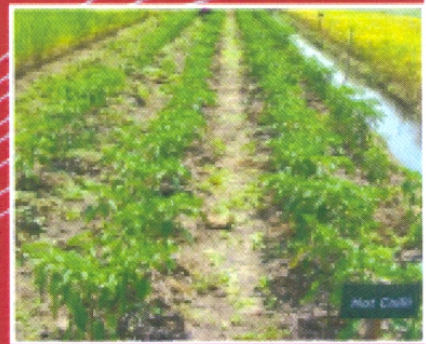


SISTEM SURJAN

Model Pertanian Lahan Rawa
Adaptif Perubahan Iklim



Dedi Nursyamsi
Muhammad Noor
Haryono



Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Kementerian Pertanian

SISTEM SURJAN
MODEL PERTANIAN LAHAN RAWA ADAPTIF
PERUBAHAN IKLIM

Dedi Nursyamsi, Muhammad Noor, dan Haryono

Cetakan I: 2014

Hak cipta dilindungi undang-undang
©IAARD Press, 2014

Katalog dalam terbitan

BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN

Sistem Surjan: Model Pengembangan Pertanian Adaptif Lahan Rawa/Penulis:
Nursyamsi, M. Noor, dan Haryono.--Jakarta: IAARD Press, 2014.

xi, hlm.: ill.; 29,5 cm

1. Sistem Surjan 2. Lahan Rawa

I. Judul II. Nursyamsi, Dedi

ISBN

PRAKATA

Masyarakat Indonesia adalah masyarakat agraris karena sebagian besar penduduknya (41%) mempunyai mata pencaharian sebagai petani. Menurut Sensus Pertanian 2013, terdapat sekitar 26,14 juta rumah tangga (sekitar 104 juta jiwa) menggantungkan hidup dari kegiatan pertanian. Apabila kegiatan ekonomi masyarakat yang mengambil manfaat dari bidang pertanian juga masuk sebagai mata pencaharian agraris, maka semakin besar jumlah penduduk yang masuk dalam kegiatan pertanian ini. Dengan kata lain, kehidupan masyarakat agraris tidak saja dalam arti kegiatan bercocok tanam yang termasuk buruh tani, tetapi juga kegiatan pekerja atau karyawan di pabrik-pabrik pengolahan hasil pertanian, pabrik pupuk, pabrik pestisida, pabrik pakan ternak atau ikan yang bahan mentahnya dari dan untuk kegiatan pertanian.

Masyarakat Indonesia, selain kaya dengan sumber daya alam sebetulnya juga kaya dengan bermacam-macam model pertanian karena beragamnya ekosistem, etnis dan budaya, serta komoditas yang dapat diusahakan oleh masyarakat petani nusantara. Oleh karena itu kita kenal sistem pertanian sawah (sawah irigasi, sawah tadah hujan), sistem pertanian tegalan (sistem pertanian lahan kering), sistem perladangan, sistem pertanian irigasi (teknis, setengah teknis, pasang surut, polder), sistem subak, sistem walik jerami, dan lain sebagainya.

Penulisan buku ini awalnya diilhami saat kunjungan para tamu Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa dan Kementerian Pertanian dari negara asing, seperti Jepang (Univ. Hokkaido), Philipina (IRRI), dan lainnya yang kemudian diajak ke Desa Karang Buah yang ditata dengan sistem surjan dalam pengembangan lahan usaha taninya. Para tamu setelah memperhatikan keragaan sistem surjan dilapangan umumnya terkagum-kagum, terlebih setelah mencicipi jeruk yang dihasilkan petani ini rasanya manis, pada ditanam di tanah yang dikenal masam (tanah sulfat masam). Sebetulnya ide untuk penyusunan buku ini sudah dua tahun yang lalu, tetapi baru karena berbagai kegiatan selalu tertunda.

Sistem surjan merupakan perpaduan antara sistem pertanian sawah dan tegalan. Pada dasarnya berkembangnya sistem sawah pasang surut dan sawah lebak karena keterbatasan pilihan komoditas yang dapat dikembangkan, yaitu hanya tanaman padi, sementara sistem tegalan atau lahan kering umum dikembangkan untuk tanaman lahan kering (tanaman semusim dan tanaman tahunan). Sistem surjan mengalami dinamika perkembangan dari masa ke masa dalam kaitannya optimalisasi sumber daya lahan, khususnya lahan rawa sehingga lahan rawa tidak hanya untuk budiaya padi sawah, tetapi juga dapat dikembangkan untuk berbagai komoditas seperti palawija, hortikultura, dan perkebunan.

Lahan rawa yang luasnya mencapai 33.40 juta hektar, diantaranya 9-14 juta hektar dinyatakan sesuai untuk pertanian. Namun baru sekitar 5.27 juta hektar yang berhasil dimanfaatkan dan dikembangkan yang umumnya masih bersifat konvensional. Pemerintah baik pusat maupun daerah (provinsi/kabupaten) perlu mendukung perkembangan lahan rawa ke depan dengan lebih intensif dan serius baik sebagai sumber pangan maupun energi masa depan. Lahan rawa tersebar di 17 provinsi yang tersebar sebagian besar di Kalimantan, Sumatera, Sulawesi dan Papua yang ditempati sekitar tiga juta Kepala Keluarga.

Buku *Sistem Surjan: Model Pengembangan Pertanian Adaptif Lahan Rawa* ini disusun dalam rangka memajukan pertanian di lahan rawa, termasuk masyarakat petani rawa yang sebagian besar masih tertinggal. Buku Sistem Surjan ini mengemukakan tentang sejarah pengembangan dan pemanfaatan lahan rawa dalam sistem surjan dari pertama untuk pengembangan pertanian sampai dengan hubungannya dengan perubahan iklim yang menjadi komitmen pemerintah.

Buku ini terdiri atas tujuh bab. Bab 1 mengemukakan tentang pengembangan rawa dan sistem surjan; Bab 2 tentang perkembangan model surjan; Bab 3 tentang sifat-sifat tanah dan lingkungan pada lahan surjan, Bab 4 tentang inovasi teknologi pengelolaan lahan sebagai pendukung sistem surjan; Bab 5 sistem usaha tani pada sistem surjan; Bab 6 tentang perubahan iklim; dan Bab 7 tentang analisis dan sintesis.

Kami mengucapkan terima kasih kepada para nara sumber yang memberikan telaah dan masukan untuk perbaikan buku ini. Nara sumber pertama yaitu **Prof. Dr. Ir. Didik Indradewa, MS.**- Guru Besar Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada, yang menyatakan bahwa buku tersebut patut dan penting diterbitkan untuk membantu mahasiswa Indonesia yang banyak mengenal hanya tentang budidaya pertanian di Jawa, yang berbeda dengan di Kalimantan, Sumatera, Sulawesi yang diantaranya berkembang di lahan rawa. Nara sumber lainnya, yaitu **Dr. Ir. Trip Alihamsyah, M.Sc.** peneliti senior Balai Besar Litbang Mekanisasi, Serpong, Kemnertian Pertanian dan **Dr. Ir. Akhmad R. Saidy, MS.** dosen senior pada Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru. Kami juga mengucapkan terima kasih kepada staf KSHP BBSDL, khususnya sdr Widhya Adhy, Emo Tarmo, dan Kartika Ratnawati yang pembantu dalam penyelarasan dan perancangan naskah untuk menjadi bentuk buku.

Buku ini ditulis dalam rangka mengenalkan lebih jauh sistem surjan baik dari segi teknis, sosial ekonomi, dan lingkungan. Informasi dan pengetahuan yang dikemukakan cukup komprehensif sehingga dapat menggugah atau menginspirasi para penyuluh, peneliti, pengamat, pemerhati, termasuk civitas akademika untuk bersama-sama memajukan pengembangan pertanian secara umum dan pertanian lahan rawa secara khusus.

Kami menyadari bahwa buku ini jauh dari sempurna seperti kata pepatah *tak ada gading yang tak retak*. Oleh karena itu, kami dengan senang hati menerima kritik dan masukan demi penyempurnaan isi buku ini. Namun demikian, kami berharap semoga buku ini bermanfaat dalam upaya pembangunan pertanian yang lebih maju, khususnya di lahan rawa.

Bogor, Juni 2014

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

PRAKATA	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
KATA PENGANTAR	
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Kedaulatan Pangan	1
1.2. Pengertian dan Potensi Lahan Rawa	2
1.3. Profil dan Persepsi Petani Rawa	6
1.4. Sistem Surjan Model Pertanian Adaptif	8
II. PERKEMBANGAN MODEL SURJAN DI LAHAN RAWA	13
2.1. Pola Pembuatan	14
2.1.1 Pola tradisional	14
2.1.2. Pola introduksi	15
2.2. Bentuk atau Model Surjan	15
2.2.1. Model Surjan dengan Tukungan	15
2.2.2. Model Surjan tanpa Tukungan	19
2.2.3. Model Surjan Bertahap	21
III. SIFAT-SIFAT TANAH SURJAN DAN PERUBAHANNYA	25
3.1. Sifat-sifat Fisika Tanah Surjan	25
3.2. Sifat-sifat Kimia Tanah Surjan	29
3.3. Sifat-sifat Biologi Tanah Surjan	33
IV. KOMPONEN TEKNOLOGI PENDUKUNG PADA SISTEM SURJAN	39
4.1. Penyiapan Lahan	39
4.2. Pengelolaan Air dan Drainase	40
4.3. Pengelolaan Hara dan Pemupukan	42
4.3.1. Pemupukan dan ameliorasi untuk tanaman padi	43
4.3.2. Pemupukan dan ameliorasi untuk tanaman palawija	49
4.3.3. Pemupukan tanaman hortikultura	52
4.4. Pemberian Mulsa dan Bahan Organik	56
4.5. Penggunaan Varietas Unggul	56
4.6. Pola dan Pergiliran Tanaman	59

V. ANALISIS EKONOMI USAHA TANI PADA SISTEM SURJAN	63
5.1. Tenaga Kerja	63
5.2. Biaya dan Pendapatan Usahatani	65
5.3. Nilai Kompetitif antar Komoditas	67
VI. SISTEM SURJAN DALAM PERSPEKTIF PERUBAHAN IKLIM	71
6.1. Dampak Perubahan Iklim terhadap sektor Pertanian	71
6.2. Stok Karbon dan Emisi Gas Rumah Kaca pada Sistem Surjan	72
6.2.1. Stok Karbon di Lahan Rawa	72
6.2.2. Emisi Gas Rumah Kaca di Lahan Rawa	74
6.3. Adaptasi dan Mitigasi terhadap Perubahan Iklim di Lahan Rawa	75
6.3.1. Teknologi Adaptasi	76
6.3.2. Sistem Surjan Adaptif terhadap Perubahan Iklim	77
6.3.3. Teknologi Mitigasi	80
6.3.4. Sistem Surjan Mitigatif terhadap Perubahan Iklim	83
VII. PENUTUP	87
DAFTAR PUSTAKA	89
GLOSARI	96
BIODATA PENULIS	100

DAFTAR TABEL

	Halaman
1. Luas, potensi, dan pengembangan lahan rawa	5
2. Profil petani lahan rawa pasang surut	7
3. Profil petani lahan rawa lebak	7
4. Sifat fisika tanah pada sistem surjan dan tukungan	27
5. Nilai kekerasan rata-rata lahan surjan dengan berbagai tanaman	27
6. Kematangan tanah bagian atas surjan berdasarkan nilai penetrometer	28
7. Sifat kimia tanah pada sistem surjan dan tukungan di lahan rawa	30
8. Sifat kimia tanah surjan dan tanah asli, Barambai, Barito Kuala	31
9. Sifat-sifat kimia tanah pada sulfat masam tanah sebelum dan sesudah	33
10. Populasi mesofauna dan makrofauna yang aktif di permukaan tanah	34
11. Korelasi antara fauna tanah dengan sifat kimia tanah	36
12. Jumlah hara yang terangkut pada saar panen padi varietas unggul	44
13. Takaran pupuk P dan K tanah sawah berdasarkan status haranya	44
14. Pengaruh pupuk P terhadap pertumbuhan padi Batanghari	46
15. Takaran amelioran dan pupuk pada padi di lahan rawa pasang surut	47
16. Pengaruh pupuk P terhadap hasil kedelai pada lahan sulfat masam	50
17. Pengaruh pupuk P dan residunya selama lima musim terhadap kedelai	50
18. Pengaruh pupuk P dan residunya selama tiga musim tanam	51
19. Pengaruh pupuk P dan cara pemberian terhadap hasil kedelai	51
20. Pengaruh takaran dan jenis pupuk P terhadap hasil kedelai	52
21. Paket anjuran pemupukan jagung di lahan rawa pasang surut	52
22. Pengaruh amelioran dan pupuk terhadap hasil tomat dan cabai besar	54
23. Pengaruh lumpur dan kompos purun tikus terhadap cabai dan tomat	55
24. Pengaruh bahan organik terhadap hasil jagung di lahan sulfat masam	56
25. Pengaruh bahan organik terhadap hasil jagung di lahan gambut	56
26. Varietas jagung yang cocok di lahan rawa	57
27. Varietas kedelai adaptif di lahan rawa pasang surut	57
28. Jenis dan varietas palawija yang dapat ditanam di lahan rawa lebak	58
29. Jenis dan varietas hortikultura yang dapat ditanam lahan rawa lebak	58
30. Pola tanam alternatif di lahan rawa lebak	59
31. Perkiraan ketersediaan tenaga kerja untuk usaha tani dan sosial petani	64
32. Kebutuhan tenaga kerja pada sistem surjan di lahan rawa	64
33. Kontribusi komoditas jeruk terhadap pendapatan rumah tangga petani	66
34. Nilai B/C, NPV, dan IRR dalam analisis finansial sistem surjan	67
35. Keunggulan kompetitif tanaman yang diusahakan di lahan lebak	68
36. Analisis investasi usahatani jeruk pada lima desa lahan lebak	68
37. Keunggulan kompetitif tanaman pada sistem surjan di lahan pasang surut.	69

38. Nilai peringkat keunggulan kompetitif tanaman di lahan pasang surut	70
39. Emisi metan dan hasil gabah dari padi di lahan gambut rawa lebak	79
40. Emisi metan (CH ₄) dan hasil gabah dari beberapa vareitas padi	82
41. Pengaruh amelioran dan pupuk terhadap GWP dan emisi GRK	83
42. Emisi gas metan (CH ₄) dan produksi gabah pada beberapa	84

DAFTAR GAMBAR

Halaman

1. Sistem surjan di lahan rawa pasang surut dan lebak.....	9
2. Pola surjan tradisional dim Lahan Pasang Surut	14
3. Pola surjan Introduksi dim Lahan Pasang Surut.....	15
4. Model surjan dengan tukangn di atasnya	16
5. Pembuatan Surjan secara gogong royoyng di lahan Pasang Surut	17
6. Model Tukungan di Lahan Pasang Surut	18
7. Model surjan dengan Tukungan di atasnya pada lahan Pasnag Surut	18
8. Model “tapak timbun” untuk kelapa sawit di lahan rawa lebak dan pasang surut.....	19
9. Model surjan di daerah rawa pasang surut Tarantang, Kab. Barito Kuala,	20
10. Model surjan di daerah lebak tengahan, Tawar, Kab. Hulu Sungai Selatan.	20
11. Evolusi model tukangn menjadi sistem surjan di lahan rawa.....	21
12. Model tukangn di desa Karang Buah, Terantang, Barito Kuala, Kalsel.....	22
13. Model surjan di desa Karang Buah, Terantang, Barito Kuala, Kalsel.....	22
14. Dimensi surjan dan tukangn di lahan rawa.....	23
15. Pemeliharaan ikan diantara dua surjan.....	24
16. Nilai kekerasan lahan surjan bagian atas yang ditanami berbagai tanaman	27
17. Surjan dan jelutung di lahan gambut tebal, Desa Kelampangan, Kalteng	29
18. Perubahan beberapa sifat kimia tanah antara surjan dan tukangn	30
19. Perubahan sifat kimia tanah pada tukangn lapisan 0-30 cm dan > 30	32
20. Indeks Keanekaragaman (IK) fauna tanah	35
21. Pengelolaan air mikro (TAM) yang terdiri dari surjan/guludan	37
22. Model pintu air (<i>flapgate</i>) dan tabat mendukung TAM	
23. Layout drainase dangkal untuk tanaman palawija	
24. Tampilan luar dan bagian dalam DSS Pemupukan Lahan Rawa	
25. Hubungan pupuk N dengan hasil padi di lahan sulfat masam	
26. Pengaruh pupuk NPK dan Ca terhadap hasil gabah di lahan rawa.....	
27. Pengaruh BIOTARA dan pupuk Pelangi terhadap N total	
28. Pengaruh BIOTARA dan pupuk Pelangi terhadap P tersedia	
29. Pengaruh BIOTARA dan pupuk Pelangi terhadap K tersedia	
30. Pengaruh BIOTARA dan pupuk Pelangi terhadap padi	
31. Pemupukan cabai di lahan bergambut Pulang Pisau, Kalteng	
32. Pertumbuhan cabai dan tomat di lahan tanah sulfat masam	
33. Pertumbuhan kubis dan terung di lahan tanah sulfat masam	
34. Emisi CO ₂ dan tinggi muka air tanah pada beberapa penggunaan	

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Kedaulatan Pangan

Di tengah kendala dan tantangan di atas, pemerintah dalam periode lima tahun ke depan (2015-2019) telah menetapkan untuk mencapai kedaulatan pangan. Dalam periode lalu (2000-2014) pemerintah telah menetapkan untuk mencapai swasembada pangan. Menurut Darwanto (2013) kedaulatan pangan memiliki cakupan lebih luas dari swasembada, kemandirian, ataupun ketahanan pangan sebagaimana didefinisikan berikut:

- Swasembada pangan adalah kemampuan memenuhi kebutuhan pangan dari produksi dalam negeri.
- Kemandirian pangan adalah kondisi terpenuhinya pangan tanpa adanya ketergantungan dengan pihak luar dan berdaya tahan tinggi terhadap perkembangan gejolak ekonomi dunia.
- Ketahanan pangan adalah terpenuhinya pangan bagi rumah tangga yang cukup baik jumlah, mutu, aman, merata, dan terjangkau (UU No. 7 tahun 1996 tentang Pangan).

Kedaulatan pangan adalah sistem yang menjamin hak suatu bangsa dalam penentuan kebijakan pangan berbasis kemandirian untuk memenuhi kebutuhan pangan yang utama dari produksi sendiri melalui pengendalian sistem produksi, konsumsi, dan distribusi yang berperikeadilan berdasarkan potensi sumber daya, ekologis, ekonomi, dan budaya untuk mencapai sebesar-besar kesejahteraan masyarakat

Pada tahun 2030, diperkirakan jumlah penduduk Indonesia mencapai 300 juta jiwa. Berdasarkan capaian produksi tahun 2010 sebesar 29 juta ton beras (setara dengan 41,6 juta t GKG) dan kebutuhan beras ditaksir 90 kg/kapita/tahun, maka untuk 15 tahun ke depan untuk mengimbangkan laju pertumbuhan penduduk di atas diperlukan tambahan sekitar 7 juta ton beras (setara 11,2 juta t GKG). Taksiran Haryono (2013) dengan apabila tingkat konsumsi sebesar 135 kg beras/jiwa, maka untuk persediaan beras pada tahun 2015 ini saja diperlukan sekitar 38,49 juta ton beras, sementara produksi baru mencapai 38,34 juta ton beras (setara 60,87 kg GKG), maka terjadi defisit sebesar 0,15 juta ton beras.

Selain pertumbuhan populasi penduduk, Indonesia menghadapi realita yang kurang menguntungkan, antara lain (1) jumlah penduduk miskin masih sangat besar sekitar 31,5

juta jiwa yang sebagian besar adalah petani: (2) jumlah petani gurem (penguasaan lahan < 0.5 ha) masih banyak mencapai sekitar 9.5 juta KK. (3) skor pola pangan harapan masih rendah yaitu 80.6 padahal idealnya 100. (4) minat bertani rendah, dan (5) ketersediaan infrastruktur usaha tani, seperti jalan, harga masih terbatas atau rendah. Direktorat Jenderal Tanaman Pangan menetapkan tambahan 3.5 juta beras untuk memenuhi kebutuhan beras sampai tahun 2015 (BBSDLP, 2011). Berdasar data tahun 2004 sampai 2009 apabila tanpa terobosan yang berarti pada laju peningkatan produksi rata-rata 2.9% dan laju tingkat konsumsi penduduk terhadap beras rata-rata 2.6%, maka diperlukan tambahan pasokan (impor) sekitar 2,4 juta ton setiap tahun sampai tahun 2020.

1.2. Pengertian dan Potensi Lahan Rawa

Lahan rawa adalah ekosistem yang meliputi daerah pantai, aliran sungai, danau, lebak, yang menjorok masuk kepedalaman sampai sejauh masih dirasakannya gerakan pasang. Dalam nomenklatur yang lebih luas lahan rawa dikategorikan sebagai lahan basah (*wetlands*) yang dicirikan oleh rezim air, curah hujan tinggi, dan topografi yang rendah. Pada Pertemuan Nasional Pengembangan Pertanian Lahan Rawa Pasang Surut dan Rawa pada 3-4 Maret 1992 di Cisarua, Bogor yang kemudian diratifikasi dalam PP 73/2013 tentang Rawa, lahan rawa dibagi dalam 2 (dua) tipologi, yaitu (1) rawa pasang surut dan (2) rawa lebak.

Lahan rawa pasang surut, berdasarkan kondisi tinggi rendahnya pasang atau luapan air (hidrotopografi) dibagi menjadi 4 (empat) tipe luapan, yaitu (1) tipe A, (2) tipe B, (3) Tipe C, dan (4) Tipe D (Noorsyamsi dan Hidayat dalam Noor, 2004). Tipe A, yaitu daerah yang mendapatkan luapan pada saat pasang besar dan pasang kecil. Wilayah tipe A ini meliputi pantai sampai pesisir, dan tepian sungai. Tipe B, yaitu daerah yang hanya mendapatkan luapan pada saat pasang besar. Wilayah tipe B ini meliputi rawa belakang (*back swamps*) dari pinggir sungai sampai mencapai > 50 km ke pedalaman. Tipe C, yaitu daerah yang tidak mendapatkan luapan pasang langsung, tetapi mendapatkan pengaruh resapan pasang dengan tinggi muka air tanah < 50 cm. Sedangkan tipe D sama serupa dengan tipe C, tetapi pengaruh resapan kurang dengan tinggi muka air tanah lebih dalam > 50 cm. Wilayah tipe D ini sering diserupakan dengan lahan tadah hujan.

Lahan rawa lebak, berdasarkan tinggi dan lamanya genangan akibat cuah hujan atau banjir kiriman dibedakan menjadi 4 (empat) tipe lebak, yaitu (1) lebak dangkal, (2) lebak tengahan, (3) lebak dalam, dan (4) lebak sangat dalam. Lebak dangkal yaitu lebak yang mempunyai tinggi genangan < 50 cm dengan waktu < 3 bulan atau lebih. Lebak tengahan yaitu lebak yang mempunyai tinggi genangan >50-100 cm dengan lama genangan 3-6 bulan atau kurang tetapi genangan lebih tinggi > 100 cm. Lebak dalam yaitu

lebak yang mempunyai tinggi genangan < 100 cm dengan lama genangan < 6 bulan atau kurang dengan tinggi genangan lebih tinggi. Lebak sangat dalam yaitu lebak yang tergenang > 200 cm dengan lama genangan hampir sepanjang tahun (Subagyo, 2006).

Berdasarkan jenis tanah dan potensinya, lahan rawa baik pasang surut maupun rawa lebak dibedakan antara tanah mineral dan tanah gambut. Tanah mineral tanah terbentuk oleh proses pedogenik berupa endapan liat, debu, dan sebagian pasir yang berupa alluvial sungai atau marin (laut). Sedangkan tanah gambut terbentuk oleh adanya proses geogenik berupa akumulasi (pasir-sisa tanaman baik yang sudah mati baik terdekomposisi (matang) maupun belum terdekomposisi (mentah). Dua jenis tanah ini mempunyai sifat dan watak baik fisik, kimia, maupun biologi yang berbeda sehingga mempunyai potensi yang berbeda. Sifat-sifat tanah yang berbeda tersebut diantaranya adalah kadar bahan organik, kadar air, kapasitas tukar kation, kejenuhan basa, dan ketersediaan hara bagi tanaman (Noor, 2001; Noor 2007).

Potensi lahan rawa sangat luas mencapai 33,40 juta hektar, yang terdiri atas 20,14 juta hektar lahan pasang surut dan 13,30 juta hektar lahan lebak. Namun yang sesuai untuk pertanian diperkirakan mencapai 13,70 juta hektar yang terdiri dari 9,53 juta hektar lahan pasang surut dan 4,17 juta hektar lahan lebak (Ditjentan, 2007). Sementara, luas lahan rawa yang telah dimanfaatkan baru sekitar 5,27 juta hektar yang terdiri dari 2,27 juta hektar yang di buka oleh pemerintah yang sebagian besar merupakan Unit-unit Pemukiman Transmigrasi (UTP) dan 3,00 juta hektar yang dibuka oleh masyarakat setempat secara swadaya (Tabel 1). Sedangkan lahan rawa yang dimanfaatkan menjadi sawah dari data tahun 2006 tercatat baru sekitar 830 ribu hektar rawa pasang surut dan 351 ribu hektar rawa lebak; kebun sekitar 358 ribu hektar rawa pasang surut dan 141 ribu hektar rawa lebak; tambak 437 ribu hektar rawa pasang surut dan 4 ribu ha rawa lebak; lainnya sebagai pemukiman dan jalan sekitar 242 ribu hektar rawa pasang surut dan 78 ribu hektar rawa lebak (Haryono *et al.*, 2012).

Penggunaan lahan rawa untuk pertanian mempunyai catatan historis yang kuat diawali abad ke 13 pada era ekspansi kerajaan Majapahit ke pedalaman untuk pemukiman dan pertanian sekitar Sungai Pawan, Kalimantan Barat. Memasuki abad ke 19, pemerintah Belanda tercatat melakukan pembukaan persawahan dan perkebunan kelapa di wilayah Anjir Serapat (1920) dan Anjir Tamban (1936), keduanya berada pada Daerah Aliran Sungai Barito, Kalimantan Selatan. Pengembangan Anjir Tamban sebagai daerah kolonisasi dengan menempatkan orang-orang Blitar dan Tulungagung dari Jawa Timur untuk membuka lahan baru dan menanam dengan kelapa dan padi dinilai berhasil (Collier, 1982).

Sebagian dari daerah rawa yang dibuka sejak tahun 1980an, sekarang telah berkembang menjadi kota-kota kabupaten dan kecamatan yang ramai dengan dukungan

lahan pertanian dan perkebunan yang produktif. Namun juga masih luas lahan rawa yang belum berkembang dengan baik bahkan menjadi lahan bongkor (*sleep land*) karena ditinggalkan petani atau alih pemilikan menjadi kepunyaan orang kota yang dibiarkan menjadi semak belukar. Pengaturan kembali pemanfaatan atau dorongan penggunaan lahan secara sungguh-sungguh dan rasional sangat penting, mengingat semakin langkanya ketersediaan lahan dan meningkatnya permintaan pangan dan hasil pertanian dalam sepuluh tahun ke depan.

Penggunaan lahan rawa semakin tahun menunjukkan peningkatan baik untuk pertanian tanaman pangan dalam bentuk pertanian rakyat, termasuk transmigrasi yang berskala relatif kecil maupun perkebunan besar yang berskala besar, seperti karet, kelapa sawit dan tebu. Selain itu, lahan rawa juga mulai dilirik oleh pengembang untuk pemukiman mewah atau elite dengan memanfaatkan keunikan dari lahan rawa. Persaingan dalam peruntukan lahan merupakan masalah tersendiri, namun terkesan bahwa pemanfaatan untuk pertanian pangan selalu dikalahkan. Oleh karena itu, upaya pemanfaatan lahan rawa secara berkelanjutan, khususnya untuk tanaman pangan yang menguntungkan secara ekonomi, tidak merusak lingkungan secara ekologi, dan tidak bertentangan dengan adat dan istiadat secara sosial masyarakat merupakan keniscayaan.

Tabel 1. Luas, potensi, dan pemanfaatan lahan rawa untuk pertanian, 2013

Pulau	Potensi Keseluruhan Rawa (juta hektar)		Sudah Direklamasi/Dikembangkan (juta hektar) ³⁾				Belum Direklamasi (juta hektar) ³⁾		Sesuai untuk Pertanian (juta hektar) ³⁾	
	Pasang surut ¹⁾	Rawa Lebak ²⁾	Reklamasi oleh Pemerintah		Swadaya Masyarakat		Pasang Surut	Rawa Lebak	Pasang Surut	Rawa Lebak
			Pasang surut	Rawa Lebak	Pasang Surut	Rawa Lebak				
Kalimantan	9,183	3,581	0,500	0,360	0,552	0,053	0,446	0,024	1,498	0,437
Sumatera	10,445	2,766	0,814	0,167	0,624	0,291	0,573	0,500	2,012	0,959
Sulawesi	-	0,644	0,081	0,046	0,102	0,02	0,459	0,178	0,643	0,227
Papua	6,674	6,306	-	0,05	0,009	-	4,208	0,671	4,217	0,677
Jawa	-	-	0,036	0,036	0,114	-	0,155	-	0,166	0,037
Jumlah	26,302	13,296	1,433	0,616	1,401	0,347	5,701	1,374	8,536	2,337

Keterangan : - = data tidak tersedia

Sumber: ¹⁾Euroconsult (1985); ²⁾Widjaya Adhi et al.(2000); ³⁾Dir. Rawa (2006)

1.3. Profil dan Persepsi Petani Surjan

Pengaruh kekuatan-kekuatan luar yang sangat intens terhadap petani, tidak terkecuali petani di lahan rawa membentuk sikap dan kepribadian yang lebih kompleks dan heterogen. Bayangan petani sebagai orang desa yang dirasakan sangat kuat sebagai pribadi mempunyai sejumlah ciri antara lain: (1) berupa satuan keluarga atau satuan terkecil dari kelompok dalam masyarakat desanya, (2) hidup dari usahatani, dengan mengolah dan mengelola lahan dan produksinya sendiri, (3) bercorak tradisional dan khas, dan (4) menduduki posisi rendah dalam masyarakat atau “wong cilik” terhadap masyarakat di atasnya (Shanin, dalam Sayogyo, 1993) masih dirasakan sehingga lebih dikategorikan sebagai *peasant* (petani gurem) daripada sebagai *farmer* (petani maju) dengan beberapa variasi (Sayogyo, 1993).

Menurut Wolf (1983) permasalahan abadi masyarakat tani adalah mencari jalan untuk mendapatkan keseimbangan antara tuntutan-tuntutan dari dunia luar dan kebutuhan untuk menghidupi keluarganya. Petani dapat memilih dua strategi yang sama sekali bertentangan satu sama lain, yaitu (1) memperbesar produksi, dan (2) mengurangi konsumsi. Apa yang terjadi dengan petani di lahan rawa dengan permasalahan sumber daya lahan dan lingkungan yang lebih kompleks dan berat dibandingkan dengan agro ekosistem lainnya seperti sawah beririgasi atau tadah hujan ? Petani di lahan rawa cenderung memilih jalan dengan cara-cara menghindar (*escape mechanism*) dan atau menyesuaikan (*adaptive management*) dalam mengolah dan mengelola usahatannya. Namun demikian, oleh karena sebaran petani di daerah rawa sangat luas, bersifat spesifik, dan juga unik dalam artian mempunyai keberagaman etnik yang berbeda satu sama lain, maka pencirian tentang profil petani dalam hal ini lebih didasarkan pada wilayah sehingga bersifat sangat spesifik lokasi.

Profil petani di lahan rawa menunjukkan bahwa umumnya petani di lahan rawa berumur di atas 40 tahun artinya sebagian besar anak muda kurang berminat untuk menjadi petani di lahan rawa, rata-rata berpendidikan hanya sampai sekolah dasar (masa pendidikan 8 tahun), pengetahuan bertani didapat secara turun temurun atau warisan dari orang tua (lama bertani antara 17-20 tahun) sebagaimana tercermin dari hasil penelitian Rina (2012), Rina dan Nursyamsi (2013), dan Noorginawati *et al* (2010) masing-masing di lahan rawa pasang surut dan rawa lebak (Tabel 2 dan 3).

Tabel 2. Profil petani lahan rawa pasang surut

Karakteristik	Lokasi	
	Kalimantan Selatan dan Tengah ¹	Kalimantan Selatan ²
Umur (tahun)	43.68	49.00
Pendidikan (tahun)	7.46	8.18
Pengalaman (tahun)	19.66	18.43
Tenaga kerja produktif (HOK/KK/tahun)	495.52	515.12
Luas pemilikan lahan (hektar).	2.14	2.49
Luas lahan garapan (hektar)	1.54	2.10
Pendapatan rumah tangga (Rp/tahun)	20.849.943	18.439.322
Pengeluaran rumah tangga (Rp/tahun)	18.849.125	17.126.665

Sumber : ¹) Rina (2012), ²) Rina dan Nursyamsi (2013)

Tabel 3. Profil petani lahan rawa lebak

Karakteristik	Kalimantan Selatan	
	Kab. Hulu Sungai Selatan	Kab. Hulu Sungai Utara
Umur (tahun)	46,46	42,50
Pendidikan (tahun)	5,50	7,86
Pengalaman bertani (tahun)	17,11	17,86
Pekerjaan : Utama	Tani (85%)	Tani (77%)
Sampingan	Pencari ikan (36%)	Peternak (25%)
Jumlah anggota keluarga (orang)	3,75	3,99
Jumlah tenaga kerja (orang)	2,49	2,71
Luas pemilikan lahan (ha)		
- Pekarangan	0,018	0,035
- Lebak dangkal	0,276	0,223
- Lebak tengahan	0,324	0,514
- Lebak dalam	0,086	0,247
- Total	0,704	1,029
Pendapatan rumah tangga (Rp/tahun)	23.035.796	21.859.342
Pengeluaran rumah tangga (Rp/tahun)	22.890.559	20.464.714

Sumber: Noorinayuwati et al (2010)

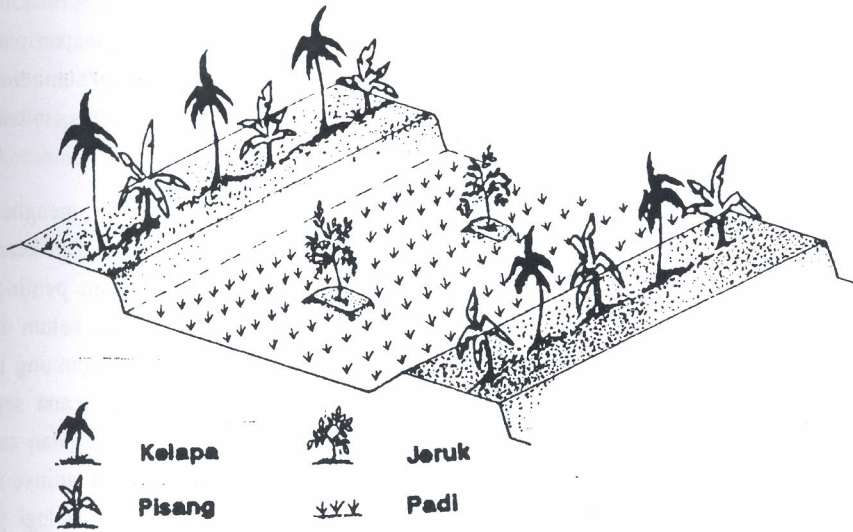
Karakteristik petani di atas baik di lahan rawa pasang surut maupun rawa lebak menunjukkan bahwa orientasi untuk pemenuhan keluarga. Pengeluaran yang besar menyisakan simpanan yang kecil sehingga boleh jadi investasi untuk usahatani selanjutnya juga kecil bahkan sebagian petani menutupi biaya usaha taninya dengan meminjam pada rentenir dengan bunga yang sanga besar (Rina, 2012). Kondisi ini diperparah dengan kelembagaan petani dan pendukung seperti pelayanan permodalan, penyuluhan, pemasaran dan sarana produksi yang sangat terbatas bahkan tidak tersedia. Petani berjuang dengan kaki tangan sendiri sehingga nyaris tidak dikenal istilah kekuatan tawar (*bargaining power*).

