

Optimalisasi Penggunaan Lahan Rawa Pasang Surut Mendukung Swasembada Pangan Nasional

Optimization Usage of Tidal Swamp Land to Support National Food Self-Sufficiency

Ani Susilawati¹, Dedi Nursyamsi², M. Syakir³

¹ Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa, Jl. Kebun Karet, Loktabat Utara, Banjarbaru 70712. E-mail: ani.nbl@gmail.com

² Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Jl. Tentara Pelajar No. 12, Cimanggu, Bogor 16114

³ Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Jl. Ragunan No. 29, Pasar Minggu, Jakarta 12540

Abstrak: Lahan rawa pasang surut merupakan sumberdaya lahan yang dapat menjadi sumber pertumbuhan produksi baru produksi pertanian. Namun perlu didukung oleh teknologi budidaya yang handal karena umumnya lahan rawa pasang surut memiliki beberapa kendala meliputi aspek teknis, infrastruktur, dan aspek sosial ekonomi serta kelembagaan. Optimalisasi penggunaan lahan rawa pasang surut sangat strategis dan berpeluang besar untuk meningkatkan produksi padi di lahan rawa pasang surut sehingga berkontribusi signifikan terhadap produksi padi nasional. Optimalisasi tersebut dapat melalui (1) perluasan areal, (2) peningkatan Indeks Pertanaman (IP) (pengelolaan air dan penggunaan varietas unggul), dan (3) peningkatan produktivitas (penataan lahan, pengolahan tanah, ameliorasi dan pemupukan, pengendalian gulma, hama dan penyakit serta penguatan kelembagaan). Apabila dilakukan optimalisasi lahan rawa pasang surut dengan dukungan inovasi teknologi pengelolaan dan budidaya yang baik dan peningkatan indeks pertanaman (IP 200), maka dapat diperoleh tambahan produksi sebesar 2,44 juta ton gabah per tahun. Pencapaian optimalisasi di atas dapat dilakukan secara bertahap dengan penerapan asas prioritas, berkesinambungan, sistematis, dan fokus. Sehubungan dengan keterkaitan yang kuat baik antar sektor maupun antara subsektor pada bidang pertanian sendiri, maka koordinasi, integrasi, sinkronisasi menjadi kunci keberhasilan.

Kata kunci: Lahan Rawa Pasang Surut, Teknologi, Optimasi, Swasembada Pangan

Abstract: Tidal swamp land resources can be a source of new production growth of agricultural production. However, it should be supported by reliable cultivation technology due to tidal swamp land generally have some constraints including technical aspects, infrastructure, socio-economics and institution.. Optimization usage of a tidal swamp land is very strategic and has a great opportunity to increase rice production in the tidal wetlands that may contribute significantly to the national rice production. The optimization can be via (1) area expansion, (2) increase the cropping index (IP) (water management and the use of high yielding varieties), and (3) increased productivity (land arrangement, soil tillage, amelioration and fertilization, weed control, pest and disease as well as institutional strengthening). If optimization usage of tidal swamp land is carried out and supported by technological innovation, good cultivation management, and improved cropping indices (IP 200), it is expected to obtain additional production of 3.5 million tons of rice grain per year. This achievement target can be done gradually by implementing the priority principle, continuity, systematics, and focusing. In the connection of strong linkages among development sectors and sub-sectors in agriculture itself, the coordination, integration, and synchronization are the key of success.

Keywords: Tidal Swamp Land, Optimization, Technology, Food Self-Sufficiency

PENDAHULUAN

Swasembada pangan umumnya merupakan capaian peningkatan ketersediaan pangan dengan ruang lingkup wilayah nasional, sasaran utamanya adalah komoditas pangan dari produk pertanian seperti beras, jagung, kedelai, kacang tanah, kacang hijau, ubi kayu, dan ubi jalar. Strategi yang diterapkan dalam swasembada pangan adalah substitusi impor dengan target yang diharapkan adalah peningkatan produksi pangan dengan sasaran petani. Sedangkan hasil dari target adalah ketersediaan pangan oleh produk domestik (tidak impor).

Pilar swasembada pangan meliputi aspek ketersediaan (*availability*), keterjangkauan (*accessibility*) secara fisik dan ekonomi, dan Stabilitas (*stability*) (Feng (2008) dan Backman *et al* (2009)). Ketersediaan pangan yaitu tersedianya pangan secara fisik di suatu daerah yang diperoleh baik dari produk domestik, impor/ perdagangan maupun bantuan pangan. Akses pangan adalah kemampuan untuk memperoleh cukup pangan, baik yang berasal dari produksi sendiri, pembelian, barter, hadiah, pinjaman dan bantuan pangan maupun kombinasi kelimanya. Ketersediaan pangan di suatu daerah mungkin mencukupi, akan tetapi tidak semua memiliki akses yang memadai baik secara kuantitas maupun keragaman pangan melalui mekanisme tersebut. Aspek stabilitas (*stability*) yaitu kemampuan minimal terjadinya konsumsi pangan berada di bawah level kebutuhan standar pada musim-musim sulit (pacaklik atau bencana alam).

Secara nasional, pangan di Indonesia tidak terlepas dari beras, mengingat beras merupakan makanan pokok, bahkan di beberapa daerah yang semula pangan pokoknya non-beras, terjadi kecenderungan beralih menjadi beras sebagai makanan pokok. Beras merupakan pangan pokok yang mempunyai peran dalam memenuhi sekitar 45% *food intake* atau sekitar 80% sumber karbohidrat utama dalam pola konsumsi masyarakat Indonesia (Mamat 2007).

Berdasarkan analisis Sudaryanto *et al* (dalam Ritung dan Mulyani 2014), kebutuhan beras tahun 2015 diperkirakan sebesar 35,123 juta ton, dengan asumsi jumlah penduduk sebesar 260 juta jiwa dan konsumsi per kapita 139 kg tahun⁻¹. Pada tahun 2020 diprediksi terjadi kekurangan beras sebanyak 1,09 juta ton, dan defisit terus meningkat hingga mencapai 12,25 juta ton pada tahun 2045 atau dibutuhkan 46.787 juta ton beras. Untuk menghasilkan beras dan bahan pangan lainnya pada tingkat kecukupan kebutuhan konsumsi domestik (taraf swasembada pangan nasional) dari tahun 2015 sampai dengan 2045 diperlukan peningkatan luas baku lahan sawah menjadi 10,722 juta ha dengan asumsi bahwa produktivitas padi sawah stabil pada 5 t ha⁻¹ GKG dan indeks pertanaman (IP) padi 160%. Dengan asumsi luas sawah awal 7,725 juta ha (95% dari lahan sawah baku 8,132 juta ha), untuk memenuhi kebutuhan pangan dan bahan industri domestik maka diperlukan penambahan luas baku sawah sekitar 1,861 juta ha pada tahun 2025, dan kumulatif tambahan lahan sawah seluas 4,977 juta ha sampai tahun 2045. Untuk menambah areal sawah tersebut, alternatif yang paling mungkin adalah memanfaatkan lahan rawa pasang surut.

Namun demikian, upaya pemanfaatan dan pengelolaan lahan rawa pasang surut perlu didukung oleh teknologi budidaya yang memadai karena umumnya lahan rawa pasang surut memiliki beberapa kendala meliputi aspek teknis, infrastruktur, dan aspek sosial ekonomi serta kelembagaan.

Makalah ini membahas tentang optimalisasi lahan rawa pasang surut mendukung swasembada pangan nasional dan langkah optimalisasi lahan rawa pasang surut menggunakan berbagai komponen teknologi berdasarkan hasil-hasil penelitian terkini.

