

## Sistem Surjan: Kearifan Lokal Petani Lahan Pasang Surut dalam Mengantisipasi Perubahan Iklim

*Surjan System: Local Knowledge of Tidal Swampland Farmers to Anticipate Climate Change*

Ani Susilawati dan Dedi Nursyamsi

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa), Jl. Kebun Karet, Lok Tabat Utara, Banjarbaru 70712; email: ani.nbl@gmail.com

Diterima 11 Februari 2014; Direview 28 Februari 2014; Disetujui dimuat 30 April 2014

**Abstrak.** Sektor pertanian merupakan sektor yang paling rentan terhadap perubahan iklim yang berpotensi memberikan dampak besar terhadap ketahanan pangan nasional. Selain perubahan iklim, pembangunan pertanian menghadapi berbagai kendala, antara lain alih fungsi lahan pertanian menjadi non pertanian sehingga usaha pengembangan pertanian diarahkan ke lahan marginal seperti lahan rawa pasang surut. Penataan lahan ini perlu dilakukan agar kondisi lahan sesuai untuk kebutuhan tanaman sehingga produktivitasnya menjadi optimal. Sistem surjan adalah salah satu bentuk penataan lahan yang biasa dilakukan oleh petani lahan pasang surut dan terbukti mampu mengantisipasi perubahan iklim. Sistem ini memiliki perspektif budaya, ekologi, dan ekonomi, yang memadukan antara kearifan lokal dengan inovasi teknologi terkini. Paket teknologi dalam sistem surjan meliputi: pengelolaan air sistem satu arah yang dilengkapi pintu otomatis (*flapgates*) dan tabat (*stoplog*), penggunaan tanaman adaptif lahan pasang surut, pengolahan tanah minimum, kalender tanam rawa terpadu, aplikasi DSS lahan rawa pasang surut, dan penggunaan pupuk biotara.

*Kata kunci: Sistem Surjan / Lahan Pasang Surut / Perubahan Iklim*

**Abstract.** Agricultural sector is the most vulnerable sector to climate change that could potentially contribute a great impact on national food security. Beside climate change, agricultural development faces many obstacles, including a conversion of agricultural land into non-agriculture so that agriculture extensification are directed to marginal land areas such as tidal swamplands. Lands arrangement is needed to make favorable soil condition to plants growth so that its productivity increases. Surjan system is a land arrangement which is usually applied by tidal swampland farmers and has high ability to anticipate climate change. This system has cultural, ecological, and economical perspectives which combines local knowledge with the latest technological innovations. The technologies in surjan system include: one way system of water management with automatic door (*flapgates*) and tabat (*stoplog*), use of adaptive plant on tidal swampland, soil minimum tillage, application of integrated cropping calendar and DSS of tidal swamplands as well as use of biotara fertilizer.

*Keywords: Surjan System / Tidal Swampland / Climate Change*

### PENDAHULUAN

Lahan rawa di Indonesia memiliki peranan yang semakin penting dan strategis bagi pengembangan pertanian terutama terkait dengan perkembangan penduduk dan industri yang cepat serta berkurangnya lahan subur karena konversi lahan menjadi lahan non pertanian. Dinamika perkembangan penduduk dan pertumbuhan sosial ekonomi masyarakat pada gilirannya menjadi pendorong meningkatnya permintaan pangan, termasuk gizi sehingga upaya peningkatan produksi pangan khususnya dan hasil pertanian umumnya menjadi tantangan di masa depan. Oleh karena itu, intensifikasi, ekstensifikasi dan diversifikasi pertanian menjadi tuntutan sekaligus tantangan yang tidak terelakkan.

Dengan keterbatasan lahan subur yang tersedia dan pesatnya permintaan hasil pertanian, maka pemanfaatan lahan-lahan sub optimal, termasuk lahan rawa menjadi pilihan yang logis.

Pemerintah mendorong pengembangan pertanian di lahan-lahan marginal seperti lahan rawa karena sumberdaya lahan ini masih belum dimanfaatkan secara optimal. Luasan lahan rawa di Indonesia sekitar 33,4 juta ha (Subagyo 2006), yang sudah dibuka hingga tahun 2010 seluas 1,8 juta ha dan yang belum dibuka sekitar 31,59 juta ha. Lahan rawa yang telah dibuka terdiri dari lahan rawa pasang surut seluas 1,453 juta ha dan lahan rawa lebak seluas 0,347 juta ha (Ditjen Pengairan 2010).

Kontribusi lahan rawa terhadap produksi pertanian masih rendah, hal tersebut disebabkan oleh

pemanfaatan lahan yang belum optimal. Aspek kimia tanah dan lingkungan yang sering menjadi kendala pertumbuhan tanaman, pola tanam yang masih didominasi IP 100, dan penerapan teknologi di lapang yang masih terbatas adalah potret utama kondisi lahan rawa pasang surut (Ar-Riza 2008; Ar-Riza dan Alkasuma 2009).

Sifat-sifat kimia tanah yang kurang mendukung pertumbuhan tanaman antara lain: pH tanah rendah; kadar Al, Fe, Mn, dan  $SO_4$  tanah tinggi; salinitas tanah tinggi; dan kadar hara P, Cu, Zn, dan B tanah rendah. Tingkat kemasaman tanah di lahan rawa terutama yang baru dibuka sangat tinggi (pH tanah < 4) dan kandungan  $Fe^{2+}$  tanah juga tinggi (300-400 ppm) (Widjaja-Adhi *et al.* 2000). Sumber permasalahan di tanah sulfat masam adalah akibat adanya pirit ( $FeS_2$ ) yang teroksidasi. Lapisan pirit ini sejatinya dibiarkan di lapisan bawah agar kondisinya anaerob, tetapi dalam pengembangan lahan seperti reklamasi dan pengolahan tanah, pirit dapat tersingkap bahkan sebagian muncul di permukaan tanah sehingga memungkinkan untuk terjadinya oksidasi (Dent, 1986). Pirit bersifat labil dan mudah teroksidasi dalam suasana *aerob* yang mengakibatkan kemasaman tanah turun drastis mencapai pH 2-3 sehingga hampir semua tanaman budidaya tidak dapat tumbuh sehat (Mensvoort *et al.* 1996).