Masuknya investor-investor perkebunan besar, seperti karet, kelapa sawit, tebu ke lahan rawa dengan modal dan sistem pengelolaan yang kuat dan bersifat komersial dapat berdampak secara ekonomi, kultural, dan sosial kemasyarakatan. Pola petani gurem (*peasant*) diharapkan dapat berubah menjadi *farmer*, namun disisi lain memberikan kesan bahwa petani semakin meninggalkan kemandiriannya dalam usahatani karena ketergantungan dengan perusahaan yang mengarahkan petani sebagai pekerja (buruh) di perusahaan perkebunan. Pada dasarnya petani dapat menggali sumber pendapatannya lebih besar lagi dari lahan yang dimilikinya secara mandiri dengan mengoptimalkan waktu dan ruang usahatannya yaitu dengan menerapkan sistem surjan.

1.4. Sistem Surjan Adaptif Perubahan Iklim

Surjan atau *sorjan* merupakan sebuah sistem pertanian di lahan rawa yang memadukan antara sistem sawah dengan sistem tegalan. Dalam sistem surjan ruang dan waktu usaha tani dioptimalkan dengan beragam komoditas dan pola tanam. Sistem sawah atau persawahan (untuk padi sawah) dan sistem tegalan untuk tanaman padi gogo dan palawija, atau sistem kebun untuk tanaman perkebunan/tanaman tahunan hanya dapat memberikan kontribusi secara *partial* kepada petani dengan basis utama hanya dengan satu komoditas. Misalnya pada sistem sawah, komoditas utama adalah padi. Demikian juga pada sistem tegalan yang menjadi komoditas utama adalah jagung, sedangkan pada sistem kebun yang menjadi komoditas utama antara lain karet, kelapa, kakao atau jeruk. Pada sistem surjan pertanian dikelola dalam bentuk multi-guna lahan dan multi-komoditas sehingga dalam sistem usaha taninya dihasilkan produksi yang lebih beragam yang tujuannya agar dapat memberikan kontribusi pendapatan lebih banyak dan keuntungan lebih besar.

Menurut epistimologi bahasa, kata surjan (*sorjan*) diambil dari bahasa Jawa yang artinya *lurik* atau garis-garis. Hamparan surjan memang tampak dari atas seperti susunan garis-garis selang seling yang merupakan bagian dari tembokan surjan (*raised bed*) dan bagian tabukan sawah (*sunken bed*). Masyarakat atau petani di lahan rawa pasang surut sudah lama mengenal sistem surjan yang disebut tembokan atau tukungan (*tongkongan*) Donicie dan idak (1941) mengungkapkan bahwa di daerah pasang surut, tembokan dibuat dengan memakai alat *sundak* yang terbuat dari plat besi atau kayu ulin ukuran lebar ± 15 cm dan panjang ± 50 cm. Dengan menggunakan *sundak* ini diperoleh blok keratan tanah lebar ± 20 cm dan panjang (tinggi) ± 40 cm. Blok tanah ini disusun sehingga menjadi tembokan yang kemudian ditanami jeruk. Pada bagian tepi tembokan dibuat miring dan diratakan. Pada bagian atas dibuat pundukan (*tongkongan* = tukungan) dari tanah yang banyak mengandung humus. Pada tukungan inilah ditanam cangkakan jeruk. Gambar 1 menunjukkan sketsa bangunan surjan dan jenis tanaman yang dibudidayakan.



Gambar 1. Sistem surjan di lahan rawa pasang surut dan lebak (Badan Litbang Pertanian, 1983)

Menurut Soemartono dalam Noor (2004) penerapan sistem surjan di lahan rawa sangat sesuai dengan kondisi dan kendala lahan rawa yang berkaitan dengan kondisi hidrologi atau tata air yang belum dapat dikuasai secara baik sehingga resiko kegagalan dalam usaha tani sangat tinggi. Oleh karena itu sistem surjan di lahan rawa mempunyai tujuan antara lain: (1) mengantisipasi kerugian apabila terjadi kegagalan dalam pertanaman padi, (2) menciptakan peluang untuk pertanaman palawija, sayuran dan hortikultura lainnya, (3) perbaikan gizi dengan adanya pertanaman sayuran dan palawija, dan (4) meningkatkan pendapatan petani melalui diversifikasi tanaman dan usaha lainnya. Dengan kata lain, pengenalan sistem surjan di lahan rawa dimaksudkan untuk menekan resiko kegagalan dalam usaha tani sehingga apabila gagal panen padi, masih ada panen palawija atau sayuran yang dapat sebagai sumber pendapatan keluarga. Sistem surjan ini juga banyak diterapkan oleh petani Malaysia, Thailand dan Vietnam dalam pemanfaatan lahan rawa untuk pertanian (Noor, 2004).

Sistem surjan memiliki perspektif ekologi, ekonomi, dan budaya. Ekologi dalam konteks menyiasati kondisi rawa yang umumnya sangat dipengaruhi oleh adanya pasang surut dan genangan dengan memanipulasi sumber daya lahan, tanpa menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Dalam kondisi alami lahan rawa hanya memungkinkan untuk ditanami padi sekali setahun sebagaimana sebagian besar lahan yang dimanfaatkan masyarakat, sehingga dengan sistem surjan maka peluang bagi petani

untuk menanam selain padi, yaitu tanaman lahan kering (*dryland crops*) yang tidak tahan genangan dengan ditanam di atas tukungan atau surjan yang bebas dari luapan pasang atau genangan. Perspektif ekonomi dalam kaitannya dengan pengembangan sumber daya ekonomi, yaitu dengan surjan maka lahan dapat dioptimalkan dengan intensitas pertanaman dan atau diversifikasi komoditas.

Sistem surjan sebetulnya merupakan hasil empirik petani dalam menghadapi kondisi rawa yang kemudian berkembang menjadi nilai-nilai adat-istiadat dan kearifan lokal masyarakat setempat. Sistem surjan mengajarkan kepada kita akan pentingnya keanekaragaman komoditas dan usaha tani, karena penguasaan lahan rawa belum dapat dilakukan sepenuhnya. Keberhasilan usaha tani di lahan rawa sangat tergantung pada keramahan atau kondisi alami yang sering berubah-ubah dan rawan bencana seperti banjir, kekeringan, serangan hama dan penyakit sehingga resiko kegagalan cukup tinggi. Dengan demikian, apabila petani hanya menggantungkan hasil usaha taninya pada satu komoditas saja, bilamana kemudian terjadi kegagalan maka tidak ada lagi yang dihasilkan. Kegiatan usaha tani yang dapat dikembangkan di lahan rawapun dapat beragam termasuk perikanan dan peternakan seperti memelihara ikan (keramba, beje, kolam pagar), unggas (ayam, itik, burung), dan kambing, sapi, kelinci, kerbau bahkan buaya, ular, bulus dan lainnya

Banyak kegagalan dalam pemanfaatan dan pengembangan lahan rawa karena hanya menitik berat pada satu komoditas misalnya padi. Pada tahun 1980 para transmigran “dipaksa” untuk bertanam padi atau menyawah sebagaimana layaknya di Pulau Jawa sesuai dengan misi utama dari program nasional transmigrasi untuk meningkatkan produksi pangan atau padi, tanpa memperhatikan keunikan dari kekhasan lahan rawa. Tantangan pertama yang dihadapi transmigran adalah kondisi lahan yang sering tergenang bila musim hujan, kemudian tanah dan airnya yang masam, intrusi air laut bila musim kemarau, dan serangan hama tikus, monyet, babi yang sangat intens sehingga pada awal-awal pertama usaha pertaniannya jarang berhasil dengan baik. Kondisi ini membuat banyak para transmigran yang kemudian balik ke tempat asalnya atau pergi ke tempat lokasi lain yang lebih baik.

Tantangan kedua adalah bahwa lahan rawa mempunyai kesuburan yang sangat tergantung pada asupan dari luar. Oleh karena itu, apabila pada tanam perdana atau kedua sampai ke tiga tanaman tumbuh subur dan hijau tidak berarti lahan rawa mempunyai kesuburan yang baik. Pada tanam perdana sampai ketiga tanaman tumbuh baik karena cadangan atau ketersediaan hara yang merupakan akumulasi sebelumnya cukup tinggi, tetapi setelah diserap oleh tanam pertama sampai ketiga cadangan hara tersebut sudah tidak lagi tersedia sehingga demikian diperlukan asupan baru kembali untuk mempertahankan tingkat kesuburan atau ketersediaan hara yang cukup bagi tanaman.

Petani lokal sering membakar lahannya untuk menanggulangi kemerosotan kesuburan ini karena abu dari bahan organik (serasah, ranting-ranting, semak, sisa panen) menjadi sumber hara. Oleh karena itu juga para peladang tradisional mempunyai masa bero beberapa tahun,, tergantung pada laju pemulihan sebagai upaya penyuburan kembali kesuburan tanah yang telah digunakan setelah diusahakan beberapa musim.

BAB II

PERKEMBANGAN MODEL SURJAN DI LAHAN RAWA

Cara pembuatan dan bentuk surjan di lahan rawa mengalami perkembangan sesuai dengan pengalaman dan pengetahuan yang berkembang. Perkembangan ilmu pengetahuan dari hasil-hasil penelitian tentang geofisikakimia tanah rawa membuka cakrawala pemikiran baru dalam mengantisipasi dampak dari pengelolaan dan pemanfaatan lahan untuk budidaya, termasuk surjan. Keragaman tipologi lahan, tipe luapan, tipe genangan, dan sifat fisika, kimia, dan biologi tanah, kualitas air dan hasil tanaman menjadi pemicu berkembangnya inovasi teknologi, termasuk kearifan lokal masyarakat..

Sistem surjan merupakan suatu cara atau sikap perilaku adaptasi dari petani dalam mengatasi masalah bercocok tanam khususnya di lahan rawa. Misalnya adanya genangan menyebabkan bibit yang ditanam sering merana bahkan mati akibat terendam atau kebasahan, khususnya dalam budidaya tanaman lahan kering (*dryland crop*) seperti palawija dan hortikultura.

Pada awalnya petani lahan rawa membuat puntukan (tukungan), yaitu meninggikan tempat (lahan) untuk meletakkan bibit sebatas luas 50 cm x 50 cm dan tinggi 50 cm. Namun kemudian, lambat laun berkembang untuk membuat tembokan yang disebut surjan (Gambar 2). Sistem surjan berkembang di lahan rawa sebagai alternatif agar kondisi lahan rawa yang umum tergenang yang biasanya hanya untuk tanaman padi juga dapat ditanami tanaman lahan kering seperti palawija atau hortikultura (Donicie dan Idak, 1941).

Fenomena meningkatnya kemasaman, keracunan oleh Al, Fe, Mn, asam sulfida dan asam-asam organik merupakan ciri dari lahan rawa setelah dibuka dan dimanfaatkan. Lapisan pirit yang menjadi sumber kemasaman dan lapisan gambut yang merupakan sumber karbon dan hara memerlukan perhatian, terlebih dalam penerapan sistem surjan. Oleh karena itu dibedakan antara pembuatan surjan (1) pola tradisional dan (2) pola introduksi.

Fenomena lain dari lahan rawa adalah adanya dinamika pasang, surut, dan banjir yang umum terjadi di lahan rawa. Lahan rawa pasang surut dapat tenggelam (tergenang) apabila pasang naik tinggi, tetapi dapat kering apabila terjadi kemarau panjang karena banyak air hilang atau turun ke sungai sungai sekitarnya tanpa kendali sehingga muka air tanah turun mencapai kedalaman muka air tanah 50 – 100 cm di bawah permukaan tanah. Pada lahan rawa lebak dapat terjadi genangan tiba-tiba akibat adanya kiriman banjir dari daerah hulu Daerah Aliran Sungai (DAS). Oleh karena itu, maka pemanfaatan lahan sangat tergantung pada kondisi keragaman tipologi lahan dan tipe luapan sehingga

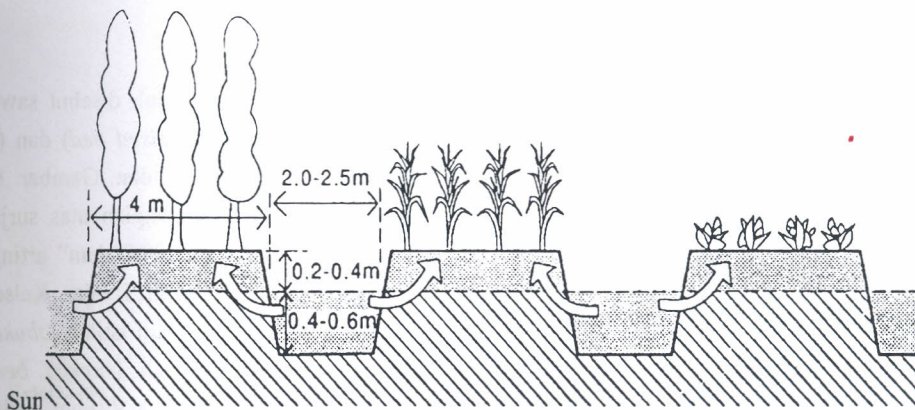
dikenal beberapa model surjan. Oleh karena ini itu berdasar pada keragaman tipologi lahan, luapan pasang surutnya air, dan jenis komoditas yang dikembangkan, maka bentuk atau model surjan dapat dipilah dalam tiga model, yaitu (1) model surjan dengan tambahan tukang, (2) model surjan tanpa tukang, dan (3) model surjan bertahap.

2.1. Pola Pembuatan

Pembuatan surjan memerlukan kehati-hatian, khususnya di lahan rawa sulfat masam yang mempunyai kedalaman lapisan pirit dangkal (< 50 cm). Pada lahan sulfat masam ini surjan dibangun memerlukan cara tersendiri. Model surjan yang dibangun baik di lahan mineral (tanah sulfat masam) maupun tanah gambut sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat fisika, kimia, dan biologi tanah. Sifat-sifat fisika, kimia, dan biologi tanah pada lahan surjan sangat ditentukan cara pembuatan surjan.

2.1.1. Pola tradisional

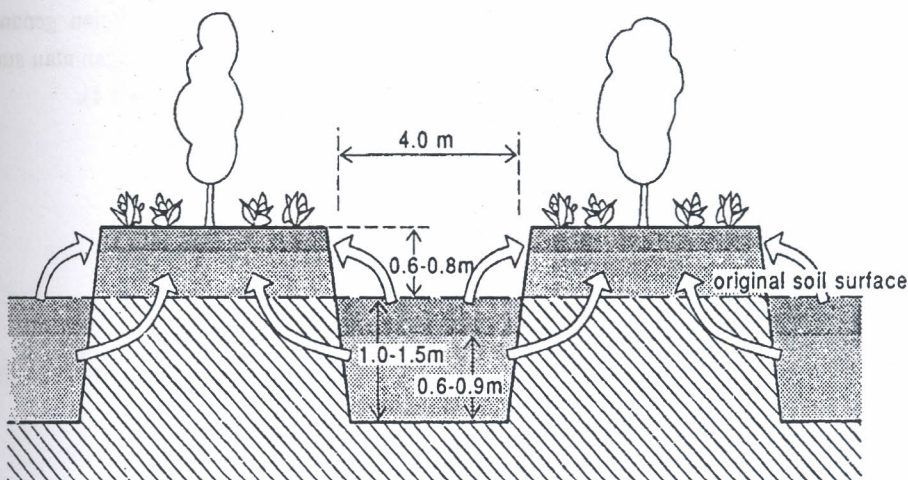
Pola surjan tradisional dibangun dengan mengambil tanah bagian atas yang kemudian disusun secara vertikal dengan urutan lapisan terbalik dari asal semula dengan kata lain lapisan atas menjadi di lapisan bawah dan sebaliknya lapisan bawah menjadi lapisan atas. Oleh karena umumnya bagian lapisan bawah merupakan lapisan pirit (FeS_2) maka pada model atau pola surjan ini apabila lapisan pirit terangkat dan ditempatkan pada bagian atas dipastikan akan teroksidasi yang berakibat tanah menjadi masam sehingga kemasaman tanah turun menjadi pH 2-3)(Gambar 2). Model atau pola surjan semacam ini cocok untuk lahan-lahan rawa pasang surut atau gambut yang lapisan piritnya dalam (kedalaman > 100 cm). Dalam hal ini, maka sebelum pengambilan tanah dalam pembuatan surjan diperlukan identifikasi kedalaman pirit dengan menggunakan larutan senyawa peroksida (H_2O_2) 30% yang diteteskan pada lapisan atau sampel tanah, apabila menimbulkan asap dan bau belerang maka berarti lapisan tanah tersebut mengandung pirit. Semakin kuat reaksi dan semakin tebal asap yang ditimbulkan maka semakin tinggi kadar pirit tanah tersebut. Cara lain untuk mengetahui pirit dapat menggunakan patok yang diberi cat meni (besi) dan ditancapkan ke dalam tanah sepanjang 1,0-1,5 m dibiarkan selama 24 jam, apabila kemudian tampak bercak hitam atau kebiru-biruan pada patok, maka berarti terdapat senyawa pirit pada lapisan tanah tersebut. Kondisi pirit apabila teroksidasi akan menimbulkan warna kuning jerami (jarosit) yang biasanya mudah ditemukan pada bagian atas tanah yang dibuat tanggul jalan.



Gambar 2. Pola surjan tradisional di lahan rawa pasang surut

2.1.2. Pola introduksi

Pola surjan introduksi dibangun dengan mengambil tanah bagian atas yang kemudian disusun secara vertikal dengan mengembalikan urutan lapisan seperti asal semula. Pada lapisan atas ditempatkan bagian yang semula lapisan atas dan lapisan bawah tetap menjadi lapisan bawah (Gambar 3). Model atau pola surjan semacam ini dimaksudkan untuk menghindari tersingkapnya pirit sehingga lapisan atas tetap tidak masam. Model ini cocok untuk lahan-lahan sulfat masam yang lapisan piritnya dangkal.



Sumber: Mensvoort (1996).

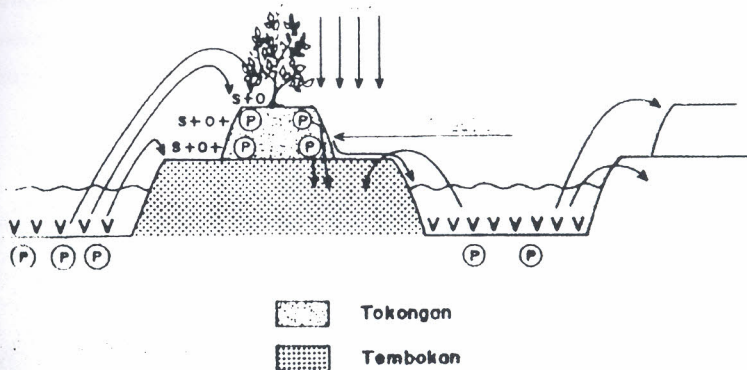
Gambar 3. Pola surjan introduksi di lahan rawa pasang surut

2.2. Bentuk atau Model Surjan Lahan Rawa

2.2.1. Model surjan dengan tukungan

Model surjan dengan tukungan ini terdiri atas (1) bagian bawah disebut sawah (*sunken bed*), (2) bagian atas yang disebut tembokan atau surjan (*raised bed*) dan (3) bagian tukungan (*stupa*) yang berada di atas surjan (Gambar 3 dan Gambar 6). Notohadiprawiro (1976) menggunakan istilah yang berbeda untuk bagian atas surjan disebut *tabukan*. Dalam bahasa Banjar (bahasa daerah Kalimantan), “tabukan” artinya galian. Misal disebut “Sungai Tabuk” (nama suatu daerah di Kabupaten Banjar, Kalsel) artinya sungai atau saluran yang diibuat dengan digali atau dikeruk. Jadi istilah *tabukan* sebetulnya lebih tepat diartikan sebagai bagian bawah atau sawah (*sunken bed*), sedangkan bagian atas yang tanahnya diambil dari sawah sekitarnya disebut surjan (*raised bed*). Sistem surjan diartikan keseluruhan yaitu sawah dan surjan serta faktor-faktor lain yang mengikutinya baik fisik, sosial ekonomi, budaya (persepsi), maupun ekologi (lingkungan hidup).

Pada model surjan dengan tukungan ini umumnya komoditas yang dikembangkan adalah tanaman tahunan seperti jeruk, rambutan, ketapi, atau mangga rawa. Model surjan dengan tukungan ini berkembang karena genangan atau muka air pada saat pasang cukup tinggi sehingga tanaman harus ditempatkan di atas surjan yang lebih tinggi yaitu dengan dibuatnya tukungan (Gambar 3). Tipologi lahan rawa yang umumnya menerapkan sistem surjan dengan tukungan ini berada pada daerah rawa pasang surut tipe luapan A yang terluapi pada setiap pasang baik pasang purnama (*spring tide*) maupun pasang ganda (*neap tide*). Selain itu, pada lahan rawa lebak yang mempunyai ketinggian genangan antara 100 -200 cm atau tipologi rawa lebak tengahan. Pembuatan tukungan atau surjan dapat dilakukan secara gotong royong atau sendiri secara bertahap (Gambar 4).



Keterangan :

P = lapisan pirit, S=tanah, O = bahan organik/serasah, V = padi

Sumber: Balitbangtan (1983)

Gambar 4. Model surjan dengan tukungan di atasnya



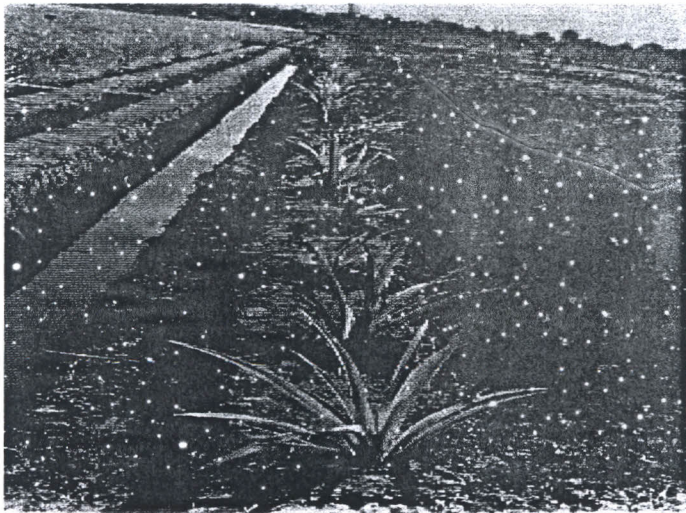
*Gambar 5. Pembuatan surjan secara gotong royong di lahan rawa pasang surut
(Dok Achmadi dan M. Noor/Balittra, 2006)*

Sistem surjan di lahan rawa mempunyai pola tatanan yaitu (1) hamparan padi yang berada pada bagian bawah atau tabukan, (2) tanaman tahunan seperti jeruk yang berada di bagian tengahan hamparan, dan (3) tanaman pisang dan atau kelapa yang ditanam atau berada pada bagian atas surjan atau tukungan (Gambar 5 dan 6). Jenis tanaman atau

macam komoditas yang ditanam dapat berbeda antara petani dan tipologi lahan. Dalam perkembangannya surjan mengalami beberapa perubahan atau modifikasi, termasuk pola tanam yang dikembangkan.



*Gambar 6. Model tukangn di lahan rawa pasang surut, Kab. Barito Kuala, Kalsel
(Dok M. Noor/Balittra)*



*Gambar 7. Model surjan dengan tukangn di atasnya pada lahan pasang surut, Barito
Kuala, Kalsel (Dok M. Noor/Balittra)*

Model tukang ini telah diapresiasi dalam pengembangan tanaman perkebunan, khususnya kelapa sawit di lahan rawa yang disebut dengan “tapak timbun”. Bibit kelapa sawit ditanam pada bagian atas tapak timbun yang selalu diperluas mengikuti bertambahnya umur tanaman (Gambar 7)



Gambar 8. Model “tapak timbun” untuk kelapa sawit di lahan rawa lebak (kiri) dan pasang surut (kanan), Kalimantan Selatan (Dok. M. Noor/Balittra)

2.2.2. Model surjan tanpa tukang

Model surjan tanpa tukang ini lebih sederhana. Model surjan ini berkembang pada daerah rawa yang genangan atau luapan air pasang tidak terlalu tinggi sehingga tanaman dapat ditanam cukup di atas surjan tanpa ada tambahan tukang. Model surjan tanpa tukang ini terdiri atas (1) bagian bawah yang disebut tabukan atau sawah (*sunken bed*) yang ditanami padi, dan (2) bagian atas yang disebut tembokan atau surjan (*raised bed*) yang ditanami tanaman lahan kering. Model surjan ini mempunyai komoditas yang beragam untuk ditanam di atas tembokan atau surjannya antara lain bisa jeruk, palawija, atau sayuran. Tipologi lahan rawa yang cocok model surjan ini adalah rawa pasang surut tipe luapan B dan atau C, dan rawa lebak dangkal yang mempunyai ketinggian genangan 50 – 100 cm. Pada daerah rawa pasang surut di Terantang (tipe luapan C) bagian surjannya ditanami sayuran (Gambar 8). Pada daerah rawa lebak dangkal di Kayu Habang, Hulu Sungai Selatan, Kalimantan Selatan bagian surjannya ditanami sayuran, seperti cabai, tomat, kacang panjang, kobis bunga dan lainnya (Gambar 9).



Gambar 9. Model surjan di daerah rawa pasang surut Tarantang, Kab. Barito Kuala, Kalsel. 2011 (Dok. M. Noor dkk/Balittra).

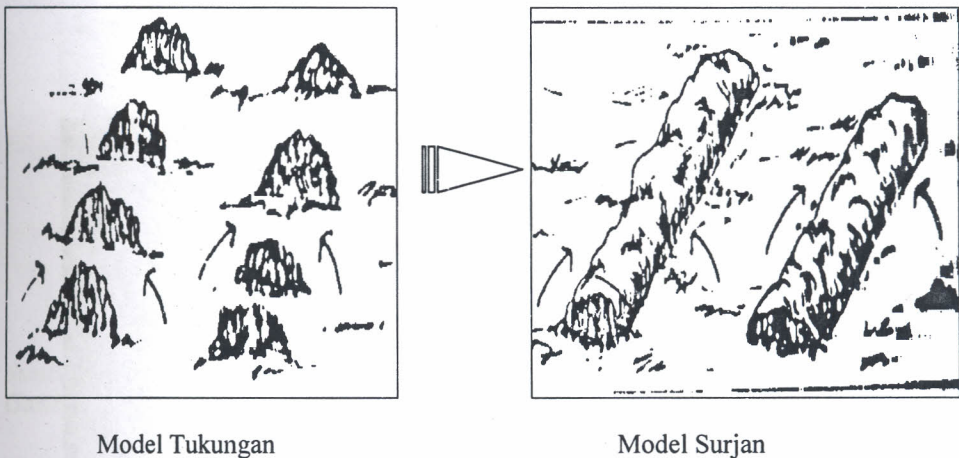


Gambar 10 Model surjan di daerah lebak tengahan, Tawar, Kab. Hulu Sungai Selatan, Kalsel (Dok. M. Noor dkk/Balittra).

2.2.3. Model surjan bertahap

Dalam pembuatan surjan diperlukan tenaga kerja sekitar 500 HOK per hektar (Noor, 2004). Oleh karena ketersediaan tenaga kerja yang dimiliki petani terbatas, maka pembuatan surjan dapat dilakukan secara bertahap, yaitu dengan membuat tukungan sebagai tahap awal. Menurut Tampubolon (1991) ketersediaan tenaga kerja keluarga petani yang terdiri atas pasangan suami-isteri dan 3 anak (umur>15 tahun) yang terdiri dari 2 orang laki-laki dan 1 orang perempuan mempunyai potensi berkisar 36 HKP (Hari Kerja Pria) dan 11 HKW (Hari Kerja Wanita) per bulan atau 432 HKP dan 132 HKW per tahun, sementara untuk menggarap usaha tani (lahan rawa pasang surut) seluas 1 hektar diperlukan 724 HOK. Apabila dibutuhkan pembuatan surjan pada lahan pekarangan (0,25 hektar) dan lahan usaha tani (1 hektar) maka dibutuhkan tenaga kerja masing-masing 98 HOK dan 400 HOK. Dengan demikian, petani mengalami defisit (kekurangan) tenaga kerja antara 156-159 HOK (Noor, 1996).

Berdasarkan bentuknya, tukungan dapat dibedakan dalam dua bentuk, yaitu (1) empat persegi atau kubus seperti di Kalimantan Selatan, dan (2) bundar seperti petani di Kalimantan Barat. Model surjan ini terdiri atas (1) sawah bagian bawah atau tabukan, dan (2) tukungan yang berada ditengah-tengah sawah dengan posisi lebih tinggi. Tukungan yang dibentuk pada kurung waktu 4-5 tahun saat tanaman mulai besar secara bertahap diperluas dan kemudian antara satu sama lain yang sebaris disambungkan sehingga menjadi surjan (Gambar 10).



Sumber: Sarwani dan Thamrin (1994)

Gambar 11. Evolusi model tukungan menjadi sistem surjan di lahan rawa

Komoditas yang ditanam pada model surjan ini sangat beragam setiap daerah mempunyai pilihan komoditas tertentu tidak selalu sama, misalnya di daerah lahan rawa Tabunganen, dekat dengan pantai lahan rawa pasang surut tipe luapan A, petani tanam kelapa di atas surjannya, daerah rawa Tarantang daerah rawa belakang tipe luapan B dan C, petani tanam jeruk siam (Gambar 11 dan 12).

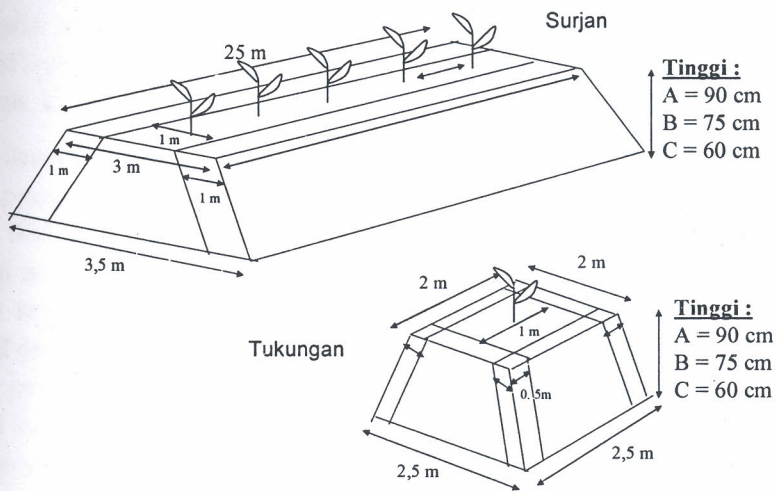


*Gambar 12. Model tukangn di desa Karang Buah, Terantang, Barito Kuala, Kalsel
(Dok. M. Noor/Balittra)*



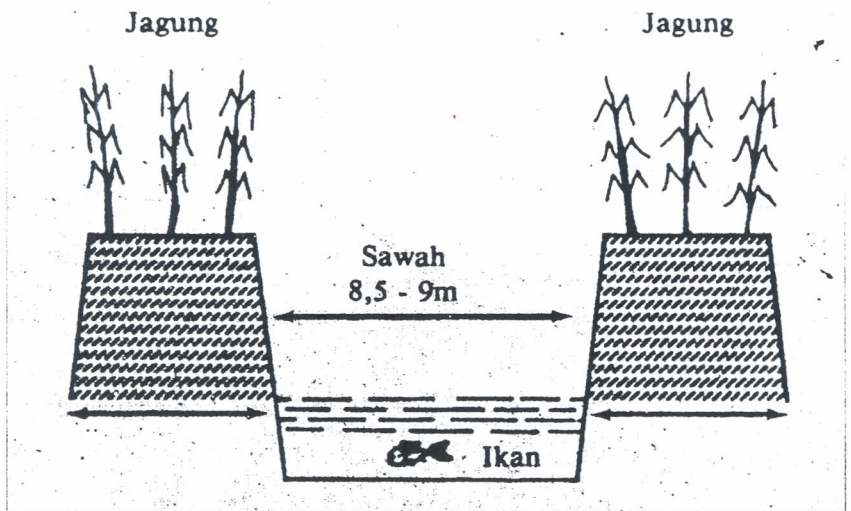
*Gambar 13. Model surjan di desa Karang Buah, Terantang, Barito Kuala, Kalsel
(Dok. M. Noor/Balittra).*

Dalam sistem surjan ini, lebar sawah dianjurkan 14 m, tetapi pendapat lain menyatakan cukup antara 8,5-9,0 m (Anwarhan dan Soelaiman, 1985). Pada sistem tradisional jarak antara surjan/tembokan sangat lebar 200 m yang sekaligus biasanya sebagai batas pemilikan (Donicie dan Idak, 1941: lihat Gambar 1). Lebar sawah ini perlu juga memperhitungkan operasional traktor apabila terlalu sempit maka traktor tidak dapat memutar saat pengolahan tanah. Dimensi tukangn antara lain lebar atas 2-3 m, lebar bawah 2,5-3,5 m, dan tinggi 60-90 cm, tergantung pada tinggi muka air pasang/genangan, sedangkan dimensi surjan antara lain lebar atas 3-5 m, lebar bawah 3,5-5,5 m, panjang 25-50 m, dan tinggi 60-90 cm, tergantung ketinggian muka air pada saat pasang/genangan (Gambar 13). Pada sistem surjan, komoditas yang diusahakan dapat diperkaya selain tanaman sekaligus dapat memelihara ikan pada saluran yang membatasi surjan atau tukangn dengan jarak 8,5-9,0 m (Gambar 14).