POTENSI DAN KARAKTERISTIK LAHAN RAWA PASANG SURUT

Berdasarkan kompilasi beberapa peta rawa yang dilakukan BBSDLP (2014), diketahui bahwa luas rawa di Indonesia sebesar 34.926.551 ha (Tabel 1). Peta sebaran lahan rawa di Indonesia disajikan pada Gambar 1.

Lahan pasang surut adalah lahan yang rejim airnya dipengaruhi oleh pasang surutnya air laut atau sungai. Badan Litbang Pertanian membagi tipe luapan air lahan pasang surut berdasarkan pasang siklus bulanan menjadi tipe luapan A, B, C dan D (Widjaja-Adhi 1986, Kselik 1990). Lahan bertipe luapan A selalu terluapi air pasang, baik pada musim hujan maupun musim kemarau, sedangkan lahan bertipe luapan B hanya terluapi air pasang pada musim hujan saja. Lahan bertipe luapan C tidak terluapi air pasang tetapi dipengaruhi muka air tanahnya dengan kedalaman kurang dari 50 cm, sedangkan lahan bertipe luapan D adalah seperti tipe C hanya kedalaman air tanahnya lebih dari 50 cm. Karakteristik contoh tanah dari berbagai tipologi dan tipe luapan air di lahan pasang surut Kalimantan Selatan dan Tengah disajikan pada Tabel 2.

Lahan rawa pasang surut potensial dan strategis dikembangkan sebagai lahan pertanian, dapat menjadi sumber pertumbuhan baru produksi (komoditas) pertanian, karena mempunyai beberapa keunggulan antara lain: (1) tersedia cukup luas dan berada dalam satuan-satuan skala hamparan yang cukup luas, (2) ketersediaan air berlebih, (3) topografi rata atau datar, (4) akses ke daerah pengembangan dapat melalui jalur darat dan jalur air sehingga memudahkan jalur distribusi, dan



Sumber: BBSDLP (2014)

Gambar 1. Sebaran lahan rawa di Indonesia

Figure 1. Distribution of swampy land in Indonesia

(4) kesesuaian lahan dan agronomi cukup sesuai sampai sangat sesuai. Beragam komoditas berhasil dikembangkan di lahan rawa meliputi tanaman pangan (padi dan palawija), hortikultura (sawi, terung, semangka, jeruk, nenas dsb) dan perkebunan (kelapa, karet, dan kelapa sawit).

Tabel 1. Perkiraan luas lahan rawa di Indonesia

Table 1. Estimation of swampy land area in Indonesia

Pulau besar	Rawa pasang surut	Rawa lebak	Rawa gambut	Total luas
..... x 1.000 ha				
Sumatera	2.501.888	3.988.301	6.436.649	12.926.835
Jawa	896.122	0	0	896.122
Kalimantan	2.301.410	2.944.085	4.778.005	10.023.500
Sulawesi	318.030	706.220	23.844	1.048.094
Maluku	74.395	88.159	0	162.554
Papua	2.262.402	3.916.123	3.690.921	9.869.446
Indonesia	8.354.247	11.642.888	14.929.416	34.926.551

Sumber: BBSDLP (2014)

Tabel 2. Sifat fisiko-kimia tanah lapisan atas (0-30 cm) pada berbagai tipologi dan tipe luapan air di lahan pasang surut Kalimantan Selatan dan Tengah

Table 2. Physico-chemical properties of the topsoil (0-30 cm) in various typologies and types of tidal flood in south and Central Kalimantan

Sifat fisiko-kimia tanah	Lahan sulfat masam potensial tipe A	Lahan sulfat masam aktual		
		Tipe B	Tipe C	Tipe B/C
pH	5,31	3,94	3,70-3,69	3,46-4,74
C-organik (%)	4,55	9,75	7,10-7,50	4,0-6,97
N-total (%)	0,20	0,59	0,27-0,48	0,12-0,21
P ₂ O ₅ tersedia (ppm)	25,3	-	0,25-23,55	1,57
EC (uS/cm)	561,5	172,0	301,0	40,0
Kation dapat dipertukarkan:				
K (cmol/kg)	0,70	0,40	0,32	2,04
Na (cmol/kg)	4,65	0,15	0,39	2,76
Al (cmol/kg)	0,60	7,50	13,25	5,21
Kejenuhan basa (%)	81	26	-	4,40-28,78
Tekstur:				
Liat (%)	56	36	56	54
Debu (%)	43	61	43	45
Pasir (%)	1	3	1	1

Walaupun lahan rawa pasang surut potensial dan strategis dikembangkan sebagai lahan pertanian, lahan ini mempunyai beberapa permasalahan dari segi kesuburan tanah, antara lain pH tanah dan kandungan hara yang rendah, kandungan Fe dan aluminium yang tinggi, genangan air yang sering tidak dapat dikendalikan (Purnomo *et al.* 2005), serta kandungan H₂S dan Mn yang dapat mencapai tingkat racun (Andriess dan Sukardi 1990). Tanah sulfat masam jika mengalami oksidasi karena didrainase akan menghasilkan logam Fe dalam jumlah yang mencapai racun dan kemasaman yang sangat tinggi (Shamshuddin *et al.* 2004). Secara global beberapa permasalahan pada tanah-tanah yang ada di lahan rawa pasang surut akan diterangkan sebagai berikut:

Tanah Sulfat Masam

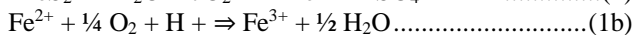
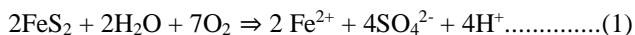
Sifat fisika tanah utama sulfat masam adalah tekstur tanah yang umumnya liat (*clay*), lempung (*loam*), dan sebagian berpasir (*sandy*), kerapatan lindak tergolong rendah, yaitu berkisar 0,52 – 0,95 g cm⁻³, dan porositas antara 64,2-80,4%. Kondisi ini mengakibatkan daya dukung tanah tergolong rendah. Selain itu, permeabilitas dilapisan atas (0-20 cm) antara 0,34-1,59 cm jam⁻¹ yang digolongkan lambat sampai agak lambat, tergantung kematangan dan ketebalan dari lapisan tanah coklat (*brown layer*). Pada kedalaman 0-50 cm, ditemukan pori-pori besar, bekas lubang akar, retakan tanah, dan bahan organik sehingga kadang-kadang mudah meloloskan air mengakibatkan lapisan permukaan tanah mudah menjadi kering

(Nugroho *et al.*, 1998). Pada kondisi tertentu daya hantar hidrolis secara horizontal dan vertikal sangat lambat sehingga pencucian terhambat (Widjaja-Adhi 1995).

Bila ditinjau dari aspek kesuburan tanah, maka tanah sulfat masam mempunyai karakteristik kimia tanah yang jelek antara lain ketersediaan fosfat rendah karena diikat oleh besi atau aluminium dalam bentuk besi fosfat atau aluminium fosfat. Kemasaman tanah yang tinggi memicu larutnya unsur beracun dan kawat hara makro dan mikro tertentu. Sumber kemasaman tanah sulfat masam berasal dari senyawa pirit (FeS_2) yang teroksidasi melepaskan ion-ion hidrogen dan sulfat yang diikuti oleh penurunan pH menjadi sekitar 3. Nilai kapasitas tukar kation tergolong tinggi dengan kisaran 30,13-40,34 me 100g^{-1} tanah. Tingkat kejenuhan basa (NH_4OAc pH 7) tergolong rendah sampai sedang, berkisar antara 24,83-40,11 me 100g^{-1} tanah (Subagyo dan Widjaja-Adhi 1998).

FeS_2 terbentuk pada kondisi anaerob yang sangat reduktif, adanya perubahan atau gangguan seperti drainase atau fluktuasi pasang surut dapat menyebabkan FeS_2 teroksidasi. Peningkatan kemasaman pada tanah sulfat masam utamanya disebabkan oleh teroksidasinya mineral FeS_2 baik secara langsung maupun tidak langsung. Pemasaman tanah terjadi ketika jumlah asam yang dihasilkan melebihi daya sangga tanah (Dent and Pons 1995).