Selain faktor tanah, cekaman lingkungan akibat deraan perubahan iklim (banjir, kekeringan, intrusi air laut, dan lain-lain) juga menambah kesulitan petani dalam mengelola lahannya. Dengan demikian maka perlu teknologi pengelolaan lahan yang dapat mengatasi masalah tanah dan cekaman lingkungan yang disebabkan oleh perubahan iklim. Penataan lahan perlu dilakukan pada lahan pasang surut tanah sulfat masam untuk membuat lahan tersebut sesuai dengan kebutuhan tanaman yang akan dikembangkan.

Sistem surjan adalah salah satu contoh usaha penataan lahan untuk budidaya tanaman di lahan rawa yang telah dilaksanakan oleh petani sejak jaman dahulu. Hingga saat ini petani terus menggunakan sistem surjan karena terbukti menguntungkan. Petani memodifikasi sistem ini dengan menambah berbagai komponen teknologi hasil penelitian dari Badan Litbang Pertanian, perguruan tinggi, dan instansi lainnya. Sistem ini dapat diimplementasikan pada lahan sulfat masam atau gambut dangkal tipe luapan B dan C. Penataan lahan dengan sistem surjan memungkinkan petani melakukan diversifikasi pangan, yaitu, selain menanam padi, juga komoditas lainnya

seperti: buah-buahan (jeruk dan nenas), palawija, sayur-sayuran, dan tanaman keras lainnya, baik secara monokultur maupun tumpang sari (SWAMP II 1993).

Makalah ini membahas tentang sistem surjan yang merupakan kearifan lokal petani lahan rawa pasang surut dalam mengantisipasi perubahan iklim. Selain itu makalah ini juga membahas penyempurnaan sistem surjan dengan berbagai komponen teknologi berdasarkan hasil-hasil penelitian terkini.

## APAKAH SISTEM SURJAN ITU DAN BAGAIMANA PERKEMBANGANNYA?

Menurut epistimologi bahasa, kata surjan diambil dari bahasa Jawa yang artinya *lurik* atau garis-garis. Hamparan surjan memang tampak dari atas seperti susunan garis-garis berselang seling antara bagian guludan (*raised bed*) dan bagian tabukan (*sunken bed*). Bagian atas sistem surjan biasanya ditanami oleh tanaman lahan kering (*upland*), seperti palawija, sayuran, dan hortikultura, sedangkan bagian bawahnya ditanami padi sawah (*lowland*) (Gambar 1).

Sistem surjan sesungguhnya telah diterapkan oleh petani di lahan rawa pasang surut sejak jaman dahulu kala, terutama oleh masyarakat suku Banjar di Kalimantan Selatan, suku Bugis di Sulawesi Selatan, dan Jawa 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 minimum tillage, penggunaan herbisida, varietas unggul baru, dan lain-lain.



Gambar 1. Keragaan sistem surjan di lahan pasang surut pola padi+jeruk (kiri) dan padi+sayuran (kanan)  
 Figure 1. Performances of surjan system under planting pattern of rice + orange (left) and rice + vegetables (right) in tidal swampland

Tabel 1. Penataan dan pola pemanfaatan lahan berdasarkan tipologi lahan dan tipe luapan air di lahan pasang surut  
 Table 1. Land arrangement and pattern of land utilization based on land typology and flooding type of water in tidal swampland

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)

Penataan lahan sistem surjan perlu memperhatikan hubungan antara tipologi lahan, tipe luapan, dan pola pemanfaatannya, terutama terkait dengan keberadaan lapisan pirit. Tabel 1 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).

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 (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah 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.

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 yang menyebabkan resiko kegagalan dalam usaha tani sangat tinggi. Dengan kata lain, pengenalan surjan di lahan rawa dimaksudkan untuk menekan resiko 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).

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 berturut-turut. 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.

Hasil penelitian lain yang membandingkan antara ekosistem sawah dalam sistem surjan dan sawah lembaran (sawah pada umumnya) menunjukkan bahwa sawah dalam system 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).

Sistem surjan adalah salah satu contoh usaha penataan lahan untuk melakukan diversifikasi tanaman dilahan rawa. Bentuk, model, dan ukuran surjan di lahan pasang surut mengalami perkembangan sesuai dengan dinamika dan ragam tipologi serta tipe luapan atau genangan lahan rawa. Secara umum lebar guludan 3-5 m, dan tinggi 0,5-0,6 m, sedangkan tabukan dibuat dengan lebar 15 m. Setiap ha lahan dapat dibuat 6-10 guludan, dan 5-9 tabukan (Gambar 2). Ukuran surjan di daerah lahan potensial, sulfat masam dan gambut dangkal mempunyai dimensi yang berbeda (Tabel 2).

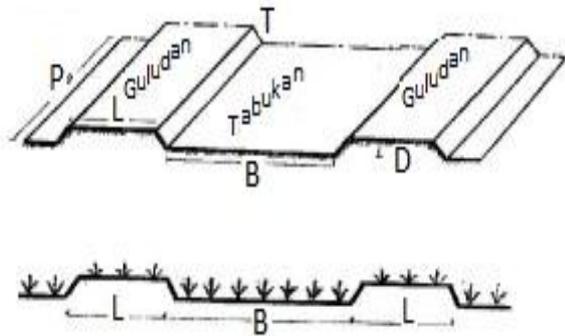
Tabel 2. Ukuran surjan di daerah lahan potensial, sulfat masam dan gambut dangkal

Table 2. Surjan size in potential and acid sulfate lands as well as in shallow peatland

Tipologi lahan	Tipe luapan	Lebar tabukan	Lebar guludan	Tinggi guludan
		.....m.....		
Lahan potensial	B	14	6	0,6
Air tanah < 15 cm	C	14	6	0,6
Air tanah 15 - 30 cm	C	14	6	0,6 - 0,8
Air tanah 30 - 45 cm	C	12 - 14	6	0,8
Lahan sulfat masam				
(Kedalaman Pirit < 50 cm)	B	14	6	0,6
Air tanah dangkal < 15 cm	C	14	6	0,6
Air tanah dalam > 15 cm	C	Sebaiknya tidak disurjan	Sebaiknya tidak disurjan	-
Lahan gambut dangkal				
Air tanah dangkal < 30 cm	B	8	6	0,7
Air tanah dalam > 30 cm	C	8	6	0,7
	C	Sebaiknya tidak disurjan	Sebaiknya tidak disurjan	-

Sumber: Swamp 1993

## PERUBAHAN IKLIM: ANCAMAN TERHADAP SISTEM PRODUKSI PERTANIAN DI LAHAN PASANG SURUT



Keterangan:

