasi menyebabkan posisi tawarnya rendah, modal terbatas, tidak mampu mengolah produk untuk memperoleh nilai tambah, dan ditangani secara kurang profesional.

Pertanian korporasi lahan rawa merupakan langkah konsolidasi manajemen lahan beberapa kelompok tani (Keltan) atau gabungan kelompok tani (Gapoktan) dalam satu manajemen pengelolaan lahan yang profesional untuk menghasilkan, mengolah, dan menjual produk pertanian unggulan secara mandiri. Dengan kata lain, pertanian korporasi adalah pertanian yang menghimpun petani dalam jumlah lebih besar dan lahan usaha yang lebih luas dalam kesatuan manajemen.

3.7. Penguatan Kelembagaan Pertanian dan Petani

Rendahnya pasokan bahan pangan dari lahan pasang surut juga terkait dengan kurangnya bahkan tidak berfungsinya beberapa kelembagaan pertanian. Sebagai contoh, terbatasnya sarana produksi karena jumlah kios saprodi yang terbatas, atau hanya disediakan oleh pasar reguler menyebabkan potensi produksi lahan tidak tercapai (Masganti 2013; Masganti dan Koesrini 2017). Lembaga penyuluhan misalnya, juga belum maksimal melaksanakan tugas dan fungsinya. Penyuluh pertanian lapang (PPL) belum mampu memenuhi permintaan petani untuk melakukan demplot ataupun penyuluhan teknologi produksi karena terbatasnya dana yang tersedia dan kurangnya fasilitas pendukung (Syahyuti 2014).

Pengembangan pertanian korporasi di lahan pasang surut akan terkendala oleh kelembagaan petani. Oleh karena itu, perlu penguatan kelembagaan petani seperti Keltan dan Gapoktan melalui bimbingan teknis tentang budi daya, pengolahan hasil, *packaging*, pemasaran, dan manajemen profesional agar lebih mandiri. Sedangkan kelembagaan pertanian yang perlu dikuatkan adalah penyuluhan, saprodi, dan permodalan (Nuryanti dan Swastika 2011; Bustaman 2014).

3.8. Optimasi Pemanfaatan Alsintan

Bertambahnya luas lahan pasang surut yang terlantar juga dipicu oleh terbatasnya tenaga kerja keluarga dalam pengelolaan lahan karena dikerjakan secara manual, sehingga tidak jarang petani menanam bibit berumur tua yang menyebabkan produktivitas rendah. Ada empat tahapan dalam budi daya padi yang memerlukan curahan tenaga yang banyak yakni persiapan lahan, tanam, pemeliharaan, dan panen. Oleh karena itu, diperlukan alsintan pengolah tanah, penanam, pemelihara, dan panen. Bahkan masih diperlukan alsintan pascapanen atau pengolahan (Umar dan Indriyati, 2013; Umar dan Rina 2017).

Penerapan mekanisasi pertanian pra dan pascapanen secara utuh dan lengkap sangat diperlukan untuk (1) meningkatkan luas tanam dan IP, (2) meningkatkan produktivitas, kualitas dan efisiensi input produksi, (3) meningkatkan rendemen komoditas dengan kualitas yang tinggi, (4) meningkatkan manajemen kawasan yang integratif, efektif, dan efisien secara profesional serta berkelanjutan, dan (5) meningkatkan pendapatan petani. Penggunaan alsintan pra dan pascapanen harus disesuaikan dengan jenis, ukuran, kapasitas serta jumlahnya dengan skala ekonomi tertentu.

3.9. Penyusunan Tata Ruang Pertanian

Penurunan produktivitas lahan terkait dengan tata ruang komoditas pertanian terjadi di lahan pasang surut, terutama yang bertipologi luapan C dan D. Tanaman pangan yang dibudidayakan berimpit dengan kelapa sawit yang berada di atasnya, akan mengalami penurunan produktivitas karena memanfaatkan air yang mengalami penurunan kualitas akibat penggunaan herbisida, insektisida, dan pestisida di kawasan kelapa sawit. Daya dorong arus surut air yang tidak cukup kuat dan waktu pasang yang singkat tidak mampu mengeluarkan bahan-bahan beracun tersebut, sementara arus pasang kembali mendorong bahan-bahan tersebut ke bagian atas. Akibatnya, petani hanya dapat memanfaatkan air “mondar-mandir” tersebut. Berimpitnya lokasi budi daya tanaman pangan dengan kelapa sawit juga dapat menyebabkan “kompetisi” penggunaan tenaga kerja, sehingga petani membiarkan lahannya terlantar.

Tata ruang lain yang perlu dibenahi adalah alsintan, menyangkut (1) jenis, spesifikasi dan jumlah alsintan yang diperlukan di setiap kecamatan sesuai dengan potensi, dan spesifikasi alsintan untuk mempermudah

mobilitas alat agar tidak membebani petani mendatangi dari kecamatan lain, (2) perbengkelan, hal ini dimaksudkan agar alsintan yang dimiliki oleh usaha penggunaan jasa alsintan (UPJA) tidak mangkrak hanya karena “ketidaktahuan” atau kurang pengetahuan “*trouble shooting*” petani. Tentunya, tidak hanya bengkel yang berdekatan dengan petani, tetapi juga diperlukan pelatihan oleh penyedia alsintan sebagai salah satu syarat pengadaan alsintan oleh pemerintah, dan (3) toko onderdil atau *spare part* yang didekatkan dengan UPJA agar tidak mengurangi waktu operasional alsintan, jika harus membelinya ke ibu kota kabupaten.

