

GRAND DESIGN LAHAN RAWA

Irsal Las ¹⁾, Sukarman ²⁾, Kasdi Subagyono ³⁾, D. A. Suriadikarta ⁴⁾, M. Noor ⁵⁾
dan Achmadi Jumberi ⁵⁾

^{1), 3), 4)} BBSDLP, ²⁾ Balitklimat, ⁵⁾ Balittra

ABSTRAK

Sumberdaya lahan rawa di Indonesia, sebagai salah satu pilihan lahan pertanian di masa depan, dan secara dominan terdapat di empat pulau besar di luar Pulau Jawa, yaitu Pulau Sumatera, Kalimantan dan Papua, serta sebagian kecil di Pulau Sulawesi. Menurut Puslittanak (2000) total luas lahan rawa di Indonesia adalah 34.309.958 hektar, terdiri atas tanah gambut seluas 13.302.278 hektar, dan tanah mineral seluas 21.107.682 hektar. Berdasarkan jenis tanah dan kendala pengembangan, lahan rawa pasang surut dipilah atas 4 (empat) tipologi utama, yaitu (1) lahan potensial, (2) lahan sulfat masam, (3) lahan gambut, dan (4) lahan salin (Widjaja-Adhi, 1992, 1995). Berdasarkan hidrotopografi wilayah, pengaruh luapan pasang, dan pengatusan (*drainage*) temporer/permanen, maka wilayah pasang surut dibagi dalam 4 (empat) tipe luapan, yaitu tipe luapan A, B, C, dan D (Widjaja-Adhi *et al*, 1992). Pengaruh lingkungan sangat kuat terhadap sifat-sifat kimia tanah dan air pada wilayah rawa pasang surut. Kendala biofisik utama pada tanah rawa pasang surut adalah kemasaman, kelarutan ion-ion toksis, kahat hara makro, amblesan (*subsidence*), dan daya sangga tanah (*bearing capacity*). Selain biofisik, pengembangan pertanian di lahan rawa pasang surut juga dihadapkan pada kondisi keteknikan yaitu tata air dan kondisi sosial ekonomi. Keberhasilan subsektor pengembangan lahan rawa di beberapa provinsi dan kegagalan proyek PLG sejuta ha di Kalimantan Tengah merupakan pengalaman dan pembelajaran yang sangat berharga. Oleh karena itu diperlukan adanya suatu perencanaan melalui penyusunan grand design lahan rawa, yang bertujuan untuk memberikan acuan pelaksana pembangunan pertanian di lahan rawa.

Kata kunci: grand design, lahan rawa, pengembangan pertanian

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kebijakan Revitalisasi Pertanian, Perikanan dan Kehutanan (RPPK) yang dicanangkan Presiden Republik Indonesia pada tanggal 11 Juni 2005 menempatkan pertanian pada posisi strategis dengan multifungsinya antara lain meningkatkan kesejahteraan petani dan pembangunan pedesaan, memangkas jumlah penduduk miskin dan pengangguran serta menjaga kelestarian daya dukung sumberdaya alam (Kantor Menko Perekonomian, 2005). Implikasi dari kebijakan tersebut adalah bahwa pembangunan pertanian di lahan rawa atau lahan basah tidak hanya bertujuan untuk menaikkan produksi setinggi-tingginya, tetapi juga sekaligus dapat

meningkatkan penghasilan dan kesejahteraan petani, serta mencegah terjadinya degradasi lahan pertanian.

Lahan rawa adalah lahan yang sepanjang tahun, atau selama waktu yang panjang dalam setahun selalu jenuh air (*saturated*) atau tergenang (*waterlogged*) air dangkal. Lahan rawa sebenarnya merupakan lahan yang menempati posisi peralihan di antara sistem daratan dan sistem perairan (sungai, danau, atau laut), yaitu antara daratan dan laut, atau di daratan sendiri, antara wilayah lahan kering dan sungai/danau. Karena menempati posisi peralihan antara sistem perairan dan daratan, maka lahan ini sepanjang tahun atau dalam waktu yang panjang dalam setahun selalu tergenang, jenuh air atau mempunyai muka air tanah dangkal (Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, 2006).

Sumberdaya lahan rawa di Indonesia, sebagai salah satu pilihan lahan pertanian di masa depan, terdapat di empat pulau besar di luar Pulau Jawa, yaitu Pulau Sumatera, Kalimantan dan Papua, serta sebagian kecil di Pulau Sulawesi. Menurut Puslittanak (2000) total luas lahan rawa di Indonesia adalah 34.309.958 hektar, terdiri atas tanah gambut seluas 13.302.278 hektar, dan tanah mineral seluas 21.107.682 hektar.

Pertanian lahan rawa sampai saat ini masih mengandalkan masukan teknologi yang tradisional, sehingga potensi lahan yang ada belum dapat menyejahterakan masyarakat petani. Berdasarkan karakteristik lahannya pembangunan pertanian di lahan rawa ini memerlukan masukan teknologi yang memadai agar produksi pertanian yang dihasilkan cukup baik serta terjaga kelestarian lingkungannya dan tidak terjadi degradasi lahan. Oleh karena itu untuk mencegah terjadinya degradasi lahan, diperlukan adanya transformasi sistem pertanian dari yang berbasis sumberdaya lahan ke sistem pertanian yang berbasis ilmu pengetahuan dan teknologi. Dengan transformasi tersebut diharapkan produktivitas pertanian dapat ditingkatkan, menyejahterakan petani, sekaligus melestarikan sumberdaya lahan.

Pertanian di lahan rawa ini akan menjadi pilihan dengan adanya penyusutan lahan pertanian di Jawa berkisar 80 -- 100 ribu ha selama kurun waktu 5 tahun dari th. 2000 – 2004. Lalu terjadinya peningkatan populasi penduduk 3 juta/ tahun mengakibatkan kebutuhan akan pangan nasional semakin meningkat. Dilain pihak peningkatan jumlah penduduk miskin dan pengangguran dipedesaan juga semakin bertambah. Oleh karena itu diperlukan sistem pembangunan yang berkelanjutan berbasis sumberdaya lokal, melalui optimalisasi sumberdaya lahan dan perluasan areal pertanian. Keberhasilan subsektor pengembangan lahan rawa di beberapa provinsi dan kegagalan proyek PLG sejuta ha di Kalimantan Tengah merupakan pengalaman dan pembelajaran yang sangat berharga. Oleh karena itu diperlukan adanya suatu perencanaan melalui penyusunan grand design lahan rawa.