Lebar guludan L = 3 m sampai dengan 6 m

Tinggi guludan D = 0,6 m sampai dengan 0,8 m

Lebar tabukan B = 3 m sampai dengan 20 m

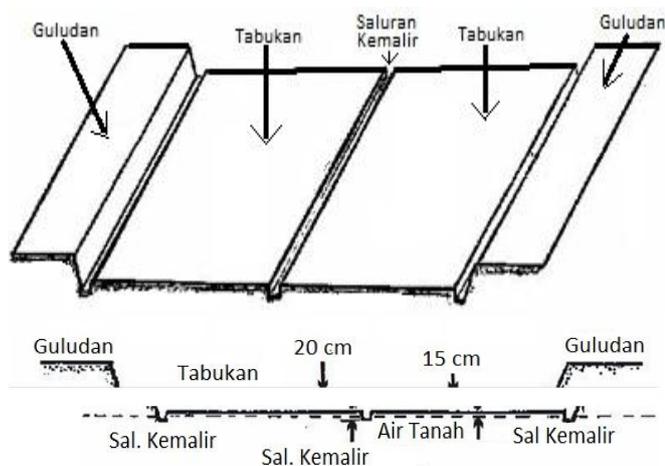
Talud/kelereng T=0,5:1 sampai dengan 2:1 (horizontal: vertikal)

Panjang P = sesuai kondisi lapangan

Gambar 2. Bentuk dan penampang melintang surjan

Figure 2. Shape and cross section of Surjan

Apabila bagian guludan ditanam pepohonan atau tanaman keras khususnya, arah lajur seyogyanya membentang timur-barat agar areal lahan mendapat sinar matahari penuh sepanjang hari. Pada tabukan dianjurkan untuk membuat saluran cacing atau kemalir, yaitu saluran sedalam 20 cm yang dibuat di sekeliling petakan sawah atau tabukan dengan interval 6 meter sampai dengan 9 meter, yang berguna untuk mencuci senyawa racun yang mengganggu tanaman terutama tanaman padi (Gambar 3).



Gambar 3. Bentuk dan penampang melintang saluran kemalir

Figure 3. Shape and cross-section of Kemalir channel

Perubahan iklim merupakan sesuatu yang tidak bisa dihindari dan hal ini memberikan dampak terhadap berbagai segi kehidupan makhluk hidup. Pertanian merupakan sektor yang paling rentan terhadap dampak perubahan iklim. Di Indonesia, sektor pertanian merupakan sektor yang sangat penting dalam menyediakan bahan pangan dan menyerap tenaga kerja. Perubahan iklim akan menyebabkan terjadinya: (a) peningkatan suhu udara, (b) peningkatan permukaan air laut, (c) perubahan pola hujan, dan (d) peningkatan frekuensi kejadian iklim ekstrim (IPCC, 2007 dalam Las *et al.* 2009). Hal-hal tersebut dapat berimplikasi besar terutama bagi ketahanan pangan nasional. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa perubahan iklim telah menyebabkan penurunan produktivitas dan produksi tanaman akibat peningkatan suhu udara, banjir, kekeringan, intensitas serangan hama dan penyakit, serta penurunan kualitas hasil pertanian.

Salah satu faktor pembatas yang mempengaruhi pertumbuhan dan produksi tanaman adalah cekaman suhu tinggi. Bahkan dalam iklim tropis, kelebihan radiasi dan suhu tinggi seringkali merupakan faktor pembatas bagi pertumbuhan dan hasil tanaman. Temperatur yang tinggi dapat menyebabkan kerusakan pra dan pascapanen, termasuk gejala terbakar pada daun dan ranting, senesen pada daun, peningkatan hambatan ujung akar, kerusakan dan perubahan warna buah serta pengurangan hasil. Peningkatan suhu menyebabkan terjadinya peningkatan transpirasi yang selanjutnya menurunkan produktivitas tanaman pangan (Las *et al.* 2007), meningkatkan konsumsi air, mempercepat pematangan buah/biji, menurunkan mutu hasil dan berkembangnya berbagai hama penyakit.

Hal yang sama juga diungkapkan oleh Tschirley (2007) bahwa pemanasan global akan menurunkan produktivitas tanaman pangan secara signifikan, terutama di daerah tropis. Di China Hasil panen jagung dan gandum berkurang hingga 46% dengan peningkatan suhu 2°C (Liu *et al.* 2010). Tubiello *et al.* (2000) melakukan penelitian di dua lokasi Italia dengan meningkatkan suhu 4°C dan curah hujan 10-30% maka akan menurunkan akumulasi bahan kering dan hasil panen jagung dan gandum berkisar 5-50%.

Secara geografis, lahan pasang surut berbatasan langsung dengan laut sehingga kenaikan permukaan

laut, peningkatan suhu udara, perubahan pola hujan, dan peningkatan frekuensi iklim ekstrim akibat perubahan iklim akan berpengaruh besar terhadap ekosistem lahan pasang surut termasuk seluruh makhluk yang ada di dalamnya. Secara alamiah, petani lahan pasang surut tentu sudah melakukan antisipasi terhadap dampak perubahan iklim baik melalui mekanisme mitigasi maupun adaptasi. Sistem surjan sesungguhnya merupakan bentuk antisipasi yang dilakukan petani dalam menghadapi perubahan iklim.

### BEBERAPA KOMPONEN TEKNOLOGI SISTEM SURJAN, ANTISIPASI PERUBAHAN IKLIM DI LAHAN PASANG SURUT

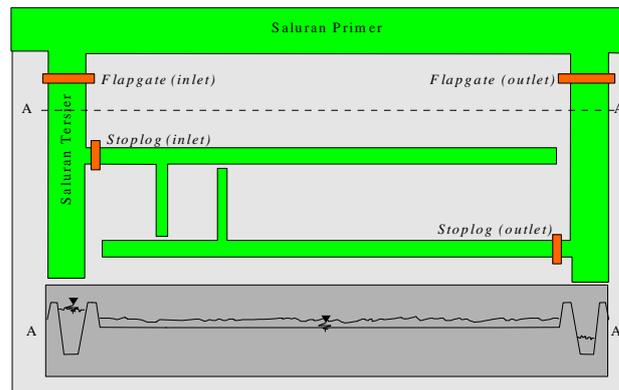
Antisipasi terhadap dampak perubahan iklim dapat ditempuh dengan cara mitigasi dan adaptasi. Mitigasi adalah upaya mengurangi laju perubahan iklim melalui penyesuaian dan perbaikan praktek dan teknologi pertanian, sedangkan adaptasi adalah upaya mengurangi dampak perubahan iklim terhadap sistem dan produksi pertanian melalui penyesuaian dan perbaikan infrastruktur (sarana dan prasarana) pertanian serta penyesuaian melalui teknologi pertanian adaptif (Las *et al.* 2006). Upaya mitigasi dan adaptasi yang dapat dilakukan berupa pengelolaan sumberdaya tanah dan air secara optimal dan berkelanjutan, pengelolaan tanaman yang disesuaikan dengan kondisi iklim setempat, penggunaan sarana produksi pertanian yang efektif dan efisien, dan penerapan teknologi pertanian tepat guna dan adaptif.

