

# **AMELIORASI DAN DECISION SUPPORT SYSTEM (DSS) PEMUPUKAN PADI MAMPU MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS LAHAN RAWA PASANG SURUT BANYUASIN SUMATERA SELATAN**

**Agus Guswara, Bambang Nuryanto dan Mutya Norvyani**

Balai Besar Penelitian Tanaman Padi  
Jl. Raya No. 9 Sukamandi, Subang-Jawa Barat

## **ABSTRAK**

Lahan rawa pasang surut merupakan salah satu alternative dalam menopang ketahanan pangan di tengah semakin menyempitnya lahan-lahan subur yang tersedia. Sifat lahan rawa pasang surut sangat khas, menuntut pengelolaan yang khas, menurut pengelolaan yang hati-hati dan bijak agar sistem pertanian dapat berkelanjutan. Masalah utama yang dihadapi dalam pengembangan lahan rawa pasang surut antara lain: kemasaman tanah tinggi, kelarutan unsur logam tinggi, dan ketersediaan hara rendah. Oleh karena itu, perlu tindakan ameliorasi dan pemupukan agar keberhasilan pertanaman padi dapat dicapai. Ameliorasi merupakan upaya memberikan bahan-bahan reaktif ke dalam tanah dengan tujuan memperbaiki sifat fisik, kimia maupun biologi tanah. Sedangkan pemupukan merupakan upaya menambah ketersediaan hara tanah bagi tanaman. Decision Support System (DSS) pemupukan padi lahan rawa pasang surut yang bersifat ramah pengguna dapat digunakan dalam mengambil keputusan untuk pemupukan padi di lahan rawa pasang surut. Substitusi pupuk anorganik dengan pupuk organik dan hayati merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk anorganik dan menjaga kelestaian lingkungan. Makalah ini membahas bagaimana implementasi ameliorasi dan DSS untuk meningkatkan produktivitas padi di lahan rawa pasang surut Banyuasin Sumatera Selatan.

**Kata kunci:** Ameliorasi, Pemupukan Padi, Lahan Rawa Pasang Surut.

## **PENDAHULUAN**

Produktivitas lahan sawah di Indonesia menurut data BPS (2011) rata-rata nasional 5,2 t GKG/ha, tertinggi di Jawa 5,5 t GKG/ha. Perbedaan produktivitas tersebut disebabkan berbagai faktor diantaranya: 1) jenis lahan sawah, 2) jenis atau sifat-sifat tanah, 3) tingkat pengelolaan, dan 4) varietas padi yang ditanam. Demikian pula dengan jenis atau tipe lahan sawah yang terdiri dari sawah irigasi, tadah hujan, pasang surut, dan lebak. Potensi hasil gabah yang diperoleh di lahan

sawah rawa pasang surut dengan menerapkan teknologi pengelolaan yang tepat dapat mencapai 4,5 - 5,5 t GKG/ha (Raihana dan Alwi 2012).

Umumnya produktivitas alami lahan rawa pasang surut tergolong rendah sampai sedang dan untuk meningkatkan produktivitas lahan agar menjadi lebih baik dilakukan ameliorasi. Ameliorasi lahan merupakan sebuah upaya memberikan bahan ameliorant ke tanah dengan tujuan memperbaiki sifat fisik, kimia maupun biologi tanah. Beberapa contoh bahan ameliorant yang umum digunakan untuk memperbaiki produktivitas lahan rawa pasang surut antara lain: bahan organik, fosfat alam, biochart, dan kapur. Aplikasi bahan organik yang banyak dilakukan oleh petani di lahan rawa pasang surut berupa pengembalian jerami padi sisa panen ke lahan sawah. Petani di Kalimantan Selatan secara tradisional telah melakukan pengelolaan jerami padi dengan cara *tajak-puntal-balik-ampar*. Kegiatan ini merupakan proses pengomposan secara alami pada kondisi anaerob.

Masalah lainnya yang dihadapi dalam pengembangan lahan rawa pasang surut sebagai lahan adalah ketersediaan hara tanah yang rendah. Oleh karena itu, pemupukan merupakan suatu keharusan bagi keberhasilan pertanian di lahan rawa pasang surut. Petani di lahan rawa pasang surut umumnya tidak memberikan pupuk pada lahan sawahnya secara lengkap dan seimbang, walaupun diberikan hanya sedikit dan satu jenis pupuk saja. Hal ini menunjukkan bahwa pengetahuan petani tentang pemupukan sangat kurang sehingga hasil usahatani yang diperoleh rendah. Menurut Dobermann dan Fairhurst (2000) bahwa pengelolaan hara yang tidak berimbang akan menurunkan hasil padi hingga 40%, dan apabila disertai dengan pengelolaan tanaman yang tidak baik maka kehilangan hara dan tanaman perlu mendapatkan perhatian yang lebih baik.