Hasil penelitian Brown dan Jurinak (1989) serta Moses dan Herman (1991) membuktikan bahwa O_2 dan Fe^{3+} adalah agen oksidator yang utama pada kondisi alamiah terhadap mineral FeS_2 . Molekul O_2 bertindak sebagai agen oksidator dominan pada awal reaksi yang berjalan secara lambat pada pH sekitar netral. Menurut Breemen (1972) ketika $\text{pH} < 4,0$ maka Fe^{3+} yang ada di larutan tanah dapat mengoksidasi FeS_2 secara langsung dan proses ini berjalan lebih cepat dibandingkan oksidasi FeS_2 oleh O_2 . Pada kondisi ini pemanfaatan Fe^{3+} sebagai oksidator oleh mikrobia lebih efisien dibandingkan O_2 , selain itu kelarutan Fe^{3+} yang tinggi pada pH sangat masam tersebut (reaksi No. 2). Proses oksidasi FeS_2 oleh Fe^{3+} dapat terus terjadi walaupun tanpa adanya O_2 sehingga tanah tetap masam dan menjadi semakin masam, sebagaimana persamaan reaksi No. 2 (Breemen 1972):



Persamaan reaksi nomor 1 menunjukkan bahwa setiap satu mol FeS_2 yang bereaksi menghasilkan 4 mol H (terjadi secara perlahan). Tetapi setiap mol H yang dihasilkan dapat dinetralkan dengan ion karbonat atau dipertukarkan dengan kation dari kompleks jerapan. Fe^{2+} yang terbentuk kemudian teroksidasi menjadi Fe^{3+} dalam reaksi ini terjadi konsumsi satu mol H (reaksi 1b). Di sisi lain, setiap Fe^{2+} yang dihasilkan akan teroksidasi yang kemudian kembali menghasilkan 2 mol H dan menyebabkan penurunan kandungan O_2 dalam tanah (reaksi No 3). Hal ini dapat terjadi jika tanah memiliki drainase yang buruk dan kandungan bahan organik yang tinggi (Van Mensvoort and Dent 1998).

Tanah Gambut

Berat volume lahan gambut kurang dari $0,1\text{ g cm}^{-3}$ untuk gambut mentah (fibrik) dan $0,2-0,3\text{ g cm}^{-3}$ pada gambut matang (saprik). Rendahnya berat volume menyebabkan daya dukung beban menjadi sangat rendah. Keadaan ini dapat menyebabkan tanaman tahunan mudah rebah seperti kelapa dan kelapa sawit (Widjaja-Adhi 1997, Adimihardja *et al.* 1998). Kemampuan menyimpan air (*water holding capacity*) gambut fibrik lebih besar dari gambut saprik dan hemik, sebaliknya kemampuan menahan air (*water retention*) gambut fibrik lebih kecil dibanding gambut hemik dan saprik (Noor 2001). Tingginya kemampuan gambut menyerap air menyebabkan tingginya volume pori-pori gambut, mengakibatkan rendahnya berat volume dan daya dukung beban gambut.

Lahan gambut jika di drainase secara berlebihan akan menjadi kering dan dapat menyebabkan munculnya sifat *irreversible drying* artinya gambut yang telah mengering tidak akan dapat menyerap air kembali. Drainase berlebihan menyebabkan air keluar dari gambut dan disusul masuknya oksigen sehingga meningkatkan aktifitas mikroorganisme, akibatnya terjadi dekomposisi bahan organik dan gambut akan mengalami penyusutan (*subsidence*). Konduktivitas hidrolis gambut secara horizontal yang cepat dapat menimbulkan proses pencucian hara berlangsung tinggi. Di lain pihak konduktivitas hidrolis secara vertikal sangat rendah yang menyebabkan lapisan atas gambut menjadi kering sekalipun di lapisan bawahnya basah.

Kemasaman tanah gambut berkisar antara pH 3-5. Kemasaman tanah gambut disebabkan oleh kandungan asam-asam organik yang terdapat pada koloid gambut, diantaranya asam fulvat dan asam humat (Spark, 1995). Kondisi pH yang rendah ini secara tidak langsung menghambat ketersediaan unsur-unsur hara makro seperti P, K, dan Ca. Kadar unsur hara Cu, Bo dan Zn di lahan gambut umumnya sangat rendah dan seringkali terjadi defisiensi (Wong *et al.* 1986 dalam Mutalib *et al.* 1991). Hal ini disebabkan terbentuknya senyawa organik-metalik yang menyebabkan unsur mikro tidak atau kurang tersedia (Spark *et al.* 1997, Salampak 1999). Dekomposisi gambut menghasilkan asam-asam karboksilat dan fenolat merupakan gugus fungsional penting yang mengikat logam, dimana urutan pengikatannya adalah $\text{Cu} > \text{Pb} > \text{Zn} > \text{Ni} > \text{Co} > \text{Mn}$ (Salampak 1999). Tingginya kadar asam fenolat pada tanah gambut menyebabkan kawat Cu (Sabiham *et al.* 1997). Ketersediaan hara Cu dan Zn yang rendah pada tanah gambut juga dapat disebabkan pH yang rendah.

Tanah Salin

Tanah salin banyak mengandung garam hasil intrusi air laut, akibatnya terjadi dispersi dari butir-butir liat penyusun tanah tersebut. Tanah yang terdispersi tersebut menyebabkan tanah melumpur sehingga umumnya tingkat kematangannya termasuk kategori mentah. Selain itu, karena posisi tanah salin berdekatan dengan garis pantai, maka umumnya sering terluapi air pasang laut. Akibat kondisi tersebut diatas, tanah tidak mampu menahan air dengan baik (tanah mempunyai hidrolik konduktivitas yang tinggi). Tanah salin memiliki kadar garam yang tinggi terutama kadar ion Natrium. Kadar garam yang tinggi mengakibatkan nilai DHL (daya hantar listrik) dan nisbah Na terjerap (SAR) menjadi tinggi.

Tanah salin adalah tanah yang mempunyai sifat- sifat berikut : (a). Daya hantar listrik tanah jenuh air (DHL) $> 4 \text{ dS m}^{-1}$, (b). Persen Na dapat ditukar (ESP) < 15 dan (c). $\text{pH} < 8,5$. Ion-ion yang dominan pada tanah salin ialah : Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} . NaCl merupakan penyebab salinitas utama. Pada tanah sulfat masam muda mengandung $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dan FeSO_4 yang tinggi tetapi juga memenuhi syarat sebagai tanah salin (Hardjowigeno dan Rayes 2005).

LANGKAH OPTIMALISASI LAHAN RAWA PASANG SURUT

Produktivitas lahan rawa pasang surut cukup tinggi apabila dikelola dengan baik dan dengan input yang cukup. Dengan aplikasi teknologi Pengelolaan Tanaman Terpadu, produktivitas varietas unggul baru (VUB) untuk lahan rawa dapat ditingkatkan menjadi berkisar antara $3,88 \text{ ton GKG ha}^{-1}$ (Inpara 2) sampai $6,56 \text{ ton GKG ha}^{-1}$ (Indragiri) (Endrizal dan Jumakir 2009), namun kebanyakan yang ditanam petani varietas lokal seperti Siam Mutiara dan/atau Siam Saba dengan produktivitas $2,0\text{-}3,0 \text{ t GKG ha}^{-1}$ (Noor 2004).