Awalnya, sistem surjan ditujukan untuk diversifikasi pangan yang merupakan aspek sangat penting dalam ketahanan pangan. Selain itu sistem ini juga bermanfaat bagi upaya peningkatan pendapatan petani dan memperkecil resiko berusaha. Selanjutnya, seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi pertanian, system ini berkembang dan dilengkapi dengan berbagai teknologi untuk meningkatkan produksi tanaman, mitigasi dan adaptasi terhadap perubahan iklim di lahan pasang surut. Beberapa teknologi tersebut adalah:

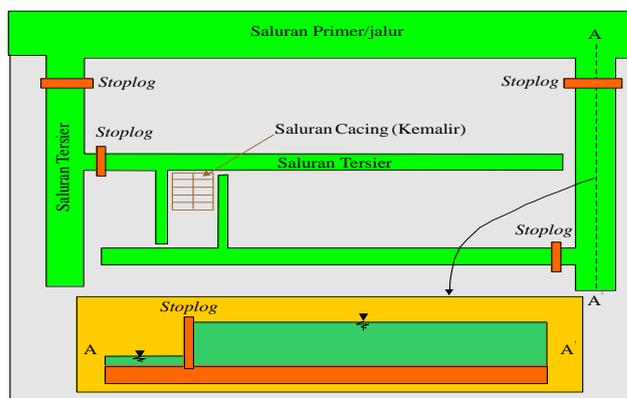
#### Pengelolaan Air

Pengelolaan air merupakan salah satu kunci keberhasilan pengembangan lahan rawa untuk pertanian. Sistem tata air yang teruji baik di lahan pasang surut adalah sistem aliran satu arah (*one way*

*flow system*) (Gambar 4) dan sistem tabat (*dam overflow*) (Gambar 5).



Gambar 4. Ilustrasi tata air sistem aliran satu arah  
Figure 4. Illustration of one-way water flow system



Gambar 5. Ilustrasi sistem tabat  
Figure 5. Illustration of tabat system

Penerapan sistem tata air ini perlu disesuaikan dengan tipologi lahan dan tipe luapan air serta komoditas yang diusahakan. Pada tipe luapan A dapat diterapkan sistem tata air satu arah, sedangkan pada tipe luapan B dapat diterapkan sistem tata air satu arah dan tabat, karena air pasang pada musim kemarau sering tidak masuk ke petakan lahan. Pada tipe luapan C dan D dapat diterapkan sistem tabat yang ditujukan untuk mengkonservasi air, karena sumber air hanya berasal dari air hujan. Oleh karena itu, saluran air pada sistem tata air di tipe luapan C dan D perlu dilengkapi dengan tabat atau pintu *stoplog* untuk menjaga permukaan air tanah agar sesuai dengan kebutuhan tanaman serta memungkinkan air hujan tertampung dalam saluran tersebut.

Sistem aliran satu arah dirancang sedemikian rupa sehingga air di kelola untuk masuk dan keluar melalui saluran tersier atau handil yang berlainan. Untuk itu maka pada masing-masing muara saluran tersier dipasang pintu air otomatis tipe *flapgates*. Pintu air pada saluran pemasukan (irigasi) dirancang semi otomatis, yaitu hanya membuka ke dalam pada saat air pasang dan menutup sendiri pada saat air surut. Pada saluran pengeluaran (drainase) dipasang pintu air yang membuka keluar sehingga hanya akan mengeluarkan air ke saluran tersier apabila terjadi surut. Sistem ini memungkinkan terjadinya sirkulasi air dalam satu arah baik air permukaan maupun air bawah tanah. Air yang masuk melalui saluran irigasi ke dalam petakan lahan dialirkan keluar melalui saluran drainase. Selanjutnya pada saluran kuarter dipasang pintu pengatur tinggi muka air (*stoplog*) yang dapat dibuka dan ditutup secara manual sesuai dengan keperluan. Penerapan tata air sistem aliran satu arah, selain dapat memperlancar pencucian unsur beracun juga memungkinkan dikembangkannya beragam pola tanam asalkan disertai oleh sistem pengelolaan air di tingkat tersier yang sesuai tipe luapan dan sistem pengelolaan air mikro di tingkat petakan lahan (Sarwani 2002).

Penerapan tata air sistem aliran satu arah tersebut di lahan sulfat masam telah terbukti meningkatkan produktivitas lahan. Noorinayuwati (1990) melaporkan bahwa penerapan pengelolaan air satu arah (*one way flow system*) memberikan hasil padi paling tinggi dibandingkan dengan tata air tradisional maupun pengelolaan air dua arah (Tabel 3). Hal ini diperkuat oleh Noor dan Saragih (1997) yang menyatakan bahwa hasil padi di lahan sulfat masam tipe luapan B Unit Tatas, Kalimantan Tengah dapat meningkat 60 persen pada musim kemarau dan 120-150 persen pada musim hujan.

Peningkatan produktivitas lahan dan hasil padi ini berhubungan erat dengan terjadinya perbaikan kualitas air tanah setelah adanya penerapan sistem aliran satu arah, terutama menurunnya kandungan  $Fe^{2+}$ ,  $Al^{3+}$  dan  $SO_4^{2-}$  (Vadari *et al.* 1990). Pengelolaan air dalam menghadapi perubahan iklim merupakan salah satu faktor yang sangat penting dan harus segera dilakukan. Penggenangan dan drainase sangat mempengaruhi proses fisio fisika kimia tanaman-tanah-air seperti pH, Eh, dan sirkulasi udara yang berperan dalam proses reaksi kimia dan aktivitas mikroba tanah yang terkait emisi gas rumah kaca (GRK) terutama metana dan  $N_2O$  (Las *et al.* 2006).