3.10. Pengembangan Pertanian Ramah Lingkungan

Meluasnya lahan rawa yang terlantar disebabkan terjadinya degradasi kesuburan tanah akibat sifat kimia, dan biologi tanah berkurang. Perubahan tersebut biasanya terkait dengan kemunduran lingkungan. Penggunaan teknologi produksi bahan pangan yang ramah lingkungan menjadi keharusan untuk meningkatkan dan menjamin keberlangsungan pasokan pangan dari lahan rawa.

Lahan rawa diketahui mempunyai potensi sumber daya genetik (SDG) yang berlimpah untuk mendukung pertanian organik. Hanya saja pemanfaatan pupuk hayati dan pestisida nabati di lahan rawa belum sepenuhnya dilakukan petani karena khasiat pestisida kimia dalam menanggulangi OPT dianggap lebih ampuh dan cepat. Oleh karena itu, pestisida hayati perlu dikemas dalam kemasan konsentrasi tinggi agar dapat meyakinkan petani khasiat pestisida tersebut. Selain itu, terbatasnya produksi bahan karena sumber tumbuhan yang menjadi bahan pestisida nabati tidak ditanam secara massal, sehingga ke depan diperlukan “kawasan” SDG mendukung keberlanjutan pasokan pestisida nabati. Oleh karena itu, diperlukan kebijakan penelitian dan pengembangan pertanian ramah lingkungan untuk mengantisipasi eksploitasi lahan rawa secara intensif agar kesehatan tanah terjamin, dan meminimumkan risiko pencemaran lingkungan dan meningkatkan daya tahan tanaman terhadap serangan OPT.

IV. PENUTUP

Kebutuhan pangan Indonesia terus meningkat akibat pertumbuhan jumlah penduduk, peningkatan kebutuhan konsumsi individu, dan

keinginan menjadi Lumbung Pangan Dunia (LPD). Sementara produksi terkendala oleh penciutan luas lahan garapan, alih fungsi lahan, kompetisi pemanfaatan lahan, degradasi kesuburan tanah, penurunan jumlah keluarga tani, kerusakan infrastruktur pertanian, serangan organisme pengganggu tumbuhan (OPT), dan tata ruang pertanian. Masalah konsumsi dihadapkan pada efisiensi dan diversifikasi sumber karbohidrat yang masih rendah.

Lahan rawa berpotensi menjadi pendukung menuju LPD karena (1) lahan potensial masih luas, (2) lahan terdegradasi yang potensial masih luas, (3) produktivitas masih rendah, (4) indeks pertanaman (IP) masih rendah, (5) pola produksi bahan pangan bersifat komplementer dengan pola produksi bahan pangan di Pulau Jawa, (6) kompetisi pemanfaatan lahan untuk tujuan non-pertanian relatif rendah, dan (7) tersedia teknologi produksi berbagai komoditas bahan pangan.

Katalisasi kontribusi lahan rawa terhadap penyediaan bahan pangan dapat dilakukan melalui dukungan (1) kebijakan terintegrasi, (2) modal dan aksesibilitas, (3) ketersediaan pasar, (4) inventarisasi kondisi eksisting lahan pertanian, (5) revitalisasi dan optimalisasi infrastruktur pengelolaan air, (6) konsolidasi manajemen pemanfaatan lahan, (7) penguatan kelembagaan pertanian dan petani, (8) optimalisasi pemanfaatan alsintan, (9) penyusunan tata ruang pertanian, dan (10) penelitian dan pengembangan pertanian ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, M., 2012. Pengaruh aksesibilitas penyuluhan dan kredit terhadap efisiensi usahatani padi di Jawa. *Jurnal Trikonomika* 11(1):69-80.
- Alwi, M., dan D. Nazemi. 2013. Pengaruh pengelolaan air dan pemberian pupuk terhadap hasil padi di lahan pasang surut. *Jurnal Tanah dan Iklim* 37(2):111-118.
- Arsyad, D. M., B. B. Saidi, dan Endrizal. 2014. Pengembangan inovasi pertanian di lahan rawa pasang surut mendukung kedaulatan pangan. *Pengembangan Inovasi Pertanian* 7(4):169-176.
- BBSDLP. 2016. Peta Arahana Penggunaan Lahan. Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor.
- Bustaman, S. 2014. Penguatan kelembagaan Gapoktan PUAP dalam penerapan teknologi padi spesifik lokasi. *J. Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 33(1):35-46.