Optimalisasi lahan rawa pasang surut sangat strategis dan berpeluang besar untuk meningkatkan produksi padi di lahan rawa pasang surut sehingga berkontribusi signifikan terhadap produksi padi nasional. Optimalisasi tersebut dapat melalui :

Perluasan Areal

Perluasan areal lahan rawa pasang surut terbuka luas karena potensi lahan rawa pasang surut yang cocok untuk pertanian ada sekitar antara 14,97 juta ha (BBSDLP 2014). Angka ini menunjukkan potensi luasan yang cukup besar, sehingga dibutuhkan upaya untuk dapat memanfaatkan lahan ini sebagai sumber produksi pertanian. Gambar 2 memperlihatkan areal lahan rawa pasang surut yang terlantar, lahan ini dapat dibuka dan dimanfaatkan untuk pertanian.



Gambar 2. Lahan pasang surut terlantar di Belandean Barito Kuala, Kalimantan Selatan

Figure 2. Idle tidal swampland in Belandean, Barito Kuala, South Kalimantan

Total lahan pasang surut yang telah diusahakan baik direklamasi oleh penduduk lokal maupun oleh pemerintah melalui program transmigrasi kurang lebih baru 4,1 juta hektar (Tabel 3). Dari total luas yang telah direklamasi tersebut,

sekitar 3 juta hektar direklamasi oleh penduduk lokal, dan sisanya 1,1 juta hektar direklamasi oleh pemerintah melalui program transmigrasi.

Pada umumnya lahan pasang surut yang direklamasi oleh penduduk lokal berada di sepanjang sungai yang lahannya relatif subur dan terluapi oleh air pasang atau tipe luapan A dan B tetapi hanya ditanami padi lokal berumur panjang satu kali setahun. Lahan pasang surut tipe C dan D yang tidak terluapi air pasang baik pada saat pasang besar maupun pasang kecil biasanya ditempatkan untuk lokasi transmigran.

Peningkatan Indeks Pertanaman (IP)

Indeks Pertanaman di lahan rawa pasang surut masih rendah, yaitu hampir 90% nya masih tanam sekali dalam setahun (IP 100) seperti di wilayah Tamban Catur, Anjir Serapat (Kalteng), Anjir Muara, dan Karang Indah dan sekitarnya Kabupaten Barito Kuala. Namun beberapa daerah berhasil menerapkan dua kali tanam setahun (IP 200) seperti di Terusan, Belanti, Kabupaten Kapuas, Kalteng, Telang I, Kab Musi Banyasin, Sumatera Selatan, Kualo Sekampung, Kab Sragi, Lampung, sebagian menerapkan tanam benih langsung (tabela) seperti di Terusan dan Belanti (Kalteng), Telang (Sumsel), dan Sragi (Lampung) (Gambar 3 dan 4).



Gambar 3. Sistem tabela (tanam benih langsung) di lahan rawa mineral Terusan, Kalteng musim tanam 2014 dengan IP 200

Figure 3. System of direct seed planting in swampy canal areas, central Kalimantan, 2014 growing season with IP 200



Gambar 4. Keragaan padi sawah rawa pasang surut musim tanam 2012/2013 IP 200 Telang I (Sumsel)

Figure 4. Performance of rice growth in planting season 2012/2013 IP 200 in tidal swampy Telang I (South Sumatra)

Lahan rawa pasang surut apabila dilakukan optimalisasi maka dapat diperoleh tambahan produksi sekitar 2,44 juta ton gabah per tahun (Tabel 4). Tambahan produksi beras dari lahan rawa pasang surut ini dapat menutupi impor beras

selama ini. Produksi beras dari lahan rawa pasang surut ini dapat memberikan sumbangan cukup besar bagi stok pangan yang disiapkan sebagai cadangan beras nasional (CBN).

Peningkatan IP dan produksi ini perlu dukungan teknologi pengelolaan air untuk meningkatkan ketersediaan air, khususnya pada musim kemarau, misalnya dengan menggunakan teknologi irigasi ferro cement. Selain itu penggunaan varietas unggul umur pendek (< 4 bulan) dan produktivitas tinggi (6-7 t ha⁻¹) juga penting untuk menggantikan varietas lokal yang berumur panjang (> 9 bulan) dan produktivitas rendah (1-2 t ha⁻¹).

Pengelolaan Air

Pengelolaan air merupakan salah satu faktor penentu keberhasilan pengembangan pertanian di lahan pasang surut dalam kaitannya dengan optimalisasi pendayagunaan dan pelestarian sumberdaya lahannya (Widjaja-Adhi dan Alihamsyah 1998). Pengaturan tata air ini bukan hanya untuk mengurangi atau menambah ketersediaan air permukaan, melainkan juga untuk mengurangi kemasaman tanah, mencegah pemasaman tanah akibat teroksidasinya lapisan pirit, mencegah bahaya salinitas, bahaya banjir, dan mencuci senyawa beracun yang terakumulasi di zona perakaran tanaman (Suryadi *et al.* 2010). Strategi pengendalian muka air ditujukan kepada aspek upaya penahanan muka air tanah agar selalu di atas lapisan pirit dan pencucian lahan melalui sistem drainase terkendali. Kondisi muka air yang diinginkan sangat tergantung kepada jenis tanaman, jenis tanah, dan kondisi hidrologis wilayah setempat (Imanudin dan Susanto 2008).

Sistem tata air yang teruji baik di lahan pasang surut adalah sistem aliran satu arah menggunakan *flap-gate* untuk

Tabel 3. Lahan pasang surut yang telah direklamasi dan penggunaannya di Indonesia, 1995

Table 3. Reclaimed tidal land and its usage in Indonesia, 1995

Provinsi	Direklamasi penduduk lokal	Direklamasi oleh pemerintah			Jumlah
		Sawah	Tegalan/kebun	Lainnya	
		ha			
Riau	987.665	93.566	30.163	30.026	153.755
Jambi	546.116	52.280	6.859	6.995	66.134
Sumsel	565.620	195.790	105.656	334	301.780
Lampung	86.960	32.450	3.807	39.783	76.040
Kalbar	240.186	49.800	20.836	68.114	138.750
Kalteng	553.598	153.645	55.104	35.617	244.366
Kalsel	25.049	111.210	8.619	80.222	200.051
Jumlah	3.005.194	668.741	231.044	261.091	1.180.876

Sumber : Direktorat Bina Rehabilitasi dan Pengembangan Lahan (1995)

Tabel 4. Proyeksi tambahan produksi melalui peningkatan IP dan pemanfaatan lahan rawa pasang surut terlantar menjelang tahun 2011

Table 4. Projected additional production through increased cropping index and the use of abandoned tidal swampy land by the year 2011

Tipologi lahan	Provinsi	Lahan yang direklamasi	Target luas optimalisasi	Tambahan produksi
		ha		t ha ⁻¹
Lahan pasang surut eksisting*)	1 Sumsel	362.749	150.000	600.000
	2 Kalsel	149.254	100.000	400.000
	3 Kalbar	59.755	40.000	160.000
	4 Kalteng	112.808	100.000	400.000
	5 Riau	19.789	10.000	40.000
	6 Papua	-	20.000	80.000
Sub total (A)		704.625	420.000	1.680.000
Lahan pasang surut terlantar**)	1 Riau	61.079	50.000	150.000
	2 Sumsel	70.529	40.000	120.000
	3 Kalsel	31.320	25.000	75.000
	4 Kalbar	79.545	20.000	60.000
	5 Kalteng	74.387	50.000	150.000
	6 Jambi	79.093	50.000	150.000
	7 Papua	-	20.000	60.000
Sub total(B)		395.953	255.000	765.000
Total A+B		1.100.578	675.000	2.445.000

*) Sasaran produktivitas 4,0 t GKG ha⁻¹; **) Sasaran produktivitas 3,0 t GKG ha⁻¹

Sumber : Diolah dari Haryono (2013)

lahan bertipe luapan air A dan sistem tabat menggunakan *stop-log* untuk lahan bertipe luapan C dan D karena sumber airnya hanya berasal dari air hujan serta kombinasi sistem aliran satu arah dan tabat untuk lahan bertipe luapan B (Sarwani, 2001). Pada tipe luapan B yang tidak terluapi air pasang pada musim kemarau diperlukan kombinasi antara sistem tata air satu arah dengan tabat konservasi (SISTAK), sedangkan pada tipe luapan B yang terluapi air pasang di musim kemarau cukup diterapkan tata air satu arah (Gambar 5).