1

Sumber: Noor (2007).
Gambar 14. Dimensi surjan dan tukangn di lahan rawa



Sumber: Anwarhan dan Soelaiman (1985)

Gambar 15. Pemeliharaan ikan diantara dua surjan.

BAB III

SIFAT-SIFAT TANAH SURJAN DAN PERUBAHANNYA

Sistem surjan hampir merata diterapkan pada lahan rawa pasang surut dan rawa lebak bahkan juga sebagian lahan tadah hujan. Pada lahan rawa pasang surut, sistem surjan tersebar dari pasang surut tipe luapan A, B, sampai tipe luapan C, sedang pada rawa lebak tersebar pada tipe lebak dangkal dan lebak tengahan. Lahan rawa pasang surut tipe luapan A dan B sering disebut lahan rawa pasang surut langsung karena mendapatkan luapan pasang secara langsung baik saat pasang tunggal (*spring tide*) atau purnama maupun pasang ganda atau perbana (*neap tide*) khusus tipe luapan A, sementara tipe luapan C disebut lahan pasang surut tidak langsung. Lahan pasang surut tipe luapan D lebih mirip dengan lahan tadah hujan (*rainfed land*).

Dinamika tinggi muka air permukaan (*water surface level*) dan kedalaman air tanah (*ground water level*) yang terjadi pada lahan rawa adalah merupakan cerminan dari watak hidrologi dan hidrotopografi lahan rawa akibat dipengaruhi oleh ayunan pasang surut laut (untuk lahan rawa pasang surutnya) atau genangan banjir (untuk lahan rawa lebak). Kondisi kering basah inilah yang utamanya memberi pengaruh terhadap perubahan sifat-sifat fisik, kimia dan biologi tanah.

Sesuai dengan keberagaman tipologi lahan rawa, sistem surjan dapat diterapkan di lahan potensial, lahan sulfat masam, juga di lahan gambut. Namun demikian, sistem surjan tidak dianjurkan di lahan gambut tebal (ketebalan 2-3 meter). Surjan di lahan gambut tebal sulit dibuat, selain juga mempunyai resiko kebakaran dan mudah amblas. Dalam kasus lahan gambut, untuk meningkatkan kesuburan dan produktivitas lahan dikenal dengan pencampuran dengan tanah mineral atau pasir. Petani lahan gambut juga sering memberikan abu sekam, abu gambut, atau abu campuran dari berbagai limbah seperti kotoran ayam, serasah, sisa kayu, sisa ikan buangan, kepala udang, dan lain sebagainya pada lahan gambutnya sebagai pupuk atau amelioran.

3.1. Sifat-sifat Fisika Tanah Surjan

Surjan yang dibuat petani umumnya termasuk tipe tradisional karena mudah dan cepat dibandingkan dengan tipe introduksi. Pembuatan tipe introduksi memerlukan waktu lebih lama dan tenaga lebih banyak sehingga idealnya dapat digunakan alat berat. Namun demikian terlepas dari tipe surjan yang dibuat bahwa sifat fisika tanah pada bagian atas surjan atau tembakan yang ditinggikan mengalami perubahan mengikuti waktu atau umur surjan. Tejoyuwono Notohadiprawiro (1979) menyebut tanah yang ditinggikan sebagai tanah tabukan, selanjutnya kita sebut sebagai tanah surjan (*raised bed*).

Sifat fisika tanah yang mengalami perubahan antara lain pori makro dan pori mikro. Umumnya bagian atas surjan ini menjadi padat dan keras. Hasil penelitian menunjukkan keadaan tekstur tanah pada surjan terdiri atas fraksi pasir dan debu lebih tinggi, sedang pada tukungan fraksi debu lebih besar dibandingkan pada surjan. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian lapisan pasir dan debu terangkut ke bagian atas surjan dan tukungan saat pengambilan tanah untuk surjan dan tukungan (Tabel 4).

Tanah surjan mengalami perkembangan kematangan yang dipengaruhi oleh keadaan basah kering. Perubahan sifat fisik atau kematangan tanah surjan ini selain tergantung pada umur surjan juga dipengaruhi oleh jenis komoditas yang ditanam. Kematangan tanah surjan yang diukur berdasarkan pada angka penetrometer (kg/cm²) menunjukkan bahwa angka tertinggi berada pada tanaman rambutan dan angka terendah pada tanaman cengkeh dan kopi yang bervariasi menurut musim atau umur pembuatan surjan (Tabel 5 dan Tabel 6).

Hasil pengukuran nilai rata-rata kekerasan, khususnya lapisan permukaan atas (surjan) yang menggambarkan perkembangan kematangan menunjukkan pada musim hujan lebih rendah dari musim kemarau. Permukaan atas surjan yang ditanami rambutan lebih matang, disusul yang ditanami kelapa, nangka, dan petai. Nilai rata-rata kekerasan tanah surjan berdasarkan jenis tanaman yang diusahakan selama lima musim disajikan pada Tabel 5. Proses pematangan lebih lama pada permukaan tanah surjan bagian atas yang ditanami rambutan, tetapi pada tanah surjan bagian samping bawah pematangan lebih cepat. Sementara proses pematangan tanah surjan yang ditanami cengkeh lebih cepat baik bagian atas permukaan maupun bagian samping bawah (Gambar 16).

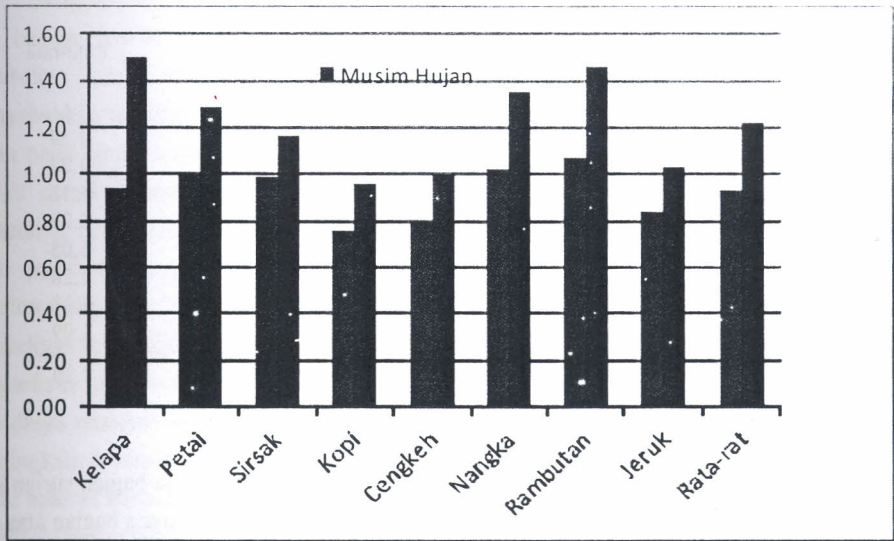
Tabel 4. Sifat fisika tanah pada sistem surjan dan tukungan di lahan rawa pasang surut tipe B, KP. Belandean, Barito Kuala, Kalsel. 2005.

No	Parameter/ Fraksi	Tekstur Tanah		
		Kondisi Awal	Sistem Surjan	Sistem Tukungan
1.	Pasir (%)	2,87	11,91	3,15
2.	Debu (%)	7,60	19,40	26,94
3.	Liat (%)	89,53	68,69	69,91

Sumber: Noor H. Dj. et al (2006)

Menurut Notohadiprawiro (1979) perkembangan kematangan tanah surjan lebih cepat di bagian atas permukaan daripada di bagian bawah. Hal ini karena bagian bawah mengalami pembasahan atau genangan secara berkala oleh air pasang, sehingga kecepatan mengering lebih terbatas. Pematangan bagian atas surjan pada musim kemarau lebih

cepat, khususnya pada tanaman kelapa dan rambutan. disusul tanaman nangka dan petai (Tabel 6 dan Gambar 16).



Gambar 16. Nilai kekerasan lahan surjan yang ditanami berbagai tanaman selama 3 MH dan 2MK (Diolah dari Notohadiprawiro, 1979)

Tabel 5. Nilai kekerasan rata-rata (kg/cm²) lahan surjan dengan berbagai tanaman pada lahan pasang surut, Barambai, Kalsel

No	Jenis tanaman	Posisi pengukuran	Musim Tanam				
			MH I	MK I	MH II	MK II	MH III
1	Kelapa	Pm Atas	0,94	1,50	1,24	1,61	1,16
		Sm Bawah	0,45	0,79	0,52	0,83	0,74
2	Petai	Pm Atas	1,01	1,29	1,07	1,50	1,28
		Sm Bawah	0,49	0,66	0,42	0,67	0,58
3	Sirsak	Pm Atas	0,99	1,16	1,12	1,25	0,94
		Sm Bawah	0,46	0,59	0,44	0,56	0,49
4	Kopi	Pm Atas	0,76	0,96	1,07	1,44	0,96
		Sm Bawah	0,37	0,45	0,41	0,65	0,44
5	Cengkeh	Pm Atas	0,80	1,00	0,98	1,42	0,84
		Sm Bawah	0,47	0,63	0,36	0,71	0,45
6	Nangka	Pm Atas	1,02	1,35	1,14	1,54	1,32
		Sm Bawah	0,47	0,70	0,44	0,63	0,48
7	Rambutan	Pm Atas	1,07	1,46	1,20	1,66	1,50
		Sm Bawah	0,60	0,60	0,51	0,70	0,84
8	Jeruk	Pm Atas	0,84	1,03	0,98	1,54	1,06
		Sm Bawah	0,56	0,81	0,37	0,62	0,72
	Rata-rata	Pm Atas	0,93	1,22	1,10	1,50	1,13
		Sm Bawah	0,48	0,65	0,43	0,67	0,59

Keterangan : Pm =permukaan, Sm = sampling,
 MH = musim hujan, MK = musim kemarau
 Sumber : Notohadiprawiro (1979)

Tabel 6. Kematangan tanah bagian atas surjan berdasarkan nilai penetrometer lahan rawa pasang surut Barambai, Kalimantan Selatan.

Jenis komoditas	Nilai Penetrometer (Kg/cm ²)		Rata-rata
	Musim Hujan	Musim Kemarau	
Kelapa	1,11	1,56	1,34
Petai	1,08	1,40	1,24
Sirsak	1,04	1,20	1,12
Kopi	0,93	1,20	1,05
Cengkeh	0,89	1,21	1,05
Nangka	1,12	1,44	1,28
Rambutan	1,20	1,56	1,38
Jeruk	0,94	1,28	1,09
Rata-rata	1,04	1,36	1,20

Sumber : Notohadiprawiro (1979)

Pada jenis tanah sulfat masam terjadi retakan lebih lebar pada bagian surjan karena lebih cepat mengalami kekeringan pada musim kemarau terlebih karena bagian atas surjan umumnya diambil dari lapisan bawah dengan kadar klei (*clay*) lebih tinggi. Sementara bagian surjan pada lahan gambut sering kekeringan (*irreversible drying*), khususnya apabila bagian atas diambil dari bagian lapisan bawah yang masih mentah (fibrik). Pada lahan gambut pembuatan surjan memacu terjadinya pelapukan (dekomposisi) dari bahan gambut yang dijadikan surjan. Apabila yang digali untuk surjan masih mentah maka amblas (*subsidence*) sangat tinggi (Gambar 17).



Gambar 17. Surjan dan jelutung di lahan gambut tebal, Desa Kelampangan, Kalteng (Dok M. Noor/Balittra)

3.2. Sifat-sifat Kimia Tanah Surjan

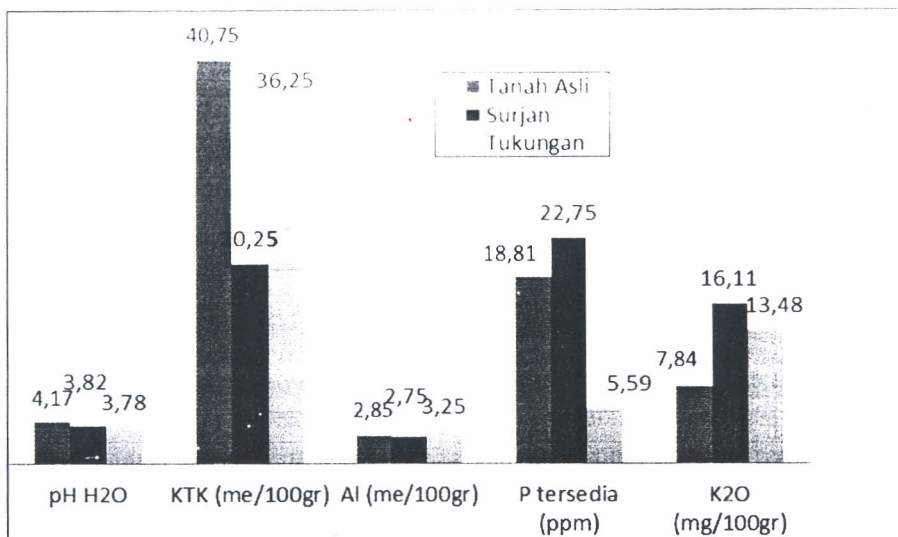
Sebagaimana sifat fisika, sifat-sifat kimia pada bagian atas surjan atau tembokan dan bagian bawah juga mengalami perubahan mengikuti waktu atau umur surjan. Perubahan kimia ini terkait dengan dinamika kering dan basah dari tanah yang menyebabkan terjadinya proses reduksi dan oksidasi yang menimbulkan perubahan kimia tanah pada lahan surjan. Perubahan sifat kimia tanah pada lahan surjan ini antara lain terkait dengan kemasaman tanah (pH), status hara tanah, jumlah kation dan anion, keracunan besi, mangan, atau aluminium dan asam-asam organik. Kemasaman tanah pada sistem surjan dan tukungan menjadi lebih tinggi (pH 3,78-3,82) dari sebelumnya pH 4,17 (Tabel 7). Perubahan sifat kimia tanah pada sistem surjan lebih besar dibandingkan dengan sistem tukungan. Keadaan ini menunjukkan bahwa pengusikan (*disturban*) pada tanah sulfat masam dengan dibuatnya surjan atau tukungan memacu terjadinya oksidasi yang berakibat meningkatnya kemasaman tanah dan diikuti dengan meningkatnya ion-ion toksik seperti Al, Fe dan sebagainya. Perubahan menjadi semakin besar apabila kemudian diikuti terjadinya pengelantangan (*expose*) dengan meningkatnya oksidasi lapisan pirit (FeS_2) yang terangkut ke bagian surjan atau tukungan (Gambar 17).

Tabel 7. Sifat kimia tanah pada sistem surjan dan tukungan di lahan rawa pasang surut tipe B, KP. Belandean, Barito Kuala, Kalsel. 2005.

No	Parameter	Karakteristik Sifat Kimia		
		Kondisi Awal	Sistem Surjan	Sistem Tukungan
1.	pH H_2O	4,17 (SM)	3,82 (SM)	3,78 (SM)
2.	pH KCl	3,34 (SM)	3,36 (SM)	3,36 (SM)
3.	C-organik (%)	5,70 (ST)	7,29 (ST)	5,72 (ST)
4.	N total (%)	0,39 (S)	0,38 (S)	0,35 (S)
5.	KTK (me/100gr)	40,75 (T)	20,25 (S)	36,25 (T)
6.	Ca (me/100gr)	1,499 (SR)	1,588 (SR)	0,587 (SR)
7.	Mg (me/100gr)	1,459 (S)	1,811 (S)	0,975 (R)
8.	K (me/100gr)	0,174 (R)	0,275 (R)	0,213 (R)
9.	Na (me/100gr)	0,797 (T)	0,899 (T)	1,148 (T)
10.	Al (me/100gr)	2,85	2,75	3,25
11.	P tersedia (ppm)	18,812 (S)	22,752 (S)	5,589 (SR)
12.	Fe (ppm)	527,1 (T)	940,3 (T)	1023,7 (T)
13.	SO_4 (ppm)	438 (T)	517 (T)	422 (T)
14.	P_2O_5 (mg/100gr)	76,34 (T)	139,93 (ST)	48,60 (T)
15.	K_2O (mg/100gr)	7,845 (R)	16,11 (R)	13,48 (R)

Keterangan: R= rendah; S=sedang, T= tinggi, SR/ST/SM = Sangat rendah/ tinggi/masam

Sumber : Noor, H. Dj. et al, 2006



Gambar 18. Perubahan beberapa sifat kimia tanah antara surjan dan tukungan dengan tanah asli pada tanah sulfat masam (Diolah dari Noor et al., 2006).

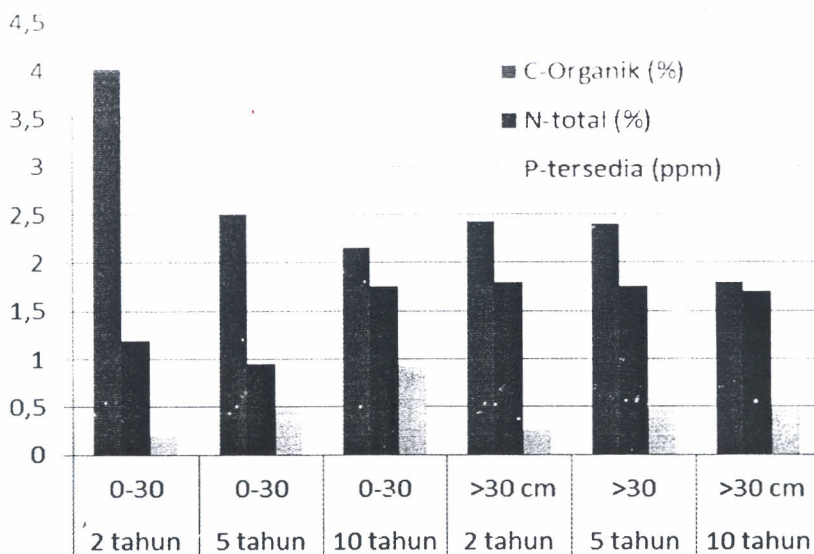
Perubahan sifat kimia tanah bagian atas surjan yang pertama adalah penurunan pH atau peningkatan kemasaman karena adanya oksidasi juga ditunjukkan pada Tabel 5. Namun yang menarik adalah adanya translokasi zat-zat atau senyawa basa disamping pelindian (*leaching*) ke luar badan surjan. Sifat kimia lainnya, adalah KTK yang meningkat dibandingkan dengan tanah semua diduga sebagai akibat pematangan tanah gambut karena humifikasi gambut mentah memperbanyak gugusan penukar ion yang aktif. Pematangan tanah gambut juga dapat dinilai dari nisbah C/N yang mempunyai nilai wajar untuk humus tanah dengan perembihan (permebialitas) yang baik. C-organik, N total, dan Daya Hantar Listrik (*Electric Conductivity*) tanah bagian atas surjan turun (Tabel 8). Menurut Notohadiprawira (1979) terjadinya pemasaman yang luar biasa menyebabkan nisbah C/N menjadi sangat kecil.

Tabel 8. Sifat kimia tanah surjan dan tanah asli, UPT Barambai, Kab. Barito Kuala Kalimantan Selatan.

Parameter	Tanah surjan			Tanah asli
	Sampling Atas	Sampling tengah	Sampling bawah	
pH H ₂ O tanah	3,89	3,84	3,79	3,96
DHL (mmhos/cm)	0,281	0,245	0,209	0,211
KTK (me/100 g)	48,24	46,12	44,01	37,85
C Organik (%)	4,68	4,46	4,24	3,53
N total (%)	0,83	0,97	1,11	0,52
Nisbah C/N	5,6	4,6	3,8	6,8
P tersedia (ppm)	43	40	37	48
Sulfat terlarut (ppm)	1,2	0,9	0,7	0,4
H tertukar (me/100 g)	35,82	35,19	34,56	30,97
Ca tertukar (me/100g)	2,70	2,24	1,78	2,37
K tertukar (me/100 g)	1,22	1,13	1,03	0,95

Sumber: Notohadiprawiro (1979)

Rasmadi (2003) yang meneliti pengaruh umur tukungan antara 2 tahun, 5 tahun, dan 10 tahun terhadap sifat kimia tanah bagian atas permukaan pada lapisan 0-30 cm dan lapisan bawah 30-60 cm pada lahan rawa pasang surut Desa Tanipah, Kab Banjar (Kalsel) yang ditanami jeruk pada tukungannya menunjukkan bahwa semakin tua umur tukungan semakin rendah kadar bahan organik dan nitrogen total. Penurunan ini diduga karena perombakan yang lebih cepat dibandingkan dengan akumulasi yang terjadi. Sebaliknya semakin tua umur tukungan semakin meningkat pH tanah, P tersedia dan KTK. Sedangkan P dan K total mengalami penurunan sampai 50% dengan semakin tua umur tukungan. Hanya saja sebagian basa tertukar mengalami penurunan pada umur tukungan 10 tahun setelah meningkat pada umumnya pada umur tukungan 5 tahun (Gambar 18).



Gambar 19. Perubahan sifat kimia tanah pada tukangan lapisan 0-30 cm dan > 30 pada umur 2, 5 dan 10 tahun, lahan rawa pasang surut Desa Tanipah, Kab. Banjar (Kalsel)

Sumber : Diolah dari Rasmadi (2003)

Gambaran di atas menunjukkan bahwa pemanfaatan lahan rawa pasang surut, misalnya untuk budidaya padi memerlukan inovasi teknologi atau sistem pengelolaan lahan yang antara lain yaitu pemberian bahan amelioran (Dent, 1986, Noor, 2004). Dalam kasus lahan sulfat masam yang digunakan untuk penanaman padi yang disawahkan dan disurjankan menunjukkan perbaikan lahan perlu dilakukan misalnya dengan pemberian bahan amelioran seperti dolomit atau kalsit dengan takaran antara 0,5-2,0 t/ha yang jumlah atau takarannya tergantung pada tingkat kemasamannya agar hasil padi yang diperoleh lebih baik.

Hasil penelitian di lahan sulfat masam Karang Agung, Sumatera Selatan menunjukkan sifat kimia tanah dari tanah yang disawahkan dan disurjankan lebih baik dibandingkan dengan kondisi sebelumnya (tanah asli) antara lain pH meningkat, kelarutan besi menurun, keracunan besi menurun, dan hasil padi meningkat khususnya pada tanam ketiga (MH II). Kelarutan dan keracunan besi pada padi pada lahan surjan lebih tinggi dibandingkan sawah. Hasil padi semakin meningkat seiring dengan perubahan sifat-sifat tanah yang lebih baik karena adanya pemberian bahan amelioran. Bahan amelioran dapat berpengaruh sampai tanam ke tiga, karena adanya efek residu yang semakin baik semakin

lama (Tabel 9). Inovasi teknologi pendukung, termasuk perbaikan lahan dan pemupukan dalam pengembangan sistem surjan ini dikemukakan dalam Bab IV.

Tabel 9. Sifat-sifat kimia tanah pada sulfat masam tanah sebelum dan sesudah dijadikan sawah dan surjan, Karang Agung Ulu, 1991-1993.

Parameter	Sawah				Surjan			
	Sebelum	MH I	MK	MH II	Sebelum	MH I	MK	MH II
pH tanah	3,8	4,2	4,1	4,5	3,7	4,1	4,0	4,7
Fe larut (ppm)	169,6	128,2	121,5	86,3	144,2	152,2	149,5	72,6
Al-dd (me/10 g)	21,1	20,4	22,2	19,6	35,5	32,1	28,5	18,5
Fe toxicity (%)	-	38,5	29,5	14,3	-	37,0	28,3	15,0
Hasil (ton/ha)	2,0	2,3	2,9	3,3	1,8	2,2	2,6	3,5

Sumber: Ismail et al. (1993)

3.3. Sifat-sifat Biologi Tanah Surjan

Sifat-sifat biologi lahan rawa pasang surut atau rawa lebak yang disurjankan mengikuti perkembangan sifat fisika dan sifat kimia tanah yang terjadi. Perkembangan tutupan lahan atau vegetasi yang tumbuh di atasnya juga dapat berpengaruh terhadap sifat atau keadaan biologi tanah surjan antara lain makrofauna dan mikrofauna, termasuk mikroba. Makrofauna utama yang ditemukan antara lain jenis cacing dan rayap, sedangkan mikroba yang penting antara lain jamur, bakteri atau sejenisnya yang mempunyai peran sebagai perombak, pengikat N, dan atau pelepas P secara beragam ditemukan pada lahan surjan. Hasil penelitian sifat biologi tanah ini khususnya pada tanah surjan masih terbatas. Namun perubahan kondisi lahan sebagaimana dikemukakan di atas tentang sifat kimia dan kesuburannya tentu sangat berpengaruh terhadap kondisi kehidupan makro dan mikrofauna yang ada di lahan surjan, khususnya lahan rawa.

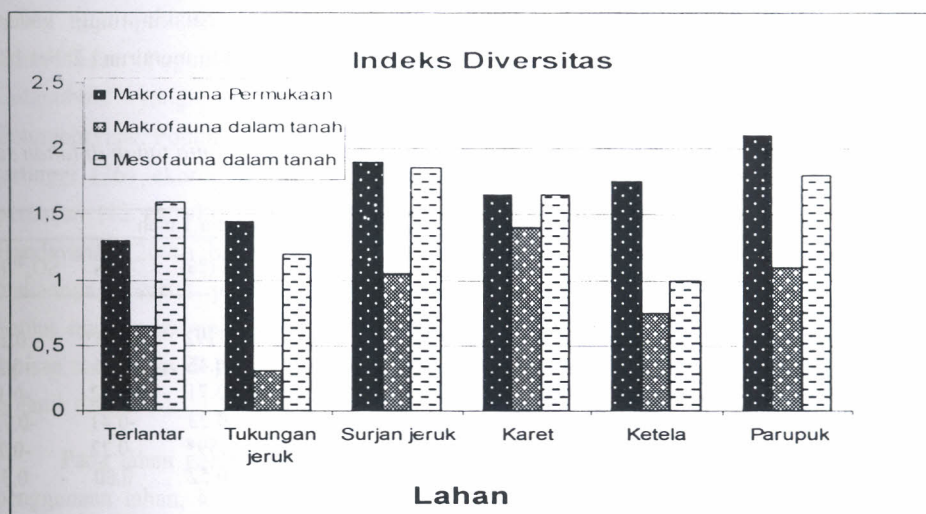
Kelimpahan dan keanekaragaman fauna tanah di lahan sulfat masam sangat tergantung pada jenis tanah, kelembaban, kemasaman, kadar bahan organik, dan genangan air. Hasil penelitian Maftu'ah *et al.* (2007) menunjukkan bahwa populasi mesofauna yang aktif di permukaan tanah dengan tanaman jeruk tertinggi pada surjan, sedangkan terendah pada tukungan. Populasi makrofauna aktif di permukaan tanah tertinggi pada areal tumbuhan perupuk (*Pragmites karka*), sedangkan populasi terendah ditemukan pada areal lahan terlantar (Tabel 10).

Tabel 10. Populasi mesofauna dan makrofauna yang aktif di permukaan tanah pada berbagai penggunaan dengan berbagai tanaman di lahan sulfat masam.

Jenis fauna tanah	Populasi (ekor jebak) pada berbagai penggunaan lahan					
	Terlantar	Tukungan jeruk	Surjan jeruk	Karet	Ubi kayu	Parupuk
Mesofauna						
- Diplura	-	-	3	3	1	3
- Acarina	-	-	10	-	1	-
- Collembola	2	-	5	5	2	20
- Isopoda	2	-	2	1	-	-
- Isoptera	-	-	4	2	-	-
Jumlah	4	-	24	11	4	23
Makrofauna						
- Hymenoptera	9	8	52	8	5	59
- Araneidae	2	2	5	3	10	9
- Diplopoda	2	8	5	6	4	-
- Coleoptera	-	-	-	2	2	4
- Diptera	2	2	2	-	-	4
- Orthopthera	-	-	-	4	6	-
- Chilopoda	-	-	-	-	-	8
- Homoptera	-	-	-	-	-	2
Jumlah	15	20	64	23	27	86

Sumber: Maftuah et al. (2007)

Perbedaan sistem penggunaan lahan dan jenis komoditas yang ditanam mempengaruhi keanekaragaman dan populasi makrofauna tanah. Penggunaan lahan mempengaruhi kelembaban, suhu serta beberapa sifat kimia tanah seperti dikemukakan sebelumnya. Makrofauna yang aktif di permukaan tanah bersifat sesaat, pada kondisi menguntungkan populasi meningkat dan sebaliknya pada kondisi merugikan berpindah tempat. Kondisi yang disukai oleh fauna tanah bersifat aerob dan lembab tetapi tidak berair. Keanekaragaman makrofauna atau mikroorganisme dapat dinilai dengan Indeks Keanekaragaman (IK). IK makrofauna dipermukaan umumnya lebih tinggi dibandingkan di dalam tanah. IK makrofauna permukaan tanah yang tertinggi ditemukan pada areal pertanaman karet dan terendah pada areal lahan terlantar. IK makrofauna dalam tanah tertinggi juga ditemukan pada areal pertanaman karet dan terendah pada areal tukungan jeruk. IK mesofauna rata-rata tertinggi ditemukan pada areal surjan jeruk dan terendah pada areal pertanaman ubi kayu (Gambar 19).



Gambar 20. Indeks Keanekaragaman (IK) fauna tanah pada berbagai penggunaan lahan dan komoditas.

Sumber: Maftuah *et al.* (2007)

Penurunan keanekaragaman organisme tertentu dapat dijadikan bioindikator atau deteksi dini terjadinya perubahan habitat atau ekosistem tertentu. Menurut Maftuah *et al.* (2013) dengan mengutip beberapa pendapat pakar lingkungan, menyatakan bahwa bioindikator adalah organisme yang dapat memberikan respon, indikasi, peringatan dini atau representasi serta refeksi dan informasi dari kondisi dan atau perubahan yang terjadi pada suatu ekosistem. Salah satu peran bioindikator adalah untuk menentukan kualitas tanah pada ekosistem tertentu. Kualitas tanah umumnya ditentukan oleh sifat fisik dan kimia. Penggunaan organisme juga dapat digunakan sebagai bioindikator perubahan lingkungan yang berdampak terhadap kualitas tanah. Bioindikator yang dapat digunakan untuk menentukan kualitas tanah harus memiliki ciri antara lain: biota sensitif terhadap perubahan, mempunyai respon spesifik, mudah ditemukan dalam jumlah banyak dan biaya penentuan relatif murah (Maftu'ah, 2002). Keberadaan fauna tanah dapat dijadikan bioindikator kualitas tanah. Fauna tanah berperan penting dalam proses yang ada di dalam tanah, diantaranya dekomposisi, aliran karbon, redistribusi unsur hara, siklus unsur hara, bioturbasi dan agregrasi tanah (Giller *et al.* 1997).

Berdasarkan peneitian Maftu'ah *et al.* (2007), keberadaan fauna tanah berhubungan dengan sifat fisik dan kimia tanah di lahan sulfat masam. Misalnya, populasi makrofauna dalam tanah seperti cacing (*Oligochaeta*) dan lalat (*Diptera*) pada tanah sulfat masam menunjukkan korelasi negatif terhadap kelembaban tanah pada batas antara 80-96%. Hal ini terjadi karena pada lokasi penelitian tergolong lahan rawa pasang surut yang dengan

kondisi umumnya anaerob dan kadar air tinggi, sehingga semakin tinggi kadar air tanahnya data antara 80-96% justru populasi cacing tanah semakin menurun (Tabel 11).

Tabel 11. Koefisien korelasi antara fauna tanah dengan sifat kimia tanah di lahan sulfat masam

Fauna tanah	Sifat Fisika dan Kimia Tanah					
	Kelembaban (%)	pH	C (%)	N (%)	C/N	SO ₄ ²⁻ (ppm)
Makrofauna permukaan						
Kelimpahan Semut	-0.497	0.49	-0.49	0.192	-0.65*	0.21
Kelimpahan Cacing	-0.546	-0.68*	-0.11	-0.45	0.26	-0.26
Kelimpahan Kumbang	-0.35	-0.23	-0.35	-0.71	-0.22	-0.19
Kelimpahan Jangkrik	-0.07	-0.36	-0.28	-0.23	-0.41	-0.72*
Kelimpahan Laba-laba	0.08	-0.01	-0.04	0.59*	-0.22	-0.29
Kelimpahan Lalat	-0.09	-0.16	-0.16	-0.52	0.00	0.31
Mesofauna dalam tanah						
Kelimpahan Rayap	-0.19	-0.19	-0.37	-0.42	-0.33	-0.41
Kelimpahan Acarina	-0.48	0.21	-0.52	0.07	-0.64*	0.09
Kelimpahan Isopoda	0.39	-0.13	0.61*	0.95**	0.42	-0.42
Kelimpahan Diplura	-0.21	0.27	-0.28	-0.56	-0.13	0.69*
Kelimpahan Collembola	0.16	0.20	0.38	0.31	0.32	-0.27
Makrofaunadalam tanah						
Kelimpahan Semut	0.18	0.23	0.59*	0.53	0.51	0.13
Kelimpahan Cacing	-0.86*	-0.15	0.59*	-0.56	-0.52	0.11
Kelimpahan Kaki seribu	0.15	-0.05	-0.24	-0.45	-0.16	-0.16
Kelimpahan Lipan	-0.19	-0.11	-0.31	-0.36	-0.28	-0.35
Kelimpahan Diptera	-0.89**	-0.44	-0.62	-0.50	-0.77*	-0.17
Keanekaragaman						
Makrofauna di permukaan	-0.289	-0.487	-0.453	-0.546	-0.336	-0.515
Mesofauna di dalam tanah	-0.049	0.596*	-0.272	-0.07	-0.353	-0.564*
Makrofauna di dalam tanah	-0.803*	-0.196	-0.277	-0.726*	-0.117	0.130

Keterangan: *korelasi nyata, **korelasi sangat nyata

Sumber : Maftuah et al. (2007)

Populasi Isopoda berkorelasi positif nyata terhadap kadar bahan organik tanah, N total dan kemasaman tanah pada lahan sulfat masam. Keanekaragaman makrofauna tanah yang aktif di permukaan tidak menunjukkan korelasi dengan faktor fisika dan kimia tanah. Namun mesofauna dalam tanah yang diekstraksi dengan *Barlese Tullgren* menunjukkan korelasi positif dengan pH tanah. Pada lahan lebak, keanekaragaman fauna tanah cukup tinggi, baik fauna yang aktif di permukaan maupun di dalam tanah didominasi oleh ordo Acarina, Hymenoptera, Diptera, sedangkan fauna yang aktif di dalam tanah didominasi oleh Collembola, Oligochaeta, Diplopoda (Maftuah et al., 2004). Populasi Acarina pada musim hujan di areal lebak terlantar lebih tinggi (184 ekor/kg tanah) dibandingkan pada areal pertanaman karet (104 ekor/kg tanah). Acarina yang

sering dijumpai di lahan lebak adalah family Polyaspididae, Uropodidae dan Trambillidae. Populasi Collembola tertinggi (16 ekor/kg tanah) di lahan terlantar. Collembola yang ditemukan adalah famili Sminthuridae, Onychiuridae dan Entomobryidae. Populasi family Formicidae (Hymenoptera) dominan di lahan rawa lebak, tertinggi (264 ekor/kg tanah) dijumpai pada areal tumbuhan perupuk, diikuti lahan pertanian (12 ekor/kg tanah) dan areal pertanaman karet (4 ekor/kg tanah). Menurut Handayanto (2000) bahwa famili Formicidae (semut) merupakan fauna yang habitat makannya bervariasi yaitu termasuk dalam karnivora, saprofit, predator dan decomposer. Semut mampu mempengaruhi struktur tanah dengan menggali sarang dan menimbun lapisan tanah tipis di permukaan. Semut lebih menyukai tanah dengan kandungan bahan organik tinggi.