- Haryani, D. 2010. Analisis efisiensi usahatani padi sawah program PTT di Kabupaten Serang Provinsi Banten. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Pertanian* 13(2):131-140.
- Masganti. 2013. Teknologi inovatif pengelolaan lahan suboptimal gambut dan sulfat masam untuk peningkatan produksi tanaman pangan. *Pengembangan Inovasi Pertanian* 6(4):187-197.
- Masganti, M. Alwi, dan Nurhayati. 2015. Pengelolaan air untuk budi daya pertanian di lahan gambut: kasus Riau. Hlm:62-87. *Dalam* Noor, M. *et al.* (Eds.). *Pengelolaan Air di Lahan Rawa Pasang Surut: Optimasi Lahan Mendukung Swasembada Pangan*. IAARD Press, Badan Litbang, Jakarta.
- Masganti, dan Koesrini. 2017. Kinerja sistem perbenihan padi di lahan pasang surut. Hlm.:233-240 *Dalam* Sukarman *et al.* (Eds.). *Kumpulan Policy Brief Kebijakan Sumberdaya Lahan Mendukung Pembangunan Pertanian*. IAARD Press, Badan Litbang, Jakarta.
- Masganti dan M. Alwi. 2018. Pintu Menuju Lumbung Pangan Dunia. Halaman:525-532. *Dalam* Masganti *et al.* (Eds.). *Inovasi Teknologi Lahan Rawa Mendukung Kedaulatan Pangan*. IAARD Press. Jakarta.
- Nuryanti, S., dan D. K .S. Swastika. 2011. Peran kelompok tani dalam penerapan teknologi pertanian. *Forum Penelitian Agro Ekonomi* 29 (2):115-128.
- Putra, I. S., dan H. Istianto. 2014. Dampak perubahan muka air laut pada daerah rawa dengan irigasi pasang surut: Pemodelan daerah rawa Tabungane. *Jurnal Tanah dan Air* 38(1):43-50.
- Ritung, S., Wahyunto, K. Nugroho, Sukarman, Hikmatullah, Suparto dan C. Tafakresnanto. 2015. Sumberdaya Lahan Pertanian Indonesia: Luas, Penyebaran dan Potensi Ketersediaan. Indonesian Agency for Agricultural Research and Development (IAARD) Press.
- Setiawan, H. dan M. Qiptiyah, 2014. Kajian Etnobotani Masyarakat Adat Suku Moronene Di Taman Nasional Rawa Aopawatumohai. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*. 3(2): 107–117.
- Setyowati, F. M. 2010. Etnofarmakologi dan pemakaian tanaman obat Suku Dayak Tunjung di Kalimantan Timur. *Media Litbang Kesehatan* 20(3):104-112.

- Susanti, M. A., dan M. Thamrin. 2017. Biodiversiti lahan rawa dan pemanfaatannya untuk Biofarmaka, Biopestisida, dan Kosmetik. Hlm:631-652. *Dalam Masganti et al.* (Eds.). Agroekologi Rawa. IAARD Press, Badan Litbang Pertanian, Jakarta.
- Syahyuti. 2014. Implementasi Kebijakan untuk mengoptimalkan peran penyuluh pertanian swasta di Indonesia. *Jurnal Analisis Kebijakan Pertanian* 12(1):19-34.
- Umar, S., dan L. Indrayati, 2013. Efisiensi energi dan produksi pada usahatani padi di lahan sulfat masam potensial. *Jurnal Teknologi Pertanian* 33(2): 244-249.
- Umar, S., dan Y. Rina. 2017. Prospek pengembangan mekanisasi di lahan rawa lebak. Hlm:237-266 *Dalam Noor et al.* (Eds.). Lahan Lebak. IAARD Press, Badan Litbang Pertanian, Jakarta.
- Wihardjaka, A. 2015. Mitigasi emisi gas metana melalui pengelolaan lahan sawah. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 34(3):95-104.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

INDEKS

A

Abiotik 174, 188, 291, 296, 304

Actinomisetes 144

Adaptif 31, 43, 56, 72, 75, 207,
222, 274, 278, 289, 298-301,
306

Aerasi 95, 164-165, 207, 217, 220,
231, 235-236, 280, 363

Agrofisik 291, 293, 299

Akseptabilitas 293

Aksesibilitas 357, 362, 367

Aktual 142, 161, 173-176, 203

Alsintan 15, 25, 28-29, 44, 52,
213, 252, 259, 265, 267, 358,
364-367

Aluminium 93-94, 98, 105-107,
138, 149, 156-157, 162, 177,
179-180, 183, 192-195, 207

Aluvial 205

Amelioran xii, xiii, xiv, 17, 54, 56,
65-66, 68-69, 72, 113, 122-
123, 125, 132, 160, 207, 219,
224, 234, 239, 243-244, 247,
263-264, 270, 273

Ameliorasi 66, 107, 114, 199, 207,
213, 218-219, 230, 235, 239,
247, 252, 257, 259, 263, 267,
272, 306

Anarerob 217

Anomali 75

Asam karbonat 151

Asam organik 57-58, 99, 113, 118,
139, 147-149, 177, 181, 183

Asosiasi 27

Aspergillus 184

B

- Bacillus atropheous 145
Bacillus licheniformis 145
Bakteri xiii, xvii, 92, 113, 123-125, 127, 130, 139, 143-151, 153-157, 159-160, 163-164, 167, 179, 184-188, 190, 267, 285, 298, 303, 347-349, 352, 354
Bawang merah viii, xiii, xiv, xviii, 4, 14, 230-251, 275
Beggiatoa 184
Bimas 27, 32
Biofisik 16-17, 31, 56, 206-207, 230, 234, 252, 257, 259, 295
Bioleaching viii, 172-174, 186-187, 191, 193
Budidaya vi, ix, xviii, xix, 6, 16-17, 19, 23, 26, 30-31, 38, 42, 45, 52, 55, 64, 76, 79-80, 84, 113, 116, 120, 123-124, 126, 133, 137, 163, 199-201, 211-212, 214-215, 217, 219, 222-225, 229-230, 234-237, 240-244, 246-248, 250, 258-262, 265-267, 269-271, 274, 277-278, 282-283, 287-289, 292, 296, 301, 305, 313, 327, 329-331, 333, 339-346, 351-352, 362-365, 368, 377-379
Bungkil inti sawit (bis) 312
Burkholderia seminalis 145
Burkholderia thailandensis 145

C

- Cekaman 68, 99, 180-184, 257-258, 291, 295-296, 298-299, 301, 304
Chryseomonas luteola 145
Citrus suhuensis 145
Combine harvester xviii, 221-222, 265