Tabel 3. Produksi padi pada tiga tipe pengelolaan air di lahan pasang surut sulfat masam, Danda Jaya, Kalimantan Selatan

Table 3. Rice yield at three types of water management system in acid sulfate soil of Danda Jaya, South Kalimantan

Pengelolaan air/Varietas	Rata-rata hasil kg.ha <sup>-1</sup>
Tradisional	
-Padi lokal	1.817
Dua arah	
- Padi unggul	3.261
- Padi lokal	2.506
Satu arah	
-Padi unggul	4.188

Sumber: Noorinayuwati 1990

### Penataan Tanaman

Produksi tanaman di lahan pasang surut dapat ditingkatkan dengan penggunaan varietas adaptif. Inpara (Inbrida Padi Rawa) merupakan varietas yang adaptif lahan rawa dan telah dilepas Balitbangtan sejak tahun 2012. Tujuh varietas Inpara yang sudah dilepas, yaitu: Inpara 1, Inpara 2, Inpara 3, Inpara 4, Inpara 5, Inpara 6 dan Inpara 7 memiliki potensi hasil tinggi (4-7 t.ha<sup>-1</sup>), adaptif lahan rawa (genangan, kemasaman tinggi, dan keracunan besi), dan umurnya lebih genjah (115-135 hari) dibandingkan varietas lokal (210-270 hari). Sebelumnya, yaitu pada tahun 2000 telah dilepas pula 2 varietas padi rawa, yaitu Margasari dan Martapura. Kedua varietas ini memiliki keunggulan: potensi hasil tinggi (4,5-5 t.ha<sup>-1</sup>), rasa nasi pera (sesuai dengan selera penduduk lokal), umur genjah (120-125 hari) dan adaptif di lahan rawa (Suprihatno *et al.* 2010).

Pemanfaatan lahan rawa secara optimum dengan peningkatan indek pertanaman (IP) akan memberikan kontribusi cukup besar dalam peningkatan produksi beras nasional. Karena berumur genjah, penggunaan varietas unggul didukung dengan pengelolaan air dan tanah yang baik memungkinkan petani dapat menanamnya 2 kali dalam setahun. Dengan demikian maka, penggunaan varietas unggul selain meningkatkan produksi persatuan luas juga meningkatkan produksi persatuan waktu. Hingga saat ini padi lokal masih mendominasi pertanaman padi di lahan rawa terutama lahan pasang surut. Penggantian varietas yang ditanam dari padi lokal ke padi unggul akan meningkatkan produksi padi di lahan rawa secara signifikan, sehingga

target Kementerian Pertanian untuk surplus beras 10 juta ton pada tahun 2014 dapat tercapai (Koesrini dan Nursyamsi, 2012).

Pemanfaatan lahan pasang surut untuk tanaman hortikultura dapat memberikan nilai tambah bagi petani. Beberapa jenis tanaman yang banyak dibudidayakan di lahan pasang surut telah terbukti adaptif dan menguntungkan (Tabel 4). Keragaan hasil dan daya toleransi tanaman sangat beragam tergantung kondisi tingkat cekaman lingkungan dan pengelolaannya. Pengelolaan hara dan penggunaan varietas toleran di lahan sulfat masam telah terbukti meningkatkan hasil berbagai jenis sayuran (Koesrini *et al.* 2005). Adanya penemuan-penemuan varietas yang tahan salinitas, kekeringan, dan genangan merupakan harapan dari seluruh penduduk dunia dalam menghadapi perubahan iklim di masa mendatang, sehingga ancaman kelaparan dan krisis pangan dapat teratasi.

## Pengolahan Tanah

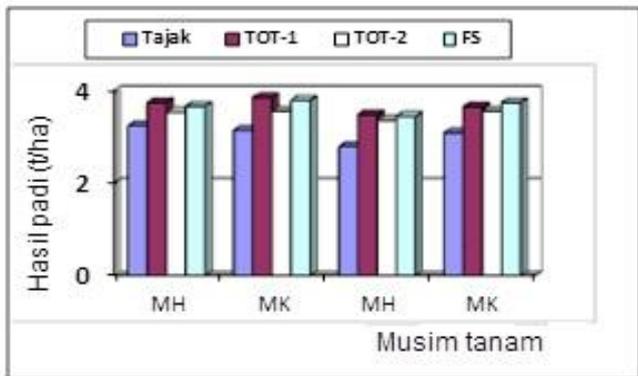
Pengolahan tanah harus berorientasi pada pertanian konservasi sehingga kerusakan tanah dan lingkungan dapat diminimalisir. Pengolahan tanah dengan olah tanah minimal dan tanpa olah tanah (TOT) adalah pengelolaan lahan yang tepat dalam menghadapi perubahan iklim. Sistem tanpa olah tanah selain melindungi tanah dari kerusakan juga dapat menurunkan temperatur tanah, seperti yang diungkapkan oleh Rinaldi *et al.* (2000) bahwa manajemen tanpa olah tanah dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air, menurunkan evaporasi dan temperatur serta meningkatkan infiltrasi dan hasil tanaman. Selain itu, Simatupang *et al.* (2000) melaporkan bahwa hasil padi pada perlakuan TOT lebih tinggi dibanding dibandingkan perlakuan tajak selama 4 musim tanam berturut-turut (Gambar 6).

Tabel 4. Jenis komoditas, varietas tanaman adaptif, dan kisaran potensi hasilnya di lahan pasang surut

Table 4. Type of commodities, adaptive crop varieties, and potential yield in tidal swampland

Jenis komoditas	Varietas	Hasil t.ha <sup>-1</sup>
Jagung	Arjuna, Kalingga, Wiyasa, Bisma, Bayu, Antasena, C-3 & 5, Semar, Sukmaraga	4-5
Kedelai	Wilis, Rinjani, Lokon, Dempo, Galunggung, Merbabu, Petek, Kerinci, Tampomas, Sibayak, Tanggamus, Slamet, Lawit, Menyapa	1,5-2,4
Kacang tanah	Gajah, Pelanduk, Kelinci, Singa, Jerapah, Komodo, Mahesa	1,8-3,5
Kacang hijau	Betet, Walet, Gelatik	1,5
Tomat	Intan, Permata, Berlian, Mirah, AV-22, Ratna	10-15
Cabai	Tanjung-1 dan 2, Barito, Bengkulu, Tampar, Keriting, Rawit hijau dan putih	4-6
Terong	Mustang, Kopek ungu, Ungu panjang No. 4000	30-40
Kubis	KK Cross, KY Cross, Grand 33	20-25
K. panjang	Pontianak, KP-1, KP-2	15-20
Buncis	Horti-1, Horti-2, Proessor, Farmer Early, Green Leaf	6-8
Timun	Saturnus, Mars, Pluto	35-40
Bawang merah	Ampenan, Bima,	4,8-6,4
Sawi	Asveg # 1, Sangihe, Talaud, Tosakan, Putih Jabung, Sawi hijau, Sawi huma	15-20
Slada	New Grand Rapids	12-15
Bayam	Maestro, Giti hijau dan merah, Bangkok, Cimangkok, Kakap hijau	10-12
Kangkung	LP-1, LP-2, Sutera	25-30
Semangka	Sugar Baby, New Dragon	15-25
Lada	Petaling-I, Petaling-II, LDK	3,0
Jeruk	Siam Banjar	12