Tujuan

1. Memberikan acuan kepada pelaksana pembangunan pertanian di lahan rawa dalam menentukan kondisi objektif menurut skala, areal pembangunan, karakteristik lahan rawa yang dapat digunakan dalam menerapkan teknologi spesifik lokasi.
2. Memberikan acuan atau pegangan bagi pelaksana pembangunan pertanian di lahan rawa dalam menerapkan strategi rekomendasi teknologi pengelolaan sumberdaya lahan dalam mendukung pembangunan pertanian yang lestari.
3. Menentukan sistem produksi atau budidaya pertanian yang tepat di lahan rawa.
4. Memberikan gambaran potensi kelayakan investasi di lahan rawa, bukan hanya komoditas pangan, tetapi komoditas lain seperti perkebunan, peternakan dan lainnya.

POTENSI DAN KENDALA PENGELOLAAN LAHAN RAWA PASANG SURUT

Rawa pasang surut adalah rawa yang dipengaruhi oleh gerakan gelombang pasang surut akibat adanya kekuatan daya tarik antara bumi, bulan dan matahari. Gerakan gelombang pasang dan surut terjadi secara berkala yang secara sederhana dikenal dengan pasang besar (*spring tide*) dan pasang ganda (*neap tide*). Pasang besar atau juga disebut pasang *tunggal*, yaitu pasang tertinggi yang terjadi 2 (dua) kali dalam sebulan dengan durasi 4-5 hari, sedang pasang ganda atau disebut juga pasang *pindua* yaitu pasang harian yang mempunyai puncak pasang lebih rendah dari pasang tunggal yang terjadi umumnya 2 (dua) kali sehari semalam (24 jam). Berdasarkan mintakat (zone) pengaruh air laut wilayah pasang surut dibagi 3 (tiga) mintakat, yaitu (1) wilayah rawa pasang surut air asin/payau dan (2) wilayah rawa pasang surut air tawar dan (3) wilayah rawa lebak.

Luas dan Sebaran

Pemetaan lahan rawa dan penelitian lahan rawa dalam skala luas mulai dilakukan sejak adanya P4S (Proyek Pengembangan Persawahan Pasang Surut), Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik (sekarang, Departemen Kimpraswil) antara tahun 1969 -1980. Dari ketiga pulau besar, Sumatera, Kalimantan, dan Papua, lahan rawa yang dipetakan secara intensif hanya lahan rawa pasang surut di pantai timur Sumatera (Riau, Jambi, Sumatera Selatan, dan Lampung). Seluruh wilayah Pulau Sumatera, termasuk wilayah lahan rawanya, kemudian dipetakan tanahnya pada tingkat tinjau oleh proyek LREP-I (*Land Resource Evaluation and Planning Project*) Pusat Penelitian Tanah (sekarang Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian), antara tahun 1986-1990.

Di Kalimantan, lahan rawa di Provinsi Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, dan Kalimantan Selatan telah dipetakan selama pelaksanaan P4S. Di Kalimantan Barat, wilayah yang dipetakan terutama di delta di antara S. Kapuas Kecil, Punggur Besar, dan Ambawang. Di wilayah lainnya adalah di Rasau Jaya, Pinang luar, dan Air Putih. Di Kalimantan Tengah di wilayah yang pernah dipetakan adalah daerah seperti Pangkoh, Tamban luar, dan Berengbengkel. Di Kalimantan Selatan, sebagian besar penelitian dikonsentrasikan di wilayah Delta Pulau Petak. Pemetaan lahan rawa terakhir, dilakukan antara tahun 1996-1998 oleh Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat yaitu pada wilayah rawa antara S. Sebangau-Kahayan-Kapuas-Kapuas Murung dalam rangka pelaksanaan proyek PLG (Pengembangan Lahan Gambut Satu Juta Hektar).

Di Papua, baru daerah S. Digul-Kabupaten Merauke, dan daerah S. Digul-Pantai Kasuari, seluas 3,7 juta ha yang dipetakan pada tingkat tinjau oleh Pusat Penelitian Tanah (Puslittan, 1985, 1986). Wilayah rawa lainnya, seperti di sekitar Teluk Berau-Bintuni, dan di pantai utara pulau antara Nabire dan Sarmi belum pernah diteliti tanahnya.

Tabel 1. Estimasi luas lahan rawa di Indonesia

Sumber Data	Pulau	Lahan Rawa			Total
		Tanah Gambut	Tanah Mineral	Rawa Lebak	
Nugroho <i>et al.</i> , 1991	Sumatera	4.798.000	1.806.000	2.786.000	9.390.000
	Kalimantan	4.674.800	3.452.100	3.580.500	11.707.400
	Papua	1.284.250	2.932.690	6.305.770	10.522.710
	Sulawesi	145.500	1.039.450	608.500	1.793.450
	Total	10.902.550	9.230.240	13.280.770	33.413.560
Puslittanak (2000)	Sumatera	6.590.345	5.862.806		12.453.151
	Kalimantan	4.447.523	5.259.973		9.707.496
	Papua	2.011.780	8.293.251		10.305.031
	Sulawesi	127.744	1.212.677		1.340.421
	Maluku	24.885	478.975		503.860
	Total	13.302.276	21.107.682		34.309.958

Oleh karena tidak lengkapnya data dan informasi lahan rawa, maka data luas lahan rawa di Indonesia belum dapat ditentukan secara lebih pasti dan akurat. Hasil penelitian luas lahan rawa di Indonesia berdasarkan kompilasi data yang tersedia menunjukkan data yang bervariasi. Tabel 1 menunjukkan luas lahan rawa berdasarkan hasil penelitian Nugroho *et al* (1991) dan Puslittanak (2000). Data tersebut menunjukkan bahwa luas lahan rawa di Indonesia bervariasi dari 33,4 juta ha sampai 34,3 ha.

Tipologi lahan

Berdasarkan jenis tanah dan kendala pengembangan, lahan rawa pasang surut dipilah atas 4 (empat) tipologi utama, yaitu (1) lahan potensial, (2) lahan sulfat masam, (3) lahan gambut, dan (4) lahan salin (Widjaja-Adhi, 1992, 1995). Masing-masing tipologi lahan ini mempunyai karakteristik sebagai berikut :

Lahan potensial : lahan rawa pasang surut yang mempunyai jenis tanah sulfat masam potensial dengan kandungan pirit $< 2\%$, terletak pada kedalaman > 50 cm dari permukaan tanah. Pada tipologi lahan ini kendala produksi sangat kecil dan kemungkinan muncul juga kecil.

Lahan sulfat masam : lahan rawa pasang surut yang mempunyai jenis tanah sulfat masam potensial yang mempunyai lapisan pirit pada kedalaman < 50 cm dari permukaan dan semua jenis tanah sulfat masam aktual. Kendala utama tipologi lahan ini adalah adanya lapisan pirit yang apabila teroksidasi akan menurunkan pH dan menimbulkan peningkatan kelarutan ion-ion toksis Al, Fe, dan Mn dan kahat hara P.