D

- Defisiensi 57, 93-94, 96, 98, 119, 121, 137-138, 177, 180, 184
Degradasi 4, 17, 75, 93, 104, 172-173, 203, 213, 252-253, 267, 271, 328, 357-358, 360, 366-367
Dekomposisi 113, 122-125, 151, 160, 164-165, 234, 268
Deskripsi xiv, 278, 291, 306-307
Desulfatamaculum 151
Desulfovibrio 151
Diseminasi 88, 246, 300, 304, 316, 324
Drainase 29, 41, 44, 49, 54, 57, 64, 68-69, 77, 90-95, 102, 104-105, 114, 160, 163, 166, 172, 175, 177, 180, 191, 206, 223-224, 231, 234-236

E

- Efektif 44, 76, 80-81, 83-84, 102, 120, 127, 129, 166, 208, 211-213, 362, 365

Efektivitas xiii, 17, 83, 112, 130, 134, 152, 156, 167, 174, 187-188, 220, 228, 238

Efisiensi 66, 76, 111-112, 126-127, 130, 135, 137, 139, 152, 154, 166, 195, 219, 228, 244, 253, 257, 260, 263, 267, 273, 345, 358-359, 363, 365, 367-369

Ekosistem 30, 159-160, 164, 166-167, 230, 291, 327-330, 332-333, 338, 351, 354

Eksopolisakarida 148

Ekstensifikasi v, 17-18, 137, 199, 201, 205

Eksternal 18, 63, 84, 99, 114, 223, 257

El-nino 4, 37

Endapan laut 205

Endapan sungai 47, 205

Enterobacter asburiae, 145

Enterobacter taylorae 145

Escape 303

F

Fakultatif autotroph 185

Fitohormon 137, 153

Fluktuasi 77, 91, 201, 230-231, 234, 273, 295, 338, 343

Fosfor 93-94, 137-140, 142, 151-152, 177, 276

Fragile 17, 160, 205

Frekuensi 341-342, 344, 346

Fungsi budidaya 19

Fungsi lindung 19

G

Gambut v, xii, xiii, xviii, 15-16, 19, 24, 30-33, 58, 95-97, 101, 104, 114, 116, 119-120, 123-125, 161-162, 170, 172-173, 194, 201, 203-205, 207, 212-213, 217-218, 222, 226-227, 232-235, 237, 239, 243, 247-249, 270-271, 273, 292-293, 296, 306, 309, 352, 368

Genetik 148, 256, 295, 324, 360, 366

Genotipe 56, 60-64, 73, 181, 295-296

Gp3a 81

Handil 28, 77, 261

H

Hari pangan sedunia 5, 15, 21, 33, 352

Hidrologi 16, 121, 124, 291-292, 377-380

Hidrotopografi 203-204, 277, 295

Hortikultura vi, xiii, xviii, 23, 37, 53, 233, 244-245, 248-250, 256, 271, 287-289, 292, 328, 377-379

I

Iaa 146, 153

Iklim 4, 33, 37, 72, 75, 132-133, 156, 160, 173, 202, 214, 227, 244, 246, 252-253, 257-258, 260, 267-268, 270-273, 276, 289, 295-296, 303, 358, 360, 367, 377-380

Indeks ix, 6, 35-38, 42, 48, 52, 55, 252, 257-258, 267, 297, 307, 357, 359, 367, 371

Indeks pertanaman (ip) 6, 35, 252, 257-258, 267, 297, 357, 359, 367

Infrastruktur xvi, 4, 15, 18, 21, 24-25, 29-31, 35, 38, 40, 48-50, 52, 79, 87, 223, 233, 252-253, 267, 357-360, 363, 367

Inlet 78, 261

Inokulasi xiii, 146, 149, 152, 154, 187-190

Inovasi vi, ix, 5, 14, 16-17, 26, 30, 33, 42, 52-53, 71-72, 87, 112, 114, 131-132, 134, 173, 191, 193, 199, 206-207, 211-212, 217, 219, 223, 246, 248, 259, 268-269, 271-272, 288-289, 304-310, 313, 316, 321-324, 330-331, 360-361, 367-368

Intensifikasi 17, 25, 27, 32-33, 42, 87, 199, 201, 272

Intensitas 7, 56, 59-60, 76, 80-81, 139, 200, 223, 246, 261, 311, 327, 337-338, 351

Intersepsi 297

Intrusi 19, 58, 162, 293, 358

Ip3a 81

Irigasi v, xvi, 4, 16, 28-29, 35, 38-39, 41-42, 44, 46, 49, 53, 55, 75-76, 78-79, 81-82, 84, 87-88, 91, 111-112, 117, 173, 177, 230, 240, 247, 264, 272, 291, 299-303, 368

J

Jamur 144-146, 155, 165, 184, 221, 242, 299

Jaringan xvi, 23-24, 29, 51, 54, 59, 62-63, 68-69, 74-77, 79, 81-82, 84, 94, 96-97, 99, 117, 120, 164, 181, 183-184, 348, 363

K

Kahat 54, 56, 58, 69, 113, 119, 138, 162, 180, 205-206, 293, 296

Kapasitas 26, 41, 43, 74-75, 79-81, 85-86, 178, 194, 230, 245-247, 249, 251, 253, 262, 267, 359-362, 365

Karbon organik 124

Katalisasi ix, 357, 367

Kelembagaan viii, 5, 17-18, 27-30, 40, 42-44, 52, 74-76, 79-82, 84-89, 200, 206, 208, 223, 225, 230, 245-247, 249, 308, 321, 358, 363-364, 367

Kemandirian 29, 75-76, 80-82, 85, 87-88, 227, 324

Kepemimpinan 83, 86

Keswadayaan 80

Kluyvera cryocrescens 145

Konsolidasi 44, 358, 364, 367

Konsumen 237, 293, 296, 306, 339, 347-348, 350, 362

Konsumsi 113, 123, 159, 243, 245, 253, 267, 313, 331, 338, 341, 346, 350, 357-359, 366-367