Pada lahan gambut populasi dan jenis fauna tanah bervariasi tergantung macam penggunaan lahan, ketebalan gambut dan musim (Maftu'ah *et al.*, 2004). Pada lahan gambut populasi mesofauna tanah pada areal pertanaman karet lebih tinggi dibandingkan areal pertanaman nenas, terong, jagung, dan lahan terlantar, tetapi keanekaragaman tertinggi pada lahan terlantar. Fauna tanah yang dominan adalah Acarina kemudian disusul oleh Diptera, Hymenoptera, Thymenoptera. Populasi Acarina pada musim hujan tertinggi pada areal pertanaman karet (54 ekor/kg tanah), sedangkan di lahan terlantar lebih rendah (20 ekor/kg tanah).

Keberadaan cacing tanah di lahan gambut sangat tergantung pada pengelolaan lahannya. Pada lahan gambut alamiah jarang dijumpai cacing tanah, namun pada lahan gambut yang dibudidayakan lebih banyak. Biomassa dan populasi cacing tanah pada beberapa penggunaan lahan gambut dipengaruhi oleh musim. Pada lahan bergambut ditemui tiga spesies cacing tanah yaitu *Dichogaster* sp., *Pontoscolex corethrurus* dan *Megascolex* spp, sedangkan pada lahan gambut tebal hanya ditemui *Dichogaster* sp. yang dimungkinkan berasal dari bahan amelioran yang digunakan. Populasi cacing tanah di lahan gambut lebih besar pada musim hujan dibanding musim kemarau (Maftu'ah dan Susanti, 2009). Beberapa fauna tanah lainnya, seperti Coleoptera dan Carabidae mempunyai populasi lebih tinggi pada musim kering (arid) dibandingkan musim basah (winter) di lahan rawa Swedia (Anderson, 2011).

Pada lahan rawa terdapat sejumlah mikroorganisme seperti jamur dan bakteri yang berkembang, tergantung pada kondisi iklim, tanah dan air di lokasi setempat. Bakteri yang banyak ditemui di lahan rawa pasang surut sulfat masam adalah genus *Desulfovibrio* yang berperan dalam reduksi sulfat yang bersifat *obligat anaerob* yaitu hanya mampu hidup dan giat berkembang dalam suasana anaerob. Mikroorganisme yang berperan dalam oksidasi besi dan pirit di lahan sulfat masam adalah genus *Thiobacillus*. terdiri atas 3 jenis, yaitu (1) *Thiobacillus ferrooxidans* yang mengoksidasi Fe (II) dan pirit

(FeS₂). (2) *Thiobacillus acidophilus*, berperan mengoksidasi pirit hanya pada keadaan tertentu, dan (3) *Thiobacillus thiooxidans* yang hanya mengoksidasi sulfur dan pirit, dan *T. ferrooxidans* secara cepat menghasilkan Fe³⁺ dari Fe²⁺ dalam suasana masam (Subba-Rao, 1994).

Sistem surjan merupakan perpaduan antara sistem sawah dengan sistem tegalan. Sistem surjan dalam perkembangannya sangat dipengaruhi oleh unsur-unsur atau komponen yang terdiri atas (1) sub-sistem lahan, (2) sub-sistem sosial ekonomi, dan (3) sub-sistem ekologi atau lingkungan. Sub-sistem lahan terdiri atas unsur tanah, air, dan tanaman. Sub-sistem sosial ekonomi terdiri atas nilai-nilai yang terdapat dalam masyarakat, selain persepsi, sikap mental, kerjasama atau gotong-royong, kebanggaan, termasuk nilai-nilai ekonomi seperti harga, pasar, investasi (tabungan), dan modal. Sub-sistem lingkungan terdiri atas nilai-nilai lingkungan seperti dampak atau ancaman banjir, kekeringan, pencemaran dan nilai lingkungan lainnya.

Komponen teknologi pendukung dalam pertanian sistem surjan mempunyai nilai terkait dengan unsur-unsur agro fisik lahan, sosial ekonomi dan lingkungan. Komponen teknologi pendukung dalam kaitannya dengan sumber daya lahan seperti: penyiapan lahan, pengelolaan air dan drainase, pengelolaan hara dan pemupukan, pola dan pergiliran tanaman. Masing-masing komponen teknologi pendukung ini secara tidak langsung terkait dengan sub sistem sosial ekonomi. Dengan kata lain bahwa masing-masing komponen teknologi pendukung ini berkontribusi dalam meningkatkan produksi dan lingkungan seperti rendah emisi, ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Uraian berikut mengemukakan beberapa komponen teknologi pendukung pada sistem surjan di lahan rawa antara lain (1) penyiapan lahan, (2) pengelolaan air, (3) pengelolaan hara dan pupuk, (4) penggunaan mulsa dan bahan organik, (5) penggunaan varietas adaptif, dan (6) pola dan pergiliran tanaman.

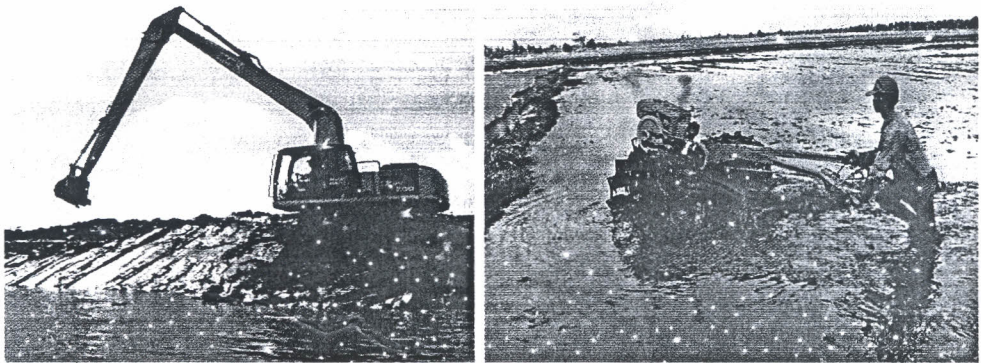
4.1. Penyiapan Lahan

Penyiapan lahan dalam sistem surjan terbagi dalam 2 (dua) bentuk penyiapan lahan, yaitu pada sawah yang ditanami padi dan surjan yang ditanami tanaman lahan kering seperti palawija, hortikultura, termasuk sayur mayur, dan tanaman perkebunan. Penyiapan dapat dilakukan secara konvensional dengan cangkul atau dalam skala besar dapat menggunakan alat berat seperti *excavator*, *tractor* dan lainnya. Hanya saja masing-masing mempunyai kelemahan dan keunggulan. Misalnya penggunaan cangkul atau traktor dalam penyiapan lahan memerlukan waktu relatif lama dibandingkan dengan *excavator*. Namun dalam hal membatasi kedalaman pengolahan atau pengambilan lapisan tanah yang berpirit (FeS_2), dimana cara konvensional lebih mudah dibandingkan dengan

cara mekanik (excavator). Penyiapan lahan dapat dibantu dengan penggunaan herbisida dalam mengendalikan gulma-gulma yang *bandel* dan tumbuh subur dan rapat di lahan rawa.

Penyiapan lahan dalam konteks untuk budidaya tanaman, misalnya padi dalam pengolahan tanah (*soil tillages*), penggunaan alat dan mesin pertanian (alsintan) jauh lebih hemat dibandingkan dengan cara-cara tradisional seperti *tajak*, atau cangkul. Hasil penelitian BALITTRA (2013) menuntunjukan bahwa penyiapan lahan secara tradisional (manual) memerlukan tenaga kerja sebesar 33,5 hari orang kerja (HOK)/ha, sedangkan dengan alsintan (traktor tangan) hanya memerlukan tenaga setara 8 HOK/ha. Selain itu, kegiatan tanam secara tradisional juga memerlukan tenaga cukup besar (29 HOK/ha) dibandingkan dengan alsintan hanya memerlukan tenaga 3 HOK/ha.

Penyiapan lahan untuk usaha perkebunan terikat dengan sistem tanpa bakar (PLTB), dalam hal ini rumpukan kayu dan ranting dapat dikumpulkan sebagai bahan surjan dengan cara dipotong-dipotong kecil, dihancurkan, dan dibuat melapuk secara alami atau dibantu dengan kimia atau hayati (mikroba) untuk kemudian ditimbun dengan tanah pada bagian atas.



Gambar 21. Pembukaan lahan dengan excavator dan penyiapan lahan dengan traktor.

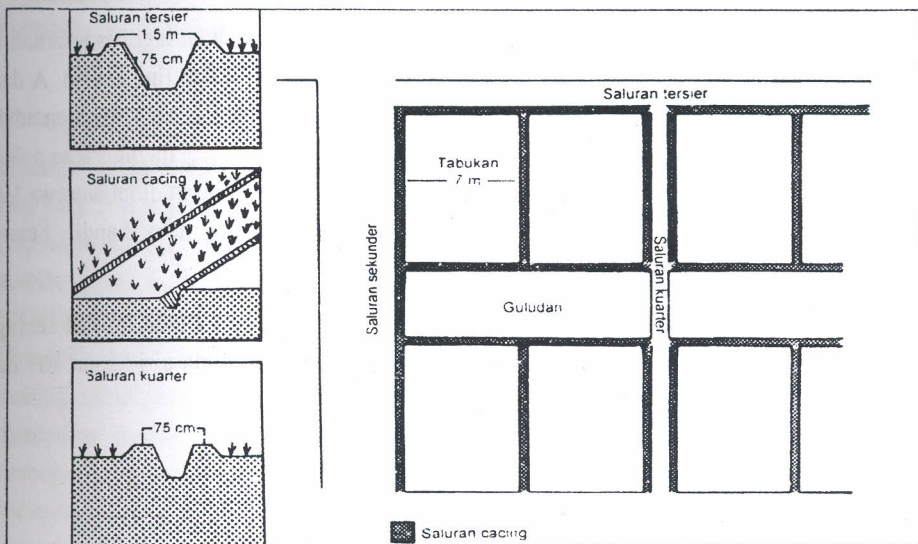
4.2. Pengelolaan Air dan Drainase

Sistem surjan pada dasarnya merupakan salah satu upaya dalam menyiasati keadaan genangan atau banjir yang sering dialami lahan rawa dalam budidaya tanaman pertanian. Namun demikian, dalam pemanfaatan atau budidaya pertanian di lahan rawa pengelolaan air semestinya dikelola dalam satuan (unit) hamparan yang berada antara dua saluran tersier. Hal ini dimaksudkan agar pengelolaan dapat lebih efektif dan efisien.

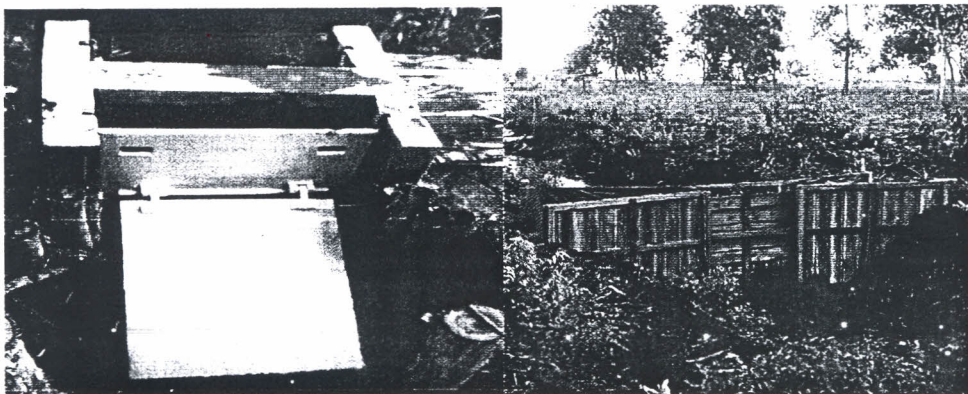
Pengelolaan air di lahan rawa dibagi dalam dua sistem pengelolaan, yaitu di (1) tingkat makro dan (2) ditingkat mikro.

Pengelolaan air di tingkat makro merupakan satuan unit pengelolaan (UPT) yang dapat dalam satu skim sistem garpu (di Kalimantan Selatan dan Kalimantan Tengah) atau sistem sisir (di Sumatera umumnya dan Kalimantan Barat). Pengelolaan air di tingkat mikro merupakan satuan unit pengelolaan kecil (tersier) yaitu petakan usaha tani dari tersier, kuarter, dan petak usaha tani (sawah).

Pengelolaan air skala mikro atau tata ar mikro (TAM) ini diperlukan pengaturan air di saluran tersier, saluran kuarter, saluran cacing, saluran kemalir, pintu air masuk (*inlet*), pintu air keluar (*out let*) dengan bangunan pintu air (*flapgate*), tanggul, dan jalan usaha tani, termasuk jembatan (Gambar 21 dan 22). Model pengelolaan air skala mikro ini perlu memperhatikan tipologi lahan, tipe luapan, dan ketinggian muka air saat pasang besar atau banjir.



Gambar 22. Pengelolaan air mikro (TAM) yang terdiri dari surjan/guludan, saluran tersier, kuarter dan saluran cacing.



Gambar 23. Model pintu air (flapgate) pada SISTAK dan tabat konservasi (dam overflow) untuk mendukung pengelolaan air mikro (TAM) di lahan usaha tani.

Sistem pengelolaan air di lahan rawa pasang surut dibedakan lagi berdasarkan tipe luapan, yaitu sistem tata air satu arah, sistem tata air dua arah untuk tipe luapan A dan B dan sistem tabat untuk tipe luapan C (Lihat Gambar 22). 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. Sementara di lahan rawa lebak khususnya lahan rawa lebak yaitu sistem tabat konservasi atau handil bersekat (HARKAT) untuk tipologi lebak dangkal dan menengah.

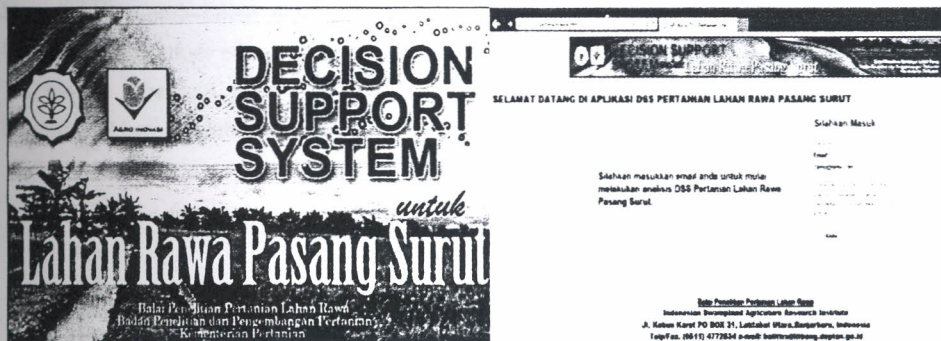
Penggalian pembuatan saluran perlu diperhatikan kedalaman lapisan pirit sehingga tinggi permukaan air yang berada dalam saluran yang berada pada sisi kanan kiri tidak lebih rendah dari lapisan pirit sehingga pirit mudah teroksidasi,

4.3. Pengelolaan Hara dan Pemupukan

Pengelolaan hara dan pemupukan dalam sistem surjan, terbagi dua yaitu : (1) bagian sawah (*raise bed*), dan bagian surjan (*sunken bed*). Pada bagian sawah berlaku anjuran pemupukan untuk tanaman padi dan pada bagian atas atau surjan berlaku anjuran pemupukan untuk tanaman palawija, sayuran, atau buah-buahan, tergantung pada jenis tanaman yang dibudidayakan.

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 penentuan jumlah pupuk untuk padi. Aplikasi DSS ini dapat diakses di website BALITTRA (www.BALITTRA.litbang.deptan.go.id) (Gambar 24).



Gambar 24. Tampilan luar dan bagian dalam DSS Pemupukan Lahan Rawa

Beberapa jenis pupuk organik dan hayati dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk anorganik, seperti BIOTARA, BIOSURE, PUGAM. BIOTARA merupakan pupuk hayati yang terdiri dari konsorsia mikroba dekomposer (*Trichoderma sp*), pelarut-P (*Bacillus sp*), dan penambat N (*Azospirillum sp*) yang dapat meningkatkan hasil padi 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). PUGAM merupakan pupuk gambut yang merupakan pupuk organik yang diperkaya dengan berbagai bahan amelioran dan mikroba. Masukan poster dari Destika dan Mukhlis (Sains Indonesia). Jurnal Agrivita Unibraw

4.3.1 Pemupukan dan ameliorasi untuk tanaman padi

Rata-rata kehilangan hara N, P dan K yang terangkut dari setiap ton/ha hasil panen padi varietas unggul masing-masing sebesar 17,5 kg; 3,0 kg; dan 17,0 kg (Tabel 12). Penggunaan padi hibrida dapat menyebabkan kehilangan hara lebih besar lagi, karena padi jenis ini membutuhkan hara yang lebih banyak dibanding varietas unggul (Dierolf, 2000).

Tabel 12. Jumlah hara yang terangkut pada saar panen padi varietas unggul

Unsur hara	Total hara yang terangkut panen (kg hara/t gabah)		
	Gabah+jerami	Gabah	Jerami
N	17,5	10,5	7,0
P	3,0	2,0	1,0
K	17,0	2,5	14,5
Ca	4,0	0,5	3,5
Mg	3,5	1,5	2,0
S	1,8	1,0	0,8
Zn	0,05	0,02	0,03
Si	80	15	65
Fe	0,50	0,20	0,30
Mn	0,50	0,05	0,45
Cu	0,012	0,009	0,003
B	0,015	0,005	1,010

Sumber: Dobermann dan Fairhurst (2000)

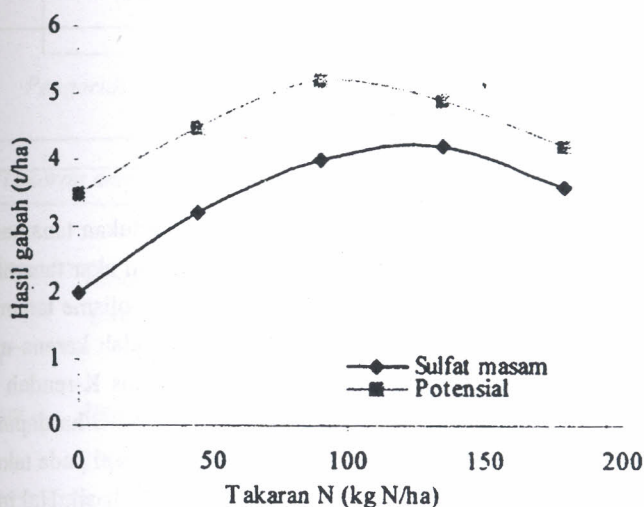
Pemupukan efisien dan efektif apabila memperhatikan faktor kemampuan tanah, ketersediaan hara, dan kebutuhan hara tanaman. Oleh karena itu, dalam aplikasi pupuk berimbang diperlukan data hasil analisis tanah dan kebutuhan hara tanaman selama masa pertumbuhannya. Sebagai contoh, pemupukan P dan K tanaman padi berdasarkan status hara tanah (Tabel 13). Selain itu, untuk penyusun kebutuhan pupuk untuk tanaman padi di lahan rawa pasang surut dapat menggunakan *Decision Support System* (DSS) yang dapat diunduh dari website BALITTRA (Lihat Gambar 24). 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.

Tabel 13. Takaran pupuk P dan K tanah sawah berdasarkan status haranya

Kelas status hara	Kadar hara terekstrak		Rekomendasi pupuk		
	HCl 25%		SP-36	KCl	
	P	K		-jerami	+jerami
	mg P ₂ O ₅ /100 g	mg K ₂ O /100 g		----- kg ha ⁻¹ -----	
Rendah	<20	<10	100	100	50
Sedang	20-40	10-20	75	50	0
Tinggi	>40	>20	50	50	0

Tingkat ketersediaan nitrogen (N) pada tanah sulfat masam umumnya rendah, sehingga tanaman sering menampakkan gejala defisiensi. Akibatnya jumlah anakan sedikit, warna daun pucat, dan hasil yang diperoleh rendah. Pemberian pupuk N

berpengaruh nyata terhadap peningkatan hasil padi, namun pemberian pada takaran yang tinggi hanya berpengaruh terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman padi. Menurut Ar-Riza (2001) hasil analisis regresi hubungan antara pemberian pupuk N dengan hasil padi membentuk persamaan regresi kuadratik, yaitu $Y = 0,835 + 0,0998 N - 0,00043 N^2$ ($R^2 = 0,97$) untuk lahan potensial, dan $Y = 0,055 + 0,091 N - (5,165 \times 10^{-4}) N^2$ ($R^2 = 0,98$) untuk lahan sulfat masam (Gambar 24). Berdasarkan persamaan tersebut takaran pupuk N maksimal untuk lahan potensial 90 kg N/ha dan lahan sulfat masam 135 kg N/ha. Untuk meningkatkan efisiensi pemupukan, sebaiknya pupuk diberikan dua tahap, yaitu 1/3 bagian diberikan pada saat tanam, dan 2/3 bagian lagi pada saat tanaman telah berumur 30 hari setelah tanam.



Gambar 25. Hubungan pupuk N dengan hasil padi di lahan sulfat masam dan sulfat lahan potensial (Ar-Rza, 2001).

Selain nitrogen, fosfat (P) merupakan unsur hara esensial yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah banyak. Gejala kekurangan P pada padi ditunjukkan adanya gangguan pertumbuhan, tanaman kerdil, warna daun hijau tua, keras, dan banyak gabah hampa. Hasil penelitian di lahan sulfat masam Unit Tatas, Kalimantan Tengah menunjukkan pemberian 90 kg P_2O_5 /ha yang dikombinasikan dengan 1,5 ton kapur/ha dapat meningkatkan hasil padi sebesar 90% (2,38 t GKG/ha), sedang pemberian P saja hanya meningkatkan hasil padi sebesar 25% (1,5 t GKG/ha). Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa pengaruh residu P masih tampak sampai dengan pertanam padi ketiga.

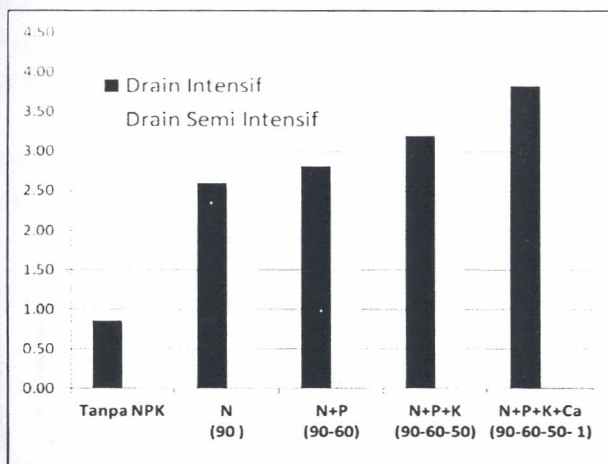
Hasil penelitian lainnya menunjukkan bahwa pengaruh pemupukan P tergantung pada status P di dalam tanah. Pada status P-rendah pemberian pupuk P berpengaruh nyata terhadap peningkatan hasil. Pemberian pupuk P dapat meningkatkan jumlah malai secara nyata pada pemberian 45 kg P₂O₅/ha, dapat meningkatkan jumlah gabah isi sebesar 32,8% tetapi tidak berbeda nyata dengan takaran yang lebih tinggi yaitu 67,5 kg P₂O₅/ha. Pemberian 45 kg P₂O₅/ha dapat memberikan hasil sebesar 4,00-4,12 t GKG/ha (Tabel 14).

Tabel 14. Pengaruh pupuk P terhadap pertumbuhan padi Batanghari di lahan pasang surut sulfat masam aktual, Kalimantan Selatan

Takaran pupuk P (kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹)	Hasil padi (t GKG/ha)	Jumlah malai/rumpun	Jumlah gabah isi/malai
0	3,23	11,6	89,0
22,5	4,40	12,4	109,6
45,0	4,12	13,2	118,2
67,5	4,37	13,3	12,8
Rata-rata	3,95	12,6	109,3

Kalium (K) juga merupakan hara esensial yang diperlukan tanaman dalam jumlah banyak, karena unsur K berpengaruh terhadap perkembangan akar tanaman, menguatkan vigor tanaman, dan berperan sebagai Co-enzim dalam metabolisme tanaman. Di lahan rawa pasang surut umumnya ketersediaan unsur hara K rendah karena unsur ini mudah tercuci. Hasil penelitian di lahan sulfat masam dengan status K-rendah untuk tanaman padi menunjukkan bahwa pemberian K sekitar 25-37,5 kg K₂O/ha dapat meningkatkan berat gabah secara nyata, dan mempengaruhi kualitas hasil, tetapi pada takaran yang lebih tinggi tidak memberikan pengaruh nyata terhadap peningkatan hasil. Hal ini menunjukkan bahwa status hara pada lahan rawa, khususnya lahan sulfat masam tergolong rendah. Selain itu, kombinasi pemupukan dengan drainase intensif memberikan hasil padi lebih baik yang menunjukkan perlunya proses pelindian dalam pengelolaan lahan rawa. Pemberian hara lengkap (NPKCa) dapat memberikan hasil padi 3,5-4,0 ton GKG/ha (Gambar 26).

Hasil penelitian pengelolaan hara yang dilakukan oleh BALITTRA diperoleh takaran pupuk untuk tanaman padi (Tabel 15). Hasil penelitian BALITTRA menunjukkan bahwa tanaman padi varietas lokal yang dikenal sebagai varietas yang tidak tanggap terhadap pemupukan, ternyata dengan pemberian pupuk 60 kg N + 60 kg P₂O₅ + 50 kg K₂O/ha dapat meningkatkan hasil sebesar 42-77% (2,84- 3,54 t/ha) (Nursyamsi dan Alwi, 2012).



Gambar 26. Pengaruh pupuk N,P,K dan Ca terhadap hasil gabah (t GKG/ha) di lahan rawa pasang surut sulfat masam.

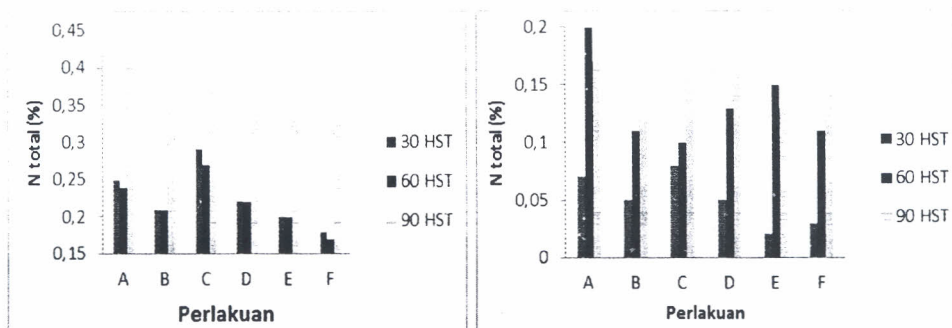
Tabel 15. Takaran amelioran dan pupuk pada padi di lahan pasang surut

Tipologi lahan	Takaran amelioran dan pupuk (kg/ha)					
	Kapur/abu gergajian	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CuSO ₄	ZnSO ₄
Potensial	0	45-90	22,5-45	50	-	-
Sulfat masam	1000-3000	67,5-135	45-70	50-75	-	-
Gambut	1000-2000	45	60	50	5	10

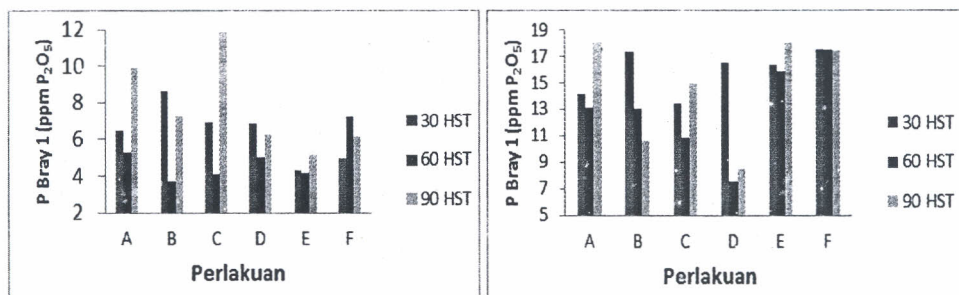
Sumber : Alihamsyah (2003).

Pupuk hayati BIOTARA yang adaptif dengan lahan rawa pasang surut mampu meningkatkan produktivitas tanaman. Komposisinya terdiri dari konsorsia mikroba dekomposer (*Trichoderma sp*), pelarut-P (*Bacillus sp*), dan penambat N (*Azospirillum sp*). Pupuk hayati ini dapat mengikat N, meningkatkan ketersediaan hara P tanah, mempercepat perombakan sisa-sisa organik, dan memacu pertumbuhan. Formula pupuk hayati BIOTARA tersebut telah teruji mampu meningkatkan efisiensi pemupukan N dan P dan meningkatkan hasil padi. Pemberian pupuk hayati BIOTARA sebesar 25 kg ha⁻¹ dengan pupuk NPK Pelangi 400 kg ha⁻¹ serta pemanfaatan bahan organik *in situ* dapat meningkatkan hasil sebesar 35,43% (varietas Margasari) dan 48,52% (varietas Inpara 1) dibandingkan cara petani (Mukhlis, 2011).

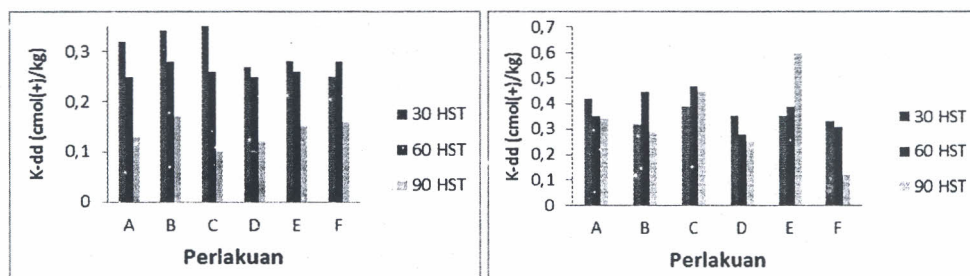
Pengujian di lahan sulfat masam di Desa Karang Bunga, Kalsel (kiri) dan desa Sido Mulyo, Kaltim (kanan) menunjukkan bahwa kandungan hara N, P, dan K pada tanah yang diberi pupuk hayati BIOTARA lebih tinggi dibandingkan tanpa pupuk hayati BIOTARA (Gambar 27, 28, dan 29).



Gambar 27. Pengaruh BIOTARA dan pupuk Pelangi terhadap N total di lahan sulfat masam, Desa Karang Bunga Kalsel (kiri) dan Sido Mulyo, Kaltim (kanan).

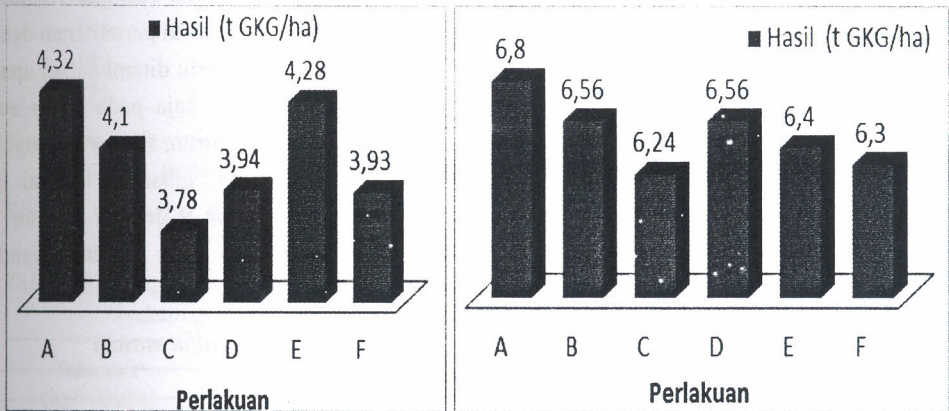


Gambar 28. Pengaruh BIOTARA dan pupuk Pelangi terhadap P tersedia di lahan rawa sulfat masam. Desa Karang Bunga Kalsel (kiri) dan Sido Mulyo Kaltim (kanan).



Gambar 29. Pengaruh BIOTARA dan pupuk Pelangi terhadap K tersedia di lahan rawa sulfat masam. Desa Karang Bunga Kalsel (kiri) dan Sido Mulyo Kaltim (kanan).

Hasil padi desa Karang Bunga lebih rendah dibandingkan Sido Mulyo disebabkan varietas yang ditanam di desa Karang Bunga Margasari mempunyai potensi hasil lebih rendah (4,5 t GKG/ha) dibandingkan INPARA 5 yang ditanam di Sido Mulyo (7,2 t GKG/ha). Hasil tertinggi pada perlakuan A meningkatkan hasil sebesar 0,21 t GKG/ha (5,12 %) dibandingkan perlakuan B. Pada perlakuan C dan D, hasil yang diperoleh lebih rendah disebabkan karena tanaman rebah, sehingga banyak gabah yang rontok ke tana (Gambar 30).



Gambar 30. Pengaruh BIOTARA dan pupuk Pelangi terhadap padi di lahan rawa sulfat masam. Desa Karang Bunga Kalsel (kiri) dan desa Sido Mulyo Kaltim (kanan).