Lahan gambut : lahan rawa pasang surut yang terbentuk dari bahan organik yang dapat mempunyai lapisan gambut dengan ketebalan > 50 cm dan kandungan C-organik 12% atau 18% apabila kadar liat lebih kecil atau sama dengan 60%. Kendala utama tipologi lahan ini adalah lapisan gambut yang mengeluarkan asam-asam organik dan tingkat kesuburan yang rendah antara lain kahat hara Cu, Zn, B, dan Mo

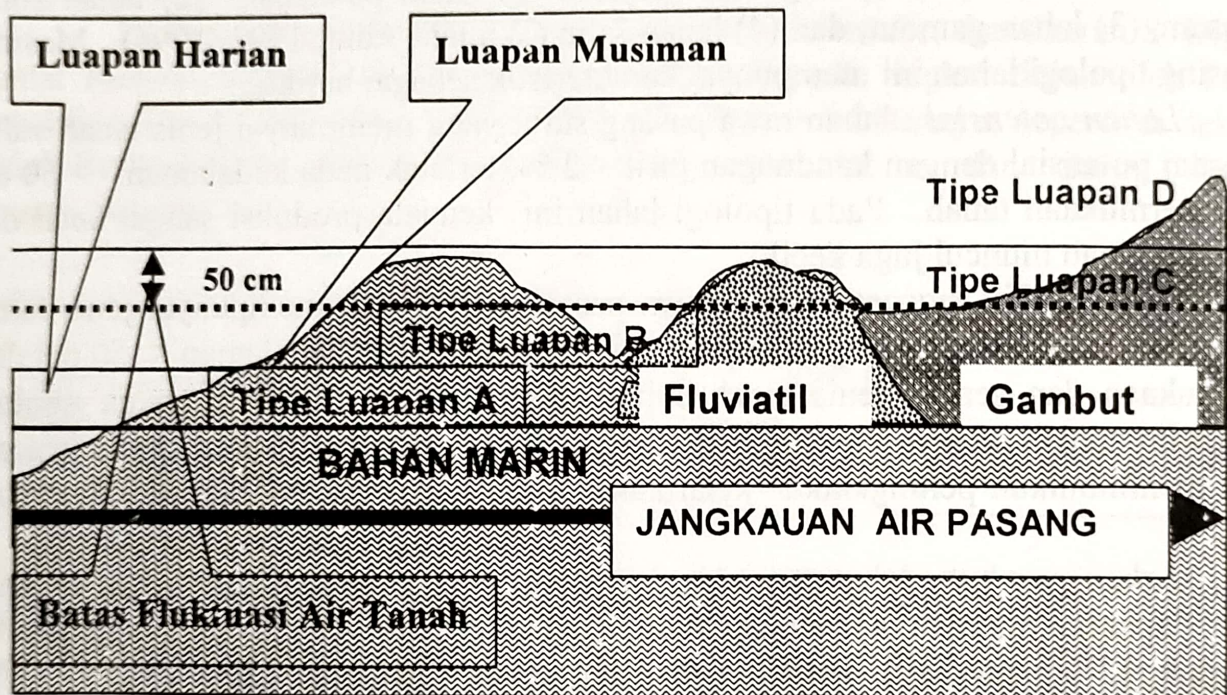
Lahan salin : lahan rawa pasang surut yang mendapatkan pengaruh salinitas dengan adanya intrusi air laut selama > 3 (tiga) bulan dalam setahun dengan kandungan Na dalam larutan tanah antara 8-15%.

Masing-masing tipologi lahan tersebut di atas mempunyai kendala dengan tingkat pengelolaan yang berbeda antara satu sama lain apabila dikembangkan untuk pertanian.

Tipe luapan

Berdasarkan hidrotopografi wilayah, pengaruh luapan pasang, dan pengatusan (*drainage*) temporer/permanen, maka wilayah pasang surut dibagi dalam 4 (empat) tipe luapan, yaitu tipe luapan A, B, C, dan D (Widjaja-Adhi *et al*, 1992).

- Tipe luapan A : Lahan yang selalu terluapi air pasang baik pada saat pasang maksimum (*spring tide*) maupun pasang minimum (*neap tide*).
- Tipe luapan B : Lahan yang terluapi air pasang pada saat pasang besar.
- Tipe luapan C : Lahan yang tidak pernah terluapi air pasang, tetapi air pasang berpengaruh pada air tanah dan kedalaman muka air tanah kurang dari 50 cm.
- Tipe luapan D : Lahan yang tidak pernah terluapi air pasang, tetapi air pasang berpengaruh pada air tanah dan kedalaman muka air tanah lebih dari 50 cm.



Gambar 1. Tipe luapan air pada lahan rawa pasang surut

Sumber : Widjaja-Adhi *et al.*(1992)

Pengaruh lingkungan sangat kuat terhadap sifat-sifat kimia tanah dan air pada wilayah rawa pasang surut. Kendala biofisik utama pada tanah rawa pasang surut adalah kemasaman, kelarutan ion-ion toksik, kahat hara makro, amblesan (*subsidence*), dan daya sangga tanah (*bearing capacity*). Selain biofisik, pengembangan pertanian di lahan rawa pasang surut juga dihadapkan pada kondisi keteknikan yaitu tata air dan kondisi sosial ekonomi.

Kemasaman

Kemasaman merupakan kendala utama di lahan rawa pasang surut karena umumnya ber pH rendah (pH 3,5-4,5). Tanaman budidaya umumnya tumbuh baik pada pH 5-7, tetapi varietas tertentu mempunyai toleransi yang baik terhadap kemasaman pada lahan rawa sehingga dapat memberikan hasil yang cukup baik. Permasalahan kemasaman ini dapat diatasi dengan beberapa upaya antara lain perbaikan pengelolaan air, pembenahan tanah, dan pemilihan varietas.

Keracunan Al, Fe, dan Mn

Kemasaman yang tinggi (pH < 4,0) berimbas pada meningkatnya kelarutan Al, Fe dan Mn. Penghancuran struktur kisi mineral akibat kemasaman yang tinggi mengakibatkan pelepasan Al yang lebih intensif. Pada kadar Al 0,5-2,0 ppm tanaman budidaya sudah mengalami hambatan pertumbuhan. Pada kadar 25 ppm tanaman mengalami penurunan hasil. Besi dan mangan umumnya meracuni tanaman dalam bentuk ion *ferro* (Fe^{2+}) dan ion mangan (Mn^{2+}) pada kondisi anaerob. Ketahanan terhadap keracunan besi dan mangan sangat tergantung pada jenis varietas. Sementara kelarutan Fe dan Mn sangat dinamis terutama pada kurun 1-2 minggu penggenangan, setelah > 2-5 (dua) minggu penggenangan kelarutan Fe stabil dan cenderung menurun. Pada kadar > 300 ppm Fe dalam jaringan padi sudah menampakkan keracunan. Mn^{2+} dapat meracuni pada kadar 4 ppm dalam larutan tanah, tetapi gejala baru muncul pada kadar dalam jaringan pucuk batang mencapai 2.500 ppm.