Sumber: Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa, 2001



Gambar 6. Keragaan hasil padi selama empat musim tanam pada berbagai olah tanah konservasi di lahan sulfat masam Kalimantan Tengah

Figure 6. The performance of rice yield for four planting seasons under varies of soil conservation tillage in acid sulfate soil on Central Kalimantan

Sumber: Simatupang *et al.* (2000)

Penelitian lebih lanjut menunjukkan bahwa penggunaan mulsa berupa residu tanaman dapat menjaga kelembaban tanah, mengurangi temperatur dan evapotranspirasi (Rinaldi *et al.* 2000). Ghuman dan Sur (2001) menambahkan bahwa residu mulsa yang digunakan pada sistem TOT dapat menurunkan bobot isi tanah. Selain itu adanya residu tanaman dapat melindungi tanah dari pengaruh splash akibat dari tetesan air hujan dan crusting (Glab dan Kulig 2008). Pori makro dan laju infiltrasi air meningkat serta kelembaban tanah terjaga akibat pemberian mulsa residu tanaman. Akibatnya aliran permukaan dan erosi menjadi rendah sehingga tanah terhindar dari kerusakan yang lebih parah.

### Pengaturan Waktu Tanam

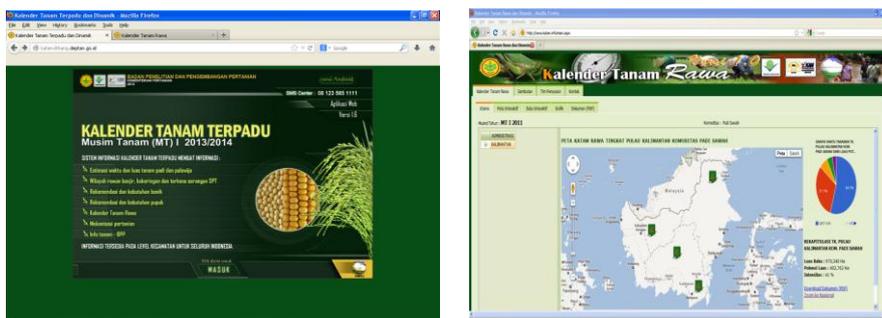
Pengaturan waktu tanam di lahan pasang surut sangat penting agar tidak terjadi keterlambatan tanam

maupun tanam lebih awal agar terhindar dari banjir atau kekeringan yang akan berdampak negatif terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman. Hasil simulasi menunjukkan bahwa varietas yang peka terhadap temperatur tinggi, maka tanam awal harus menjadi pilihan adaptasi yang efektif untuk mengurangi kehilangan hasil dari perubahan iklim. Sebaliknya varietas toleran temperatur tinggi, maka tanam terlambat menjadi pilihan adaptasi efektif (Tao and Zhang 2010).

Balitbangtan melalui Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa (Balittra) dan Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi (Balitklimat) telah mengembangkan sistem informasi Kalender Tanam Terpadu Lahan Rawa (Gambar 7). Penyusunan Kalender Tanam (Katam) Lahan Rawa dimulai sejak tahun 2011 hingga kini sistem tersebut terus diupdate. Sistem Informasi Katam Rawa menyediakan informasi tentang potensi pola tanam, waktu tanam, luas areal tanam potensial dan rekomendasi teknologi adaptif pada level Kecamatan yang pada akhirnya berfungsi dalam pengamanan produksi dan pencapaian program peningkatan produksi beras nasional (P<sub>2</sub>BN). Semua informasi ini dikelompokkan sesuai dengan tipologi lahan dan tipe luapan air, yaitu: lahan pasang surut tipe luapan A, B, C, dan D, serta lahan lebak dangkal, tengahan, dan dalam.

### Teknologi Pemupukan

Secara alamiah, tanah-tanah di lahan pasang surut miskin hara. Dengan demikian maka pemupukan merupakan tindakan yang harus dilaksanakan untuk meningkatkan produktivitas lahan. Terkait dengan perubahan iklim, efisiensi pemupukan termasuk salah satu upaya mitigasi di lahan pertanian. Karena tingkat kehilangannya yang tinggi, pengelolaan pupuk N harus lebih mendapat perhatian dibandingkan dengan pupuk



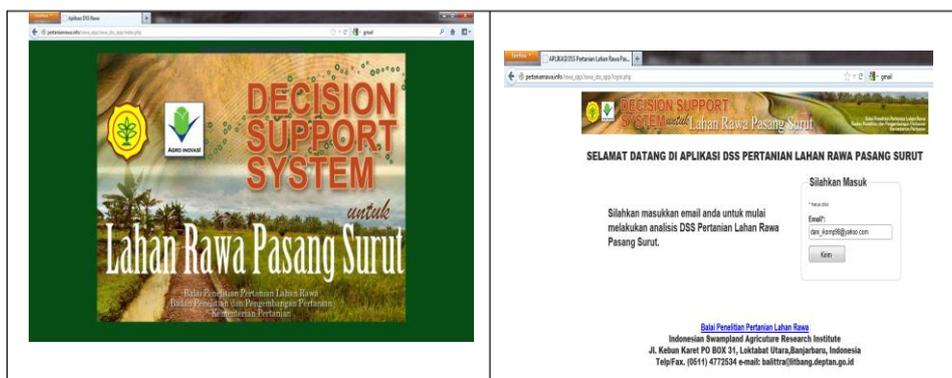
Gambar 7. Tampilan halaman depan dan utama kalender tanam rawa  
 Figure 7. The Display the front page of the main calendar and planting marsh

lainnya. Pupuk N mempunyai sifat mudah menguap dan sebagian berubah menjadi gas rumah kaca ( $N_2O$ ) yang dilepaskan ke atmosfer dan berpotensi meningkatkan pemanasan global. Selain itu pupuk N dan K mudah larut sehingga mudah tercuci dan keluar dari zone perakaran dan hal ini juga berpotensi mencemari lingkungan.