4.3.2. Pemupukan dan ameliorasi untuk tanaman palawija

Umumnya tanaman palawija (kedelai, jagung, dan legum lainnya) tidak atau kurang tahan terhadap kemasaman tanah tinggi. Misalnya, kedelai akan tumbuh dan berproduksi baik pada tingkat kemasaman tanah $>4,5$ dan kejenuhan Al $<20\%$. Oleh karena itu, tanah rawa dengan $\text{pH} < 4,5$ diperlu ameliorasi menetralsir kemasaman tanah, meningkatkan ketersediaan hara Ca dan Mg dan menurunkan keracunan Al. Jumlah kapur (dolomit) yang dianjurkan tergantung pada tingkat kemasaman tanah (pH tanah), yaitu (1) apabila pH 4,5-5,3, maka jumlah kapur yang diberikan sekitar 2,0 t/ha, (2) apabila pH 5,3-5,5, maka jumlah kapur yang diberikan 1,0 t/ha, dan (3) apabila pH 5,5-6,0, maka jumlah kapur yang diberikan 0,5 t/ha.

Hasil penelitian di lahan rawa pasang surut menunjukan tanaman kedelai tumbuhan baik pada $\geq 4,0$. Apabila kemasaman tanah tinggi dengan $\text{pH} < 4$, maka kebitihan kapur sangat banyak dan tidak ekonomis. Pada tanah yang mempunyai pH 4,0-4,5 diperlukan kapur (dolomit) sekitar 3 t/ha pada awal per tanaman pertama dan selanjutnya pada musim tanam berikutnya selama empat musim tanam diperlukan antara 1-2 t kapur/ha.

Selain pemberian bahan amelioran, untuk mengurangi penggunaan pupuk nitrogen (N), maka inokulasi rhizobium diperlukan, khususnya pada lahan yang belum pernah ditanami kedelai sama sekali. Pada lahan yang sudah sering ditanami kedelai, inokulasi rhizobium tidak efektif lagi diberikan karena tidak dapat meningkatkan hasil kedelai. Rizobium dapat bertahan dalam tanah selama 6 musim tanam berturut turut tanpa tanaman kedelai, dengan populasi rizobia tetap efektif. Hasil penelitian di lahan rawa sulfat masam menunjukkan bahwa pemberian rizobium mampu mengurangi takaran pupuk N, dari 90 kg N/ha (tanpa rizobium) menjadi 60 kg N/ha (dengan rizobium). Pemupukan N pada kedelai hanya bersifat starter, diberikan pada awal pertanaman dengan dosis rendah, yaitu 23 kg N/ha (50 kg urea/ha), pupuk N tidak perlu ditambahkan apalagi bakteri rizobium sudah tersedia pada lahan budidaya. Hanya saja pada lahan sulfat masam dengan pH yang sangat rendah efektifitas rizobium menurun, karena itu pupuk N diberikan 46 kg N/ha (100 kg urea/ha). Selain pupuk N, tanaman kedelai juga membutuhkan pupuk P dalam jumlah besar. Pemberian pupuk P dengan takaran 180 kg/ha P_2O_5 pada tipe luapan C atau B mampu meningkatkan hasil kedelai dibanding kontrol, kecuali pada bekas pertanaman padi (Tabel 16).

Tabel 16. Pengaruh pupuk P terhadap hasil kedelai pada lahan sulfat masam

Takaran P (kg P_2O_5 /ha)	Hasil kedelai (t biji kering/ha)			
	Tipe Luapan B		Tipe Luapan C	
	Lokasi 1	Lokasi 2	Lokasi 1	Lokasi 2
0	1,42	1,66	1,35	1,20
45	1,45	1,72	1,60	1,35
90	1,49	1,81	1,65	1,46
135	1,54	1,82	1,86	1,66
180	1,63	2,02	2,03	-
225	1,56	1,82	1,83	-

Sumber: Anwar et al. (1995a).

Pada musim tanam ke 2, pemberian 45 kg/ha P_2O_5 pada lahan tipe luapan B meningkatkan hasil dibanding tanpa pemberian, tetapi tidak menunjukkan pengaruh residu. Residu hanya terlihat pada takaran 135 kg/ha P_2O_5 . Sedangkan pada tipe luapan C, pemberian pupuk P tidak berpengaruh terhadap hasil kedelai, khususnya pada takaran rendah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa residu pemberian pupuk P pada musim tanam kedua lebih baik dibandingkan musim selanjutnya (Tabel 17 dan 18). Pengaruh residu pemberian pupuk P dengan takaran rendah (45 kg/ha P_2O_5) setiap musimnya hingga musim tanam ke empat dan ke lima, masih terlihat. Dengan demikian, pemupukan fosfat untuk kedelai pada tanah sulfat masam adalah 180 kg P_2O_5 /ha/5 musim tanam atau 45 kg P_2O_5 /ha/musim. Pada lahan gambut, pemberian pupuk P antara 22,5-45 kg P_2O_5 /ha mampu meningkatkan hasil kedelai. Pemberian pupuk P dengan cara sebar lebih baik daripada larik atau tugal (Tabel 19). Sumber pupuk P yang dicoba ternyata pemberian fosfat alam kualitas rendah maupun SP-26 sama baiknya dengan pemberian dalam bentuk SP36 (Tabel 20).

Tabel 17. Pengaruh pupuk P dan residunya selama lima musim terhadap hasil kedelai di lahan pasang surut sulfat masam tipe luapan B

Takaran P (kg P ₂ O ₅ /ha)	Hasil Kedelai (t biji kering/ha)								
	Tanam I (MK)	Tanam II (MH)		Tanam III (MK)		Tanam IV (MH)		Tanam V (MK)	
		0P	+P	0P	+P	0P	+P	0P	+P
0	1,42	1,54	1,54	1,55	1,55	1,20	1,20	1,55	1,55
45	1,45	1,86	2,18	1,64	1,88	1,34	1,78	1,64	1,88
90	1,49	2,07	2,35	1,72	1,71	1,42	1,72	1,72	1,72
135	1,54	2,12	2,55	1,83	1,83	1,53	1,73	1,83	1,83
180	1,63	2,01	2,32	1,96	1,90	1,83	1,75	1,96	1,90
225	1,56	2,20	2,21	1,94	1,97	1,83	1,77	1,94	1,97

Keerangan : OP = tidak diberi pupuk P (residu); +P = diberi pupuk P lagi seperti musim tanam pertama.

Sumber : Anwar et al. (1995b, 1996, 1997).

Tabel 18. Pengaruh pupuk P dan residunya selama tiga musim tanam terhadap hasil kedelai pada lahan pasang surut sulfat masam tipe luapan C

Takaran P (kg P ₂ O ₅ /ha)	Haasil kedelai (t biji kering/ha)				
	Tanam I	Tanam II		Tanam III	
		Residu	+ P	Residu	+ P
0	1,35	1,41	1,40	0,49	0,49
45	1,60	1,36	1,46	0,93	1,46
90	1,65	1,56	1,40	1,11	1,41
135	1,86	1,20	1,17	1,34	1,54
180	2,03	1,37	1,16	1,29	1,59
225	1,83	1,41	1,46	1,27	1,68

Keterangan: +P = diberi pupuk P lagi seperti musim tanam pertama.

Sumber : Anwar et al. (1995a, 1996, 1997).

Tabel 19. Pengaruh pupuk P dan cara pemberian terhadap hasil kedelai di lahan gambut dangkal, Kalimantan Tengah

Takaran P (kg P ₂ O ₅ /ha)	Hasil kedelai (t biji kering/ha)		
	Cara Larik	Cara Sebar	Cara Tugal
0	1,53	1,49	1,28
22,5	1,71	2,25	1,82
45	2,22	2,28	1,93
67,5	2,08	2,38	2,09
90	2,08	2,38	2,06

Sumber: Kesumasari et al. (2000).

Tabel 20. Pengaruh takaran dan jenis pupuk P terhadap hasil kedelai di lahan gambut dangkal, Kalimantan Tengah

Takaran P (kg/ha P_2O_5)	Hasil kedelai (t biji kering/ha)		
	SP-36	Fosfat Alam	SP-26
0	1,13	1,19	1,05
22,5	1,23	1,55	1,23
45	1,47	1,57	1,56
67,5	1,48	1,43	1,54
90	1,46	1,23	1,43

Sumber : Alwi dan Anwar (2000).

Hasil penelitian Damanik dan Hairani (2000) pada tanaman kedelai di tanah sulfat masam menunjukkan bahwa pemberian pupuk mikroba pelarut fosfat seperti rhizopulus, biofosfat dan mikorhiza mempunyai kemampuan mengurangi kebutuhan pupuk anorganik. Dengan demikian pupuk tersebut mempunyai prospek untuk dikembangkan. Walaupun demikian, perlu dikaji lebih jauh, syarat-syarat lingkungan tumbuh yang perlu diperhatikan agar mikroba tersebut efektif dalam melepas fosfat yang terfiksasi.

Selain pupuk N dan P, pupuk K (kalium) diperlukan oleh tanaman kedelai untuk berbagai kegiatan metabolisme tanaman. Di lapangan, para petani sering memberi abu sekam, abu gergajian, dan abu lainnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian pupuk K cukup dengan takaran 30 kg K_2O /ha (50 kg KCl/ha) pada tanah gambut dan potensial dan 60 kg K_2O /ha (100 kg KCl/ha) untuk tanah sulfat masam potensial.

Pada tanaman jagung, hasil penelitian di lahan sulfat masam rawa pasang surut Kayu Agung, Sumatera Selatan menunjukkan bahwa pemberian 1 ton kapur/ha dengan disebar pada larikan/barisan tanaman dapat diperoleh hasil 4,3-5,5 ton pipilan kering/ha tergantung pada varietas. Hasil jagung tertinggi dicapai pada varietas Arjuna dan Wiyasa masing-masing 5,5 dan 5,4 ton pipilan kering/ha (Ismail *et al*, 1993).

Pemupukan untuk tanaman jagung di lahan rawa sebaiknya didasarkan pada status hara yang setiap tahun dilakukan evaluasi. Kebutuhan pupuk N, P dan K rata-rata untuk tanaman jagung di lahan rawa masing-masing 150 kg Urea, 100-125 kg SP-36 dan 50-100 kg KCl/ha, tergantung pada tipologi lahan dan hasil yang diharapkan (Tabel 21). Tabel 21 menunjukkan bahwa hasil jagung pada lahan sulfat masam paling rendah (2,5 t/ha) perlu pemberian amelioran untuk memacu pengaruh pupuk agar diperoleh hasil yang tinggi, pada lahan gambut penambahan pupuk K (100 kg KCl) dan penurunan pupuk P (100 kg SP-36) dapat memberikan hasil paling tinggi (4,86 t/ha), dan pada lahan potensial ditunjukkan pemberian P (125 kg SP-36) dan pupuk K cukup (50 kg KCl) untuk mendapatkan hasil yang cukup tinggi (5,5 t/ha). Pemberian kapur/dolomit 500 kg/ha, 90 kg K_2O , 10 kg $ZnSO_4$ dan 5 kg $CuSO_4$ pada lahan gambut diperoleh hasil 4,47 t/ha pipilan kering (Ismail *et al*, 1993).

Tabel 21. Paket anjuran pemupukan jagung di lahan rawa pasang surut.

Tipologi lahan	Paket Pupuk			Rata-rata (t/ha)
	NPK-1	NPK-2	NPK-3	
Sulfat Masam	2,75	2,57	2,10	2,47
Potensial	5,57	5,16	5,51	5,41
Gambut Dangkal	2,86	4,86	3,79	3,84

Keterangan :

NPK-1 = 150 kg urea + 125 kg SP36 + 100 kg KCl/ha; NPK-2 = 150 kg urea + 100 kg SP36 + 100 kg KCl/ha; NPK-3 = 150 kg urea + 125 kg P36 + 50 kg KCl/ha

4.3.3. Pemupukan tanaman hortikultura

Tanaman hortikultura yang banyak ditanam di lahan rawa pada sistem surjan antara lain tomat, cabai, terung, buncis, kubis, dan tanaman buah antara lain melon, semangka, rambutan, dan jeruk. Pada tanaman sawi di lahan gambut pemberian pupuk NPK (200 kg urea, 250 kg/ha SP-36, 120 kg/ha KCl) yang dikombinasikan dengan dolomit 2 t/ha, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 5 kg/ha dan $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ menghasilkan berat basah sawi lebih tinggi (35,64 g/tanaman) dibandingkan dengan pemberian NPK saja hanya mencapai 11,20 g/tanaman (Noor *et al.*, 2005). Pada tanaman petsai (*Brassica chinensis*) jenis *white phak coy* pemberian pupuk kandang 10.5 t/ha dan 21 t/ha berturut-turut menghasilkan 168.33 g/pot dan 293 g/pot dan tanpa pupuk kandang hanya mencapai 82.5 g/pot. Pemberian lumpur laut yang dijemur dan dikeringanginkan menghasilkan bobot basah petsai sebesar 311.67 g/pot dan 236.67 g/pot. Bobot segar petsai paling tinggi diperoleh pada pemberian lumpur laut yang dijemur dan pupuk kandang 157 g/pot (21 t/ha) yaitu 425 g/pot (Suryantini, 2005).

Hasil penelitian di lahan gambut dangkal Desa Kanamit, kabupaten Pulang Pisau, Kalimantan Tengah (MK 2006), menunjukkan bahwa pemberian bahan amelioran berupa dolomit 2 t/ha menghasilkan buah tomat segar paling tinggi yaitu 5,56 t/ha dibandingkan dengan fosfat alam 2 t/ha (3,64 t/ha), dolomit 1 t/ha + fosfat alam 1 t/ha (3,95 t/ha) dan abu gergaji 0,2 t/ha (4 t/ha).

Hasil penelitian di lahan gambut dangkal Desa Kanamit, Kabupaten Pulang Pisau, Kalimantan Tengah menunjukkan bahwa pemberian kompos campuran purun tikus dan pakis-pakistan (kelakai) sebanyak 5 t/ha dapat meningkatkan produktivitas lobak. Produktivitas lobak jenis *radish long white cicle* pada pemberian 5 t/ha kompos menghasilkan 25,17 t/ha nyata lebih tinggi dibandingkan tanpa pemberian kompos (17,5 t/ha) dan pemberian kompos 2,5 t/ha (18,89 t/ha). Kompos purun tikus dan pakis-pakistan mengandung Fe yang cukup tinggi yaitu masing-masing sebesar 142,20 ppm dan 56.25 ppm (Lestari, *et al.*, 2007). Kation Fe merupakan kation hara yang mampu membentuk ikatan koordinasi dengan ligan organik. Dengan adanya pembentukan kompleks tersebut

maka asam organik monomer yang beracun akan terpolimerisasi sehingga tidak beracun (Subiksa, 2000).

Hasil penelitian di lahan gambut dangkal Desa Purwodadi, Kec. Maluku, Kab. Pulang Pisau, Kalimantan Tengah, MH 2003 bahwa pemberian input berupa dolomit sebanyak 2t/ha, pupuk kandang 5 t/ha, pupuk urea, SP-36 dan KCl masing-masing 150, 300 dan 200 kg/ha dapat meningkatkan hasil tomat sebanyak 9.84-25.22 t/ha dan cabai merah besar sebesar 2,63-4,22 t/ha (Tabel 22).

Tabel 22. Pengaruh amelioran dan pupuk terhadap hasil tomat dan cabai besar di lahan gambut, Kalteng MH 2003.

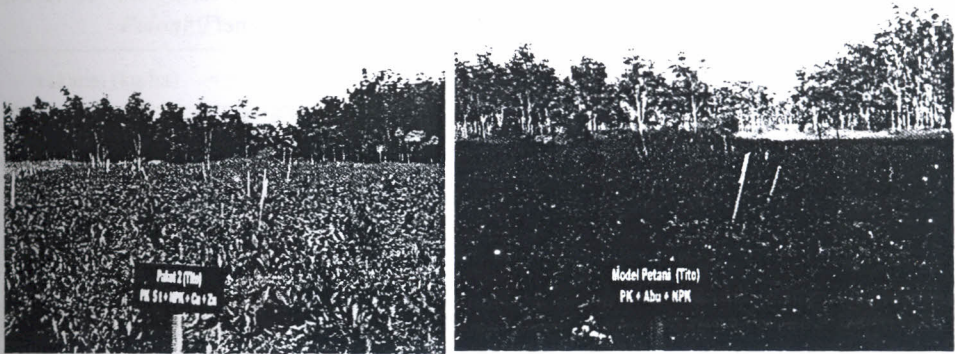
Jenis sayuran	Varietas	Hasil (t/ha)		Indeks Toleransi	Peningkatan hasil
		M1	M0		
Tomat	Mirah	35.66 d	10.44 d	0.18	25.22
	Berlian	24.52 b	10.99 d	0.34	13.53
	Ratna	35.48 d	6.90 c	0.17	28.58
	Oval	14.61 a	4.77 b	0.31	9.84
	Permata	27.51 c	7.75 a	0.21	19.76
Cabai merah besar	Prabu	7.72	4.02	0.52	3.70
	Tanjung-1	4.72	1.32	0.09	3.40
	Tanjung-2	3.44	0.59	0.03	2.85
	Hot chili	5.95	1.73	0.13	4.22
	Tombak-1	4.10	1.47	0.13	2.63

Keterangan :

M1 = pemberian dolomit sebanyak 2t/ha, pupuk kandang 5 t/ha, pupuk urea, SP-36 dan KCl masing-masing 150, 300 dan 200 kg/ha untuk tomat dan dolomit 2 t/ha, pupuk kandang sapi 5 t/ha, urea, SP-36 dan KCl masing-masing 150, 187.5 dan 125 untuk cabai.

M0 = tanpa pemberian dolomit dan pupuk

Hasil penelitian Lestari, *et al.*, (2008) di lahan gambut dangkal menunjukkan bahwa pupuk mikro berupa $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 5 kg/ha dan $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 5 kg/ha menghasilkan hasil panen cabai merah (Hot Chilli) lebih tinggi dibandingkan tanpa pupuk mikro. Pemberian dengan Paket I (dolomit 2 t/ha, kompos 5 t/ha, urea 250 kg/ha, SP-36 250 kg/ha, KCl 300 kg/ha, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 5 kg/ha dan $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 5 kg/ha) dan Paket II (dolomit 2 t/ha, pupuk kandang 5 t/ha, urea 250 kg/ha, SP-36 250 kg/ha, KCl 300 kg/ha, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 5 kg/ha dan $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 5 kg/ha) memberikan hasil cabai merah besar lebih tinggi dibandingkan Paket Petani (dolomit 3.85 t/ha, pupuk kandang 16.6 t/ha, urea 664 kg/ha, SP-36 448 kg/ha, KCl 664 kg/ha). Hasil cabai rata-rata pada Paket I, Paket II dan Paket petani masing-masing sebanyak 8,47 t/ha; 11,97 t/ha, dan 10,89 t/ha. Pupuk kandang (Paket II) menunjukkan pengaruh lebih baik dibandingkan pemberian kompos purun tikus (Paket I)(Gambar 31).



Gambar 31. Pemupukan cabai di lahan bergambut Pulang Pisau, Kalteng (Dok M. Noor, 07/07/2008)

Hasil penelitian Alwi *et al* (2004) menunjukkan penambahan 1/8 volume lapisan olah lumpur dan 2,5 ton/ha kompos purun tikus dapat meningkatkan hasil cabai varietas Hot Chilli sebesar 13,43 % dan tomat varietas Permata sebesar 18,14 % dibandingkan tanpa lumpur dan kompos purun tikus (Gambar 32).

Tabel 23. Pengaruh lumpur dan kompos purun tikus terhadap cabai dan tomat di lahan gambut, Kalteng MK 2004.

Jenis sayuran	Takaran amelioran	Sumber amelioran		Rata-rata (ton/ha)
		Lumpur	Kompos purun tikus	
Cabai var. Hot Chilli	Paket 1	2,857	2,803	2,83
	Paket 2	3,657	2,773	3,21
Tomat var. Permata	Paket 1	4,197	3,74	3,97
	Paket 2	4,730	4,65	4,69

Paket 1 = tanpa lumpur dan kompos purun tikus

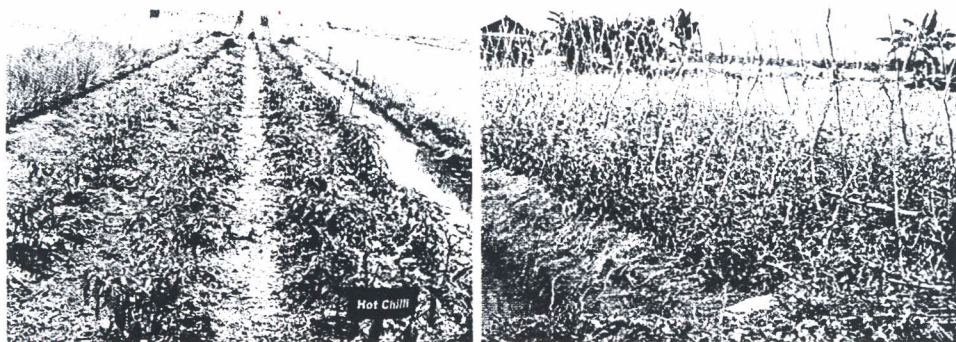
Paket 2 = 1/8 volume lapisan olah lumpur dan 2,5 t kompos purun tikus/ha

Sumber: Alwi *et al*. (2004)

4.4 Pemberian Mulsa atau Bahan Organik

Pemberian mulsa atau bahan organik memegang peranan penting pada budidaya jagung di lahan rawa. Hasil penelitian Arifin dan Nazemi (2005) menunjukkan pemberian kangkung liar (*Ipomea aquatica*) atau enceng gondok (*Eichornea crassipes*) sebanyak 3,2 t/ha dapat meningkatkan hasil jagung pada lahan sulfat masam 70-87% dengan hasil masing-masing 5,41 dan 5,10 t/ha pipilan kering (Tabel 24). Pemberian bahan organik dalam bentuk abu sekam, berangkas padi, dan serbuk gergaji juga dapat meningkatkan

hasil jagung pada lahan gambut sebanyak 600 kg/ha meningkatkan hasil 25-40% dengan hasil masing-masing 5.20; 4.42 dan 4.02 t/ha pipilan kering (Tabel 25).



Gambar 32. Pertumbuhan cabai (varietas Hot Chili) dan tomat (varietas permata) di lahan tanah sulfat masam. KP. Belandean, Barito Kuala Kalsel. 2005



Gambar 33. Pertumbuhan kubis (varietas KK Crosi) dan terung (varietas Mustang) di lahan tanah sulfat masam. KP. Belandean, Barito Kuala Kalsel. 2005

Tabel 24. Pengaruh bahan organik terhadap hasil jagung di lahan sulfat masam, KP. Belandean, Batola, Kalsel. 2000

Takaran bahan organik (t/ha)	Hasil jagung (t pipilan kering/ha)	
	Kangkung	Enceng gondok
0	2,89 a	3,00 a
1,6	3,88 ab	4,00 ab
3,2	5,41 b	5,10 b
4,8	4,99 b	5,04 b
Rata-rata	4,71	4,78

Sumber : Nazemi dan Arifin (2005)

Tabel 25. Pengaruh bahan organik terhadap hasil jagung di lahan gambut. Pangkoh, Pulau Pisau, Kalteng. 2000

Takaran (kg/ha)	Hasil jagung (t/ha pipilan kering)		
	Abu sekam	Berangkasan padi	Serbuk gergaji
0	3,70 a	3,55 a	3,14 a
300	4,07 a	4,08 ab	4,21 b
600	5,20 b	4,42 b	4,02 b
900	5,12 b	4,18 b	4,01 b
Rata-rata	4,52	4,06	3,84

Sumber : Nazemi dan Arifin (2005)

4.5 Penggunaan Varietas Unggul dan Adaptif

Peningkatan produktivitas tanaman pangan dan hortikultura selain dengan pemberian bahan amelioran dan pupuk, juga dapat dengan penggunaan varietas unggul baru berpotensi hasil tinggi dan umur genjah. Misalnya, Margasari, Martapura, Inpara-1,2, 3, 4, 5, 6, dan 7. Inpara-2, Inpara-3, dan Inpara-4, toleran terhadap genangan, keracunan Fe, dan kemasaman tanah dengan hasil 3,5 - 5,0 t/ha dengan umur 115-135 hari cocok pada lahan sulfat masam, sedangkan Inpara-1 dan Inpara-5 agak peka terhadap cekaman tersebut di atas (Koesrini dan Nursyamsi, 2012).

Varietas unggul jagung yang adaptif di lahan sulfat masam, antara lain Sukmaraga, dan Padmaraga dengan hasil 4,0-5,5 t pipilan kering/ha. Umumnya varietas unggul jagung yang adaptif di lahan kering masam juga bisa dikembangkan di lahan sulfat masam seperti Arjuna, Bisma, Bayu, Semar dan Bisi2 dengan hasil 3,9-4,5 t pipilan kering/ha. Jagung manis varietas Baruna, Super sweet corn, Kumala F1, Madu, dan Sweet boy juga adaptif di lahan sulfat masam (William *et al.* 2010). Varietas jagung yang cocok ditanam di lahan rawa pasang surut dan lebak disajikan pada Tabel 26.

Tabel 26. Varietas jagung yang cocok di lahan rawa

Tipologi lahan	Varietas	Hasil (t/ha)
Rawa Lebak	Arjuna, Kalingga, Bayu, Antasena, C-3, C-5, Semar, Sukmaraga, SDII, Anoman-1 (Putih)	3,9 - 5,0
Rawa Pasang surut	Arjuna, Kalingga, Wiyasa, Bisma, Bayu, Antasena, C-3, C-5, Semar, Sukmaraga, H6, Bisi-2	4,0 - 5,0

Sumber: Raihan dan Simatupang (2012)

Varietas unggul kedelai yang adaptif di lahan sulfat masam antara lain Lawit, Menyapa, Anjasromo, Seulawah, Grobogan dan Argomulyo dengan hasil 1, 6-2,8 t biji/ha (Gambar 34). Pemilihan varietas kedelai di lahan rawa pasang surut perlu disesuaikan dengan kondisi biofisik lahan yang umumnya memiliki tingkat kemasaman tanah tinggi

(pH<4). Kedelai akan tumbuh dan berkembang cukup baik pada tingkat kemasaman tanah sedang-netral (pH >4.5-6.0). Selain itu petani pada umumnya lebih menyukai biji dengan ukuran sedang-besar (berat >10 g/100 biji). Varietas kedelai yang dianjurkan untuk lahan rawa pasang surut disajikan pada Tabel 27.

Tabel 27. Varietas kedelai adaptif di lahan rawa pasang surut

Varietas	Hasil (t/ha)	Umur panen (hari)	Bobot 100 biji (g)	Ketahanan terhadap hama/penyakit	Wilayah adaptasi
Wilis	1,6	85-90	10	Agak tahan karat daun	1,2,3
Sinabung	2,16	88	10,7	Agak tahan karat daun	1,3
Kaba	2,13	85	10,4	Agak tahan karat daun	1,3
Tanggamus	1,22	88	11	Agak tahan karat daun	1,3
Sibayak	1,41	89	12,5	Agak tahan karat daun	1,3
Anjasmoro	2,3	90	14	Agak tahan karat daun	1,2,3
Lawit	1,93	84	10,5	-	1,2,3
Menyapa	2,03	85	9,1	-	1,2,3
Seulawah	2,5	93	9,5	Tahan penyakit karat daun	1,3

Keterangan: 1=lahan sawah, 2= lahan kering, 3 = lahan pasang surut, Sumber: Balitkabi (2003) dan Sabran et al (2001)



Gambar 34. Keragaan kedelai varietas unggul di lahan rawa pasang surut

Kacang hijau yang toleran pada lahan sulfat masam adalah varietas Murai, Betet, dan Vima-1 dengan hasil 1,7 - 2,8 t/ha (Koesrini dan William, 2009). Kacang tanah varietas Jerapah dengan hasil 3,7 t/ha (Balitkabi, 2011) (Tabel 28).

Tabel 28. Jenis dan varietas palawija yang dapat ditanam di lahan rawa lebak

Jenis Tanaman	Varietas	Hasil (t/ha)
Jagung	Sukmaraga	3.90-5.0
Kedelai	Grobokan, Anjasgoro, Kaba, Argomulyo, Lawit, dan Menyapa	1.38-2.40
Kacang tanah	Gajah	1.80-3.50

Sumber: Alihamsyah (2005); BALITTRA (2011).

Varietas tomat yang adaptif antara lain varietas Permata, Mirah, Berlian, Opal dan Sakina dengan hasil berturut-turut 29,8; 28,5; 24,4; 20,4; 15,0 t/ha (Khairullah *et al.* 2003). Cabai besar varietas Tanjung I (7,5 t/ha), cabe rawit varietas Bara (2,2 t/ha) dan Hot Pepper (2,4 t/ha), terung varietas Mustang (4,3 t/ha) dan Egg Plant (5,3 t/ha), buncis varietas Lebat (8,7 t/ha), dan kubis varietas KK Cross (18,9 t/ha). Melon varietas Action 434 dengan hasil 23,8 t/ha (Saleh dan Raihan, 2011). Rambutan yang berkembang di lahan sulfat masam varietas Garuda, Manalagi, Si Batok menurut petani dengan hasil rata-rata 8.000 - 8.500 buah per pohon. Varietas unggul hortikultura yang sangat potensial dikembangkan adalah tomat, cabai, timun, kacang panjang, pare, terong, buncis, kubis, lobak, bawang merah, waluh, dan aneka sayuran cabut seperti sawi, slada, bayam dan kangkung, sedang tanaman buah-buahan adalah semangka, blewah, dan melon. Varietas tanaman hortikultura yang telah dikembangkan di lahan rawa lebak dangkal disajikan pada Tabel 29.

Tabel 29. Jenis dan varietas hortikultura yang dapat ditanam lahan rawa lebak

Jenis Tanaman	Varietas	Hasil (t/ha)
Tomat	Tosca, Topaz, Beb 0407, Mirah, Opal, Permata, Ratna, Idola,	10-16
Cabai	Tanjung 1, 2, dan 4, Kencana, Hot Cili, Ciko, Lingga	9-18
Terong	Mustang, Kopek Ungu, dan Ungu Panjang	17-40
Kacang panjang	Super King dan Pontianak	15-28
Timun	Saturnus, Mars, Pluto, Hercules, Venus	23-40
Pare	Siam, Maya	17-18
Semangka	Agustina, New Dragon, Sugar Baby	10-25

Sumber: Alihamsyah (2005); BALITTRA (2011)

4.6 Pola dan Pergiliran Tanaman

Sistem surjan membuka peluang bagi diversifikasi atau penganeekaragaman tanaman sehingga pendapatan yang diterima petani diharapkan meningkat dibandingkan biasanya yang hanya mengandalkan pada satu komoditas. Pola tanam pada sistem surjan

dapat dalam bentuk padi lokal -padi unggul pada sistem *sawit dupa* (IP 180) atau padi unggul- padi unggul (IP 200) pada sawah (sunken bed), palawija berupa jagung - kedelai kacangtanah-kacang hijau umbi-umbian (palawija) atau sayur cabai tomat mentimun/jagung (hortikultura lainnya). Tabel 30 menunjukkan beberapa pola tanam alternatif dalam sistem surjan di lahan rawa lebak.

Tabel 30. Pola tanam alternatif di lahan rawa lebak

Tipe lebak	Pola Tanam	
	Sawah (Ledokan)	Surjan (Tembokan)
Lebak dangkal	PGR – PRG	Palawija- Palawija
	PGR – PRG – Palawija	Palawija – Hortikultura
	PGR – PRG – Hortikultura	Hortikultura - Hortikultura
	PRG – Palawija	
	PRG – Hortikultura	
Lebak tengahan	PGR – bera – PRG	Palawija- Palawija
	PRG – Palawija	Palawija – Hortikultura
	PRG – Hortikultura	Hortikultura - Hortikultura
Lebak dalam (tergenang < 3 bulan)	Padi – Bera	
	Palawija – Bera	
	Hortikultura – Bera	
Lebak dalam (tergenang >3 bulan)	Palawija/Sayuran berumur pendek	

PGR = Padi gogo rancak pada MK, PRG = Padi rancak gogo pada MH.

Sumber: Alihamsyah, (2005).

Pertanaman pada sistem surjan termasuk pertanaman ganda adalah model usahatani yang mengusahakan dua atau lebih komoditas pada sebidang lahan yang bertujuan pertanaman ganda ini adalah untuk meningkatkan produktivitas lahan dan mengurangi resiko kegagalan panen. Model usahatani pertanaman ganda ini dapat berupa antara lain (1) tumpang sari (*intercropping*), yaitu menanam dua atau lebih jenis tanaman pada sebidang lahan dalam waktu yang bersamaan. Dalam model tumpang sari ini, petani dapat panen lebih dari sekali setahun dengan beraneka komoditas sehingga intensitas dan keragaman tanaman dapat meningkat yang memberikan tambahan sumber pendapatan petani. Dalam hal ini ada tiga jenis model tumpang sari yaitu : (i) tanaman campuran (*mixed intercropping*), yaitu tanam dua atau lebih jenis tanaman secara bersama-sama di atas lahan yang sama dengan tidak memperhatikan jarak tanam., (ii) tanam baris (*row Intercropping*) di atas lahan yang sama ditanam dua atau lebih tanaman dengan mempertimbangkan baris-baris dan jarak tanam tertentu, (iii) tanam jalur (*strip intercropping*) di atas lahan yang sama ditanam dua atau lebih tanaman dalam jalur-jalur yang ditentukan; dan (2) tumpang gilir, yaitu menanam dengan dua atau lebih jenis tanaman pada sebidang lahan dengan pengaturan waktu atau waktu yang berbeda. Tanaman kedua bisa dilakukan setelah tanaman pertama berbunga sehingga nantinya

tanaman bisa hidup bersamaan dalam waktu relatif lama dan penutupan tanah dapat terjamin selama musim hujan.