Kahat Hara Makro dan Mikro

Kahat hara makro seperti N, P, K, Ca dan Mg pada tanaman sering ditemukan di lahan rawa pasang surut. Respon pemupukan menunjukkan sangat signifikan terhadap pertumbuhan maupun hasil tanaman budidaya. Pengalaman petani menunjukkan pada lahan-lahan bukaan baru pertumbuhan tanaman cukup baik bahkan sangat memuaskan sekalipun tanpa dipupuk, tetapi setelah 2-3 musim tanaman perlu dipupuk karena ketersediaan hara cepat merosot akibat penyerapan dan penyusutan setelah penggunaan lahan. Ketersediaan hara-hara makro pada lahan-lahan yang telah dimanfaatkan tergolong rendah sampai sangat rendah.

Kahat hara mikro sering dilaporkan pada tanaman padi dan tanaman budidaya lainnya, khususnya Cu dan Zn terutama pada lahan gambut. Kahat Cu dan Zn pada padi mengakibatkan gabah hampa. Pemberian pupuk Cu dan Zn menunjukkan hasil tanaman lebih baik dengan berkurangnya secara signifikan jumlah gabah hampa. Pada tanaman kacang-kacangan pemberian kapur dan pupuk mikro dapat meningkatkan hasil dengan berkurangnya jumlah polong hampa (*cipo*).

Amblesan

Amblesan (*subsidence*) merupakan gejala umum yang terjadi pada lahan rawa pasang surut. Amblesan lebih cepat dan besar pada lahan-lahan gambut. Laju amblesan sangat tergantung pada sifat fisika tanah seperti kerapatan lindak (*bulk density*), kematangan tanah (*ripeness*), tekstur tanah, keatusan (*drainage*). Laju amblesan antara 6,5-66,5 cm/tahun. Rata-rata laju amblesan dari lahan gambut yang sudah bertahun-tahun dibuka berkisar 2,5 cm/tahun. Amblesan sangat besar pada tahun 2-3 menurun setelah tahun ke 6 dan stabil pada tahun ke 8 atau ke 10. Amblesan cukup besar (5-6 cm per tahun) pada lahan gambut sangat dalam dan lebih rendah (antara 0-1,5 cm) pada gambut dalam. Amblesan dapat ditekan dengan menaikan atau mempertahankan kedalaman muka air tanah pada aras < 75 cm. Penurunan permukaan ini mengakibatkan muka lahan sering tidak stabil, lebih rendah sehingga selalu tergenang, bangunan pintu-pintu air permanen mudah rusak atau ambles.

Daya Sangga Tanah

Daya sangga tanah rawa tergolong rendah akibat sifat-sifat fisika tanah seperti tekstur umumnya liat, adanya lapisan gambut, struktur tanah gumpal bersudut atau sejenisnya, konsistensi yang lekat dan teguh apabila kering. Konsekuensi dari sifat-sifat di atas maka operasional alat berat (excavator, tractor, alsintan lainnya) mengalami hambatan, mudah terperosok, bangunan atau gedung, rumah, jembatan dan pintu-pintu air mudah goyah, retak-retak, dan ambruk

Tata Air

Kondisi tata air di lahan rawa sebagian besar belum teratur dengan baik. Jaringan tata air belum dimanfaatkan secara optimal, sebagian saluran-saluran sekunder maupun tersier mengalami pendangkalan dan sebagian besar pintu-pintu air yang dibangun belum berfungsi secara baik. Fungsi tata air belum dipahami sepenuhnya oleh petugas maupun petani sehingga operasional tata air berikut pintu-pintu air (flapgate, tabat, stoplog) tidak berjalan dengan baik. Lahan-lahan yang direklamasi mengalami pengatusan berlebih (*over drainage*). Sementara lahan-lahan yang dibuka secara swadaya oleh masyarakat masih belum mempunyai fasilitas jaringan tata air dan pintu-pintu air yang memadai.

Sosial Ekonomi

Sosial ekonomi petani di lahan rawa pasang surut masih tergolong belum berkembang dengan baik. Kelembagaan penyuluhan, penyediaan saprodi, alsintan, pasca panen, permodalan dan pemasaran hasil serta kelembagaan petani seperti kelompok tani belum terbentuk dan sebagian yang sudah terbentuk belum menunjukkan perkembangan yang baik.

RAWA LEBAK

Rawa lebak adalah rawa yang mempunyai genangan hampir sepanjang tahun minimal selama tiga bulan dengan tinggi genangan minimal 50 cm. Lahan rawa lebak pada musim hujan tergenang, berbentuk cekungan (*depression*), pengatusan (*drainase*) jelek, ditutupi tumbuhan air (*marsh*) dan pada musim kemarau menjadi kering, adakalanya ditanami berbagai sayuran seperti tomat, cabai, sawi, selada, kacang panjang, jagung dan lainnya pada musim kemarau panjang.

Tipologi Rawa Lebak

Berdasarkan ketinggian tempat rawa lebak dapat dibagi dua tipologi, yaitu (1) rawa lebak dataran tinggi dan (2) rawa lebak dataran rendah. Rawa lebak dataran tinggi/pegunungan banyak ditemukan di Sumatera dan Jawa, sedang dataran rendah (*lowland*) sebagian besar tersebar di Kalimantan.

Menurut Widjaja-Adhi *et al.* (1992), berdasarkan ketinggian dan lamanya genangan lahan rawa lebak dapat dibagi dalam tiga tipologi yaitu (1) lebak dangkal, (2) lebak tengahan, dan (3) lebak dalam atau sangat dalam

- Lebak dangkal : Lahan lebak yang mempunyai tinggi genangan 25-50 cm selama minimal 3 bulan dalam setahun, mempunyai hidrotopografi nisbi lebih tinggi dan merupakan wilayah paling dekat dengan tanggul.
- Lebak tengahan : Lahan lebak yang mempunyai tinggi genangan 50-100 cm selama 3-6 bulan dalam setahun, mempunyai hidrotopografi lebih rendah dari lebak dangkal dan terletak antara lebak dangkal dengan lebak dalam.
- Lebak dalam : Lahan lebak yang mempunyai tinggi genangan > 100 cm selama > 6 bulan dalam setahun, mempunyai hidrotopografinya paling rendah.