Penelitian pemupukan untuk tanaman pertanian di lahan rawa dimulai sejak tahun 1980 antara lain oleh Proyek SWAMPS dan juga secara reguler oleh Unit Pelaksana Teknis lingkup Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Selanjutnya Balittra (2012) merangkum hasil-hasil penelitian tersebut dan menyajikannya dalam satu aplikasi yang dikenal sebagai *Decision Support System* (DSS) pemupukan padi lahan rawa pasang surut (Gambar 8). Aplikasi ini sangat sederhana dan mudah dimengerti oleh pengguna dan dapat dengan mudah diakses di <http://www.balittra.litbang.pertanian.go.id>. Selain itu aplikasi ini juga dapat memberikan informasi rekomendasi pupuk N, P, dan K, serta pengapuran dan pemberian bahan organik untuk padi sawah di lahan pasang surut

Selain pupuk anorganik (urea, SP-36, KCl, dan lain-lain), pupuk hayati (*biofertilizer*) juga memegang peran penting dalam meningkatkan produktivitas lahan pasang surut (Gunalan 1996). Terkait dengan itu, Balittra berkejasama dengan PT Pupuk Kaltim telah memproduksi pupuk hayati BIOTARA (biologi tanah rawa). Pupuk ini terdiri dari konsorsium mikroba dekomposer, pelarut P dan penambat N yang berfungsi antara lain untuk membantu penyediaan hara, mempermudah penyerapan hara oleh tanaman, membantu dekomposisi bahan organik, menyediakan lingkungan rhizosfer yang lebih baik. Kondisi demikian akhirnya mendukung pertumbuhan dan meningkatkan produksi tanaman (Gambar 9).

Hasil penelitian Mukhlis *et al.* (2010) yang menggunakan tanah dari lahan pasang surut menunjukkan bahwa penggunaan pupuk hayati BIOTARA dapat meningkatkan efisiensi pupuk anorganik >30% dan dapat meningkatkan hasil padi 20,78 - 34,44% (Tabel 5). Bahan pembawa (*carrier*) yang baik merupakan salah satu syarat yang menentukan mutu pupuk hayati. Dalam formulasi pupuk hayati,



Gambar 8. Tampilan DSS Lahan Rawa Pasang Surut

Figure 8. Display of DSS of Tidal Swampland



Gambar 9. Pupuk hayati BIOTARA (kanan) dan tanaman padi yang diberi BIOTARA (kiri)

Figure 9. BIOTARA biofertilizer (right) and rice plants treated with BIOTARA (left)

Tabel 5. Pengaruh jenis bahan pembawa BIOTARA terhadap hasil dan komponen hasil padi varietas Banyuasin

Table 5. Effect of carrier type material of BIOTARA on rice yield and yield components of Banyuasin rice variety

Jenis Pembawa	Jumlah malai	Panjang malai	Jumlah gabah per malai	Bobot gabah 100 biji	Bobot gabah per pot	Persentase peningkatan hasil
Tanah Sulfat masam	9.00 a	21.47 a	112.20 a	2.37 a	23.49 a	
Kontrol (tanpa biotara)	10.17 ab	21.60 a	125.07 ab	2.18 a	27.14 b	
Gambut	10.83 b	23.30 a	156.67 c	2.22 a	36.48 c	34,44
Enceng gondok	11.67 b	23.90 a	129.75 ab	2.25 a	32.78 c	20,78
Jerami padi	10.67 ab	24.23 a	145.80 c	2.23 a	34.24 c	26,16
Air kelapa	9.83 a	23.18 a	142.13 c	2.06 a	29.81 b	9,84

Keterangan: Angka sekolom yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji DMRT 1%

Sumber: Mukhlis *et al.* (2010)

bahan pembawa harus memberikan lingkungan hidup yang baik bagi mikrobanya selama produksi, transportasi, dan penyimpanan sebelum pupuk hayati tersebut digunakan agar populasi minimal mikroba yang hidup terpenuhi. Penggunaan pupuk hayati BIOTARA pada berbagai bahan pembawa disajikan pada Tabel 5.

## KESIMPULAN

Sistem surjan adalah salah satu bentuk penataan lahan yang biasa dilakukan oleh petani lahan pasang surut dan terbukti mampu mengantisipasi perubahan iklim. Sistem ini memiliki perspektif budaya, ekologi, dan ekonomi, yang memadukan antara kearifan lokal dengan inovasi teknologi terkini.

Paket teknologi dalam sistem surjan meliputi: pengelolaan air sistem satu arah yang dilengkapi pintu otomatis (*flapgates*) dan tabat (*stoplog*), penggunaan tanaman adaptif lahan pasang surut, pengolahan tanah minimum, kalender tanam rawa terpadu, aplikasi DSS lahan rawa pasang surut, dan penggunaan pupuk biotara.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aminatun, T. 2012. Pola Interaksi Serangga-Gulma pada Ekosistem Sawah Surjan dan Lembaran. Disertasi. Sekolah Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Ar-Riza, I. 2008. Pola tanam dua kali setahun sebagai upaya peningkatan padi di lahan pasang surut. Makalah Seminar Padi Nasional III. Balai Besar Penelitian Padi. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.
- Ar-Riza, I. dan Alkasuma. 2009. Pertanian lahan pasang surut dan strategi pengembangannya dalam era otonomi daerah. Jurnal. Sumberdaya Lahan. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Vol.2. No.2.
- Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa. 2001. 40 Tahun Balittra. Balittra. Banjarbaru.
- Beets, W.C. 1982. Multiple Cropping and Tropical Farming System. Gower Publ Co. Ltd. Hampshire.
- Dent, D. 1986. Acid Sulphate Soils : a baseline for research and development. ILRI. Wageningen. Publ. No.39 The Netherlands. 204 p.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. 2004. Pedoman Konstruksi Dan Bangunan: Pemberian Air Pada Lahan Dengan Sistem Surjan, Jakarta.
- Ditjen Pengairan. 2010. Pengembangan Daerah Rawa. Ditjen Pengairan Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Ghuman, B.S., H.S. Sur. 2001. Tillage and residue management effects on soil properties and yields of rainfed maize and wheat in a subhumid subtropical climate. Soil Tillage Res. 58: 1-10.
- Głab, T., B. Kulig. 2008. Effect of mulch and tillage system on soil porosity under wheat (*Triticum aestivum*) Soil & Tillage Research 99: 169-178.
- Gunalan. 1996. Penggunaan Mikroba Bermanfaat Pada Bioteknologi Tanah Berwawasan Lingkungan. Majalah Sriwijaya Vol. 32 No. 2. Universitas Sriwijaya.
- Koesrini dan Nursyamsi, D. 2012. Inpara: Varietas padi lahan rawa. Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian 34(6):7-9.
- Las, I., K. Subagyono, A.P. Setiyanto. 2006. Isu dan pengelolaan lingkungan dalam revitalisasi pertanian. Jurnal Litbang Pertanian. 25(3): 106-114.
- Las, I., A. Unadi, K. Subagyono., H. Syahbuddin., E. Runtuwuu. 2007. Atlas Kalender Tanam Pulau Jawa. Skala 1:1.000.000 dan 1:250.000. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi. Bogor. 96 hal.
- Las, I., E. Surmaini dan A. Ruskandar. 2009. Antisipasi Perubahan Iklim: Inovasi Teknologi dan Arah Penelitian Padi di Indonesia. Prosiding Seminar Nasional Padi 2008. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, Balitbang Pertanian. Departemen Pertanian. Hal.55-72.