Gambar 5. Model tabat dari kayu (a), beton (b), dan *flap gate* (c)
 Figure 5. Tabat model from wood (a), cement (b), and *flap gate* (c)

Sistem tata air yang memadukan antara sistem aliran satu arah dan sistem tabat konservasi (SISTAK) memberikan peluang dalam meningkatkan hasil dan perbaikan sifat-sifat tanah. Dalam sistem SISTAK, tabat lebih difungsikan pada musim kemarau untuk konservasi air sehingga kebutuhan air pada musim kemarau terpenuhi. Penggalan pembuatan saluran perlu diperhatikan kedalaman lapisan pirit sehingga tinggi permukaan air yang berada dalam saluran yang berada pada sisi kanan kiri tidak lebih rendah dari lapisan pirit sehingga pirit mudah teroksidasi.

Di daerah rawa pasang surut yang mengalami over drainage seperti di lahan rawa Sragi (Lampung), teknologi irigasi ferro cement dapat meningkatkan IP dari 100 menjadi 200. Air irigasi berasal dari Sungai Pisang yang memiliki kualitas air baik (pH netral). Di musim kemarau air ini dipompa ke atas lalu dimasukkan ke saluran irigasi ferro cement dan didistribusikan ke lahan sawah. Saluran irigasi ferro cement sepanjang 1 km dapat mengairi sawah sekitar 500 ha atau sekitar 250 ha di kiri dan kanan saluran irigasi tersebut (Gambar 6 dan 7).



Gambar 6. Pero semen (kiri) dan bendungan Sungai Pisang (kanan), di Rawa Sragi, Lampung Selatan
 Figure 6. Pero cement (left) and the Banana River dam (right), in the Swampy Sragi, South Lampung



Gambar 7. Pintu air di rawa Sragi (Lampung) IP 200

Figure 7. Water gate in tidal Sragi (Lampung) IP 200

Penerapan pengelolaan air di lahan sulfat masam mampu meningkatkan produktivitas lahan. Hasil padi di lahan sulfat masam tipe luapan B Unit Tatas, Kalimantan Tengah dapat meningkat 60 persen pada musim kemarau dan 120-150 persen (Noor dan Saragih 1997). Hasil percobaan pengelolaan air sistem tabat dengan mengkonservasi air hujan untuk pertanaman padi varietas IR66 pada musim hujan dengan pola padi-padi di lahan pasang surut bertipe luapan C dapat meningkatkan hasil padi dari 3,31 t ha⁻¹ menjadi 4,53 t ha⁻¹ (Sarwani *et al.* 1997)

Varietas Umur Genjah

Varietas unggul mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan lokal, karena antara lain (1) umur pendek (115-135 hari) dibandingkan varietas lokal 9-11 bulan, sehingga dapat tanam dua kali setahun (IP 200), (2) hasil tinggi, seperti varietas Margasari, Martapura, Inpara-1,2, 3, 4, 5, 6, dan 7 dapat menghasilkan 3,5-5,0 t ha⁻¹; dan tahan masam, genangan dan keracunan. Misalnya Inpara-2, Inpara-3, dan Inpara-4 toleran terhadap genangan, keracunan Fe, dan kemasaman tanah, sedangkan Inpara-1 dan Inpara-5 agak peka terhadap cekaman tersebut di atas (Koesrini dan Nursyamsi 2012).

Beberapa varietas unggul jagung yang adaptif di lahan sulfat masam, antara lain Sukmaraga dan Padmaraga dengan hasil 4,0-5,5 t ha⁻¹ pipilan kering. Umumnya varietas unggul jagung yang adaptif di lahan kering masam juga bisa dikembangkan di lahan sulfat masam seperti Arjuna, Bisma, Bayu, Semar dan Bisi 2 dengan hasil 3,9-4,5 t ha⁻¹ pipilan kering. Jagung manis varietas Baruna, Super sweet corn, Kumala F1, Madu, dan Sweet Boy juga adaptif di lahan sulfat masam (William *et al.* 2010). Varietas unggul baru kedelai yang adaptif di lahan sulfat masam antara lain Lawit, Menyapa, Anjasmoro, Seulawah, Grobogan dan Argomulyo dengan hasil 1,6-2,8 t biji per hektar. Kacang hijau yang toleran pada lahan sulfat masam adalah varietas Murai, Betet, dan Vima-1 dengan hasil 1,7-2,8 t ha⁻¹ (Koesrini dan William 2009). Kacang tanah varietas Jerapah dengan hasil 3,7 t ha⁻¹ (Balitkabi 2011).



Gambar 8. Keragaan tanaman padi varietas unggul di lahan rawa pasang surut Kalimantan Selatan

Figure 8. Performance of superior varieties in swampy tidal Land South Kalimantan

Peningkatan Produktivitas

Produktivitas padi di lahan rawa saat ini masih rendah, yaitu sekitar 2-3 t ha⁻¹. Demikian pula komo-ditas lainnya seperti jagung, kedelai, sayuran, dan lain-lain masih rendah. Untuk meningkatkan produktivitas lahan rawa perlu masukan teknologi inovasi, antara lain: penataan lahan, pengolahan tanah, ameliorasi dan pemupukan berimbang, dan pengendalian gulma, hama dan penyakit yang intensif dan terpadu serta penguatan kelembagaan.

Penataan Lahan

Penataan lahan dengan sistem surjan dapat memberikan peluang untuk penganekaragaman komoditas yang diusahakan dan pendapatan petani (Gambar 9). Rina dan Syahbuddin (2013) mengemukakan bahwa usaha tani (pada sawah surjan) padi unggul-unggul (IP 200) pada lahan sulfat masam tipe luapan A, dan B lebih menguntungkan, sedangkan pada tipe luapan C padi lokal (IP 100) lebih menguntungkan (Tabel 5). Komoditas yang populer pada sistem surjan adalah jeruk siam dan sayuran. Sumbangan usahatani jeruk terhadap pendapatan rumah tangga petani cukup besar antara 60,8-88,2% (Rina 2006).

Tabel 5. Peringkat keunggulan kompetitif tanaman di lahan sawah dan guludan tanpa jeruk pada berbagai tipe luapan di lahan sulfat masam, 2009

Table 5. Rating of competitive benefit in wetland plants and ridges without orange in various types of overflow in acid sulfate soil, 2009

Tipologi lahan	Urutan keunggulan tanaman	Nilai Q ₁
Sawah		
Tipe luapan A	padi unggul-padi unggul	1,6
Tipe luapan B	padi unggul-padi unggul	1,5
Tipe luapan C	padi lokal	1,0
Guludan MK I		
Tipe luapan A	1. tomat, 2. terung, 3. cabai rawit	3,1-1,5-1,0
Tipe luapan B	1. tomat, 2. terung, 3. cabai rawit	3,1-1,5-1,0
Tipe luapan C	1. tomat, 2. terung, 3. cabai rawit	2,7-1,6-1,0
Guludan MK II		
Tipe luapan A	1. tomat, 2. cabai rawit	1,4-1,0
Tipe luapan B	1. tomat, 2. cabai rawit	1,4-1,0

Sumber: Rina dan Syabuddin (2013)



Gambar 9. Keragaan padi sawah dengan pola surjan padi-jeruk siam di Desa Karang Indah (Terantang), Kalsel

Figure 9. Performance of rice growth with rice-citrus surjan pattern in Karang Indah Village (Terantang), South Kalimantan

Pengolahan Tanah

Untuk meningkatkan IP, peran mekanisasi dalam penyiapan lahan sangat vital dan utama. Penggunaan traktor di lahan rawa masih sedikit, walaupun terbukti lebih efisien, cepat, dan mudah serta dapat meningkatkan hasil akibat perbaikan biofisik lahan lebih baik. Hasil penelitian Balittra (2013) menunjukkan bahwa penyiapan lahan secara tradisional (manual) memerlukan tenaga kerja sebesar 33,5 hari orang kerja (HOK) per hektar, sedangkan dengan alsintan (traktor tangan) hanya memerlukan tenaga setara 8 HOK per hektar.