Pada pertanaman ganda, khususnya dengan sistem surjan ini dipeoleh beberapa keuntungan (1) mencegah atau mengurangi serangan hama dan penyakit tanaman dengan berkurangnya populasi hama dan penyakit akibat terputusnya siklus hidupnya akibat pergantian tanaman. Sistem multiple cropping dibarengi dengan rotasi tanaman yang dapat memutuskan siklus hidup hama dan penyakit tanaman. Menanam tanaman secara berdampingan dapat mengurangi hama penyakit tanaman salah satu pendampingnya. Misalnya : bawang daun yang mengeluarkan baunya dapat mengusir hama ulat pada tanaman kol atau kubis. Model pertanaman ganda juga diikuti pergiliran (rotasi) tanaman yang dapat memutuskan siklus hidup hama dan penyakit tanaman. Menanam tanaman secara berdampingan dapat mengurangi hama penyakit tanaman salah satu pendampingnya. Misalnya : bawang daun yang mengeluarkan baunya dapat mengusir hama ulat pada tanaman kol atau kubis; (2) meningkatnya kesuburan tanah, khususnya dengan adanya tanaman legum (kaacang-kacangan) maka kandungan unsur N dalam tanah bertambah karena adanya bakteri *Rhizobium* yang terdapat dalam bintil akar. Dengan menanam tanaman yang mempunyai perakaran berbeda, misalnya tanaman berakar dangkal ditanam berdampingan dengan tanaman berakar dalam, tanah disekitarnya akan lebih gembur. Selain itu, akibat dari seringnya pengolahan tanah menjadikan tanah menjadi subur dan gembur; (3) mendapatkan hasil panen beragam yang menguntungkan. Menanam dengan lebih dari satu tanaman tentu menghasilkan panen lebih dari satu atau beragam tanaman. Pemilihan ragam tanaman yang tepat dapat menguntungkan karena jika satu jenis tanaman memiliki nilai harga rendah dapat ditutupi oleh nilai harga tanaman pendamping lainnya; (4) mempertahankan kelembaban tanah. Masa penutupan lahan oleh tanaman secara terus menerus menyebabkan tanah terlindung dari cahaya matahari terik, sehingga penguapan air tanah berkurang; (5) memperbaiki gizi. Beragamannya tanaman yang dapat diusahakan memberikan keanekaragaman menu atau makanan yang dikonsumsi petani. Dengan jumlah produk yang beragam diharapkan produk tersebut aman dan menyehatkan dengan cukupnya kandungan protein, mineral dan vitamin; (6) meningkatnya dayagunatenaga kerja keluarga tani. Semakin banyaknya macam tanaman yang diusahakan, maka semakin banyak pula tenaga kerja yang difungsikan, sehingga terjadi pemerataan pekerjaan dan mampu mengurangi tingkat pengangguran.

Beberapa permasalahan yang dihadapi dalam pertanaman ganda, khususnya pada sistem surjan perlu mendapatkan perhatian antara lain: (1) meningkatnya persaingan antar tanaman dalam penggunaan yerpadian unsur hara, dan (2) pertumbuhan tanaman dapat saling mempengaruhi karena keterbatasan ruang dan waktu. Misalnya penyinaran

matahari, penyediaan air, penyediaan O_2 (transpirasi) dan CO_2 (asimilasi), dan sebagainya.

Sistem surjan sebagaimana dikemukakan sebelumnya terdiri atas sistem sawah dengan tanaman padi sebagai komoditas utama dan sistem tegalan dengan tanaman palawija, sayuran, buah-buahan atau tanaman tahunan sebagai komoditas utama. Oleh karena itu, komponen analisis ekonomi pada sistem surjan meliputi komoditas utama dan masing-masing komoditas penunjang, khususnya terhadap tingkat pendapatan petani. Dalam konteks kebijakan, maka masing-masing komoditas mempunyai nilai kompetitif terhadap komoditas lainnya. Nilai kompetitif ini sudah tentu sangat dipengaruhi oleh preferensi pasar atau konsumen. Analisis ekonomi usaha tani sistem surjan ini dapat ditinjau yang terdiri dari aspek, yaitu (1) tenaga kerja, (2) biaya dan pendapatan, dan (3) nilai kompetitif antara komoditas.

5.1. Tenaga Kerja

Sistem surjan memerlukan tambahan tenaga kerja yang cukup besar karena untuk membuat tukungan atau tembokan petani harus mengerahkan tenaga secara khusus bahkan sebagian menggunakan tenaga upahan dari luar keluarga karena kalau hanya mengandalkan tenaga keluarga dirasakan tidak mencukupi. Tenaga keluarga biasanya habis tercurah untuk pekerjaan rutin dalam pengelolaan lahan usahatani yang sudah tersedia. Berdasarkan hasil penelitian jumlah tenaga kerja rata-rata yang tersedia dari satu keluarga petani terdiri dari 1.162,72 Hari Kerja Setara Pria (HKSP) atau berkisar antara 970 – 1.452 HKSP per tahun dengan asumsi bahwa jumlah jam kerja efektif untuk seseorang pria enam jam kerja/HK, wanita lebih rendah lima jam kerja/HK, dan anak-anak lebih rendah lagi hanya tiga jam kerja/HK.

Tampubolon (1991) memperkirakan tenaga kerja keluarga transmigrasi di lahan rawa pasang surut yang terdiri atas pasangan suami-isteri dengan 3 anak (umur > 15 tahun) yang terdiri 2 anak laki-laki dan 1 anak perempuan mempunyai potensi tenaga kerja berkisar 36 HKP dan 11 HKW per bulan atau 432 HKP dan 132 HKW per tahun. Iman *et al.* (1990) menunjukkan tenaga kerja petani (tanpa anak) yang tersisa untuk usahatani setelah dikurangi libur, kegiatan sosial, sakit dan mengurus keperluan keluarga hanya sekitar 435 HK/tahun (Tabel 31).

Tabel 31. Perkiraan ketersediaan tenaga kerja untuk usaha tani dan sosial masyarakat petani

Kegiatan	Ketersediaan tenaga kerja		Jumlah (HK)
	HKP	HKW	
Jumlah hari/tahun	365	365	730
Libur/tidak kerja (Jumat)	17	-	17
Kegiatan sosial	15	25	40
Membezoek	8	25	33
Mengurus keluarga	-	205	205
Sisa untuk usaha tani	325	110	435

Keterangan : HKP = Hari Kerja Pria; HKW = Hari Kerja Wanita

Sumber: Iman et al., 1990.

Berdasarkan analisis kebutuhan tenaga kerja, apabila untuk usahatani terpadu dengan sistem surjan di lahan rawa pasang surut diperlukan tenaga kerja sekitar 591 HOK, sedangkan ketersediaan tenaga keluarga hanya 432-435 HOK maka terjadi defisit tenaga kerja antara 156-159 HOK. Dengan kata lain, tenaga kerja keluarga yang tersedia tidak dapat memenuhi kebutuhan tenaga kerja dalam pengelolaan usaha tani sebesar 591 HOK (Tabel 32).

Tabel 32. Kebutuhan tenaga kerja pada sistem surjan di lahan rawa pasang surut Karang Agung I (Ulu), Sumatera Selatan

Kegiatan	Ketersediaan tenaga kerja		Jumlah (HK)
	HKP	HKW	
Lahan Pekarangan			
- Padi sawah (1.400 m ²)	53	17	70
- Palawija (1.200 m ²)	42	11	53
Lahan Usahatani I			
- Padi sawah (5.200 m ²)	198	62	260
- Palawija (2.300 m ²)	69	17	86
Jumlah	365	107	469
Tanaman lain	17	5	22
Ternak	100	-	100
Jumlah keseluruhan	479	112	591

Keterangan : HKP = Hari Kerja Pria; HKW = Hari Kerja Wanita

Sumber: Iman et al. (1990).

Hasil penelitian Rina (2006) menunjukkan untuk pembuatan surjan seluas satu hektar pada lahan rawa pasang surut tipe luapan C/B, di Desa Karang Indah, Barito Kuala dengan luas surjan 0,35 ha (164 pohon) dibutuhkan 214, 3 HKSP atau 160,7 HOK, sementara pada lahan rawa pasang surut tipe luapan A di Desa Gudang Hirang dengan luas surjan 0,45 ha (239 pohon) diperlukan 382,9 HKSP atau 287,2 HOK. Petani pada umumnya membuat surjan dengan tenaga kerja upahan sebanyak 75% masing-masing diperlukan 120,5 HOK di Desa Karang Indah dan 215,4 HOK di Desa Gudang Hirang. Jika dibandingkan dengan tenaga kerja yang tersedia, maka tenaga kerja keluarga masih tersisa (Tabel 31). Namun demikian, tenaga kerja keluarga petani juga digunakan untuk

kegiatan produktif lainnya seperti usahatani padi, beternak ayam, mencari ikan, dan lainnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk pembuatan surjan seluas satu hektar di lahan rawa pasang surut, Karang Agung, Sumatera Selatan diperlukan tenaga kerja sebesar 500 HOK (Iman et al, 1990; Ismail *et al.* 1993). Jumlah tenaga kerja yang diperlukan untuk membuat surjan berbeda antara lahan pasang surut tipe luapan A dan luapan C, tergantung pada ukuran lebar dan ketinggian surjan dari permukaan sawah.

Kebutuhan tenaga kerja ini terkait dengan biaya usaha tani, khususnya dalam pembuatan surjan sangat dipengaruhi oleh tipe luapan. Biaya pembuatan surjan dan tukang di Desa Karang Indah lahan pasang surut tipe luapan C (164 pohon) sebesar Rp 3.364.000/ha (luas 0,35 ha) atau jika 200 pohon biaya sebesar Rp 3.400.000. Biaya tersebut terdiri dari upah pembuatan surjan Rp 4000/m dan upah pembuatan tukang Rp 1000/buah. Pembuatan tukang dan surjan di Desa Gudang Hirang lahan pasang surut tipe A (239 pohon) sebesar Rp 12.985.000 (luas 0,45 ha). Biaya tersebut terdiri dari upah pembuatan surjan Rp 20.000/depa (1 depa = 1,7 meter) dan pembuatan tukang Rp 15.000/buah. Oleh karena itu petani biasanya dalam pembuatan melakukan secara bertahap yang disebut surjan bertahap terutama di lahan pasang surut tipe A. Pada awalnya membuat tukang, kemudian ditanami sampai dilibur (dibesarkan) akhirnya menjadi surjan utuh setelah tanaman berumur 5 tahun (TM5) saat dimana tanaman mulai berproduksi.

5.2. Biaya dan Pendapatan Usahatani

Adanya surjan memberikan peluang untuk penganeekaragaman komoditas yang diusahakan, diantaranya yang sangat populer adalah jeruk siam dan sayuran. Sumbangan usahatani jeruk terhadap pendapatan rumah tangga petani cukup besar antara 60,8 % - 88,2% (Rina, 2006). Besarnya kontribusi penghasilan dari jeruk terhadap pendapatan petani sangat tergantung pada produksi yang dipengaruhi oleh tipologi lahan, tipe luapan dan tingkat pengelolaan. Hasil penelitian Rina (2006) menunjukkan sumbangan tertinggi usahatani jeruk terhadap pendapatan petani didapati pada lahan pasang surut tipe luapan A di Desa Sungai Kambat (88,2%) dan terendah pada lahan pasang surut tipe B di Desa Karang Indah (60,8%), keduanya di Kabupaten Barito Kuala, Kalimantan Selatan. Namun demikian, perlu diperhatikan bahwa tingginya pendapatan per tahun petani di Karang Indah karena adanya tambahan dari sumber lain, yaitu sebagai pegawai negeri sipil (Tabel 33).

Tabel 33. Kontribusi komoditas jeruk terhadap pendapatan rumah tangga petani di lahan pasang surut, 2005

Kegiatan	Nama desa				
	Karang Indah (Tipe B)	Sungai Kambat (Tipe A)	Simpang Arja (Tipe A)	Gudang Hirang (Tipe A)	Sungai Tandipah (Tipe A)
Usahatani					
- Padi	-	1.209.099 (8,73)	1.464.009 (14,55)	2.204.799 (14,67)	-
- Jeruk	13.528.811 (60,82)	12.222.643 (88,2)	7.928.217 (78,82)	11.341.237 (75,46)	13.004.519 (76,13)
- Pisang	-	-	140.000 (1,39)	285.000 (1,90)	170.009 (0,99)
- Sayuran	75.000 (0,33)	140.959 (1,2)	-	-	50.000 (0,29)
- Ternak	5.530.192 (24,86)	90.000 (0,65)	96.000 (0,95)	-	1.834.428 (10,74)
- Lainnya	-	45.000 (0,33)	170.000 (1,69)	9.000 (0,05)	-
Buruh tani	-	150.000 (1,1)	150.000 (1,49)	50.400 (0,33)	22.500 (0,13)
Non Pertanian	3.108.400 (13,96)	-	110.000 (1,09)	1.138.750 (7,58)	2.000.000 (11,71)
Jumlah	22.242.403 (100)	13.857.701 (100)	10.058.226 (100)	15.029.186 (100)	17.081.456 (100)

Keterangan : Angka dalam kurung nilai persentase

Sumber : Rina (2006)

Analisis ekonomi usaha tani pada lahan surjan di lahan pasang surut tipe luapan B atau C/B, Desa Karang Indah, Kabupaten Barito Kuala menunjukkan nilai B/C (*Benefit Cost Ratio*) < 1 sampai TM3 (tahun ke tiga produksi), kemudian pada tahun TM4 nilai B/C > 1 dan tertinggi pada TM7. Sedangkan pada lahan pasang surut tipe luapan A, Desa Sungai Kambat dan Simpang Arja, keduanya di Kabupaten Barito Kuala menunjukkan nilai B/C < 1 sampai TM4, kemudian pada TM5 menjadi B/C > 1. Demikian juga pada Desa Gudang Hirang dan Sungai Tandipah Kabupaten Banjar nilai B/C > 1 terdapat pada tahun ke lima. *Net present value* (NPV) sampai pada TM3 tanaman jeruk di Desa Karang Indah masih negatif, ini berarti pada tingkat biaya investasi sistem surjan ini belum menguntungkan. Namun pada TM4 nilai NPV sudah positif atau hasil jeruk dan padi serta sayuran sudah dapat menutupi biaya yang dikeluarkan. Nilai NPV di empat desa (Sungai Kambat, Simpang Arja, Sungai Tandipah dan Gudang Hirang) semuanya termasuk tipe luapan A pada TM4 negatif dan baru pada TM5 positif. Hal ini karena digunakannya bibit cangkokan, sementara di Desa Karang Indah menggunakan bibit okulasi. Nilai masa pengembalian pada analisis usahatani jeruk di Desa Karang Indah dengan sistem surjan pada TM4, sedangkan empat desa lainnya (Sungai Kambat, Simpang Arja, Gudang Hirang dan Sungai Tandipah) baru dicapai pada TM5 (Tabel 34).

Analisis juga menunjukkan nilai IRR (*internal rate of return*) pada Df (*discont factor*) 18% tertinggi dicapai Desa Gudang Hirang dengan IRR 47%, disusul Desa Karang Indah 38,65% Desa Sungai Tandipah 34,67% Desa Simpang Arja 35,97%, dan

Desa Sungai Kambat 32,83%. Pada keadaan ini investasi surjan untuk lahan pasang surut tipologi C/B Desa Karang Indah dengan pola padi + jeruk + sayuran dapat dinyatakan layak karena nilai $B/C > 1$, nilai NPV positif, pay back periode lebih kecil dari umur ekonomis adalah umur 4 tahun (sementara umur tanaman di analisis 7 tahun) dan nilai IRR 38,65% lebih besar dari suku bunga 18%. Demikian juga untuk empat desa lainnya Desa Sungai Kambat dan Simpang Arja dengan pola padi + jeruk, Desa Gudang Hirang dan Sungai Tandipah dengan pola padi + Jeruk + pisang, dapat dinyatakan layak karena nilai $B/C > 1$, nilai NPV positif, pay back periode adalah 5 tahun lebih kecil dari 25 tahun dengan nilai IRR masing-masing di Desa Sungai Kambat 32,83%, Gudang Hirang 47%, Sungai Tandipah 34,67% dan Simpang Arja 35,97% (Tabel 34).

Tabel 34. Nilai B/C, NPV, dan IRR dalam Df 12%, 15% dan 18% pada analisis finansial per hektar, 2005.

Kriteria Investasi	Analisis Biaya Manfaat		
	Df 12%	Df 15%	Df 18%
Desa Karang Indah			
B/C	1,51	1,44	1,33
NPV (Rp)	13.904.291	10.930.657	7.634.363
IRR(%)	39,03	38,91	38,65
Desa Sungai Kambat			
B/C	1,61	1,51	1,35
NPV (Rp)	34.006.620	27.154.288	14.119.849
IRR(%)	35,32	34,98	32,83
Desa Gudang Hirang			
B/C	3,24	3,23	2,49
NPV (Rp)	111.609.008	104.156.947	54.899.453
IRR(%)	48,35	48,32	47,20
Desa Sungai Tandipah			
B/C	1,84	1,73	1,49
NPV (Rp)	47.194.642	39.231.717	20.702.777
IRR(%)	36,55	36,39	34,67
Desa Simpang Arja			
B/C	1,56	1,47	1,38
NPV (Rp)	23.826.469	19.050.390	11.279.744
IRR(%)	37,31	37,07	35,97

Keterangan : B/C = *benefit cost ratio*; NPV = *net present value*; IRR = *internal rate of return*; Df = *discount factor*.

Sumber : Antarlina *et al* (2005) dan Rina *et al* (2006)

5.3. Nilai Kompetitif antar Komoditas

Dari berbagai komoditas yang diusahakan seperti padi unggul, kacang hijau, kedelai, ubi Alabio dan tanaman sayuran seperti cabai, tomat, pare, mentimun, gambas, terong, buncis, serta kacang panjang di lahan rawa lebak ternyata hanya cabai, tomat,

pare, mentimun dan gambas yang mempunyai nilai kompetitif lebih unggul dibandingkan padi. Kedelai, kacang hijau, buncis dan kacang panjang tidak menunjukkan nilai kompetitif yang lebih tinggi terhadap padi. Kedelai, kacang hijau, kacang panjang, dan buncis tidak dianjurkan untuk diusahakan, meskipun masih menguntungkan dengan $RCR > 1$. Tanaman hortikultura, khususnya sayuran tersebut dibudidayakan umumnya dengan sistem surjan. Tabel 36 menunjukkan urutan keunggulan kompetitif dari berbagai sayuran terhadap padi. Pada lahan lebak tengahan selain cabai, tomat, gambas, terong, gambas, juga jeruk dinyatakan mempunyai nilai kompetitif yang lebih tinggi dibandingkan padi. Sedangkan kacang tanah, jagung, kedelai dan kacang panjang tidak kompetitif terhadap padi unggul (Tabel 35). Komoditas jagung meskipun dinilai tidak kompetitif dengan padi unggul, tetapi minat petani untuk menanam jagung masih tinggi dikarenakan mudah pemeliharaannya dan resiko gagal panen sangat kecil. Usahatani tanaman hortikultura di lahan rawa lebak memerlukan modal yang cukup besar sehingga kebanyakan petani tidak mengusahakannya. Perluasan pasar dan sistem tata niaga (pemasaran) yang efisien juga sangat diperlukan, agar daya serap pasar menjadi bertambah sehingga penawaran (*supply*) tak cepat mengalami kejenuhan. Komoditas jeruk mempunyai prospek yang cukup baik untuk dikembangkan di lahan rawa lebak tengahan karena selain memiliki keunggulan kompetitif terhadap padi, curahan tenaga kerja lebih sedikit. Hasil analisis usahatani jeruk di lahan lebak layak secara finansial karena $B/C > 1$, NPV positif dan $IRR > \text{tingkat bunga}$ yang berlaku dengan masa pengembalian investasi selama 4-3 tahun (Tabel 36).

Tabel 35. Peringkat keunggulan kompetitif tanaman yang diusahakan di lahan lebak Kabupaten Hulu Sungai Tengah, Kalsel.

Tipe lahan lebak	Peringkat keunggulan kompetitif				
	1	2	3	4	5
Lebak dangkal	cabai	tomat	pare	mentimun	gambas
Lebak tengahan	cabai	tomat	gambas	terong	jeruk

Sumber: Rina et al (2008)

Tabel 36. Analisis investasi usahatani jeruk pada lima desa lahan lebak Kalimantan Selatan

Kriteria Investasi	Tingkat bunga			
	Df 12%	Df 15%	Df 18%	Df 24%
B/C	1,93	1,87	1,66	1,47
NPV	45.994.046	40.602.826	24.997.981	15.148.735
IRR	109,82	60,694	59,93	53,74
MPI	3 – 4 tahun			

Keterangan: B/C = benefite cost ratio; NPV = net present value; IRR = intern rate of return; DF = discount factor; MPI = masa pengembalian investasi

Sumber: Rina (2007).

Komoditas yang dapat diusahakan di lahan rawa pasang surut sulfat masam antara lain padi unggul, kacang hijau, kedelai, ubi kayu, cabai, tomat, pare, mentimun, gambas, terong, buncis dengan keunggulan kompetitif yang berbeda satu sama lain. Rina dan Syahbuddin (2013) mengemukakan bahwa usaha tani pada lahan rawa pasang surut sulfat masam dengan sistem surjan dengan pola padi unggul-padi unggul pada tipe luapan A dan B (IP 200) dan pada padi lokal (IP 100), pada tipe luapan C mempunyai nilai kompetitif. Sementara, itu pada bagian surjan jeruk siam mempunyai nilai kompetitif lebih tinggi, selain tomat, terung, dan cabai rawit (Tabel 37).

Tabel 37. Keunggulan kompetitif komoditas pada sistem surjan tanpa jeruk di lahan rawa pasang surut sulfat masam, 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
Surjan pada 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
Surjan pada 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)

Menurut Ar-Riza *et al* (2003) bahwa usahatani di lahan sulfat masam untuk tipe luapan A yang paling unggul adalah jeruk, kemudian kelapa dan padi lokal; untuk tipe luapan B paling unggul adalah nenas, tomat, cabai, jeruk dan padi unggul; sedangkan pada tipe luapan C paling unggul adalah padi lokal kemudian kacang tanah dan kedelai. Pemilihan komoditas harus mempertimbangkan aspek : (1) kesesuaian agroteknis, (2) ekonomis, (3) sosial, (4) pemasaran dan (5) ketahanan pangan. Sutikno *et al*, (2002) melaporkan bahwa tanaman hortikultura lebih kompetitif dari tanaman padi. Peringkat keunggulan tanaman yang diusahakan di lahan pasang surut menunjukkan bahwa tanaman yang paling kompetitif pada tanah sulfat masam tipe A adalah jeruk, kemudian diikuti kelapa dan padi lokal. Untuk tipe B adalah nenas kemudian diikuti tomat, lombok, jeruk baru padi. Sedangkan pada tipe C padi lokal paling kompetitif kemudian diikuti kacang tanah dan kedelai (Tabel 38).

Table 38. Nilai peringkat keunggulan tanaman di lahan pasang surut

Tipeologi Lahan	Peringkat keunggulan kompetitif				
	1	2	3	4	5
Sulfaat Masam (tanah)					
kacang tanah					
jagung (muda)					

Sumber : Sutikno et al (2002)

BAB VI

SISTEM SURJAN DALAM PERSPEKTIF PERUBAHAN IKLIM

Fenomena perubahan iklim menunjukkan semakin kuat dalam masa-masa sepuluh tahun terakhir ini. Anomali iklim seperti El Nino dan/atau La Nina semakin sering dengan waktu ulang yang semakin pendek. El Nino atau La Nina yang dalam lima puluh tahun terakhir (1950-2000) sering terjadi dalam kurun waktu lima tahunan. Dalam sepuluh tahun terakhir sering terjadi hanya dalam kurun waktu 2-3 tahun. Perubahan iklim menjadi salah satu ancaman terhadap sektor pertanian baik produksi pangan secara khusus maupun produksi pertanian secara umum. Perubahan iklim adalah kondisi beberapa unsur iklim yang magnitude dan/atau intensitasnya cenderung berubah atau menyimpang dari dinamika dan kondisi rata-rata, menuju ke arah tertentu (meningkat atau menurun).

Pengaruh perubahan iklim terhadap sektor pertanian bersifat multi dimensional. Pengaruhnya dimulai terhadap aspek sumberdaya, infrastruktur pertanian, dan sistem produksi pertanian yang akhirnya berpengaruh pula terhadap aspek ketahanan dan kemandirian pangan, serta kesejahteraan petani dan masyarakat pada umumnya. Pengaruh tersebut dapat dibedakan atas dua indikator, yaitu kerentanan dan dampak. Secara harfiah kerentanan terhadap perubahan iklim adalah kondisi yang dapat mengurangi kemampuan (manusia, tanaman, dan ternak) beradaptasi dan/atau menjalankan fungsi fisiologis/biologis, perkembangan fenologi pertumbuhan dan produksi serta reproduksi secara optimal akibat cekaman perubahan iklim. Sedangkan dampak perubahan iklim adalah gangguan atau kondisi kerugian dan keuntungan, baik secara fisik maupun sosial dan ekonomi, yang disebabkan oleh cekaman perubahan iklim (Balitbangtan, 2011a; Balitbangtan, 2011b).

Uraian berikut mengemukakan keterkaitan antara pengembangan lahan rawa, termasuk sistem surjan dengan perubahan iklim, yaitu berbagai upaya adaptasi dan mitigasi dalam menghadapi perubahan iklim serta menyajikan informasi dan hasil penelitian terkait dengan stok karbon dan emisi GRK yang terjadi di lahan rawa dan sistem surja

6.1. Dampak Perubahan Iklim terhadap Sektor Pertanian

Dampak perubahan iklim secara langsung terhadap sumberdaya pertanian dapat berupa terjadinya degradasi dan penyusutan sumberdaya lahan, dinamika dan anomali ketersediaan air, dan kerusakan sumberdaya genetik/biodiversity. Dampak tersebut dapat berupa penurunan produktivitas dan produksi sehingga mengganggu sistem ketahanan pangan nasional. Dampak tidak langsung sebagian besar disebabkan oleh adanya dampak

komitmen atau kewajiban melaksanakan mitigasi, seperti tertuang dalam RAN-GRK, Perpres No. 61 tahun 2011, yang berpengaruh terhadap produktivitas/produksi, ketahanan pangan, pengembangan bioenergi, dan sosial-ekonomi. Inpres No. 6/2013 (Pengganti Inpres No.10/2011) tentang moratorium pembukaan hutan produksi dan lahan gambut yang berdampak terhadap program perluasan areal baru. Dalam konteks yang lebih luas, perubahan iklim terkait dengan kebijakan nasional maupun internasional, harga pangan, dan sebagainya (Balitbangtan, 2011b).

Berdasarkan sifatnya, dampak perubahan iklim global terhadap sektor pertanian dibedakan atas: (1) dampak yang bersifat continue, berupa kenaikan suhu udara, perubahan hujan, dan kenaikan salinitas air tanah untuk wilayah pertanian dekat pantai yang akan menurunkan produktivitas tanaman dan perubahan panjang musim yang mengubah pola tanam dan indeks penanaman; (2) dampak yang bersifat discontinue seperti meningkatnya gagal panen akibat meningkatnya frekuensi dan intensitas kejadian iklim ekstrim (banjir, kekeringan, angin kencang, dll) dan meningkatnya gagal panen akibat munculnya serangan atau ledakan hama penyakit baru tanaman; dan (3) dampak yang bersifat permanen berupa berkurangnya luas kawasan pertanian di kawasan pantai akibat kenaikan muka air laut (Boer *et al.* 2011).

6.2. Stok Karbon dan Emisi Gas Rumah Kaca pada Sistem Surjan

6.2.1. Stok karbon di lahan rawa

Stok karbon di lahan rawa paling besar berada pada tanah gambut yang tersebar mulai dari lapisan permukaan sampai lapisan dasar gambut (Agus dan Subiksa, 2008). Walaupun cadangan karbon tersebut bersifat labil, yakni mudah teremisi jika terjadi gangguan terhadap kondisi alamnya. Oleh karena itu sebagian ahli berpendapat lahan gambut merupakan salah satu sumber emisi terbesar di Indonesia sehubungan dengan pesatnya pemanfaatannya untuk pertanian khususnya perkebunan. (Hooijer *et al.*, 2010; WWF, 2008),

Cadangan karbon dalam tanah gambut (*below ground C-stock*) bervariasi tergantung proses pembentukan dan keadaan lingkungan. Page *et al.* (2002) menyatakan rata-rata kandungan C pada tanah gambut sekitar 60 kg C m^{-3} atau ekuivalen dengan 600 t C ha^{-1} untuk setiap meter ketebalan gambut. Di daerah tropis cadangan C dalam tanah gambut bervariasi antara 250 t/ha untuk gambut tipis ($<0,5 \text{ m}$) sampai lebih dari 5000 ton/ha untuk gambut sangat dalam ($>10 \text{ m}$). Untuk setiap satu meter kedalaman gambut tersimpan sekitar $300\text{-}700 \text{ ton C/ha}$ (Agus *et al.*, 2010; Wahyunto *et al.*, 2003, 2004).

Menurut Agus *et al.* (2011) cadangan karbon pada gambut di Indonesia sekitar 27 Gt jauh lebih kecil dari data sebelumnya yang menyatakan 45-46 Gt.

Selain ketebalan gambut, tingkat kematangan gambut juga berpengaruh terhadap cadangan karbon dalam suatu volume tertentu. Hasil penelitian Agus *et al.* (2010) di Kalimantan Barat menunjukkan rata-rata kerapatan karbon (carbon density) gambut dengan tingkat kematangan saprik $>65 \text{ kg C m}^{-3}$, sedangkan rata-rata kerapatan karbon gambut dengan tingkat kematangan fibrik rata-rata $< 40 \text{ kg C m}^{-3}$. Cadangan karbon di lahan gambut juga tersimpan dalam biomasa tanaman (*above ground C-stock*). Nilai cadangan karbon dalam biomasa tanaman sangat bervariasi, tergantung pada keragaman dan kerapatan tanaman, kesuburan tanah, kondisi iklim, ketinggian tempat dari permukaan laut, lamanya lahan dimanfaatkan untuk penggunaan tertentu, serta cara pengelolaannya (Haeriah dan Rahayu, 2009). Umur tanaman juga sangat menentukan besarnya cadangan karbon dalam tanaman, oleh karena itu Tomich *et al.* (1998) menyarankan untuk menggunakan nilai rata-rata waktu (*time average*) untuk membandingkan cadangan karbon pada berbagai jenis penggunaan lahan. Oleh karena itu, apabila lahan gambut tidak dikelola dengan baik maka dikhawatirkan akan menimbulkan emisi jutaan ton karbon ke udara akibat teroksidasinya tanah gambut dalam bentuk CO_2 dan yang dihasilkan dari perombakan bahan organik secara anaerob dalam bentuk CH_4 .

Hasil penelitian Nurzakiah *et al.* (2013) menunjukkan bahwa hubungan antara cadangan karbon dengan ketebalan gambut, tingkat kematangan, dan kadar abu. Cadangan karbon meningkat dengan semakin tebal dan matangnya gambut. Cadangan karbon pada gambut saprik lebih tinggi dibandingkan dengan hemik dan fibrik dengan rasio 1.75 : 1.5 : 1 (gambut pasang surut) dan 2.15 : 1.4 : 1 (gambut lebak/pedalaman). Cadangan karbon pada gambut pasang surut dengan hanya memperhitungkan ketebalan gambut tanpa sisipan tanah mineral masing-masing untuk (1) lahan karet rakyat/terlantar berkisar $5016.49 \pm 468.35 \text{ t/ha}$ (ketebalan gambut 439-625 cm, sisipan tanah mineral 50-350 cm), (2) lahan karet + nenas berkisar $3989.54 \pm 233.39 \text{ t/ha}$ (ketebalan gambut 523-574 cm, tanpa sisipan tanah mineral,) dan (3) semak belukar berkisar $3401.71 \pm 336.82 \text{ t/ha}$ (ketebalan gambut 196-521 cm, sisipan tanah mineral 250-350 cm). Cadangan karbon pada gambut pedalaman (lebak) dengan hanya memperhitungkan ketebalan gambut tanpa sisipan tanah mineral masing-masing untuk (1) lahan padi berkisar $929.61 \pm 185.18 \text{ t/ha}$ (ketebalan gambut 72-481 cm, sisipan tanah mineral 17-19 cm), (2) lahan karet berkisar $2021.56 \pm 133.59 \text{ t/ha}$ (ketebalan gambut 287-465 cm, sisipan tanah mineral 3-24 cm), dan (3) gambut alami berkisar $1631.01 \pm 91.62 \text{ t/ha}$ (ketebalan gambut 280-323 cm, sisipan tanah mineral 11 cm)

Besar kecilnya cadangan karbon di lahan rawa lebak tergantung pada ketebalan gambut, penggunaan lahan, dan sisipan tanah mineral. Misalnya, di lahan rawa lebak

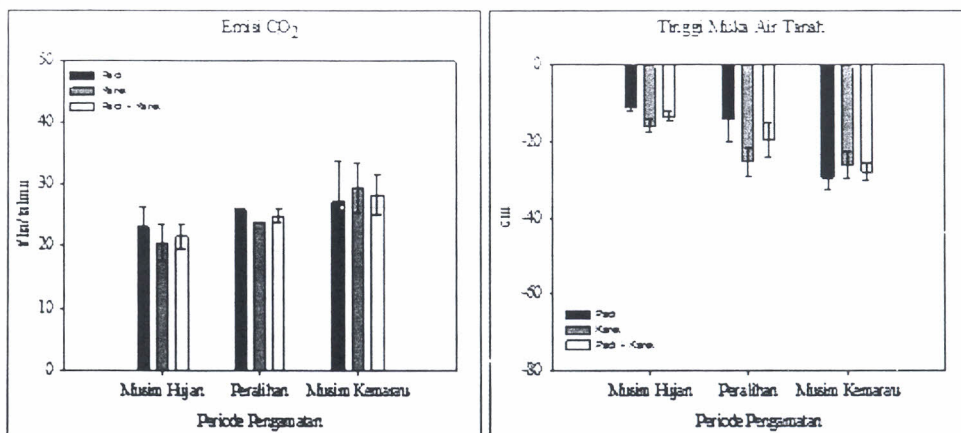
sepanjang aliran sungai Batu Mandi, Hulu Sungai Utara, Kalsel dengan ketebalan gambut 72-481 cm, sisipan tanah mineral 17-19 cm, dan lahan yang ditanami padi cadangan karbonnya sebesar 929.61 ± 185.18 t/ha. Sementara itu untuk ketebalan gambut 287-465 cm, sisipan tanah mineral 3-24 cm, dan lahan yang ditanami karet cadangan karbonnya sebesar 2021.56 ± 133.59 t/ha; sedangkan ketebalan gambut 280-323 cm, sisipan tanah mineral 11 cm, dan lahan gambut alami cadangan karbonnya sebesar 1631.01 ± 91.62 t/ha (Nurzakiah *et al.*, 2012).

6.2.2. Emisi gas rumah kaca di lahan rawa

Dalam kaitannya dengan lahan gambut, GRK yang menjadi sorotan adalah CO_2 , CH_4 dan N_2O . Gas CO_2 dan CH_4 merupakan produk dari dekomposisi bahan organik oleh mikroba pendekomposisi dan mikroba methanogen di gambut masing-masing pada kondisi kering (aerob) dan tergenang (anaerob). Potensial redoks tanah (Eh) merupakan faktor penting yang mengontrol pembentukan CH_4 . Pengeringan lahan setelah penggenangan yang terus-menerus akan menyangga penurunan potensial redoks karena peningkatan difusi oksigen dan pada akhirnya dapat menghambat pembentukan CH_4 di rizosfir tanah.