Kontribusi xi, 6-7, 63, 80-81, 113,
122, 246, 255, 258-259, 266-
267, 270, 273, 329, 339, 351,
353, 357, 360, 363-364, 367

Konvensional 127, 159, 215

Konversi 4, 6, 18-19, 24, 55, 160,
173, 252-253, 267, 360

Korporasi 230, 246-247, 364

Kualitas vi, viii, xi, 29, 47, 75-78,
90-92, 94, 98, 102, 105, 116,
119-120, 124-125, 159, 170,
172-174, 191, 195, 209, 214,
219, 244, 260, 279, 281, 310,
313, 315, 359, 362-363, 365

L

Lahan lebak 37-38, 41-42, 46, 55,
132, 232-233, 237, 254, 258,
261-262, 268, 272-273, 277,
288, 292, 294, 296-297, 303,
369

Lahan pasang surut ix, xii, xiv,
xix, 54-56, 58-59, 61, 65-69,
72-73, 75, 79, 83, 88, 90,
92, 120, 138, 143, 156, 159,
161-163, 172-174, 179-181,
190-191, 193, 196, 203, 227,
229, 232-233, 236, 243, 249,
254, 258, 261-262, 264, 268,
270-271, 277, 290, 292, 294,
297, 308-309, 351, 359, 362-
365, 367-368

Lahan rawa iv, v, vi, vii, viii, ix, xi,
xii, xiii, xiv, xvi, xviii, xix, 3,
5-9, 13-20, 23-37, 41-42, 46,
50, 52-53, 55-56, 58, 61, 65,

69, 71-74, 76-81, 84-88, 90-
94, 105, 111-123, 126, 131-
132, 134-135, 137, 156, 159-
164, 166-170, 172-174, 180,
182, 185, 193-196, 199-201,
203-212, 214, 216-218, 220,
222-240, 243-274, 276-277,
280-283, 287-288, 290-309,
319, 321-324, 327-331, 333-
334, 337, 339, 345, 351-353,
357, 359-364, 366-369

La nina 258, 302-303

Lebak v, vii, xii, xv, xvii, xviii, xix,
5-6, 16, 25, 32-42, 46-47, 50,
52-53, 55, 73, 88, 113-115,
121, 132, 135, 159, 171, 196,
216, 227, 229-230, 232-233,
235-237, 243, 247, 249, 251,
254-263, 265, 267-269, 272-
274, 276-277, 281-283, 286-
288, 291-298, 300, 302-307,
309, 329-330, 332-333, 336-
338, 351, 353-354, 369

Lebak dalam xv, 37-38, 40-42,
52, 232, 262, 277, 294, 303,
332, 353

Lebak dangkal xv, 35, 38-42, 46-47,
230, 232-233, 243, 261-262,
277, 287, 294, 296-297, 302,
304, 333

Lebak tengahan xv, xviii, 35, 38-42,
46-47, 88, 232, 249, 262, 277,
288, 294, 296, 298, 303, 332

Leptospirillum ferrooxidans 173-
174, 186, 191

Limbah xiv, 111-112, 126, 166,
289, 308-321

Lambung iv, v, vi, vii, ix, 3, 5-6, 9,
14, 28, 33-34, 72, 111-112,
253, 303, 305, 322, 331, 352,
357-360, 366, 368

Lambung pangan dunia iv, v, vi, vii,
3, 5, 9, 14, 33-34, 253, 331,
357-360, 366, 368

M

Manajemen 28, 40, 43, 79, 81-82,
84, 88, 244, 316, 358, 364-
365, 367

Marjinal 33, 206

Medium pda 146

Medium pikovskaya 143, 149

Melastoma affine 145

Melukah 336

Memair 335

Membandan 335

Membanjur 335-336

Mengacal 337

Meringgi 337

Microsporeum 184

Mikroba viii, xvii, 57, 62, 96, 98,
113, 122-124, 126-127, 130,
137, 139, 143-148, 150-153,
155, 157, 164, 167, 172, 174,
184, 187, 193, 280-281, 285,
348, 363

Mikroba pengoksidasi besi 184

Mineralisasi xvii, 139, 148, 150-

152, 165, 177

Modal 8, 28, 32, 206, 209, 225,
247, 357, 362, 364, 367

Moratorium gambut 31

Muka air tanah 30, 78, 91, 201,
206, 236, 293

N

Nitrogen 117, 119, 126, 130, 132,
134-136, 138, 150, 271

Nitrosomonas 125, 150

O

Oksidasi 57, 62-63, 90-94, 96, 101-
102, 104, 106, 113, 118, 120,
122-124, 128, 148, 150-151,
159-160, 162-164, 166, 172,
174-175, 177-180, 184-186,
188, 234

Onggokan 205, 213

Operasional 42, 174, 241, 265-266,
333, 363, 366

Optimalisasi ix, 5, 13, 21, 25, 29,
35-37, 41-42, 44-45, 52, 87,
172-173, 190, 223, 260, 269,
272, 327, 331, 358, 363, 367