Gambar 10. Pengolahan tanah dengan traktor tangan di lahan rawa pasang surut bergambut (kondisi kering)

Figure 10. Soil Tillage with hand tractors in peaty tidal swampy land (dry conditions)

Jenis traktor tangan yang dirancang untuk lahan pasang surut salah satunya adalah traktor *kura-kura*. Dibandingkan dengan jenis traktor lain, penyiapan lahan dengan menggunakan traktor *kura-kura* sampai siap tanam (3 lintasan) untuk lahan tipe luapan B/C memerlukan waktu 15-20 jam ha⁻¹ lebih cepat daripada traktor tangan lokal yang memerlukan waktu rata-rata 19 jam/ha, atau traktor tangan impor (tipe rotari) yang memerlukan waktu rata-rata 25,25 jam ha⁻¹ dan traktor mini impor yang memerlukan waktu 20,25 jam ha⁻¹. Penggunaan bajak yang ditarik kerbau atau sapi dalam pengolahan tanah untuk membajak satu kali memerlukan waktu 10 hari ha⁻¹ dengan jam kerja 4-5 jam hari⁻¹. Waktu kerja yang diperlukan dalam pengolahan tanah dengan hewan tergantung pada jenis garu, tipologi atau tipe luapan rata-rata dengan garu memerlukan 18-20 jam hari⁻¹ dengan efektifitas 52-64% (Ismail *et al.* 1993).

Pengaruh pengolahan tanah terhadap hasil padi ditunjukkan bahwa pelumpuran dengan penggunaan traktor memberikan hasil padi (3,19 t GKG ha⁻¹) lebih tinggi dibandingkan dengan cangkul (2,50 t GKG ha⁻¹) (Noor dan Saragih 1993). Hanya saja perlu diperhatikan bahwa pengolahan tanah dalam tidak direkomendasikan pada tanah sulfat masam, terlebih pada lahan yang mempunyai lapisan pirit dangkal (< 50 cm dari permukaan). Pengolahan tanah yang mencapai lapisan pirit akan menurunkan hasil tanaman karena apabila pirit teroksidasi maka diikuti oleh pemasaman tanah dan peningkatan kadar ion-ion toksis (seperti Al, Fe, dan H₂S).



Gambar 11. Hamparan sawah sedang olah tanah di rawa Sragi (Lampung) IP 200

Figure 11. View of tillage in rice fields in the swampy Sragi (Lampung) IP 200

Ameliorasi dan Pemupukan

Pemupukan bertujuan untuk menambah unsur hara dari luar ke dalam tanah agar tingkat ketersediaannya meningkat. Penambahan unsur hara dilakukan berdasarkan status hara tanah dan kebutuhan tanaman agar kondisi hara dalam tanah berimbang atau sesuai target produktivitas tanaman yang akan dicapai. Penentuan takaran N, P dan K berdasarkan uji tanah dapat menggunakan alat Perangkat Uji Tanah Rawa (PUTR), sedangkan pemberian pupuk N susulan menggunakan Bagan Warna Daun (BWD). Selain itu software *Decision Support System* (DSS) dapat digunakan untuk rekomendasi pemupukan padi. Aplikasi DSS ini dapat diakses di website Balittra (www.balittra.litbang.deptan.go.id). Perangkat lunak DSS ini memberikan informasi tentang pengelolaan hara (pemupukan N, P, K, kapur, dan bahan organik) yang bersifat spesifik lokasi untuk tanaman padi di lahan rawa pasang surut berdasarkan tipe luapan dan tipologi lahannya.



Gambar 12. Tampilan DSS lahan rawa pasang surut

Figure 12. Display of DSS of tidal swamp

Untuk meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk anorganik dapat dilakukan dengan pemberian pupuk hayati yakni Biotara dan Biosure. Biotara merupakan pupuk hayati yang terdiri dari konsorsia mikroba decomposer (*Trichoderma* sp.), pelarut-P (*Bacillus* sp.), dan penambat N (*Azospirillum* sp.) yang dapat meningkatkan hasil padi sampai 20% dan mengefisienkan penggunaan pupuk NPK sebesar 30%. Biosure merupakan pupuk hayati yang terdiri dari konsorsia bakteri pereduksi sulfat (*Desulfovibrio* sp.) yang berperan dalam proses reduksi sulfat sehingga dapat meningkatkan pH tanah dan produktivitas tanaman padi (Mukhlis *et al.* 2010).



Gambar 13. Pupuk hayati BIOTARA

Figure 13. BIOTARA biofertilizer

Pengendalian Gulma, Hama, dan Penyakit

Serangan OPT, khususnya hama dan penyakit padi yang dominan ditanam di lahan rawa pasang surut meningkat pada musim kemarau. Kehilangan hasil akibat serangan OPT di lahan rawa pasang surut ini cukup tinggi. Gulma dapat menurunkan hasil padi hingga 50% karena persaingan terhadap penyerapan hara dan air serta sinar matahari. Batas kritis penutupan gulma 25-30%, apabila penutupan tersebut di atas batas kritis maka diperlu pengendalian (Simatupang 2007). Pengendalian dapat menggunakan herbisida kontak maupun sistemik, yang efektivitasnya tergantung pada jenis gulma sasaran, dosis herbisida, cara dan waktu aplikasi. Hama utama yang banyak menyerang padi adalah hama tikus, burung, keong emas, orong-orong dan hama serangga berupa wereng cokelat, hama putih palsu, penggerek batang, sedangkan penyakit utama adalah blas, bercak cokelat, hawar pelepah daun. Pengendalian hama dan penyakit perlu dilakukan secara terpadu (PHT) melalui cara sebagai berikut: (1) menanam varietas toleran atau tahan terhadap serangan hama/penyakit, (2) mengendalik gulma yang menjadi inang hama dan penyakit, (3) melakukan pergiliran tanaman untuk memutus siklus hama, (4) melakukan tanam serentak, (5) memperbaiki drainase, (6) mempertahankan musuh alami, (7) menjaga sanitasi lingkungan, (8) menggunakan pestisida dalam batas ambang ekonomi sebagai alternatif terakhir.

Penguatan Kelembagaan

Untuk mendukung lancarnya pelaksanaan ke-giatan usahatani yang berorientasi agribisnis diperlukan partisipasi pelaku dan dukungan kelembagaan. Menu-ut Syahyuti (2003) kelembagaan pertanian terdiri atas lima kelompok, yakni (1) kelembagaan sarana produksi, (2) kelembagaan produksi, (3) kelembagaan pengolahan hasil, (4) kelembagaan pemasaran, dan (5) kelembagaan pendukung berupa kelembagaan permo-dalan, dan penyuluhan. Kelembagaan petani agribisnis di lahan rawa pasang surut perlu penguatan melalui pengembangan antara lain kelompok tani mandiri, P3A, koperasi, penyedia sarana produksi, pemasaran hasil, jasa pelayanan alsintan dan perbengkelan, serta kelembagaan keuangan pedesaan.