- Liu, S., X. Mo, Z. Lin, Y. Xu, J. Ji, G. Wen, J. Richey. 2010. Crop yield responses to climate change in the Huang-Huai-Hai Plain of China. *Agricultural Water Management*. 97(2010)8. p. 1195-1209
- Mensvoort, M.E.F. 1996. Soil knowledge for farmers, farmer knowledge for soil scientist : the case of soils in the Mekong Delta, Vietnam. Ph.D. Thesis. Wageningen Agricultural University. 135 p.
- Mukhlis, Y. Lestari, A. Budiman. 2010. Penelitian Dan Pengembangan Teknologi Pupuk Mikroba "Biotara" Untuk Meningkatkan Efisiensi Pemupukan > 30% Dan Produksi Padi > 20% Di Lahan Sulfat Masam. Laporan Hasil Penelitian Tahun 2010. Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa Banjarbaru. Banjarbaru.
- Noor, M. dan S. Saragih. 1993. Peningkatan produktivitas lahan pasang surut dengan perbaikan sistem pengelolaan air dan tanah. Makalah penunjang pada simposium Tanaman Pangan III, 23-24 Agustus 1993 di Bogor/Jakarta.
- Noor, M. 2004. Lahan Rawa.; Sifat dan pengelolaan tanah bermasalah sulfat masam. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta, 241 hlm.
- Noorinayuwati, 1991. Pengaruh Perbaikan Tata Air Terhadap Produktivitas Lahan Tenga Kerja dan Pendapatan Rata-rata di Lahan Pasang Surut Kalimantan Selatan. Laporan Hasil Penelitian Tahun 1991. Balai Penelitian Tanaman Pangan Banjarbaru. Banjarbaru.
- Odum, E.P. 1998. Dasar-dasar Ekologi. Edisi ke tiga (terjemahan). Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Reijntjes, C., B. Haverkort dan A.W. Bayer. 1999. Pertanian Masa Depan, Pengantar untuk Pertanian Berkelanjutan dengan Input Luar Rendah. ILEIA. Penerbit Kanisius. Yogyakarta. pp: 88-107
- Rinaldi, M., G. Rana, M. Introna. 2000. Effects of partial cover of durum wheat straw on soil evaporation in a semi-arid region. In: Ferreira, M.I., Jones, H.G. (Eds.), *Proceedings of the Third International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops*, June 28–July 2, 1999, Lisbon (P), Acta Hort. 537, 159–165.
- Sarwani, M. 2002. Pengelolaan air di lahan pasang surut Dalam I. Ar-Riza, M. Sarwani dan T. Alihamsyah (eds.) Monograf. Pengelolaan Air dan Tanah di Lahan Pasang Surut. Balai Penelitian Tanaman Pangan Lahan Rawa. Banjarbaru.
- Simatupang, R. S., L. Indrayati., dan Sardjijo. 2000. Teknologi olah tanah konservasi mendukung peningkatan produksi padi di lahan pasang surut. Dalam prosiding Simposium Nasional Perhimpunan Agronomi Indonesia, Bogor. Hal. 290-300.
- Subagyo. 2006. Lahan Rawa Pasang Surut. Dalam Karakteristik dan Pengelolaan Lahan Rawa. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian. Hal. 23-99.
- Suprihatno, B., A.A. Daradjat, Satoto, Baehaki. 2010. Deskripsi Varietas Padi. Balai Besar Penelitian tanaman Padi. Sukamandi. 113 hal.
- SWAMPS II. 1993. Pengelolaan sistem usahatani di lahan pasang surut. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Petunjuk Teknis.
- Tschirley, J. 2007. Climate change adaptation: Planning and practices, Power point keynote presentation of FAO's Environment, Climate Change, Bioenergy Division Rome, 10-12 September 2007.
- Tubiello, F.N., Donatelli, M., Rosenzweig, C., Stockle, C.O. 2000. Effects of climate change and elevated CO2 on cropping systems: model predictions at two Italian locations. *European Journal of Agronomy* 12: 179–189.
- Vadari, T., K. Subagyo, H. Suwardjo dan A. Abbas. 1990. The effect of water management and soil ameliorant on water quality and soil properties in acid sulphate soils at Pulau Petak delta. Kalimantan. Papers Workshop on acid Sulphate Soils in the Humid Tropics. 20 – 22 Nopember 1990. Bogor. AAR - LAWOO
- Widjaja-Adhi, I.P.G., D.A. Suriadikarta, M.T. Sutriadi, I.G.M. Subiksa dan I.W. Suastika. 2000. Pengelolaan, pemanfaatan dan pengembangan lahan rawa. Dalam: A. Adimihardja, L.I. Amien, F. Agus dan D. Jaenuddin (Eds.). *Sumberdaya Lahan Indonesia dan Pengelolaannya*. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Widjaja-Adhi, I.P.G. 1995. Pengelolaan tanah dan air dalam pengembangan sumber daya lahan rawa untuk usaha tani berkelanjutan dan berwawasan lingkungan. Makalah Calon Pelatih untuk Pengembangan Pertanian di Daerah Pasang Surut, Karang Agung Ulu, Sumatera Selatan, 26–30 Juni 1995. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.