Berdasarkan ada dan tidaknya pengaruh sungai rawa lebak dibagi dalam tiga tipologi, yaitu (1) lebak sungai, (2) lebak terkurung, dan (3) lebak setengah terkurung. Batasan dan klasifikasi lebak menurut ada tidaknya pengaruh sungai ini sebagai berikut:

- Lebak sungai : Lebak yang sangat nyata mendapat pengaruh dari sungai sehingga tinggi rendahnya genangan sangat ditentukan oleh muka air sungai
- Lebak terkurung : Lebak yang tinggi rendahnya genangan ditentukan oleh besar kecilnya curah hujan dan air rembesan (seepage) dari sekitarnya.
- Lebak setengah terkurung : Lebak yang tinggi rendahnya genangan ditentukan oleh besar kecilnya curah hujan, rembesan, dan juga sungai sekitarnya.

Genangan

Meningkatnya muka air di lahan rawa lebak disebabkan oleh masuknya air dari luar baik karena hujan di lokasi setempat ataupun luapan banjir (hujan) di daerah hulu (atas). Keadaan ini tergantung pada luas permukaan kawasan (DAS) rawa lebak. Makin luas wilayah rawa lebak makin mantap keadaan banjir, artinya permukaan air cenderung tetap atau tidak berubah. Perubahan tinggi genangan umumnya pada lahan rawa lebak di Indonesia mencapai kisaran sekitar 3-4 meter sehingga peningkatan muka air genangan memperluas areal wilayah rawa lebak menjadi 1.200 hektar pada musim hujan dari hanya 10 hektar pada musim kemarau.

Laju kenaikan muka air genangan dan besarnya debit air pada lahan rawa lebak di Indonesia umumnya sukar diprediksi. Banjir pada wilayah lahan rawa lebak berlangsung secara mendadak, tergantung pada kondisi kawasan hulu, seperti rawa lebak di Kalimantan yang mempunyai DAS cukup luas seperti lahan rawa lebak di Kabupaten Hulu Sungai Selatan (sekitar 180.500 hektar) yang terdiri dari DAS Amandit, sub DAS Nagara, DAS Batang Alai, dan DAS Tabalong. Apabila kawasan hulu merupakan hutan gundul dan kawasan terbuka maka banjir terjadi lebih sering dan sukar dikendalikan. Lahan rawa lebak pada kawasan Banua Lima, Kalimantan Selatan ini sewaktu-waktu dapat saja banjir, sekalipun di wilayah setempat tidak ada hujan. Berbeda dengan lahan rawa lebak di negara-negara Thailand dan Banglades kecepatan peningkatan muka air terjadi secara bertahap, walaupun dapat mencapai ketinggian 3-4 meter umumnya cepat menurun karena pengatusan berlangsung cepat.

Perbedaan turun naiknya air pada setiap rawa lebak berbeda-beda, tergantung luas dan kondisi DAS yang meliputnya. Lahan rawa lebak di danau-danau sungai Mahakam, Kalimantan Timur seperti Danau Jempang, Semayang, dan Melintang naiknya air dapat mencapai 4-6 meter dengan dua periode air tinggi yaitu antara bulan Oktober dan Mei, sesudahnya kembali surut. Ketinggian air genangan lahan rawa lebak dapat mencapai 7-8 meter pada waktu genangan penuh.

Kekeringan

Perencanaan yang kurang baik dalam pengelolaan air di rawa lebak mengakibatkan sebagian lahan rawa lebak yang direklamasi mengalami pengatusan

berlebih (*over drainage*) sehingga pada musim kemarau terancam kekeringan. Dalam konteks pengelolaan yang baik dan ramah lingkungan, maka sebagian air yang tersimpan di kawasan atas (hulu) dan juga sebagian di bagian rawa lebak sejatinya dilepaskan perlahan secara alami pada musim kemarau. Namun demikian, dengan rusaknya ekologi maka sistem pertahanan rawa lebak menjadi lemah sehingga ancaman banjir pada musim hujan dan kekeringan pada musim kemarau pada wilayah rawa lebak dan sekitarnya menjadi lumrah.

Kemampuan penyerap atau penyimpan air dari rawa lebak sangat tergantung pada sifat dan watak lahan, seperti gambut disebutkan mempunyai daya retensi terhadap air sangat tinggi antara 500-3.000% bobot. Hanya saja gambut yang telah berubah kering (*irreversible drying*) dapat menurunkan daya retensinya terhadap air sampai 50% dari semula. Tanaman atau gulma air mempunyai kemampuan menyimpan air cukup besar dalam jaringannya seperti enceng gondok (*Eichornia crassipes*).

Daya Sangga Tanah

Daya sangga tanah rawa lebak tergolong rendah serupa dengan lahan rawa pasang surut akibat sifat-sifat fisika tanah seperti adanya lapisan gambut masih mentah atau liat yang dengan struktur tanah gumpal bersudut atau sejenisnya, konsistensi yang lekat dan teguh apabila kering. Konsekuensi dari sifat-sifat di atas maka lahan mempunyai daya sangga beban yang sangat rendah sehingga operasional alat berat (excavator, tractor, alsintan lainnya) mengalami kendala antara lain mudah perosok.

Sosial Ekonomi

Sosial ekonomi petani di lahan rawa lebak tergolong rendah karena hanya dapat memanfaatkan lahan terbatas dengan teknologi yang masih konvensional. Kelembagaan penyuluhan, penyediaan saprodi, alsintan, pasca panen, permodalan dan pemasaran hasil serta kelembagaan petani seperti kelompok tani sebagian besar belum terbentuk.

ARAH DAN STRATEGI PENGEMBANGAN LAHAN

Arah pengembangan

Belajar dari kegagalan Proyek PLG tanpa diawali dengan perencanaan yang matang dan terpadu melalui koordinasi yang baik, diperlukan arah dan strategi pengembangan lahan rawa yang mengedepankan proses perencanaan dan persiapan secara terpadu dan terintegrasi, agar seluruh program yang direncanakan dapat diimplementasikan dan memberikan dampak positif bagi masyarakat lokal maupun transmigran pada kawasan tersebut.

Pengembangan lahan kawasan PLG diarahkan pada pengembangan kawasan guna meningkatkan kesejahteraan dan taraf hidup masyarakat setempat bersama-sama dengan transmigran dalam suatu ekosistem lahan basah yang harmonis dan berkelanjutan.

Oleh karena itu grand design lahan rawa ini diarahkan untuk:

- 1) pengembangan sistem usahatani agribisnis berbasis sumberdaya lahan berdasarkan pendekatan agroekosistem/wilayah dengan dukungan inovasi teknologi dan kelembagaan,
- 2) peningkatan produktivitas, melalui efisiensi produksi, atau nilai tambah produk, dan keberlanjutan sistem produksi,
- 3) peningkatan pendapatan dan kesejahteraan petani, perbaikan dan kelestarian sumber daya alam, pertanian dan lingkungan.
- 4) Pentahapan program, melalui program jangka pendek, menengah, dan jangka panjang.