Sistem pemasaran yang efisien memerlukan: (1) bantuan modal (dalam bentuk pinjaman) yang cukup untuk memperbesar volume usahanya, (2) pemasaran secara kelompok diperlukan untuk meningkatkan daya tawar petani, dan (3) pengolahan hasil untuk meningkatkan nilai tambah. Kinerja penyuluh juga dapat ditingkatkan melalui antara lain: (1) kunjungan penyuluh ke kelompok tani secara terjadwal dan kontinyu, (2) peningkatan ilmu pengetahuan dan teknologi inovasi lahan rawa, (3) pembuatan demplot oleh penyuluh, (4) dukungan kelengkapan sarana dan prasarana yang mencukupi, (5) penambahan jumlah penyuluh sesuai luas wilayah binaan, dan (6) peningkatan kesejahteraan penyuluh.

PENUTUP

Potensi lahan rawa pasang surut sangat besar untuk mendukung swasembada pangan, pemahaman yang komprehensif tentang lahan rawa pasang surut ini merupakan prasyarat untuk pengembangan teknologi yang secara teknis relevan dengan kebutuhan dan secara ekonomis terjangkau oleh masyarakat lokal. Apabila dilakukan optimalisasi lahan rawa pasang surut dengan dukungan inovasi teknologi pengelolaan dan budidaya yang baik, peningkatan intensitas pertanaman (IP 200), maka dapat diperoleh tambahan produksi sebesar 2,44 juta ton gabah per tahun. Pencapaian optimalisasi di atas dapat dilakukan secara bertahap, penerapan asas prioritas, berkesinambungan, sistematis, dan fokus. Sehubungan dengan keterkaitan yang kuat baik antar sektor maupun antara subsektor pada bidang pertanian sendiri, maka koordinasi, integrasi, sinkronisasi menjadi kunci keberhasilan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adimihardja, A., K. Sudarman, dan D. A. Suriadikarta. 1998. Pengembangan lahan pasang surut: keberhasilan dan kegagalan ditinjau dari aspek fisiko kimia lahan pasang surut. Hlm:1-10. *Dalam* Sabran, M., MY. Maamun, A. Sjachrani, B. Prayudi, I. Moor dan S. Sulaiman (Eds.). *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Menun-jang Akselerasi Pengembangan Lahan Pasang Surut*. Balitbangtan, Puslitbangtan, Balittra. Banjarbaru.
- Andriess, W. and M. Sukardi. 1990. Survey Component : Introductions, Objective and Out line Papers Work-shop on Acid Sulphate Soils in the Humid Tropics. AARD-LAWOO. Jakarta.
- Backman, S., Islam K.M.Z, dan J. Sumelius. 2009. Determinants of Technical Efficiency of Rice Farms in North-Central and North-Western Regions in Bangladesh. The University of Helsinki. Finland.
- Balitkabi. 2011. Laporan Tahunan Penelitian Aneka Kacang dan Umbi. Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacang-an dan Umbi-umbian. Malang. 70 hlm.
- Balittra. 2013. Kajian Penerapan Paket Alat Mesin Budidaya Padi di Lahan Rawa. Balittra dan Balai Besar Mektan. 35 hlm.
- BBSDLP. 2014. Sumberdaya Lahan Pertanian Indonesia: Luas, Penyebaran dan Potensi Ketersediaan. Bogor. 62 hlm.
- Brown, A.D. and J.J. Jurinak. 1989. Mechanism of pyrite oxidation in aqueous mixtures. *Journal of Environmental Quality* 18; 545-550.
- Dent, D.L. and L.J. Pons. 1995. A world perspective on acid sulphate soils. *Geoderma* 67 ; 263-276.
- Direktorat Bina Rehabilitasi dan Pengembangan Lahan. 1995. Luas penggunaan lahan Pasang surut, lebak polder dan rawa lainnya di tujuh propinsi. Direktorat Jendral Tanaman Pangan dan Hortikultura, Jakarta.
- Endrizal dan Jumakir. 2009. Produktivitas beberapa VUB padi rawa lebak mendukung desa mandiri pangan Kabupaten Batanghari. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jambi.
- Feng, S. 2008. Land Rental, Off-Farm Employment and Technical Efficiency of Farm Households in Jiangxi Province, China. *NJAS* 55-4, 363- 378.
- Hardjowigeno, S. dan M.L. Rayes. 2005. Tanah Sawah: Karakteristik, Kondisi, dan Permasalahan Tanah Sawah di Indonesia. Bayumedia Publishing, Malang Jawa Timur.
- Haryono. 2013. Lahan Rawa: Lumbung Pangan Masa Depan Indonesia. Cetakan ke 2. IAARD. Jakarta. 142 Hlm.
- Ismail, I.G., T. Alihamsyah, I P.G. Widjaja-Adhi, Suwarno, T. Herawati, R. Thahir, dan D.E. Sianturi. 1993. Sewindu Penelitian Pertanian di Lahan Rawa: Kontri-busi dan Prospek Pengembangan. Proyek Swamps II. Puslitbang Tanaman Pangan, Bogor.
- Koesrini dan E. William. 2009. Evaluasi daya hasil dan toleransi 12 genotipe kedelai di lahan pasang surut. Hlm. 153-161. *Dalam* A. Supriyo, M. Noor, I. Ar-Riza dan K. Anwar (Eds.). *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Lahan Rawa*. Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian dan Badan Penelitian dan Pengembangan Daerah Propinsi Kalimantan Selatan.
- Koesrini, dan D. Nursyamsi. 2012. Inpara: Varietas padi lahan rawa. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 34(6):7-9. Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian.
- Kselik, R.A.L 1990. Water Management on Acid Sulphate Soils at Pulau Petak, Kalimantan. *Dalam*: AARD-LAWOO. Paper Workshop on Acid Sulphate Soil in The Humid Tropics, November, 20-22, 1990. AARD-LAWOO. Bogor/Jakarta. Pp. 249-276.
- Mamat H.S. 2007. Tingkat Pengelolaan dan Potensi Lahan dalam Perspektif Peningkatan Produksi Beras Nasional. *Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya Lahan dan Lingkungan*. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian.