Optimasi 3, 7, 21, 25, 33, 88, 271,
325, 365, 368

Optimum 92, 119, 138, 152, 162,
164, 172, 174, 179, 187, 191,
215, 276, 281-282

Organisasi 27, 75-76, 80-82, 84

Organisme 151, 207, 221, 252,
307, 357, 367

Otonomi 25, 84, 268

Outlet 78, 261

P

P3a viii, xii, 40, 74-88, 363

Padi v, vi, vii, viii, ix, xi, xii, xiii, xiv, xv, xvii, 3-4, 6-7, 13-16, 18-19, 22, 24-28, 33, 36-39, 41-42, 45, 48, 50, 53-69, 71-77, 79-80, 83, 88, 92, 95-97, 102, 111-124, 126-140, 142-143, 145-146, 153-156, 162, 164, 168, 172, 179-182, 184, 187, 190, 193, 195, 200, 217, 219, 226-228, 239, 248, 252-253, 257-273, 277, 281, 288, 291-293, 295, 297-299, 301-307, 309-310, 313, 332-333, 362, 365, 367-369

Paenibacillus macerans 145

Pangan iv, v, vi, vii, ix, 3-7, 9, 13-19, 21, 23-25, 27-29, 33-34, 37, 44, 53, 55, 58, 71-73, 88, 111-113, 119, 121, 132-135, 137, 160, 162, 172-173, 190, 194-195, 202-204, 206, 212, 217, 226-229, 244, 252-254, 256-259, 268-271, 273, 287-290, 292, 304-307, 310, 322-324, 327-328, 330-331, 337, 339, 347, 349, 351-353, 357-368, 373, 375, 377-379

Parasitoid 284

Pasang surut v, viii, ix, xi, xii, xiii, xiv, xvi, xviii, xix, 6, 14-16, 23,

28, 34, 36, 54-56, 58-59, 61, 65-69, 72-81, 83-88, 90-94, 114-115, 120, 123, 132, 135, 137-138, 143, 156, 159, 161-163, 171-174, 179-182, 185, 190-191, 193-194, 196, 199-201, 203-212, 214, 217-218, 222-230, 232-236, 243, 247, 249, 251, 254-265, 267-272, 274, 276-277, 280-281, 283, 287, 290-297, 299-302, 304-309, 311, 314, 319, 321-322, 324, 329, 332, 345, 351, 359, 362-365, 367-368, 375

Pedet 317

Pemberdayaan 29, 75, 81-82, 85, 88, 217, 247

Pemijahan 329, 338

Pencucian xiii, 77-78, 128, 172, 174-175, 177, 186-191, 195, 261, 314

Pengasapan 348-349, 354

Pengasinan 348

Penicillium 184

Penyapihan 280

Perikanan tangkap 327, 331-334, 339

Peta jalan 3-4, 7-8, 32

Pirit 16, 47-48, 55, 91-94, 102, 104-106, 113, 159-164, 166, 172-173, 175-180, 184-186, 191, 194, 203, 213, 232, 234, 259, 293

- Polder alabio vii, xv, xvi, 16, 35, 37-46, 48, 50, 52-53
- Polder mentaren 16
- Preferensi 214, 237, 291, 293, 297, 304-307
- Produksi v, vi, viii, xi, xiii, xiv, 3-8, 14, 17-18, 21, 24-27, 32, 36-37, 42-44, 54-56, 64-65, 69, 71, 74-77, 79, 81, 83-84, 86, 89, 95, 112-113, 116-117, 119, 121-125, 128, 130-131, 134-135, 137, 139, 142-143, 148, 152-155, 172-173, 190, 194, 199-206, 209-210, 214, 220, 222-226, 228-229, 231, 239, 243-244, 246-248, 251-253, 258-260, 262-263, 267, 269-273, 275, 286, 288-289, 292, 306, 308-309, 311-312, 315, 318-319, 322, 328, 353, 357, 359-360, 362, 364-369, 377
- Produktivitas v, vi, viii, ix, xii, xiii, xiv, 6-7, 15, 17-18, 36-37, 54-56, 64-66, 68-69, 73, 75-76, 79, 83, 88, 93, 104, 111-115, 126, 128, 131, 143, 156, 160, 163, 168, 172-174, 179, 193, 199-202, 205-209, 212, 218-220, 222, 225-226, 230-231, 239, 248, 252-253, 257-260, 263-264, 266-269, 271, 291-292, 298, 304-305, 308, 310, 313, 319, 322, 325, 352, 357, 360, 362-363, 365, 367
- Proton 148, 151
- Proyek pembukaan persawahan pasang surut (p4s) v, 23
- Pseudomonas stutzeri 145
- P-tersedia xii, xvii, 140-142, 146, 155, 178
- Pupuk hayati xii, 137, 139, 153-154, 156, 283, 287, 366
- Puso 302-303
- R**
- R iv, viii, 9, 34, 58, 71-72, 88-89, 102, 105-107, 131-134, 136, 146, 155, 157-158, 164, 168-170, 192-196, 199, 227-229, 249-251, 268, 270, 272-273, 286, 288-290, 305-307, 320-322, 325, 353, 379
- Ramah lingkungan vi, 25, 111, 114, 119, 130, 135, 159, 256, 273, 316, 334, 358, 366-367
- Rancang bangun 3-4, 30-31
- Rapuh 17, 56, 159-160, 162, 167, 205
- Rasionalisasi 270, 359
- Regulasi 19, 208, 224-225
- Reklamasi 15, 17, 23, 32, 77, 90-91, 93, 104, 162-163, 177, 196
- Resistensi 138
- Resultante 295
- Revitalisasi 25, 28-29, 52-53, 72, 305, 358, 363, 367
- Rhizosfer 99, 125, 145, 156-157, 183