Strategi pengembangan lahan

Grand design pengembangan lahan rawa harus berdasarkan kepada : 1. Keppres no 32 tahun 1990, tentang kawasan lindung perlu dipertimbangkan dalam penetapan kawasan konservasi dan kawasan budidaya dilahan gambut. Gambut dengan ketebalan > 3 m merupakan kawasan lindung dan konservasi dan yang kurang dari 3 m untuk kawasan budidaya, 2. Undang-undang no.26 tentang Penataan Ruang, 3. Khusus untuk kawasan PLG harus mengacu kepada Keppres no. 80 tahun 1999, tentang Pedoman umum perencanaan dan pengelolaan Kawasan PLG di Kalimantan Tengan, dan Inpres no.2 tahun 2007, tentang Percepatan Rehabilitasi dan Rvitalisasi kawasan PLG, 4. Peta kesesuaian sumberdaya lahan, dan 5. Berbasis sumber daya lokal . Jadi dalam mereklamasi lahan rawa harus melalui beberapa tahapan kegiatan yaitu: 1) Anakisis dampak lingkungan (Amdal), 2) survey identifikasi dan karakterisasi lahan, 3) Survey investigation Design (SID), 4) Perencanaan pembukaan lahan, 5) Implementasi dilapangan.

RENCANA TINDAK PENANGANAN DAN PENGEMBANGAN

Dalam pengembangan lahan rawa yang berkelanjutan rencana tindak pengembangan lahan disesuaikan dengan daya dukung dan karakteristik lahan yang akurat dan mutakhir. Untuk itu rencana tindak yang diperlukan meliputi: (1). inventarisasi karakteristik lahan, (2). Pengembangan dan rehabilitasi infrastruktur; (3). Pengembangan model agribisnis dari hulu sampai hilir, melalui inovasi teknologi, dengan pendekatan holistic dan terpadu, dan (4). Pengembangan Rekayasa Sosial dan Kelembagaan.

Inventarisasi Karakteristik Lahan

Khusus untuk kawasan eks PLG Kalimantan Tengah, selama ini perencanaan untuk pengembangan kawasan PLG masih didasarkan kepada peta-peta sumberdaya lahan yang dihasilkan oleh Puslitbangtanak pada tahun 1997-1999. Pada waktu itu kondisi lahan baru sedang dalam tahap pembukaan. Berdasarkan hasil-hasil penelitian saat ini menunjukkan bahwa telah terjadi perubahan kondisi biofisik lahan yang cukup serius di wilayah Kawasan PLG ini. Perubahan kondisi biofisik lahan ini disebabkan oleh pemasaman (oksidasi pirit/FeS₂), kebakaran, perubahan kondisi drainase yang drastis, pelindian (*leaching*), penurunan permukaan tanah (*subsidence*) dll. Untuk itu diperlukan re-inventarisasi kondisi lahan berdasarkan kondisi lahan saat ini. Hasil kegiatan ini dapat dijadikan sebagai dasar dalam implementasi kegiatan/program yang akan dilaksanakan. Di seluruh kawasan PLG luas lahan budidaya lebih kurang 300.000 ha. Kawasan ini merupakan lahan-lahan yang sesuai untuk tanaman padi sawah, tanaman pangan lahan kering dan tanaman tahunan.

Pelaksanaan inventarisasi karakterisasi lahan perlu dilakukan pada lahan rawa yang direklamasi baik untuk usaha pertanian atau pada kawasan budidaya maupun kawasan konservasi atau lindung. Data sumberdaya lahan yang diperlukan adalah untuk mendukung kegiatan/program yang akan diimplementasikan. Oleh karena itu data sumberdaya lahan yang dihasilkan, skalanya harus disesuaikan dengan kebutuhan. Untuk penyusunan perencanaan setiap program kegiatan, data sumberdaya lahan harus dihasilkan pada skala sekurang-kurangnya 1 : 50.000. Bahkan untuk perencanaan yang lebih detail diperlukan peta sumberdaya lahan pada skala 1 : 10.000.

Pengembangan dan Rehabilitasi Infrastruktur

Pembukaan lahan rawa untuk pengembangan budidaya pertanian biasanya didahului dengan pembuatan jaringan tata air makro oleh departemen PU yang berfungsi sebagai saluran irigasi/saluran drainase. Dalam melaksanakan pekerjaan tersebut perlu dilakukan dengan hati-hati jangan sampai memotong kubah gambut. Saluran-saluran yang telah dibangun jangan terlalu lebar atau terlalu dalam supaya tidak terjadi over drain seperti yang terjadi dikawasan eks PLG sejuta ha. Sebaiknya daerah yang dibuka tidak terlalu luas dan jauh dari sungai besar agar jaringan tata air makro tetap dapat berfungsi sehingga air pasang masih bisa sampai ke lahan pertanian. Seperti yang terjadi di PLG karena terlalu luas maka sistem tata air yang dibangun adalah sistem tata air tertutup, yaitu air yang masuk dan keluar dari sistem tata air dapat dikontrol untuk optimasi proses pencucian gambut. Dalam sistem tata air tertutup ini dilengkapi dengan tanggul dan bangunan pintu air. Dalam pelaksanaannya sistem tata air ini tidak berfungsi seperti yang diharapkan, bahkan menjadi permasalahan serius bagi lingkungan maupun bagi masyarakat setempat.

Menurut Badan Litbang Pertanian (2006), tidak berfungsinya secara baik sistem tata air di kawasan PLG disebabkan karena:

1. Pembuatan saluran-saluran air tidak sesuai dengan kondisi lahan. Dimensi saluran air terlalu besar (dalam dan lebar) yang sebagian memotong kubah gambut yang sangat dalam yang sebenarnya harus dikonservasi, sehingga terjadi drainase yang berlebihan (*over drainage*).
2. Saluran induk dan saluran primer tidak optimal.
3. Cakupan tata air terlalu luas yang menyebabkan saluran tidak berfungsi dengan baik akibat ketidak tepatan rancangan.

Salah satu dampak dari pembukaan kanal yang tidak disertai perencanaan yang baik di lahan yang seharusnya dikonservasi adalah rusaknya kondisi lahan dan munculnya berbagai permasalahan yang berkaitan dengan tata air, terutama terjadi kekeringan dan kebakaran di musim kemarau dan banjir di musim hujan. Oleh karena itu pada kawasan konservasi perlu dilakukan rehabilitasi terhadap kanal-kanal yang bermasalah dan tidak mempunyai akses vital bagi masyarakat. Penutupan kanal-kanal tersebut diharapkan akan segera memulihkan lahan gambut terutama dapat mengurangi timbulnya titik-titik api.

Untuk kawasan budidaya peran pengaturan tata air sangat vital. Oleh karena itu penataan kembali saluran beserta sarana perlengkapannya perlu dilakukan secara baik dan kontinyu. Saluran air yang ada saat ini masih belum optimal sehingga perbaikan dan pemeliharaan sistem tata air menjadi kegiatan prioritas di seluruh blok kerja.