Emisi N_2O dihasilkan dari denitrifikasi NO_3^- menjadi N_2O dan atau N_2 yang dipengaruhi oleh kelembaban tanah, suhu, ruang pori yang terisi air dan konsentrasi N mineral serta nilai Eh (Melling *et al.*, 2007). Menurut Nykanen (2003) emisi N_2O pada lahan gambut alami tergolong rendah (< 4 mg $\text{N}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{th}$) karena ketersediaan nitrit rendah. Pada sistem pertanian di lahan gambut dengan masukan pupuk N (urea, pupuk kandang) tinggi akan meningkatkan mineralisasi nitrogen yang menghasilkan nitrat dan N_2O . Berdasarkan pengukuran Syvasalo *et al.* (2002), emisi pada lahan pertanian di gambut untuk N_2O antara 0,5-3,7g/m²/th.

Pada lahan rawa lebak bertanah gambut dengan tinggi muka air tanah antara -9.8-31.2 cm yang digunakan untuk tanaman padi dan karet, emisi CO_2 nya rata-rata sebesar 25.02 t $\text{CO}_2/\text{ha}/\text{tahun}$ (Gambar 32). Hirano *et al.* (2009) melaporkan bahwa emisi CO_2 dari gambut tropik sangat bervariasi tergantung pada musim dan nilai pH dan Eh tanah. Lahan rawa lebak selain mempunyai potensi sumber cadangan karbon, juga dapat sebagai penyumbang emisi GRK (CO_2 dan CH_4). Emisi CO_2 di lahan rawa lebak Hulu Sungai Utara, Kalsel dilaporkan antara 140-804 mg C/m²/jam atau mencapai 1.241-3.126 g C/m²/tahun, sedang emisi CH_4 antara 0.1-8.01 mg C/m²/jam atau mencapai 3.0-18.0 g/m²/tahun (Hadi, 2006).



Gambar 35. Emisi CO₂ dan tinggi muka air tanah pada beberapa penggunaan lahan rawa lebak (Nurzakiah et al., 2013)

6.3. Adaptasi dan Mitigasi terhadap Perubahan Iklim di Lahan Rawa

Dalam menghadapi atau mengatasi perubahan iklim dapat dilakukan upaya adaptasi dan mitigasi. Adaptasi secara harfiah diartikan sebagai kemampuan menyesuaikan dengan keadaan yang terjadi secara aktual. Dalam konteks perubahan iklim, adaptasi adalah kemampuan suatu sistem (termasuk ekosistem, sosial ekonomi, dan kelembagaan) untuk menyesuaikan dengan dampak perubahan iklim, mengurangi kerusakan, memanfaatkan kesempatan, dan mengatasi konsekuensinya (IPCC, 2011). Mitigasi secara harfiah diartikan upaya pengurangan. Dalam konteks perubahan iklim, mitigasi diartikan tindakan untuk mengurangi intensitas kekuatan radiasi dan potensi pemanasan global atau tindakan aktif untuk mencegah/memperlambat perubahan iklim (pemanasan global) melalui upaya penurunan emisi dan atau peningkatan penyerapan gas rumah kaca (Kementan, 2008).

Sistem surjan merupakan paket teknologi di lahan rawa yang benar-benar adaptif dan mitigatif terhadap perubahan iklim. Bersifat adaptif karena komponen teknologi dalam sistem surjan telah beradaptasi terhadap perubahan iklim. Ada bagian yang ditinggikan (guludan) dan ada pula bagian yang digali (tabukan) dalam sistem surjan merupakan antisipasi petani terhadap risiko kekeringan dan banjir. Demikian pula sistem surjan bersifat mitigatif karena komponen teknologi di dalamnya mampu memitigasi gas rumah kaca. Di bagian guludan yang kering (oksidatif) tidak akan terbentuk emisi metana karena mikroba pembentuk metana tumbuh aktif dalam kondisi tergenang (reduktif). Dengan demikian sistem surjan bersifat mitigatif karena dapat mengurangi emisi metana.

6.3.1. Teknologi adaptasi

Perubahan iklim dapat menyebabkan cekaman terhadap pertumbuhan tanaman, baik berupa cekaman biotik maupun abiotik. Perubahan suhu, kelembaban, dan distribusi air ternyata berkaitan erat dengan meledaknya serangan organisme pengganggu tanaman (OPT) tertentu baik berupa hama (makroorganisme) maupun penyakit (mikroorganisme) tanaman. Misalnya meledaknya populasi ulat bulu di Jawa beberapa tahun lalu disebabkan karena pertumbuhan organisme pemangsa ulat bulu tertekan karena peningkatan suhu sehingga perkembangan ulat bulu meningkat tajam.

Meningkatnya frekuensi maupun intensitas kejadian iklim ekstrim seperti el-nino dan la-nina juga dapat menyebabkan cekaman abiotik terhadap pertumbuhan tanaman. Cekaman abiotik meliputi kekeringan, banjir, salinitas, dan lain-lain. Khusus di lahan rawa, penurunan muka air tanah akibat el-nino dapat menyebabkan oksidasi lapisan pirit menghasilkan sulfat yang sangat masam. Namun demikian adakalanya dampak perubahan iklim ini menguntungkan bagi kita. Misalnya kejadian elnino tahun 2007 menyebabkan luas tanam di lahan rawa lebak meningkat karena muka air tanah turun sehingga lahan yang tadinya tergenang (tidak dapat ditanami) menjadi kering dan dapat ditanami. Pada saat itu, lahan rawa lebak di Hulu Sungai Utara, Kalimantan Selatan mendapatkan panen raya.

Badan Litbang Pertanian telah menghasilkan sejumlah varietas tanaman yang toleran terhadap cekaman biotik dan abiotik akibat perubahan iklim. Beberapa varietas tersebut, antara lain: (1) varietas toleran rendaman, (2) varietas toleran kekeringan, (3) varietas toleran salinitas, (4) varietas tahan organisme pengganggu tanaman, dan (5) varietas umur genjah. Dengan demikian maka varietas-varietas tersebut termasuk varietas adaptif terhadap perubahan iklim.

Berdasarkan dengan sifat dan kondisi lahan rawa yang sangat dipengaruhi oleh kondisi genangan, tinggi muka air tanah, kemasaman tanah dan air, kekeringan saat kemarau, dan salinitas akibat intrusi air laut, maka teknologi adaptasi yang dapat diimplementasikan di lahan rawa adalah :

Penanaman varietas toleran rendaman

Varietas Inpara 3, 4, dan 5 toleran terhadap rendaman masing-masing 7, 14, dan 21 hari pada fase vegetatif awal atau sekitar umur 30 hst. Varietas Ciherang yang telah meluas pengembangannya oleh petani juga sudah ditingkatkan toleransinya terhadap

rendaman dengan memasukkan gen Sub1 yang saat ini sedang dalam pengujian daya hasil.

Penanaman varietas toleran kekeringan

Untuk mengantisipasi dampak kemarau panjang, telah dilepas varietas unggul padi toleran kekeringan. Inpago 5 merupakan varietas unggul padi gogo toleran kekeringan dan mampu berproduksi 6 t/ha. Inpari 10 adalah varietas unggul baru padi sawah yang toleran terhadap kekeringan dengan potensi hasil 7 t/ha. Memiliki batang kokoh, Inpari 10 tahan rebah dan agak tahan terhadap hama wereng batang coklat (WBC) dan penyakit hawar daun bakteri (HDB) strain III. Selain itu Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian telah melepas empat varietas unggul padi berumur sangat genjah dengan nama Inpari 1, Inpari 11, Inpari 12, dan Inpari 13.

Penanaman varietas tahan OPT

Perubahan iklim dapat menyebabkan meningkatnya serangan OPT baik intensitas maupun ragamnya, terutama akibat meningkatnya suhu dan kelembaban. Varietas Inpari 13 tahan terhadap WBC, umur genjah (103 hari), dan toleran kekeringan dengan potensi hasil 8 t/ha. Inpari 7 dan Inpari 9 lebih tahan terhadap penyakit tungro dengan daya hasil masing-masing 8,7 dan 9,9 t/ha.

Penanaman varietas umur genjah

Perubahan iklim menyebabkan semakin pendeknya periode pertanaman padi (semai-panen) sehingga diperlukan varietas-varietas padi yang berumur genjah dan super genjah. Varietas padi berumur super genjah adalah Inpari 1 (108 HSS), Inpari 11 (108 HSS), Inpari 13 (103 HSS) Dodokan (100 hari setelah semai - HSS), , Inpari 12 (99 HSS), dan Silugonggo (90 HSS).

6.3.2. Sistem surjan adaptif terhadap perubahan iklim

Sistem surjan sesungguhnya sejak jaman dulu kala sudah diterapkan oleh petani di lahan rawa pasang surut, terutama oleh masyarakat suku Banjar di Kalimantan Selatan, suku Bugis di Sulawesi Selatan, dan juga suku Jawa di lahan kering di Jawa Tengah. Sistem ini sesungguhnya merupakan kearifan lokal (*local knowledge*) masyarakat petani di lahan rawa untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Petani menata lahannya menjadi dua bagian, yaitu bagian yang ditinggikan (guludan) dan bagian yang digali (tabukan)

sehingga terbentuklah sistem sawah dan sistem tegalan dalam satu hamparan. Dalam sistem ini petani dapat mengoptimalkan ruang dan waktu usaha tani dengan beragam komoditas dan pola tanam.

Awalnya petani menata sistem surjan secara sederhana baik dalam hal pengelolaan tanah maupun pengelolaan tanaman serta bertujuan hanya untuk memenuhi kebutuhan hidupnya sendiri (*subsistence*). Pengolahan tanah menggunakan alat-alat sederhana, pemupukan hampir tidak dilakukan, pengelolaan air sistem handil terbatas. Tanaman yang diusahakan umumnya varietas lokal yang berumur panjang dan produktivitas rendah. Seiring dengan bertambahnya waktu, pengelolaan sistem surjan telah mengalami berbagai modifikasi dengan mengakomodasi hasil-hasil penelitian mutakhir, seperti pengelolaan air satu arah, minimum tillage, penggunaan herbisida, varietas unggul baru, dan lain-lain.

Dalam perjalanannya, sistem surjan beradaptasi dengan lingkungannya termasuk beradaptasi juga terhadap kondisi lingkungan akibat perubahan iklim. Sistem surjan tidak hanya beradaptasi terhadap kekeringan dan banjir, tetapi juga beradaptasi terhadap risiko kemasaman tanah, serangan organisme pengganggu tanaman (OPT), dan kegagalan panen akibat cekaman biotik dan abiotik lainnya. Selain itu, sistem surjan juga mempertimbangkan aspek keuntungan ekonomi dengan memilih pola tanam untuk komoditas selain sesuai untuk lahan rawa juga mempunyai nilai ekonomi yang tinggi.

Terkait dengan risiko kekeringan dan banjir, Soemartono *dalam* Noor (2004) menjelaskan bahwa penerapan sistem surjan di lahan rawa sangat sesuai dengan kondisi dan kendala lahan rawa dengan kondisi hidrologi atau tata air yang belum dapat dikuasai secara baik yang menyebabkan resiko kegagalan dalam usaha tani sangat tinggi. Dengan kata lain, pengenalan surjan di lahan rawa dimaksudkan untuk menekan risiko kegagalan dalam usaha tani sehingga apabila gagal panen padi, masih ada panen palawija atau sayuran sebagai sumber pendapatan keluarga.

Sistem surjan ini juga banyak diterapkan oleh petani Malaysia, Thailand dan Vietnam dalam pemanfaatan lahan rawa untuk pertanian (Noor, 2004). Untuk mengurangi risiko kemasaman tanah, penataan lahan sistem surjan perlu memperhatikan hubungan antara tipologi lahan, tipe luapan, dan pola pemanfaatannya, terutama terkait dengan keberadaan lapisan pirit. Lapisan pirit diupayakan agar selalu dalam kondisi reduktif (tergenang) untuk menghindari oksidasi pirit yang dapat menimbulkan kemasaman tanah. Arahan penataan lahan pada reklamasi dan pengembangan lahan pasang surut dapat dilihat pada Tabel 39. Tabel tersebut menunjukkan pola pemanfaatan lahan dalam kaitannya dengan tipologi lahan dan tipe luapan. Pada tipologi lahan sulfat masam potensial dengan tipe luapan A, maka penataan lahan sebaiknya untuk sawah atau tergenang (*anaerob*) agar pirit lebih stabil, tidak mengalami oksidasi, dan tanaman padi

dapat tumbuh dengan baik. Sistem surjan baik dilakukan pada tipe luapan B dan C sedangkan tipe luapan D lebih baik untuk sistem pertanian lahan kering (tegalan).

Tabel 39. Penataan dan pola pemanfaatan lahan berdasarkan tipologi lahan dan tipe luapan air di lahan pasang surut

Kode	Tipologi lahan	Pemanfaatan lahan pada tipe luapan air			
	Tipologi	A	B	C	D
SMP-1	Aluvial bersulfida dangkal	Sawah	Sawah	Sawah	-
SMP-2	Aluvial bersulfida dalam	Sawah	Sawah (surjan)	Sawah (surjan)	Sawah (tegalan, kebun)
SMP-3/A	Aluvial bersulfida sangat	-	Sawah (surjan)	Sawah (tegalan)	Tegalan (kebun)
SMA-1	Aluvial bersulfat 1	-	Sawah (surjan)	Sawah (surjan)	Sawah (tegalan, kebun)
SMA-2	Aluvial bersulfat 2	-	Sawah (surjan)	Sawah (surjan)	Sawah (tegalan, kebun)
SMA-3	Aluvial bersulfat 3	-	-	Sawah (kebun)	Tegalan (kebun)
	Aluvial bersulfida dangkal	-	Sawah	Sawah (tegalan)	Tegalan (kebun)

Keterangan: SMP= sulfat masam potensial, SMA = sulfat masam aktual, HSM = histosol sulfat masam

Sumber: Widjaja-Adhi (1995)

Keuntungan ekonomi sistem surjan jauh lebih tinggi dibandingkan hanya sawah saja karena system ini menganut bentuk multi-guna lahan dan multi-komoditas sehingga sistem usaha taninya menghasilkan produksi yang lebih beragam dan memberikan kontribusi pendapatan lebih banyak. Terkait dengan ketahanan pangan, sistem ini memenuhi tiga prinsip dasar meningkatkan ketersediaan pangan (Depkimpraswil, 2004), yaitu: (1) memperluas areal yang dapat ditanami untuk tanaman pangan; (2) meningkatkan hasil tanaman per satuan luas; dan (3) meningkatkan jumlah tanaman yang dapat ditanam untuk setiap tahunnya. Petani menerapkan pola tanam polikultur dalam system surjan, yaitu menanam beberapa jenis tanaman budidaya, baik yang ditanam di bagian tabukan maupun guludan. Menurut Beets (1982), pertanian polikultur memberikan keuntungan antara lain, pemanfaatan sumberdaya yang lebih efisien dan lestari, karena hasil tanaman yang lebih banyak bervariasi dan dapat dipanen berturutan. Jika terjadi kegagalan panen pada salah satu tanaman budidaya, misalnya padi, maka petani masih dapat mendapatkan hasil panen dari tanaman yang lain, misalnya cabai atau palawija yang lain.

Pola tanam polikultur bermanfaat pula dalam pengendalian hama secara alami. Reijntjes *et al.* (1999) menjelaskan bahwa pola tanam polikultur memberikan efek positif untuk mengurangi populasi serangga hama, penyakit dan gulma. Musuh alami (pemangsa

hama) cenderung lebih banyak pada tanaman tumpangsari daripada tanaman tunggal karena musuh alami mendapatkan kondisi yang lebih baik seperti sumber makanan dan lebih banyak habitat mikro untuk kebutuhan-kebutuhan khusus, seperti tempat berlindung dan berkembang biak. Menurut Odum (1998) ekosistem yang keragaman biotiknya tinggi biasanya mempunyai rantai makanan yang lebih panjang dan kompleks, yang berpeluang lebih besar untuk terjadinya interaksi seperti pemangsaan, parasitisme, kompetisi, komensalisme, mutualisme dan sebagainya. Adanya pengendalian umpan balik negatif dari interaksi-interaksi tersebut dapat mengendalikan guncangan yang terjadi sehingga ekosistem berlangsung stabil.

Penelitian lainnya yang membandingkan antara ekosistem sawah dalam sistem surjan dan sawah lembaran (sawah pada umumnya) menunjukkan bahwa sawah dalam sistem surjan lebih tahan terhadap ledakan populasi hama kepinding tanah dibandingkan pada sawah lembaran. Adanya modifikasi habitat dengan adanya alur basah (habitat akuatik) dan kering (habitat darat) menyebabkan lebih banyak komponen hayati yang saling berinteraksi sehingga ekosistem berjalan lebih stabil dan lebih tahan terhadap ledakan populasi jenis hama tertentu (Aminatun, 2012).

6.3.3. Teknologi mitigasi

Peningkatan konsentrasi GRK di atmosfer terkait erat dengan meningkatnya suhu bumi dalam 100 tahun terakhir ini sehingga menyebabkan pemanasan global dan terjadinya perubahan iklim. Lahan pertanian, selain menjadi korban akibat perubahan iklim, juga merupakan sumber emisi GRK terutama CO_2 (karbon dioksida), CH_4 (metana) dan N_2O (nitrous oksida). Selain itu sektor pertanian mempunyai peluang yang sangat tinggi dalam mitigasi GRK melalui carbon sequestration dan penurunan emisi GRK melalui pengelolaan air, tanah, dan tanaman. Tanaman hijau (mengandung khlorofil) dapat menyerap gas CO_2 di udara melalui proses fotosintesis menghasilkan karbohidrat dan O_2 yang sangat diperlukan oleh makhluk hidup.

Aktivitas pertanian dapat menghasilkan emisi GRK ke atmosfer. Emisi CO_2 dari sektor pertanian terutama berasal dari alih fungsi lahan dengan carbon stock tinggi (misalnya hutan) menjadi lahan pertanian yang carbon stock nya lebih rendah. Selain itu emisi CO_2 juga dapat berasal dari kebakaran lahan dan respirasi makhluk hidup yang berada di lahan pertanian. Emisi metana dapat berasal dari lahan sawah, sendawa ternak (*enteric fermentation*), dan dekomposisi anaerobik dari limbah pertanian. Sementara itu emisi N_2O umumnya berasal dari pupuk nitrogen (urea, ZA, dan lain-lain) dan pupuk kandang.

Meskipun kontribusi emisi GRK dari sector pertanian terbilang rendah, hanya 6 % dari emisi GRK nasional, namun demikian mitigasi GRK di sector pertanian ini penting dan strategis. Hal ini terkait erat dengan komitmen Indonesia untuk menurunkan emisi GRK 26% (secara voluntary) dan 42% dengan kerjasama internasional hingga 2020 dibandingkan business as usual (BAU). Selain itu mitigasi GRK juga berkaitan erat dengan best management practice di sector pertanian karena setiap aktivitas yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi factor produksi (air, pupuk, pengolahan tanah, dll), itu termasuk kegiatan mitigasi.

Setiap tindakan yang bertujuan untuk mengurangi emisi GRK bisa dikatakan sebagai upaya mitigasi. Mitigasi GRK di lahan rawa dapat dilakukan antara lain melalui teknologi inovatif : (1) pengelolaan air, (2) penggunaan mulsa, (3) penggunaan varietas rendah emisi, dan (4) penggunaan bahan amelioran baik organik maupun anorganik. Berikut ini beberapa teknologi inovasi Badan Litbang Pertanian terkait dengan mitigasi GRK.

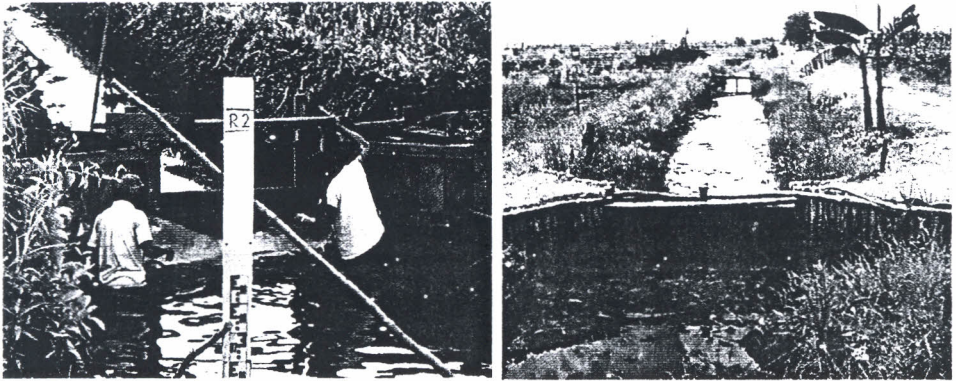
Pengelolaan air

Pengelolaan air dimaksudkan untuk mengatur tinggi muka air melalui pembuatan saluran, pintu air (tabat), dan kemalir. Hasil penelitian Inubushi (2003) menunjukkan adanya korelasi negatif antara curah hujan dengan emisi N_2O di lahan rawa lebak. Pada kondisi tergenang, aktivitas bakteri methanogen optimal sehingga pembentukan gas metan akan meningkat. Emisi CH_4 tertinggi terjadi pada tanah sawah yang terus-menerus digenangi. Hasil penelitian Wihardjaka (2005) menunjukkan bahwa sistem irigasi berselang (intermittent) dapat menekan emisi CH_4 . Pada lahan rawa lebak bertanah gambut, pengaturan air juga mempengaruhi kualitas tanah sawah dan pertumbuhan padi.

Pembukaan dan pemanfaatan lahan gambut untuk tanaman perkebunan (kelapa sawit dan karet) umumnya menggunakan kanal/saluran air yang dalam (lebih dari 1 m) sehingga terjadi *over drainage* dan di saat kemarau, muka air tanah turun drastis. Hal inilah yang menyebabkan hampir setiap musim kemarau terjadi kebakaran di lahan gambut di Jambi, Riau, Sumsel, Kalteng, dan Kalbar. Selain itu, *over drainage* juga menyebabkan emisi GRK tinggi akibat dekomposisi bahan gambut di bagian atas yang kering. Akibat selanjutnya adalah terjadinya bahan gambut kering tidak balik yang merupakan cikal bakal lahan gambut terdegradasi. Akhirnya terjadi pula *subsidence* (penurunan permukaan tanah) sehingga ketebalan gambut berkurang.

Sistem tabat (*canal block*) di lahan gambut dapat mempertahankan muka air tanah agar tidak turun drastis, terutama di musim kemarau (Gambar 36). Hal ini sangat penting dalam mempertahankan produktivitas tanah terutama dalam hal perawatan kebutuhan air

untuk tanaman pangan (jagung, nenas, padi, dan lain-lain) yang sistem perakarannya dangkal. Selain itu sistem ini juga efektif mengurangi risiko kebakaran gambut karena permukaan tanah di bagian atas tetap lembab meskipun musim kemarau. Sistem ini juga efektif mengurangi emisi GRK dan subsidi tanah akibat oksidasi bahan gambut.



Gambar 36. Sistem tabat (canal block) di lahan gambut

Penggunaan varietas rendah emisi

Kemampuan varietas padi dalam mengemisi CH_4 tergantung pada rongga aerenkhima, jumlah anakan, biomasa padi, pola perakaran, dan aktivitas metabolisme (Neue dan Roger. 1993 dalam Wihardjaka *et al.* 1999). Emisi CH_4 selama fase pertumbuhan padi berfluktuasi. Pada fase pertumbuhan vegetatif pelepasan CH_4 relatif tinggi sampai pada 6-7 minggu setelah tanam, kemudian menurun pada fase generatif dan meningkat lagi pada saat panen (Setyanto dan Susilawati. 2007). Emisi CO_2 selama pertumbuhan tanaman padi juga berfluktuasi, emisi tertinggi pada umur 50-60HST. Varietas padi terbaik dalam menekan emisi GRK di lahan rawa adalah Punggur, sedangkan yang paling tinggi memberikan sumbangan GRK adalah Martapura. Pada lahan rawa lebak bertanah gambut yang disawahkan, varietas Batanghari memberikan sumbangan emisi GRK paling rendah dibandingkan Punggur, Air Tenggulang, dan Banyuasin (Tabel 40).

Tabel 40. Emisi metan (CH_4) dan hasil gabah dari beberapa vareitas padi di lahan gambut rawa lebak, Kalimantan Selatan

Varietas padi	Emisi CH_4 (kg/ha)	Penurunan emisi CH_4 (%)	Hasil gabah (t/ha)
Punggur	183,0a	-	4,00a
Banyuasin	179,2a	2,08	3,46a
Tenggulang	124,1b	32,19	3,26a
Batanghari	104,0b	43,17	3,35a

Sumber: Setyanto dan Susilawati, 2007

Ameliorasi dan pemupukan

Jenis amelioran pada pertanaman padi mempengaruhi besarnya emisi dari lahan rawa lebak bertanah gambut di Kalimantan Selatan. pemberian amelioran menurunkan emisi CH_4 sebesar 40-50%, sedangkan CO_2 sebesar 5-30% (Tabel 41). Bahan amelioran yang paling efektif menurunkan emisi CH_4 adalah pupuk kandang yang matang (Kartikawati *et al.* 2012). Menurut Wihardjaka (2005) emisi CH_4 pada tanah sawah yang menggunakan kompos dan pupuk kandang yang sudah matang lebih rendah dibandingkan pupuk hijau dan jerami segar.

Tabel 41. Pengaruh amelioran dan pupuk terhadap GWP dan emisi GRK di lahan gambut rawa lebak, Landasan Ulin, Kalimantan Selatan

Perlakuan	Total emisi (t/ha/th)		GWP (t $\text{CO}_2\text{e/ha/th}$)	Penurunan emisi masing2 gas (%)		Penurunan emisi GRK (%)
	CH_4	CO_2		CH_4	CO_2	
Kontrol	0,085	31,6	33,8	baseline	baseline	Baseline
Abu sekam	0,037	30,0	30,9	-56,7	-5,1	8,4
Pukan	0,041	21,2	22,2	-51,4	-32,9	34,1
Pugam A	0,051	24,6	25,8	-40,0	-22,3	23,5
Pugam T	0,046	25,1	26,3	-45,6	-20,5	22,1
Tanah Mineral	0,044	24,3	25,4	-48,9	-23,0	24,7

Sumber: Kartikawati *et al.* (2012)

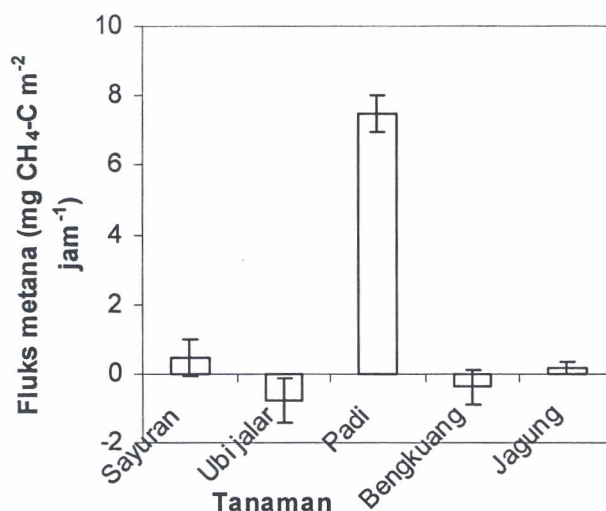
6.3.4. Sistem surjan mitigatif terhadap perubahan iklim

Lahan rawa, baik pada tanah mineral maupun gambut memberikan kontribusi pula terhadap emisi GRK. Kondisi tergenang dan tingginya kadar bahan organik tanah di lahan rawa memungkinkan terbentuknya gas metana dalam jumlah yang signifikan. Tingginya fluks metana pada lahan sawah dipengaruhi oleh aktivitas mikroba penghasil dan pengoksidasi metana serta kondisi lingkungan yang menstimulirnya. Potensial redoks tanah yang rendah akibat penggenangan dan ketersediaan substrat organik merupakan prasyarat lingkungan pembentukan metana. Aktivitas metanotrop pengoksidasi metana pada pertanaman padi terbatas pada daerah rizosfer yang bersifat oksidatif. Dominasi metanogen terhadap metanotrop pada system sawah menyebabkan tingginya fluks metana (Watanabe *et al.*, 1997).

Sistem surjan dapat mengurangi emisi metana dari lahan rawa sehingga sistem ini bersifat mitigatif terhadap perubahan iklim. Pada bagian guludan dari system surjan kondisinya aerobik atau bersifat oksidatif. Dalam kondisi demikian gas metana tidak terbentuk karena mikroba pembentuk metana tidak aktif (Gambar 37). Selain itu

pengelolaan air dengan cara berseling (*intermittent drainage*) dan pemberian air macak-macak juga dapat menurunkan emisi metana secara signifikan.

Tanaman padi di lahan sawah menghasilkan fluks metana jauh lebih tinggi ($7.4976 + 0.5299 \text{ mg CH}_4\text{-C m}^{-2} \text{ jam}^{-1}$) dibandingkan tanaman lainnya yang ditanam di lahan kering. Budidaya sayuran dan jagung menghasilkan fluks metana yang jauh lebih rendah dibandingkan tanaman padi sawah, masing-masing sebesar $0.4605 + 0.5255$ dan $0.1634 + 0.1824 \text{ mg CH}_4\text{-C m}^{-2} \text{ jam}^{-1}$. Sedangkan ubi jalar dan bengkuang menghasilkan fluks metana negative, masing-masing sebesar $-0.7708 + 0.6434$ dan $-0.3874 + 0.5076 \text{ mg CH}_4\text{-C m}^{-2} \text{ jam}^{-1}$ (Suprihati *et al.* 2006).



Gambar 37. Fluks metana pada lima macam tanaman budidaya (padi di lahan sawah dan sayuran di lahan kering (Suprihati *et al.*, 2006)

Tabel 42. Emisi gas metan (CH_4) dan produksi gabah pada beberapa perlakuan pengaturan air pada padi sawah

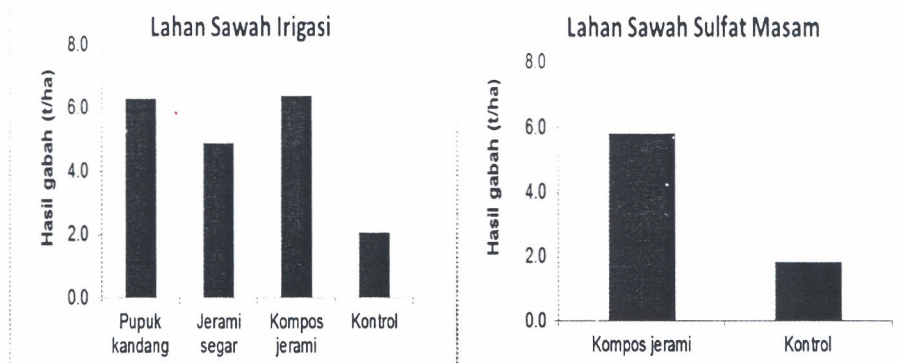
Perlakuan	Emisi CH_4 (kg/ha/musim)	Hasil gabah (t/ha)
Olah Tanah+Tanam Pindah+Tergenang	318	4,53
Olah Tanah+Tanam Pindah+Intermiten	160	4,63
Olah Tanah+Tanam benih langsung+Intermiten	98	4,76
Olah Tanah+Tanam benih langsung+Tergenang	106	4,84
Tanpa Olah Tanah+Tanam benih langsung+Intermiten	69	4,51
Tanpa Olah Tanah+Tanam benih langsung+Tergenang	75	4,40

Sumber: Suharsih *et al.* 2001 dalam Wihardjaka, 2005

Beberapa komponen teknologi di lahan sawah dalam system surjan selain mampu meningkatkan hasil gabah juga efektif menurunkan emisi GRK terutama emisi gas metana. Komponen teknologi tersebut antara lain: pengelolaan air irigasi berseling (intermittent drainage), tanam benih langsung (tabela), dan tanpa olah tanah. Ketiga komponen teknologi tersebut, yaitu irigasi berseling efektif meningkatkan efisiensi sumberdaya air, tabela efektif menurunkan biaya produksi (tenaga kerja untuk tanam padi), dan tanpa olah tanah juga efektif menurunkan biaya tenaga kerja untuk pengolahan tanah (Tabel 42).

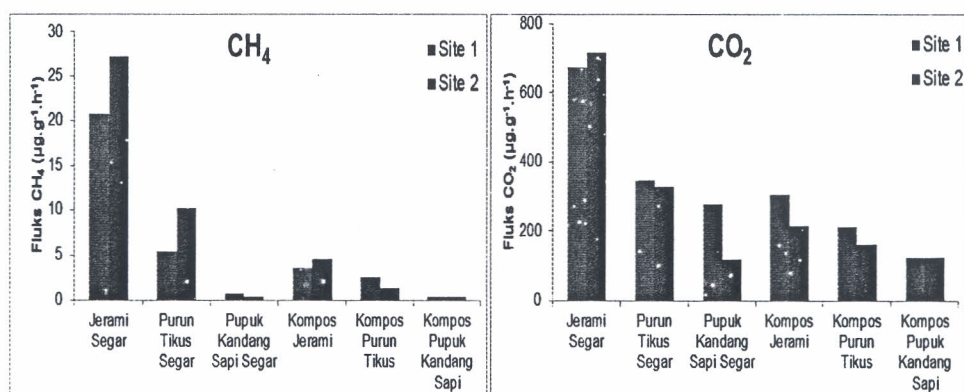
Pengelolaan air irigasi berseling, tanam benih langsung, dan tanpa olah tanah, serta kombinasi ketiga factor tersebut efektif menurunkan emisi metana dari 318 (control) menjadi 69 kg/ha/musim atau turun sekitar 78%. Sementara itu hasil gabah perlakuan tersebut 4,51 t/ha atau tidak berbeda nyata bila dibandingkan dengan kontrol (4,53 t/ha). Pengelolaan air berseling selain efektif menurunkan emisi metana dari 318 menjadi 160 kg/ha/musim juga perlakuan tersebut dapat meningkatkan hasil gabah dari 4,53 menjadi 4,63 t/ha. Demikian pula tanam benih langsung selain efektif menurunkan emisi metana dari 160 menjadi 98 kg/ha/musim juga dapat meningkatkan hasil gabah dari 4,63 menjadi 4,76 t/ha. Sementara itu tanpa olah tanah efektif menurunkan emisi metana dari 98 menjadi 69 kg/ha/musim tapi hasil gabah sedikit turun dari 4,76 menjadi 4,51 t/ha.