S

Salinitas 114, 124, 162, 233, 259-260, 269, 291, 293, 296-297, 301, 306
Siderofor 148, 151
Sifat fisika 172, 174
Sifat kimia xiii, 102, 122, 155, 165, 172, 176, 187, 189, 191, 219, 239, 366
Sistem garpu 77, 91, 93
Sistem kolam 327, 339, 351
Sistem polder 15, 25, 37
Sistem sisir 24, 77
Sistem tanam 199, 214-215, 240, 264, 269, 292
Skim 23-24, 77
Spingomonas pituitosa 145
Stenochlaena polustris 145
Struktur 75, 80, 83, 125, 191, 213, 224-225, 228, 275
Sub optimal 29, 114, 324
Sulfat masam viii, xii, xiii, 32-33, 54-57, 59, 61, 65-66, 72, 90-95, 101-102, 104-107, 114, 116, 119, 132, 137-146, 152-156, 158-159, 161, 163, 167-170, 172-182, 184, 187, 190-191, 196, 203-204, 207, 213, 217-218, 222, 227, 229, 232-234, 237, 268, 270-271, 273, 281, 289, 291, 293, 296, 301, 304, 306, 368-369
Sulfidik 90, 93-94, 101, 116, 172-175, 177, 195

Sulfolobus acidocaldarius 185

Surjan 77, 236, 243, 277, 287

Swasembada 4, 9, 24, 27, 33, 35-36, 53, 71, 88, 112, 199, 205, 226-227, 231, 253, 271, 273, 289, 304, 322, 368

T

Tabat 4, 29, 78, 201, 217, 261

Tanam pindah 292

Tandan buah segar 310, 313-314

Tanggul xv, xvi, 15, 21-22, 25, 35-41, 44-45, 47-52, 77, 277

Tata ruang 19, 52, 357-359, 365

Teknologi i, iv, vi, viii, ix, xv, 5, 15-17, 22, 26-27, 29-30, 33, 36, 40, 42-43, 45, 52, 54, 56, 64, 71-72, 76, 79-82, 84, 86-88, 111-112, 114-115, 118, 126, 131, 134, 154, 165, 168, 172-174, 186-187, 191, 193, 199-200, 203, 206-207, 209, 211-212, 214-217, 219, 222-225, 227-228, 230-231, 235, 242-244, 246-247, 252-254, 259, 266-267, 270-274, 278, 288-289, 292, 298, 304-310, 313, 315-316, 321-324, 327, 330-331, 339, 341-342, 344, 346-354, 357, 360-361, 364, 366-369, 380

Tengahan xv, xviii, 35, 38-42, 46-47, 88, 232, 243, 249, 261-262, 277, 287-288, 294, 296, 298, 302-304, 332-333, 375

- Thermophilic 169
- Thiobacillus acidophilus 184-185
- Thiobacillus ferrooxidans 92, 173-174, 179, 184-187, 191-192
- Thiobacillus thiooxidans 173-174, 184-187, 191
- Thioploca 184
- Thiothrix 184
- Tipe luapan xiv, xix, 113, 116, 140, 142, 145-146, 161, 199, 201, 203-205, 207, 223-226, 232, 261-264, 277, 287, 291, 293-294, 299, 301, 304, 306, 323
- Tipologi xiii, xiv, 16, 54, 59, 78, 113-115, 121, 161, 172-173, 175, 200, 203, 217, 225, 232, 257, 261-264, 276, 291, 293, 323
- Toksisitas 17, 137, 139, 143, 147, 206
- Toleransi 62-63, 67, 69, 72, 183-184, 195, 269, 295, 299, 301
- Topografi xvi, 16, 35-36, 38, 42, 45, 48, 50, 233, 257-258, 265, 329
- Transluscent 297
- Transplanter 265
- U**
- Ultra genjah 297
- V**
- Varietas ix, xi, xii, xiii, xiv, xix, 37, 42, 54, 56-57, 59, 61, 63-69, 72-73, 113-114, 117, 119, 123-124, 140, 153-154, 182, 184, 199, 207, 209, 214, 221, 230, 235-238, 242, 244-245, 247-249, 252, 259-260, 267, 269-270, 272-274, 278, 281, 288-289, 291-293, 295-307
- Vibrio proteolyticus 145
- X**
- Xanthobacter agilis 145
- Zero waste 111-112, 126, 131, 310
- Z**
- Zonasi xv, 40
- Zone 161, 169

BIODATA PENULIS

Aidi Noor, Peneliti Madya Bidang Kepakaran Tanaman Pangan, Hortikultura dan Perkebunan, Bidang Penelitian Budi Daya Tanaman pada BPTP Kalimantan Selatan, BBP2TP, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian. Email: aidi@yahoo.com

Ani Susilawati. Peneliti Madya Bidang Kepakaran Ilmu Tanah, Agroklimatologi dan Hidrologi, Bidang Penelitian Pengelolaan Lahan, Air dan Iklim pada Balittra, BBSDLP, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian. Email: ani.nbl@gmail.com

Arthanur Rifqi Hidayat. Calon Peneliti pada Balittra, BBSDLP, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian. Email: arthanurrifqihidayat@gmail.com

Eni Maftu'ah. Peneliti Madya Bidang Kepakaran Ilmu Tanah, Agroklimatologi dan Hidrologi, Bidang Penelitian Pengelolaan Lahan, Air dan Iklim pada Balittra, BBSDLP, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian. Email: eni_balittra@yahoo.com

Eni Siti Rohaeni, Peneliti Madya Bidang Kepakaran Peternakan dan Ilmu Ternak, Bidang Penelitian Budi Daya dan Produksi Ternak pada BPTP

Kalimantan Selatan, BBP2TP, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian. Email: eni_najib@yahoo.co.id.