Agar pengembangan pertanian dapat berjalan dengan baik, maka upaya rehabilitasi yang perlu dilakukan adalah memperbaiki infrastruktur pertanian dan upaya usaha tani pada blok-blok dimana para petani sudah menetap serta jaringan infrastruktur irigasi sampai saluran tersier sudah dibangun. Jika infrastruktur tersebut sudah rusak, maka perlu diupayakan perbaikan. Perbaikan infrastruktur pertanian yang diperlukan meliputi perbaikan kualitas lahan, mulai dari tata air mikro, pengapuran, pemupukan dan sistem surjan. Fasilitas infrastruktur jalan usaha tani, gorong-gorong dan pintu-pintu air sangat menunjang keberhasilan distribusi, dan pengaturan air sesuai dengan kebutuhan tanaman. Mengingat luasnya lahan yang dikelola dengan jumlah tenaga kerja yang terbatas, maka alat-alat mesin pertanian, baik alat pra maupun pasca panen sangat perlu diadakan disertai dengan bantuan teknis pendampingan bagi petani melalui kelompok tani.

Pengembangan Model Agribisnis

Pengembangan pertanian dilakukan di lahan-lahan yang sesuai untuk budidaya pertanian berdasarkan hasil karakteristik sumberdaya lahannya. Kawasan yang sesuai ini selanjutnya disebut sebagai Kawasan Budidaya.

Pengembangan komoditas pertanian harus dilaksanakan berdasarkan potensi lahannya. Karakteristik lahan merupakan unsur penting dalam mempertimbangkan jenis komoditas yang akan dikembangkan. Oleh karena itu setiap wilayah yang akan dikembangkan harus didasarkan kepada kelas kesesuaian lahannya. Penataan lahan, pengelolaan air dan pemilihan varietas-varietas yang adaptif merupakan hal utama yang perlu di lakukan agar pengembangan pertanian dapat berjalan dengan baik. Supaya model agribisnis ini bisa berjalan maka harus dilakukan dari hulu sampai hilir dengan pendekatan secara holistik dan terpadu.

Pengembangan Rekayasa sosial dan Kelembagaan

Untuk mendukung berkembangnya sistem usaha tani yang maju di suatu kawasan perlu didukung oleh kelembagaan yang baik dan permanen. Kelembagaan tersebut perlu dibentuk, terutama yang menyangkut penyuluhan, penyediaan saprodi, alsintan, pasca panen, permodalan dan pemasaran hasil serta kelembagaan petani seperti kelompok tani, dan menyentuh kepada kepentingan masyarakat petani. Kelembagaan yang sudah ada perlu didorong dan dikembangkan agar lebih maju dan mandiri.

KESIMPULAN

- Lahan rawa merupakan suatu ekosistem yang spesifik dan unik yang memerlukan penanganan khusus baik untuk kawasan lindung/konservasi maupun untuk budidaya pertanian. Oleh karena itu diperlukan suatu grand design, yang mengacu kepada aturan perundang-undangan yang ada seperti Undang-undang penataan ruang, Keppres tentang pengelolaan kawasan lindung, dan aturan lainnya, sehingga lahan rawa dapat memberikan keuntungan dan manfaat yang sebesar-besarnya bagi kehidupan manusia .
- Lahan rawa apabila diusik akan mengalami perubahan lingkungan, dan akan dengan cepat mengalami perubahan sifat-sifat tanah dan air, yang apabila tidak dikelola dengan baik akan menurunkan produktivitasnya dan bahkan akan menyebabkan degradasi lahan. Karena itu pengembangan lahan rawa untuk budidaya pertanian perlu direncanakan dengan hati-hati agar tidak mengalami kegagalan di masa yang akan datang.
- Pengembangan lahan rawa untuk budidaya pertanian harus didasarkan kepada karakteristik lahannya dan pemilihan komoditasnya harus didasarkan kepada kelas kesesuaian lahan.
- Pengelolaan lahan dan air, pemilihan varietas yang adaptif, ameliorasi dan pemupukan yang sesuai kebutuhan tanaman dan status hara tanah merupakan kunci keberhasilan budidaya di lahan rawa.

- Keberhasilan pengembangan pertanian di lahan rawa perlu didukung oleh pengembangan infrastruktur yang memadai disertai dengan pengembangan kelembagaannya

DAFTAR PUSTAKA

- Alihamsyah, T. dan I. Ar-Riza. 2004. Potensi dan teknologi pemanfaatan lahan rawa lebak untuk pertanian. Makalah Utama Workshop Nasional Pengembangan Lahan Rawa Lebak. Kerjasama Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa- Pemda Kabupaten Hulu Sungai.-Dinas Pertanian Kalimantan Selatan. Kandangan 11-12 Oktober 2004.
- Ar-Riza, I. 2000. Prospek pengembangan lahan rawa lebak Kalimantan Selatan dalam mendukung peningkatkan produksi padi. Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta 19(3):92.
- Ar-Riza, I. dan Y. Rina. 2003. Optimasi pemanfaatan lahan rawa lebak untuk peningkatkan produksi padi. Dalam Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Sumberdaya Tanah dan Iklim. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2006. Program Primatani. Revitalisasi Pertanian pada Lahan Eks PLG Sejuta Hektar di Kalimantan Tengah. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.
- Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. 2006. Karakterisasi dan Pengelolaan Lahan Rawa. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.
- Charoenchamratcheep, C., B. tantisira, P. Chitnuson, and V. Sinaiem. 1982. Effect of liming and fertilizer application on acid sulphate soils for improvement of rice production in Thailand. p 157 – 171 *In* Dost and Van Breemen (eds.). Proceedings of the Bangkok symposium on acid sulphate soils. ILRI Publ. 31. Wageningen. The Netherlands.