Bahan organik local yang berlimpah di lahan sawah dan sekitarnya antara lain: jerami padi, purun tikus, dan pupuk kandang sapi. Penggunaan bahan organik tersebut yang telah dikomposkan terlebih dahulu selain efektif meningkatkan produktivitas tanah (Gambar 38) juga efektif menurunkan emisi gas rumah kaca baik gas metana maupun CO₂ (Gambar 39). Pemberian bahan organik berupa pupuk kandang, jerami segar, dan kompos jerami nyata meningkatkan hasil gabah baik di lahan sawah irigasi maupun lahan sawah sulfat masam. Peningkatan produktivitas tanah akibat pemberian bahan organik erat kaitannya dengan peran bahan organik sebagai penyubur tanah. Bahan organik dapat memperbaiki sifat fisik tanah, antara lain: kemampuan memegang air dan agregat tanah; sifat kimia tanah, antara lain: meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) tanah, menyediakan unsur hara tanah, baik hara makro maupun hara mikro tanah, serta meningkatkan efisiensi pupuk anorganik; dan biologi tanah, antara lain: meningkatkan aktivitas mikroba dan ketersediaan hara tanah.



Gambar 38. Hasil gabah pada perlakuan bahan organik dan kompos di lahan sawah irigasi (Wiharjaka et al., 2001) dan di lahan sulfat masam (Annisa et al., 2012).

Penggunaan bahan organik lokal, seperti: jerami padi, purun tikus dan pupuk kandang masing-masing efektif menurunkan emisi GRK baik gas metana maupun CO_2 (Gambar 36). Diantara jenis bahan organik yang dicoba, kompos jerami padi memberikan penurunan emisi gas metana yang paling besar dibandingkan penggunaan jerami segar, selanjutnya diikuti oleh penggunaan purun tikus dan pupuk kandang sapi. Demikian pula penggunaan kompos jerami padi memberikan penurunan terhadap emisi CO_2 paling besar diikuti oleh penggunaan purun tikus dan pupuk kandang sapi. Besarnya emisi GRK yang dihasilkan terkait erat dengan nilai C/N masing-masing sumber bahan organik. Semakin rendah nilai C/N dari suatu sumber bahan organik, semakin tinggi emisi GRK yang dihasilkan. Aktivitas mikroba pada perlakuan bahan organik dengan C/N rendah jauh lebih tinggi dibandingkan dengan bahan organik dengan C/N tinggi.



Gambar 39. Fluks CH_4 dan CO_2 pada perlakuan bahan organik dan kompos di tanah sulfat masam alami (site 1) dan intensif (site 2) dan (Annisa et al., 2013)

BAB VII PENUTUP

Populasi penduduk Indonesia pada tahun 2030 diperkirakan mencapai 300 juta jiwa. Apabila tingkat konsumsi pertahun sebesar 90 kg beras/jiwa, maka dibutuhkan tambahan produksi sekitar 7-10 juta ton beras. Oleh karena itu, maka intensifikasi, ekstensifikasi dan diversifikasi pertanian menjadi tuntutan sekaligus tantangan yang tidak terelakkan lima atau sepuluh tahun ke depan. Ditengah keterbatasan lahan subur yang tersedia dan pesatnya konversi lahan pertanian menjadi non pertanian serta meningkatnya permintaan hasil pertanian seiring dengan laju pertumbuhan penduduk dan kesejahteraan masyarakat, maka pemanfaatan lahan-lahan sub optimal, termasuk lahan rawa menjadi pilihan.

Sistem surjan sebagai kearifan lokal petani rawa telah lama diterapkan di lahan rawa dan seiring dengan perkembangan pengetahuan dan inovasi teknologi pengelolaan rawa perlu dikembangkan dan diperluas sesuai dengan dinamika sifat dan watak *inherence* dari lahan rawa yang bersifat spesifik lokasi. Sistem ini terbukti adaptif dan mitigatif terhadap perubahan iklim karena berkembang menyesuaikan dengan kondisi tipologi, luapan pasang, genangan muka air, organisme pengganggu tanaman, sosial ekonomi, adat dan budaya, ilmu pengetahuan dan teknologi, serta keterampilan petani. Keberhasilan petani di lahan rawa pasang surut, di Desa Karang Buah, Karang Bunga, dan lainnya di Kabupaten Batola, Kalimantan Selatan, Desa Kelampangan, Desa Kereng Bengkirai, Kodya Palangka Raya, Kalimantan Tengah, Desa Siantan, Kabupaten Pontianak, Kalimantan Barat, Desa Pasang Kayu, Mamuju Utara, Sulawesi Barat dan lainnya di Jambi, Lampung, Sumatera Barat, Sumatera Selatan dalam mengembangkan sistem surjan dengan pilihan komoditas jeruk siam, pisang, palawija, sayuran dengan berbasis padi merupakan bukti nyata potensi lahan rawa yang dapat diandalkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, A. 2013. Jihad penegakan kedaulatan pangan. Dalam Ali Agus et al (eds). Jihad Menegakan Kedaulatan Pangan: Suara dari Bulak Sumur. GMU press. Yogyakarta. Hlm 1-8.
- Agus, F., dan I. G. M. Subiksa. 2008. Lahan Gambut: Potensi untuk Pertanian dan Aspek Lingkungan. Balai Penelitian Tanah, Bogor.
- Agus, F., Wahyunto, A. Dariah, P. Setyanto, IGM Subiksa, E. Runtunuwu, E. Susanti³, W. Supriatna. 2010. Carbon budget and management strategies for conserving carbon in peatland: Case study in Kubu Raya and Pontianak Districts, West Kalimantan, Indonesia. Pp. 217-233 Dalam Proc. Intern. Workshop on Evaluation and Sustainable Management of Soil Carbon Sequestration in Asian Countries, Bogor.
- Agus, F., Gunarso, P., Sahardjo, B.H., Joseph, K.T., Rashid, A., Hamzah, K., Harris, N., and van Noordwijk, M. 2011. Strategies for CO₂ emission reduction from land use changes to oil palm plantations in Indonesia, Malaysia and Papua New Guinea. RSPO, Kuala Lumpur. Presented at the Roundtable 9 of the Roundtable on Sustainable Palm Oil, Kota Kinabalu, Malaysia.
- Alwi, M., S. Saragih, dan Y. Lestari. 2004. Komponen teknologi pengelolaan lahan terpadu untuk meningkatkan produktivitas dan konservasi lahan gambut. Dalam, Laporan Akhir TA 2004. Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa. Banjarbaru.
- Anderson, J. 2011. Winter quarters of wetland ground beetles (Coleoptera, Carabidae) in South Scandinavia. *J. Insect Conver* 15:799-810.
- Annisa, W., A. Maas., B.H. Purwanto., J. Widada. 2013. Emission of Methane and Carbondioxide as Affected by Soil Organic Matter Management in Acid Sulphate Soil. *Jurnal tanah dan Iklim Edisi Khusus Rawa*: 1-6
- Annisa, W. dan D. Nursyamsi. 2013. Peran bahan organik lokal terhadap penurunan emisi gas rumah kaca di lahan rawa. *Warta Litbang* 35 (5): 1-4.
- Antarlina, S.S., Hidayat D. Noor., Izzuddin Noor., dan S. Raihan. 2005. Teknologi Peningkatan Produktivitas Lahan dan Kualitas Tanaman Jeruk di Lahan Rawa. Laporan Hasil Penelitian. Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa. Banjarbaru. 90 hlm.
- Anwar, K. Nurita dan M. Sarwani. 1995a. Pengelolaan unsur fosfat di lahan rawa pasang surut. Dalam Laporan Hasil Penelitian Tanaman Pangan di Lahan Rawa. Buku 3. Pengelolaan Air, Tanah dan Hara di Lahan Rawa Pasang Surut. Badan Litbang Pertanian.
- Anwar K., M. Sarwani dan M. Noor. 1995b. Status unsur P di lahan sawah pasang surut. Malakah penunjang pada Pros. Simp. Nasional dan Kongres VI Peragi, Jakarta 25-27 Juni 1996.

- Anwar K., Nurita, R. Dirgahayuningsih, dan M. Sarwani. 1996. Pengelolaan pemupukan fosfat pada berbagai pola tanam di lahan pasang surut sulfat masam. Laporan Akhir Hasil Penelitian TA 1996/1997. Balittra, Banjarbaru.
- Anwar K. dan Nurita. 1997. Respon tanaman padi dan kedelai terhadap pemupukan fosfat dan residunya di lahan pasang surut sulfat masam tipe B dan C. Laporan Akhir Hasil Penelitian TA 1997/1998. Balittra, Banjarbaru.
- Anwarhan, H. Dan S. Sulaiman. 1985. Pengembangan pola usahatani di lahan pasang surut dalam rangka peningkatan produksi tanaman pangan. Jurnal Litbang Pertanian Vol. IV (4): 91-96.
- Ar-Riza, I., H. Sutikno, dan S. Saragih. 2003. Penataan lahan dan alternatif sistem usahatani berbasis tanaman pangan di lahan pasang surut. *Dalam* Isdijanto, A *et al* (eds). Pros. Sem. Hasil-Hasil Penelitian dan Pengkajian Teknologi Pertanian di Lahan Pasang Surut. Kuala Kapuas, 31 Juli - 01 Agustus 2003. Balitbangtan. Hlm 8 - 22.
- Balitbangtan, 1983. Tidal Swamps Agro Ecosystems of Southern Kalimantan. Workshop report on the sustainable intensification of tidal swamplands in Indonesia. The Ford Foundation in Callaoraion with the AARD. Ministry of Agriculture, Indonesia.
- Balitbangtan. 2011a. Pedoman Umum Adaptasi Perubahan Iklim Sektor Pertanian. Bogor. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementan. Hlm 1-67.
- Balitbangtan. 2011b. Road Map Strategi Pertanian Menghadapi Perubahan Iklim. Bogor. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementan. Hlm 1-89.
- BALITTRA. 2011. Setengah Abad Balittra: Rawa Lumbung Pangan Menghadapi Perubahan Iklim. 71 hlm. Banjarbaru: Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa.
- BALITTRA, 2013. Laporan Tahunan. Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa Tahun 2012. Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa. Banjarbaru. 25 hlm.
- BBSDLP, 2011. Inovasi Teknologi Sumberdaya Lahan untuk Pertanian Berkelanjutan. Laporan Tahunan. BBSDLP-Balitbangtan. Bogor.
- Boer, R., A. Buono, A. Sumaryanto, E. Surmaini, I. Las, dan Yelly. 2011. Dampak kenaikan muka air laut pada penggunaan lahan sawah di kawasan pantura. Laporan akhir Konsorsium Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim Sektor Pertanian.
- Collier, W.L. 1982. Lima puluh tahun transmigrasi spontan dan transmigrasi pemerintah di tanah rawa Kalimantan. Dalam J. Hardjono (ed.). Transmigrasi dari Kolonisasi sampai Swakarsa. Gramedia. Jakarta
- Damanik M. dan A. Hairani. 2000. Pemanfaatan mikroba pembantu untuk meningkatkan efisiensi pemupukan P pada tanaman kedelai di tanah sulfat masam. Laporan Akhir Proyek Pengkajian Teknologi Pertanian Partisipatif. PAATP-Balai Penelitian Tanaman Pangan Lahan Rawa. Banjarbaru.
- Dent, D. 1986. Acid Sulphate Soils: A Baseline for Research and Development. ILRI Publ. No. 39. Wageningen. 204 p.

- Ditjenta, 2007. Kebijakan Pengembangan Lahan rawa dalam Mendukung Ketahanan Pangan Nasional. Makalah Pros. Sem. Nas. Pertanian Lahan Rawa, 3-4 Agustus 2007 di Kuala Kapuas, Kalimantan Tengah.
- Dir. Rawa dan Pantai. 2006. Pengelolaan Rawa di Indonesia. Direktorat Rawa dan Pantai. Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta. 205 hlm.
- Donicie, P.J. dan Idak, 1941. Pertanaman Djeruk di daerah Bandjarmasin, Marabahan dan Martapura (dalam wilayah afdeling Bandjarmasin). Diperbayak oleh Lembaga Pusat Penelitian Pertanian Perwakilan Kalimantan.
- Euroconsult, 1986. Nation-wide Study of Coastal and Near-coastal Swamps Land in Sumatra, Kalimantan and Irian Jaya. Executive Report Dir. Gen. Of Water Res. Dev. Min of Public Work, Jakarta and Euroconsult. Arnheim/BIEC. Bandung.
- Giller, K.E., Beare, M.H., Lavelle, P., Izac, A.M.N., and Swift, M.J. 1997. Agriculture Intensification, Soil Biodiversity and Agroecosystem Function. *App. Soil Ecol.* 6:3-5.
- Hairiah, K dan S, Rahayu. 2007. Pengukuran Karbon Tersimpan Di Berbagai Macam Penggunaan Lahan. World Agroforestry Centre-ICRAF, South East Asia, Bogor.
- Hatano, R., Tomoaki, M., Untung, D., Limin, S.H., Syaiful, A. 2004. Impact of agriculture and wild fire on CO₂, CH₄ and N₂O emissions from tropical peat soil in Central Kalimantan, Indonesia, Necessity of Establishment of Inventory on Carbon Cycling in Tropical Peatland Ecosystems for Sustainable Agroproduction and Environmental Conservation, Report number 13574012, Field Science Center for Northern Biosphere, Hokkaido University, Sapporo, pp. 11-14.
- Haryono, 2012. Lahan Rawa; Lumbung Pangan Masa Depan Indonesia. IAARD Press. Jakarta. 142 hlm.
- Hadi, A., Z.T. Mriyana, dan P. Londong. 2007. Pengelolaan penggunaan berdasarkan tipologi luapan pasang surut sebagai opsi mitigasi emisi gas CH₄ dan N₂O, Hlm 301-316. Dalam Mukhlis et al. (eds). Pros. Sem. Nas. Pertanian Lahan Rawa, Kuala Kapuas, 3-4 Agustus 2007. Badan Litbang dan Penkab Kapuas Kalimantan Tengah.
- Handayanto, E. 2000. Intensifikasi Pertanian dan Fauna Perombak dalam Tanah. Biologi Tanah Lanjutan. Tesis Magister Sains. Program Pascasarjana Universitas Brawijaya. Malang.
- Hooijer, A., S. Page, J. Jauhiainen, W.A. Lee, and X. Lu. 2010. Recent findings on subsidence and carbon loss in tropical peatlands: reducing uncertainties, Workshopon "Tropical Wetland Ecosystems of Indonesia: Science Needs to Address Climate Change Adaptation and Mitigation", Bali, 11-14 April 2010.
- Iman, M.I., Basa, Suwarno, dan P. Sitorus. 1990. Penelitian sistem usaha tani di lahan pasang surut. Dalam M. Syam. M. Sabrani, dan A. Musaddad (ed). Sistem Usha Tani di Lima Agro Ekosistem. Puslitbangtan. Bogor

- Ismail, I.G., Trip Alihamsyah., IPG Widjaya Adhi., Suwarno., Tati Herawati., Ridwan Thahir dan D.E. Sianturi. 1993. *Sewindu Penelitian Pertanian di Lahan Rawa, Kontribusi dan Prospek Pengembangan*. Bogor: Badan Litbang Pertanian.
- Kartikawati R., D. Nursyamsi, P. Setyanto, S. Nurzakiah. 2012. Peranan amelioran dalam mitigasi emisi GRK (CH_4 dan CO_2) pada land use sawah di tanah gambut ds. Landasan Ulin. Kec. Banjarbaru. Kalsel. Dalam Pros. Sem. Nas. Pengelolaan Lahan Gambut Berkelanjutan. Badan Litbang Pertanian. Bogor 4 Mei 2012.
- Kesumasari, Nurita dan K. Anwar. 2000. Pengaruh cara aplikasi dan takaran P pada tanaman kedelai di lahan gambut. Disampaikan pada Seminar Hasil Penelitian Tanaman Pangan Lahan Rawa, 5-7 Juli 2000 di Banjarbaru.
- Lestari, Y., R. Humaire dan R. S. Simatupang. 2007. Pengaruh ameliorasi terhadap tanaman lobak pada tanah gambut pasang surut Kalimantan Tengah. Dalam Pros. Sem. Nas. Pertanian Lahan Rawa: Revitalisasi Kawasan PLG dan Lahan Rawa Lainnya untuk Membangun Lumbung Pangan Nasional. Kuala Kapuas, 3-4 Agustus 2007.
- Lestari, Y., M. Noor, dan Rosmini. 2008. Pengaruh ameliorasi terhadap sifat kimia tanah dan hasil tomat pada lahan gambut. Dalam M. Noor et al (ed). Pros Sem Nasional Pengembangan Lahan Rawa, 5 Agustus 2007 242-252. Bogor/Banjarbaru: Balai Besar Litbang SDLP – BAPPEDA Prov Kalsel.
- Maftu'ah, E. 2002. Studi Potensi Keanekaragaman Makrofauna Tanah sebagai Bioindikator Kualitas Tanah Berkapur pada Beberapa Penggunaan Lahan di Malang Selatan. Tesis Magister Sains. Program Pascasarjana Universitas Brawijaya. Malang.
- Maftu'ah, E., M. Willis dan M.A. Susanti, 2004. Keanekaragaan fauna tanah di lahan rawa. Laporan Akhir Hasil Penelitian. Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa. Banjarbaru.
- Maftu'ah, E., Mukhlis dan Susanti, M.A., 2007. Potensi Fauna Tanah sebagai Indikator Kualitas Tanah. Laporan Akhir Hasil Penelitian. Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa. Badan Litbang Pertanian. Banjarbaru.
- Maftu'ah, E. dan M.A. Susanti, 2009. Komunitas cacing tanah pada beberapa penggunaan lahan gambut di Kalimantan Tengah. *Berita Biologi* 9(4).
- Maftuah dan Mukhlis. 2013. Biodiversiti fauna tanah rawa dan pemanfaatannya. Dalam Mukhlis, M. Noor, M. Alwi, dan M. Thamrin (eds). *Biodiversiti Rawa: Penelitian, Eksplorasi dan Pelestariannya*. IAARD Press. Jakarta.
- Melling, L. Hatano, R. and Goh, K. J. 2007. Nitrous oxide Emission From Three Ecosystem in Tropical Peat Land of Serawak Malaysia. *Soil Science & Plant Nutrition*. 53: 792-805.
- Mensvoort, M.E.F. 1996. Soil knowledge for famers, farmer knowledge for soil scientist: the case of soils in the Mekong Delta, Vietnam. Ph.D. Thesis. Wageningen Agricultural University. 135 p.

- Mukhlis. 2012. Pengaruh pembenah tanah biochar terhadap kualitas kimia tanah dan pertumbuhan padi pada tanah gambut. Laporan Hasil Penelitian Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa. Banjarbaru.
- NoorGINAYuwati, S. Saragih, Nurtirtayani dan K.Sari. 2010. Kajian kearifan lokal usahatani jeruk. *Dalam* Pemanfaatan dan Pelestarian Lahan Gambut di Sulawesi Barat. *Laporan Akhir Hasil Penelitian Sinta* Anggaran Tahun 2009. Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa. Banjarbaru
- Noor, M. 2004. Lahan Rawa: Sifat dan Pengelolaan Tanah Bermasalah Sulfat Masam. Raja Grafindo Persada. Jakarta. 241 hlm.
- Noor, M., Y. Lestari dan M. Alwi. 2005. Teknologi Peningkatan Produktivitas Lahan Gambut. Laporan Akhir Hasil Penelitian. Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa. Banjarbaru.
- Notohadiprawiro, T. 1979. Tanah Estuarin : Watak, Sifat, Kelakuan dan Kesuburannya. Dep. Ilmu Tanah. Fakultas Pertanian UGM. Yogyakarta.
- Nurzakiah, S., Fahmudin Agus., and Haris Syahbuddin. 2013. Ameliorant Application on Variation of Carbon Stock and Ash Content on Peatland South Kalimantan. *J Trop Soils, Vol. 18, No. 1, 2013: 11-16.*
- Nykanen, H., 2003. Sensitivity of CH₄ and N₂O dynamics in Boral Peat Lands to Antropogenic and global changes. Doctoral Disertation. University of Kuopio. Finland
- Page SE, and J.O. Rieley. 1998. Tropical Peatlands : a Rievew of Their Natural Resources Functions with Particular Reference to Southeast Asia. *International Peat Jurnal* 8: 95-106
- Rasmadi, M. 2003. Karakteristik kimia tanah pada tukangn yang berebda umumnya yang ditanami jeruk di daearh pasang surut. *Agroscientiae* Vol. 10 (1): 26-32.
- Rina, Y., A.Rafieq, dan A. Subhan. 2007. Karakteristik sistem usahatani di lahan lebak (Kasus Desa Banua Kupang Kab Hulu Sungai Tengah). *Dalam* Pros. Sem. Pertanian Lahan Rawa. 3-4 Agustus 2007. Kerjasama Balitbangtan dengan Pemkab Kapuas Kalimantan Tengah. Kapuas.
- Rina, Y., NoorGINAYuwati, H. Sutikno, Achmadi, A. Supriyo dan A. Budiman. 2008. Analisis Ekonomi dan Keunggulan Kompetitif Komoditas Pertanian Di Lahan Lebak. Laporan Akhir Hasil Penelitian Tahun Anggaran 2008. BBSDLP. Balittra. Banjarbaru.
- Rina, Y dan H. Syahbuddin. 2013. Zona kesesuaian lahan rawa pasang surut berbasis keunggulan kompetitif komoditas. *Jurnal SEPA*. Vol 10 No 1. September 2013 : 103 -117.
- Subiksa, IGM. 2000. Ameliorasi lahan gambut untuk usahatani yang berkelanjutan. *Dalam* Pros. Sem. Nas. Penelitian dan Pengembangan Pertanian di Lahan Rawa. Cipayung, 25-27 Juli 2000. ISDP. Puslitbangtan. Balitbangtan.
- Sutikno, H., Y. Rina dan NoorGINAYuwati. 2010. Model pengembangan teknologi pertanian berdasarkan faktor-faktor penentu adopsi teknologi di lahan rawa.

- Dalam Markus Anda *et al* (eds). Pros. Sem. dan Lokakarya Nas. Inovasi Sumberdaya Lahan. Bogor. 24-25 Nopember 2009. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Sayogyo, 1993. Budidaya Padi di Jawa. Seri Pembangunan Pedesawaan. Yayasan Obor dan Gramedia. Jakarta. 339 hlm.
- Setyanto, P dan H.L. Susilawati. 2007. Emis gas rumah kaca pada tanah gambut dengan varietas padi.. Dalam Mukhlis *et al.* (eds). Pros. Sem. Nas. Pertanian Lahan Rawa, Kuala Kapuas, 3-4 Agustus 2007. Badan Litbang dan Pemkab Kapuas Kalimantan Tengah. Hlm 293-300
- Subba-Rao, N.S. 1994. Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman (terjemahan). Edisi II. Universitas Indonesia (UI) Press. Jakarta. 353 hlm.
- Suprihati, I. Anas, D. Murdiyanto, S. Sabiham, G. Djajakirana. 2006. Fluks metana dan karakteristik tanah pada beberapa macam system budidaya. *Bul. Agron.* (34) (3): 181-187.
- Suryantini. 2005. Serapan N, P dan K tanaman petsai dengan pemberian lumpur laut dan pupuk kandang pada tanah gambut. *Journal Agrosains.* 2(1):14-28.
- Tampubolon, S.H.M., S. Tjakrawedaya, dan S. sutarman. 1991. Kajian aspek sosial ekonomi dan kelembagaan pengembangan usaha tani terpadu lahan rawa pasang surut di Sumatera Selatan. Dalam Suwran T. Herawti, dan IG. Ismail (eds). Pros. Sem Penelitian Lahan Pasang Surut dan Rawa. SWAMPS-Puslitbangtan. Bogor.
- Tomich TP, Fagi AM, de Foresta H, *et al.* 1998. Indonesia's fire : smoke as a problem, smoke as a symptom. *Agroforestry Today* January - March: 4 – 7.
- WWF. 2008. Deforestation, forest degradation, biodiversity loss and CO₂ emission in Riau, Sumatera, Indonesia: one Indonesian province's forest and peat soil carbon loss over a quarter century and it's plans for the future. WWF Indonesia Technical Report. www.wwf.or.id.
- Wahyunto, S. Ritung dan H. Subagjo. 2003. Peta Sebaran Gambut dan Kandungan Karbon Pulau Kalimantan/ Map of Peat Distributions and Carbon Contents of Kalimantan (Buku 2). Wetlands International-Canadian International Development Agency (CIDA) – Wildlife Habitat Canada. Bogor.
- Wahyunto, S. Ritung, dan H. Subagyo. 2004. Peta Sebaran Lahan Gambut, Luas dan Kandungan Karbon di Kalimantan. Buku 1, Edisi Pertama. Wetlands International-Indonesia Programme. Bogor.
- Wihardjaka, A. 2001. Emisi gas metan di tanah sawah irigasi dengan pemberian beberapa bahan organik. *Agrivita* 23(1): 43-51.
- Wihardjaka. A. 2005. Fluks Metana pada Beberapa Komponen Teknologi Sawah Tadah Hujan di Kabupaten Pati. Dalam Pros Sem. Nas. Teknologi Inovasi Pengelolaan Sumberdaya Rawa dan Pengendalian Pencemaran Lingkungan. Banjarbaru. Kalsel. 5-7 Oktober 2004.
- Wolf, E.R. 1983. Petani, Suatu Tinjauan Antropologis. Yayasan Ilmu-ilmu Sosial. Rajawali Jakarta. 201 hlm.

Yudohusodo, S. 2014. Keluar dari Impor Pangan. Kolom Opini. Harian Umum Kompas, edisi Jumat, 28 Maret 2014, Hlm 6.

GLOSARI

Agihan	= distribution
Bentang alam	= landscape
Daya sangga	= bearing capacity
Efek rumah kaca	= efek rumah kaca
Gas rumah kaca	= greenhouse gas
Gelontor	= flushed
Geluh	= loam
Jeluk	= depth
Kahat	= deficient
Lengas tanah	= soil moisture
Lempung	= clay
Lindi	= leached
Mintakat	= zone
Muka air tanah	= water table
Neraca air	= water balance
Pasang surut	= tidal swamps
Patungan	= jointly
Pemanasan	= warming
Pemangku	= stakeholder
Pemendaman	= sequestering
Pengelantangan	= exposed
Pengatusan	= drainage
Perdagangan karbon	= carbon trading
Perombakan	= dekomposed
Perubahan	= changing
Piasan	= marginal
Rapuh	= fragile
Rosot	= sink
Rumah kaca	= green house
Sangga	= buffer
Semat	= fixation
Tabat	= dam overflow
Taksonomi	= taxonomy
Tebas dan bakar	= slash and burn
Titik panas	= hot spot
Wanatani	= agroforestry
Watak bawaan	= inherence
Wise	= arif dan bijaksana

BIODATA PENULIS



Dedi Nursyamsi, Ir. M.Agr. Dr. dilahirkan di Jawa Barat menyelesaikan S1 di Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor (1987), pendidikan S2 bidang nutrisi tanaman di Laboratory of Plant Nutrition, Graduate School of Agriculture, Hokkaido University, Jepang (2000), dan pendidikan Program Doktor (S3) Studi Ilmu Tanah ditempuh di Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor (2008).

Menjabat sebagai Kepala Balai Penelitian Lingkungan Pertanian (2008-2012), Kepala Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa (Balittra) tahun 2012-2014. Sejak tahun 2014 diangkat sebagai Kepala Balai Besar Penelitian dan Pengembangan sumber Daya Lahan Pertanian (BBSDLP). Dalam melaksanakan tugasnya sebagai peneliti, aktif menjalin kerjasama penelitian dengan berbagai instansi swasta dan pemerintah baik dari dalam maupun luar negeri. Instansi dari dalam negeri antara lain BPTP, Kementrans, Kemen PU, Kemen LH, Kemenhut, Kemendagri, Pemda, Universitas, PPKS, LIPI, BIG, BPPT, ICCC, DNPI, berbagai produsen dan perusahaan pupuk dan lain-lain, sedangkan instansi dari luar negeri antara lain IFDC, IMPHOS, Chiba University, Hokkaido University, IRRI, JICA, NIAES, dan lain-lain. Selain itu juga aktif membimbing mahasiswa S1 dan S2 dari berbagai perguruan tinggi di tanah air baik negeri maupun swasta. Selama berkarier menghasilkan berbagai karya tulis ilmiah yang tersebar dalam berbagai jurnal, prosiding, buletin ilmiah dan majalah ilmiah populer baik dilingkup nasional maupun internasional.



Muhammad Noor, Ir, MS. Dr. lahir di Banjarmasin. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Fakultas Pertanian Jurusan Ilmu Tanah Universitas Gadjah Mada Yogyakarta (1984), S2 pada Fakultas/Program Pasca Sarjana Institute Pertanian Bogor (1989), dan S3 pada Program Doktor Universitas Gadjah Mada (2004). Menjabat sebagai Peneliti Utama bidang Kesuburan dan Biologi Tanah pada Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa.

Selama berkarier menghasilkan berbagai karya tulis ilmiah yang tersebar dalam berbagai jurnal, prosiding, buletin ilmiah dan majalah ilmiah populer. Penulis buku teks Padi Lahan Marjinal (1996) diterbitkan oleh Penebar Swadaya Jakarta; Pertanian Lahan Gambut (2001) diterbit oleh Kanisius Yogyakarta; Lahan Rawa (2004) dan Rawa Lebak (2007) diterbitkan oleh Rajawali Press Jakarta; Lahan Gambut (2010) diterbitkan Gadjah Mada Universitas Press; Lahan Rawa: Penelitian dan Pengembangan ditulis bersama dengan Dr. Ir. Haryono, M.Sc., Dr. Ir. Muhrizal Sarwani, M.Sc. dan Dr. Ir. Haris Syahbuddin, DEA (2012) diterbitkan oleh IAARD Press Jakarta. Mendapatkan penghargaan atau anugerah Agro Inovasi sebagai Inovator Luar Biasa Bidang Hak Cipta dan Merek oleh Menteri Pertanian (2011). Kerap menulis berbagai opini dan menjadi nara sumber pada berbagai pelatihan pada Kementerian Pertanian, Pekerjaan Umum, Lingkungan Hidup, Kehutanan, dan Transmigrasi serta mengajar dan membimbing mahasiswa tingkat sarjana dan pasca sarjana pada beberapa perguruan tinggi negeri.



Haryono, Dr, M.Sc, Ir. Lulus Sarjana Pertanian IPB pada Departemen (Jurusan) Statistika dan Komputasi (1980). Gelar Master of Science diraih pada *Departement of Computer Science, Western Michigan University, Amerika Serikat* (1987). Gelar Doktor dari *Technical Science, School of Enginering and Technology, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand*. Mengawali karier di Badan Litbang tahun 1980 sebagai staf Pusat pengelolaan Data Statistik (Pusdatik).

Mengikuti *Training Programming and System Analisis and Design* pada National Computer Institute, Philippina (1981), Training Sistem Data Base dan System programming di Honeywell Education Centre, Boston, USA (1982). Menjabat Direktur Poject Coordination and Monotoring Unit) pada Participatory Dep of Agric. Project 91996-2001) di Pusat Penyiapan program Penelitian Pertanian. Kepala Bagian Kerjasama Iptek (20101-2005), Sekretaris Badan Litbang Pertanian (2005-2010), dan Kepala Badan Litbang Pertanian (2010-sekarang). Aktif dalam organisasi internasional, antara lain, menjadi anggota delegasi RI pada The 9th APEC-ATCWG Meeting 2005 di Daejon, South Korea; ketua delegasi RI pada The Second Meeting of the Ad-hoc Task Force on ASEAN Agricultural Hazards Early Warning System (AHEWS) 2004 di Brunei; ketua delegasi RI pada The 1st Meeting of The ASEAN Technical Working Group on Agricultural Research and Development 2004; anggota delegasi RI pada The 8th APEC-ATCWG Plenary Meeting Kerjasama Regional APEC, di Chiangmai Thailand 2004; dan menjadi Secretary of Organizing Committee, APEC Training Workshop on Agricultural Technology Transfer and Training, di Bandung, 2004 dan di Bali, 2003. Selain itu yang bersangkutan aktif pula dalam berbagai workshop dan pertukaran ilmiah internasional, serta menjadi anggota Association for Computing Machinery dan anggota Persatuan Insiyur Indonesia (PII). Menulis banyak buku, diantaranya buku *Lahan Rawa: Lumbung Pangan Masa Depan Indonesia* (AAARD Press, Jakarta, 2012) dan buku *Lahan Rawa: Penelitian dan Pengembangannya* (IAARD Press, Jakarta, 2012) bersama dengan Muhammad Noor, Haris Syahbuddin, dan Muhrizal Syarwani.

SISTEM SURJAN

Model Pertanian Lahan Rawa Adaptif Perubahan Iklim

Sistem surjan merupakan sistem tanam di lahan rawa yang memadukan sistem sawah dan tegal. Sistem ini memberikan pilihan yang lebih luas kepada petani mengenai komoditas yang akan diusahakan di lahan rawa. Selain padi, petani dapat menanam palawija, hortikultura, dan tanaman perkebunan sehingga selain mengurangi risiko kegagalan tanam juga menambah pendapatan.

Sistem surjan terus berkembang seiring dengan optimalisasi pemanfaatan lahan rawa dan perubahan iklim. Ke depan, model pertanian harus adaptif sesuai dengan karakteristik lahan dan lingkungan serta rendah emisi. Selain di Indonesia, sistem surjan juga diterapkan oleh petani di Malaysia, Thailand, dan Vietnam dalam rangka pemanfaatan lahan rawa untuk pertanian.

Keberhasilan penerapan sistem surjan di lahan rawa dicontohkan oleh petani di Unit Pemukiman Transmigrasi (UPT) Tarantang, Kabupaten Barito Kuala, Kalimantan Selatan. Lokasi itu kini menjadi salah satu agrowisata di Kalimantan Selatan. Banyak tamu yang berkunjung, baik dari dalam negeri maupun dari luar negeri seperti dari Jepang (Universitas Hokkaido) dan Filipina (IRRI). Keberhasilan petani di wilayah tersebut dalam mengelola lahan rawa telah menginspirasi penulis untuk menyusun buku ini. Para penyuluh, peneliti, pengamat, pemerhati, perencana, pembuat kebijakan, termasuk civitas akademika yang ingin mengenal lebih jauh sistem surjan, baik dari segi teknis, sosial ekonomi, maupun lingkungan dianjurkan untuk membaca buku ini. Buku *Sistem Surjan Model Pertanian Lahan Rawa Adaptif Perubahan Iklim* ini merupakan salah satu dari sepuluh buku tentang lahan rawa yang dipersembahkan untuk memperingati 40 tahun Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.