- Moses, C.O. dan J. Herman. 1991. Pyrite oxidation at circumneutral pH. *Geochim.Cosmochim.Acta.* 55 (2);471-482.
- Mukhlis, M. Saleh, F. Azzahra, A. Budiman, dan R. Noor. 2010. pengembangan teknologi pupuk mikroba pereduksi sulfat untuk peningkatan produktivitas lahan sulfat Masam lebih dari 20%. Laporan Hasil Penelitian. Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa.
- Mutalib,A.A., J.S.Lim, M.H. Wong, dan L. Konvai. 1991. Prociding of the International Symposium on Tropical Peatland. Kuching, MARDI and Dep. Of Agriculture, Serawak Malaysia. 6-10 May 1991.
- Noor, M. dan S. Saragih. 1997.Peningkatan Produktivitas Lahan Pasang Surut Dengan Perbaikan Sistem Pengelolaan Air dan Tanah. Dalam Kinerja Penelitian Tanaman Pangan, Buku 6. *Dalam* Pros. Symp Tanam-an Pangan III, 23-25 Agustus 1993. Bogor.
- Noor, M. 2001. Pertanian Lahan Gambut; Potensi dan kendala. Kanisius. Yogyakarta. 175 p.
- Noor, M. 2004. Lahan Rawa: Sifat dan Pengelolaan Tanah Bermasalah Sulfat Masam. Jakarta : PT. Raja Grafindo Persada. 241 hal.
- Nugroho K., H. Van den Bosch, Holongphi, J. Michaelsen. 1998. Evaluation of water management strategis for sustainable land use of acid sulphate soil in coastal low land in the tropics. *Agric. Research Dept. REPORT 157.*Wageningen.
- Nurmalina, R. 2007. Model Ketersediaan Beras yang Berkelanjutan untuk Mendukung Ketahanan Pangan Nasional. Disertasi Program Dr. IPB.
- Purnomo, E., A. Mursyid, M. Syarwani. A. Jumberi, Y. Hashidoko. T. Hasegawa, S. Honma, dan M. Osaki. 2005. Phosphorus solubilizing microorganisms in the rhyzosphere of local rice varities grown without fertilizer on acid sulphate soils. *Soil Sci. Plant Nutr.* 51 (5).
- Rina, Y. dan H. Syahbuddin. 2013. Zona kesesuaian lahan rawa pasang surut berbasis keunggulan kompetitif komoditas. *Jurnal SEPA* 10(1):103-117. Kerjasama Jurusan Sosial Ekonomi Pertanian/Agrobisnis, Fakul-tas Pertanian UNS dengan PERHEPI Komasariat Surakarta. Hlm.
- Rina, Y, NoorGINAYuwati, dan S.S. Antarlina. 2006. Analisis finansial usahatani jeruk pada sistem surjan di lahan pasang surut. *Dalam* Setiadjit, Sulusi Prabawati, Yulianingsih dan T.M. Ibrahim (*Eds.*). Prosiding Ekspose Nasional Agribisnis Jeruk Siam. Kerjasama BPTP Kalbar, Balai Besar Penelitian dan Pengembang-an Pascapanen Pertanian, Pemerintah Provinsi Kalimantan Barat dan Pemerintah Kabupaten Sambas. Pontianak.
- Sabiham, S., T.B. Prasetyo, dan S. Dohong. 1997. Phenolic acid in Indonesian peat. Pp. 289-292. *In* Rieley and Page (*Eds.*). *Biodiversity and Sustainability of Tropical Peat and Peatland.* Samara Publishing Ltd. Cardigan. UK.
- Salampak. 1999. Peningkatan produksi tanah gambut yang disawahkan dengan Pemberian bahan amelioran tanah mineral berkadar besi tinggi. Disertasi Doktor Program Pasca Sarjana IPB. Bogor.
- Sarwani M. 2001. Penelitian dan pengembangan pengelolaan air di lahan pasang surut Hlm. 19-42. *Dalam* Ar-Riza I. Alihamsyah T. dan Sarwani M. (ed.). *Pengelolaan Air dan Tanah di Lahan Pasang Surut.* Monograf. Banjarbaru: Balittra.
- Sarwani, M., S. Saragih, K. Anwar, M. Noor, dan A. Jumberi. 1997. Penelitian pengelolaan air, tanah dan hara di lahan rawa pasang surut. Paper disampaikan pada acara Pra Raker Badan Litbang Pertanian, 2-5 Pebruari 1997, Yogyakarta.
- Shamshuddin, J., M. Syarwani, S. Fauziah, dan I. Van Ranst. 2004. A Laboratory study on pyrite oxidation in acid sulphate soils. *Commun. Soil. Sci. Plant Anal.* 35 (1 & 2):117-129.
- Simatupang. R. S. 2007. Masalah gulma dan cara pengelola-annya untuk meningkatkan produksi padi di lahan rawa pasang surut. Hlm. 277-290. *Dalam* Mukhlis, M. Noor, Agus Supriyo, Izzuddin Noor, R. Smith. Simatupang (*Eds.*). Prosiding Seminar Nasional Pertanian Lahan Rawa “Revitalisasi Kawasan PLG dan Lahan Rawa Lainnya untuk membangun Lumbung Pangan Nasional. Badan Litbang Pertanian, Peme-rintah Kabupaten Kapuas Kalimantan Tengah. Buku I.
- Sofyan Ritung dan A. Mulyani. 2014. Ketersediaan dan Kebutuhan Lahan untuk Perluasan Areal Pertanian Jangka Panjang dalam Mendukung Ketahanan Pangan dan Energi serta Pertumbuhan Ekonomi Nasional. Makalah Kebijakan ICCTF. BBSDLP. (Unpublished).
- Spark, D.L. 1995. *Environmental Soil Chemistry.* Academic Press Inc., San Diego, California. 267 halaman.
- Spark, K.M., J.D. Wells, dan B.B. Johnson. 1997. The interaction of humic acid with heavy metals. *Aus. J. Soil Res.* 35(1):89-101.
- Subagyono, H. dan I P. G. Widjaja-Adhi. 1998. Peluang dan kendala penggunaan lahan rawa untuk pengembangan pertanian di Indonesia, kasus : Sumatera Selatandan Kalimantan Tengah. Makalah Utama Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian.
- Suryadi, F.X., P.H.J. Hollanders, dand R.H. Susanto. 2010. Mathematical modeling on the operation of water control structures in a secondary block case study: Delta Saleh, South Sumatra. Hosted by the Canadian Society for Bioengineering (CSBE/SCGAB). Québec City, Canada June 13-17, 2010.
- Vadari, T., K. Subagyono, H. Swardjono, dan A. Abas. 1990. The effect of water management and soil amelioration on water quality and soil properties in acid sulphate soils at Pulau Petak Delta, Kalimantan. Paper workshop on acid sulphate soils ini humid tropics, 20-22 November 1990. AARD-LAWOO. Bogor.

- Van Breemen, N. 1972. Soil forming processes in acid sulphate soils. In: H Dost. (Ed). Proceeding of the International Symposium on Acid Sulphate Soils, 13-20 August 1972. Wageningen. pp. 66-130.
- Van Mensvort M.E.F. and D.L. Dent. 1998. In R.Lal, W.H. Blum, C. Valentine and B.A. Stewart (*Eds.*). Acid sul-fate soils. Methods of Assessment of Soil Degradation CRC Press, Florida. pp. 301-335.
- Widjaja-Adhi, I P. G. 1997. Pengelolaan lahan rawa dan gambut untuk usahatani dalam pembangunan ber-kelanjutan dan berwawasan lingkungan. *Alami* 2(1):28-35.
- Widjaja-Adhi, I P.G. 1995. Potensi, Peluang, dan Kendala Perluasan Areal Pertanian di Lahan Rawa di Kaliman-tan dan Irian Jaya. Sem. Perluasan Areal Pertanian di KTI. PII, Serpong 7-8 November 1995.
- Widjaja-Adhi, I P.G. 1986. Pengelolaan Lahan Rawa Pasang Surut dan Lebak. *J. Litbang Pertanian* 5. Badan Litbang Pertanian. Jakarta.
- Widjaja-Adhi, I P.G. 1995. Pengelolaan tanah dan air dalam pengembangan sumber daya lahan rawa untuk usahatani berkelanjutan dan berwawasan lingkungan. Makalah disampaikan pada Pelatihan Calon Pelatih untuk Pengembangan Pertanian di Daerah Pasang Surut, Karang Agung Ulu, Sumatera Selatan, 26–30 Juni 1995. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan
- Widjaja-Adhi, I P.G. dan T. Alihamsyah. 1998. Pengembang-an lahan pasang surut; Potensi, prospek, dan kendala serta teknologi pengelolaannya untuk pertanian. Prosiding Seminar Nasional dan Pertemuan Tahunan Komda HITI, 16–17 Desember 1998. hlm.51-72.
- Widjaja-Adhi, I P.G., K. Nugroho, D. Ardi S., dan A.S. Karama. 1992. Sumberdaya lahan rawa: potensi, keter-batasan dan pemanfaatan. *Dalam* S. Partohardjono dan M. Syam (*Eds.*) Pengembangan Terpadu Pertanian Lahan Rawa Pasang Surut dan Lebak. SWAMPS II- Puslitbangtan. Bogor.
- William E., M. Saleh, dan S. Raihan. 2010. Pertumbuhan dan hasil jagung manis (*Zea mays Saccharata* Sturt) di lahan rawa pasang surut sulfat masam di kalimantan selatan. Hlm.21-23. *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.