Hendri Sosiawan. Kepala Balittra dan Peneliti Madya Bidang Kepekaran Ilmu Tanah, Agroklimatologi dan Hidrologi, Bidang Penelitian Pemetaan dan Karakterisasi Tanah dan Lahan. pada Balittra, BBSDLP, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian. Email: hsosiawan30@gmail.com

Izhar Khairullah. Peneliti Madya Bidang Kepekaran Tanaman Pangan, Hortikultura dan Perkebunan, Bidang Penelitian Budi Daya Tanaman pada Balittra, BBSDLP, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian. Email: izhar.balittra@gmail.com

Isrihayati. Penyelia, Bidang Kepekaran Budi Daya Tanaman pada Balittra, BBSDLP, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian. Email: isri@yahoo.com

Khairil Anwar. Peneliti Utama Bidang Kepekaran Ilmu Tanah, Agroklimatologi dan Hidrologi, Bidang Penelitian Pengelolaan Lahan, Air dan Iklim pada Balittra, BBSDLP, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian. Email: khairil1960@yahoo.com

Koesrini. Peneliti Madya Bidang Kepekaran Tanaman Pangan, Hortikultura dan Perkebunan, Bidang Penelitian Pemuliaan dan Genetika Tanaman pada Balittra, BBSDLP, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian. Email: rinirhido@yahoo.com

Masganti. Profesor Riset Bidang Kepekaran Ilmu Tanah, Agroklimatologi dan Hidrologi, Bidang Penelitian Pengelolaan Lahan, Air dan Iklim pada Balittra, BBSDLP, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian. Email: masgambut59@yahoo.com

Mamat H. Suwanda. Peneliti Utama Bidang Sosial Ekonomi dan Kebijakan Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian. Email: mamath.suwanda@gmail.com

Maulia Aries Susanti. Peneliti Pratama Bidang Kepekaran Tanaman Pangan, Hortikultura dan Perkebunan, Bidang Penelitian Hama dan Penyakit Tanaman pada Balittra, BBSDLP, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian. Email: liya_balittra@yahoo.com

Muhammad Alwi. Peneliti Madya Bidang Kepakaran Ilmu Tanah, Agroklimatologi dan Hidrologi, Bidang Penelitian Pengelolaan Lahan, Air dan Iklim pada Balittra, BBSDLP, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian. Email: alwi_62@yahoo.co.id

Muhammad Noor. Profesor Riset Bidang Kepakaran Ilmu Tanah, Agroklimatologi dan Hidrologi, Bidang Penelitian Pengelolaan Lahan, Air dan Iklim pada Balittra, BBSDLP, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian. Email: m_noor_balittra@yahoo.co.id

Muhammad Saleh. Peneliti Utama Bidang Kepakaran Tanaman Pangan, Hortikultura dan Perkebunan, Bidang Penelitian Pemuliaan dan Genetika Tanaman pada Balittra, BBSDLP, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian. Email: saleh_duransyah@yahoo.com

Mukhlis. Peneliti Utama Bidang Kepakaran Ilmu Tanah, Agroklimatologi dan Hidrologi, Bidang Penelitian Pengelolaan Lahan, Air dan Iklim pada Balittra, BBSDLP, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian. Email: mukhlisbalittra@yahoo.com

Retna Qomariah. Bidang Kepakaran Sistem Usaha Pertanian, Bidang Penelitian Sistem Usahatani Pertanian dan Perkebunan pada BPTP Kalimantan Selatan, BBP2TP, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian. Email: inabudi@gmail.com

Rina Dirgahayu Ningsih, Peneliti Madya, Bidang Kepakaran Tanaman Pangan, Hortikultura dan Perkebunan, Bidang Penelitian Budi Daya Tanaman pada BPTP Kalimantan Selatan, BBP2TP, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian. Email: rinadn@yahoo.com

R. Smith Simatupang. Peneliti Utama Bidang Kepakaran Tanaman Pangan, Hortikultura dan Perkebunan, Bidang Penelitian Budi Daya Tanaman pada Balittra, BBSDLP, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian. Email: rsmith_simatupang@yahoo.co.id

Sara Sorayya Ermuna. Bidang Kepakaran Analisis Perekonomian, Perencanaan Wilayah dan Kota, Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian. Email: ermunas@gmail.com

Siti Nurawaliah. Penyuluh Pertama, Bidang Kepakaran Peternakan pada BPTP Kalimantan Selatan, BBP2TP, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian. Email: awaliyah3@gmail.com

Susi Lesmayati. Bidang Kepakaran Teknologi Pascapanen, Bidang Penelitian Pascapanen dan Pengolahan pada BPTP Kalimantan Selatan, BBP2TP, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian. Email: susilesmayati@yahoo.com

Totok Gunawan. Guru Besar dg Bidang kepakaran Hidrologi dan Lingkungan. Bidang Penelitian: Hidrologi DAS, Pengelolaan SDA & LH, Pengelolaan SD Air. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.

Wahida Annisa. Peneliti Madya Bidang Kepakaran Ilmu Tanah, Agro-klimatologi dan Hidrologi, Bidang Penelitian Pengelolaan Lahan, Air dan Iklim pada Balittra, BBSDLP, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian. Email: annisa_balittra@yahoo.com

Yanti Rina Darsani. Peneliti Utama Bidang Kepakaran Ekonomi, Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Bidang Penelitian Ekonomi Pertanian dan Kebijakan Pertanian pada Balittra, BBSDLP, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian. Email: tuha13@yahoo.co.id

Yuli Lestari. Peneliti Muda Bidang Kepakaran Ilmu Tanah, Agro-klimatologi dan Hidrologi, Bidang Penelitian Pengelolaan Lahan, Air dan Iklim pada Balittra, BBSDLP, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian. Email: yulibalittra70@yahoo.com