- Dent, D. 1986. Acid Sulphate Soils: a baseline for research and development. ILRI Publ. 39. International Land Reclamation and Improvement. Wageningen. The Netherlands. 204 pp.
- Hanhart, K., and Duong van Ni. 1993. Water management on rice fields at Hoa An, Mekong Delta, Vietnam. *In* Dent and Van Mensvoort (eds.). Selected Papers of the Ho Chi Minh City Symposium on Acid Sulphate Soils. ILRI Publ. 53. International Institute for Land Reclamation and Improvement. Wageningen. The Netherlands. 425 pp.
- Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional. 2006. Rencana Rehabilitasi Kawasan Eks Pengembangan Lahan Gambut Kalimantan Tengah.
- Kselik, R.A.L. 1990. Water Management on Acid Sulphate Soils at Pulau Petak, Kalimantan. *In* AARD/LAWOO Paper Workshop on Acid Sulphate Soils in the Humid Tropics. Bogor.
- Kselik, R.A.L., K.W. Smilde, H.P. Ritzema, Kasdi Subagyono, S. Saragih, Mauliana Damanik and H. Suwardjo. 1993. Integrated research on water management, soil fertility and cropping systems on acid sulphate soils in South Kalimantan, Indonesia. *In* Dent and Van Mensvoort (eds.). Selected Papers of the Ho Chi Minh City Symposium on Acid Sulphate Soils. ILRI Publ. 53. International Institute for Land Reclamation and Improvement. Wageningen. The Netherlands. 425 pp.
- Mansur, D., Didi Ardi S., IGM. Subiksa dan IPG. Widjaja-Adhi. 1995. Pengaruh Tata Air dan Pencampuran Gambut terhadap Pertumbuhan dan Hasil Padi di Lahan Bergambut. Hal. 113 – 120 *Dalam* Sunihardi, A. Musaddad, Trip Alihamsyah dan Inu G. Ismail (eds.) Teknologi Produksi dan Pengembangan Sistem Usahatni di Lahan Rawa. Kumpulan Hasil Penelitian. Proyek Penelitian Pengembangan Pertanian Rawa Terpadu – ISDP. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Moctar Toure. 1982. Improvement of acid sulphate soils: Effects of lime, wood ash, green manure and preflooding. P. 223-236. *In* Dost and Van Breemen (eds.). Proceedings of the Bangkok symposium on acid sulphate soils. ILRI Publ. 31. Wageningen. The Netherlands.

- Montoroi, J.P., J. Albergel, A. Dobos, M. Fall, S. Sall, A. Bernard, D. Brunet, G. Dubee and P. Zante. 1993. Rehabilitation of rice fields in the acid sulphate soils of Lower Casamance, Senegal. *In* Dent and Van Mensvoort (eds.). Selected Papers of the Ho Chi Minh City Symposium on Acid Sulphate Soils. ILRI Publ. 53. International Institute for Land Reclamation and Improvement. Wageningen. The Netherlands. 425 pp.
- Noorsyamsi and O. Hidayat. 1970. The Tidal Swamp Rice Culture in South Kalimantan. Central Research Institute for Agricultural Representation Kalimantan Indonesia.
- Nugroho, K, Alkasuma, Paidi, W. Wahdini, Abdurachman, H. Suhardjo dan IPG Widjaja-Adhi. 1991. Laporan Akhir. Penentuan Areal Potensial Lahan Pasang Surut dan Pantai. Skala 1 : 500.000. Laporan Teknik No.1/PSRP/1991. Proyek Penelitian Sumberdaya Lahan. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat.
- Ponnamperuma, F.N. and J.L. Solivas. 1982. Field Amelioration on an Acid Sulphate Soil For Rice with Manganese Dioxide and Lime. p 213 – 222 *In* Dost and Van Breemen (eds.). Proceedings of the Bangkok symposium on acid sulphate soils. ILRI Publ. 31. Wageningen. The Netherlands.
- Puslittan (Pusat Penelitian Tanah). 1985. Survey dan Pemetaan Tanah Tingkat Tinjau Daerah Sungai Digul, Kabupaten Merauke. Kerjasama Departemen Transmigrasi dengan Pusat Penelitian Tanah. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.
- Puslittan (Pusat Penelitian Tanah). 1986. Survey dan Pemetaan Tanah Tingkat Tinjau Daerah Merauke (Sungai Digul-Pantai Kasuari). Kerjasama Departemen Transmigrasi dengan Pusat Penelitian Tanah. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.
- Puslittanak (Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat). 2000. Atlas Sumberdaya Tanah Eksplorasi Indonesia, Skala 1 : 1.000.000. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.
- Ritzema, H., R.A.L. Kselik, and Kasdi Subagyono. 1993. Water Management Strategies to Ameliorate Acid Sulphate Soil in Humid Tropics. (Not Published)

- Sevenhuysen, R.J. 1990. The Water Management Puzzle, a Summary of the Research. p 338 – 346 *In AARD/LAWOO Paper Workshop on Acid Sulphate Soils in the Humid Tropics*. Bogor.
- Smilde, K.W. 1990. Lime and Fertilizer Application for Crop Yield Improvement. p 224 – 237. *In AARD/LAWOO Paper Workshop on Acid Sulphate Soils in the Humid Tropics*. Bogor.
- Subagyono, K., H. Suwardjo, dan IPG Widjaja-Adhi. 1992. Kontribusi Beberapa Teknik Reklamasi terhadap Perbaikan Mutu Lahan Pasang Surut Bertanah Sulfat Masam. Makalah disampaikan pada Seminar Pengembangan Terpadu Kawasan Pasang Surut di Indonesia. Institut Pertanian Bogor. Bogor. (Tidak dipublikasi).
- Subagyono, K., H. Suwardjo, A. Abas Id., dan IPG Widjaja-Adhi. 1994. Pengaruh Pencucian, Kapur, dan Pemupukan K terhadap Sifat Kimia Tanah, Kualitas Air, dan Hasil Padi pada Tanah Sulfat Masam di Unit Tatas, Kalimantan Tengah. *Pemb. Pen. Tanah dan Pupuk*, No. 12: 35 -- 47.
- Subagyono, K., IPG Widjaja-Adhi, Trip Alihamsyah, Eko Ananto, dan IGM. Subiksa. 1997. Petunjuk Pelaksanaan Penataan Lahan dan Air untuk Pengembangan SUP Lahan Pasang Surut Sumatera Selatan. Proyek Pengembangan SUP Lahan Pasang Surut Sumatera Selatan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian. (Tidak dipublikasi).
- Sutarter, T., Stsiyati, A.H. Permadi dan D. Haryadi. 1990. Daya hasil tanah di lahan sulfat masam. Risalah hasil Penelitian. Proyek Swamps-II. Bogor. 19-21 September 1989. Hal 275-277
- Vadari. T., K. Subagyono, H. Suwardjo, and 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, South Kalimantan, Indonesia. p 277 – 294. *In AARD/LAWOO Paper Workshop on Acid Sulphate Soils in the Humid Tropics*. Bogor.
- Widjaja-Adhi, IPG., K. Nugroho, Didi Ardi, S., dan A. Syarifuddin Karama. 1992. Sumberdaya Lahan Pasang Surut, Rawa dan Pantai: Potensi, Keterbatasan dan Pemanfaatan. Makalah Utama disajikan dalam Pertemuan Nasional Pengembangan Pertanian Lahan Pasang Surut dan Rawa. Bogor.

Widjaja-Adhi, IPG. 1995. Potensi, peluang dan kendala perluasan areal pertanian di lahan rawa Kalimantan dan Irian Jaya. Makalah dalam Seminar Perluasan Areal Pertanian di KTI. PII. Serpong 7-8 November 1995.