Lahan rawa pasang surut memiliki sifat spesifik sesuai dengan pemanfaatan dan tipologinya. Pengembangan lahan rawa pasang surut bertanam sulfat masam untuk pertanaman padi dihadapkan pada beberapa masalah antara lain: (1) kemasaman tanah; 2) pada kondisi reduktif kelarutan ion-ion besi ferro ( $Fe^{2+}$ ), hydrogen ( $H^+$ ), dan hidrogen sulfat ( $H_2S$ ) tinggi; 3) pada kondisi oksidatif kelarutan ion aluminium ( $Al^{3+}$ ) tinggi; dan meliputi: 1) kemasaman tanah; dan 2) ketersediaan hara makro dan mikro P, K, seng (Zn), tembaga (Cu), dan Boron (BO) rendah.

Rendahnya tingkat kesuburan alami tanah di lahan rawa pasang surut berkaitan erat dengan karakteristik lahannya. Kemasaman tanah yang tinggi dapat mempengaruhi keseimbangan reaksi kimia dalam tanah dan ketersediaan unsur hara terutama fosfat. Keracunan aluminium biasanya terjadi pada kondisi tanah kering disertai dengan kahat P, karena P diikat oleh Al menjadi Al-P yang tidak tersedia bagi tanaman. Sedangkan keracunan ( $Fe^{2+}$ ) dan  $H_2S$  umumnya terjadi pada kondisi tanah tergenang dan banyak mengandung bahan organik. Kelarutan ion-ion ( $Fe^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ),  $SO_4^{2-}$  dalam air mencapai puncaknya pada minggu-minggu awal musim hujan dan berangsur-angsur menurun sampai memasuki musim hujan.

Salinitas rawa pasang surut disebabkan oleh adanya intrusi air laut pada musim kemarau. Salinitas yang tinggi pada zona perakaran tanaman akan menghambat penyerapan air dan hara.

Hasil analisis tanah dari berbagai tipologi lahan dan tipe luapan air di lahan rawa pasang surut Sumatera Selatan disajikan pada Tabel 1. Tabel ini memperlihatkan bahwa tanah-tanah di lahan potensial tipe A (lahan yang diluapi oleh air pasang, baik pasang besar maupun pasang kecil) memiliki tingkat kesuburan yang lebih baik dibandingkan dengan tanah-tanah di lahan sulfat masam. Sedangkan tanah-tanah di lahan sulfat masam tipe B (lahan yang tidak diluapi oleh air pasang pada saat pasang besar saja) memiliki tingkat kesuburan yang lebih baik dibandingkan dengan tanah sulfat masam dan gambut di tipe C (Lahan yang tidak diluapi oleh air pasang, baik pasang besar maupun pasang kecil, tetapi kedalaman muka air tanah <50 cm). Hal ini disebabkan karena adanya pengaruh surut air yang dapat mencuci unsur-unsur yang menjadi sumber kemasaman tanah dan meracuni tanaman.

**Tabel 1.** Sifat kimia tanah kedalaman 0-30 cm di berbagai tipologi lahan dan tipe luapan air, lahan rawa pasang surut, Sumatera Selatan.

Sifat kimia tanah	Lahan potensial tipe A	Lahan Sulfat Masam			Lahan gambut tipe C
		Tipe B	Tipe C	Tipe B/C	
Ph	5,31	3,94	3,70-3,69	4,46-4,74	4,30
C-organik (%)	4,55	9,75	7,10-7,50	46,97	
N-total (%)	0,20	0,59	0,27-0,48	0,12-0,21	0,38
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> tersedia (ppm)	25,30		0,25-23,55	1,57	7,87
EC (uS/cm)	561,50	172,0	301,0	40,00	
Kation tertukar					
K (cmol/ka)	0,70	0,40	0,32	2,04	0,72
Na (cmol/kg)	4,65	0,15	0,39	2,76	0,29
Al (cmol/kg)	0,60	7,50	13,25	5,21	3,95
Kejenuhan basa (%)	81,00	26,00		4,40-28,78	

*Sumber: Noor (2004)*

## PERANAN AMELIORAN BAGI TANAH DAN TANAMAN

Bahan amelioran yang umum digunakan untuk memperbaiki produktivitas lahan rawa pasang surut antara lain: 1) jerami, 2) fosfat alam, dan 3) kapur.

### 1. Jerami

Jerami padi yang merupakan salah satu sumber bahan organik pada tanah sawah, dapat menambah ketersediaan hara tanah karena mengandung 0,6% N;

0,1% P; 1,5% K; 5% Si; dan 40% C (Ponnamperuma 1984). Jerami padi juga mengandung unsur mikro seperti Zn, Si, msupun Fe (Dobermann and Fairhurst 2000).

Pemberian jerami dapat berdampak positif atau negative bagi pertumbuhan tanaman padi. Dampak positif dari pemberian jerami adalah hasil dekomposisinya akan membebaskan sejumlah hara yang diperlukan oleh tanaman. Eagle *et al.* (2000) menyatakan bahwa pemberian jerami sisa panen yang ditanam pada setiap awal musim tanam dapat meningkatkan ketersediaan N bagi tanaman. Pada kondisi reduktif dan jumlah bahan organik berlebih dapat berdampak negatif pada pertumbuhan tanaman kelarutan asam-asam organik dan unsur-unsur logam meningkat (Dobermann and Fairhurst 2000). Sedangkan Kongchum (2005) melaporkan bahwa pemberian jerami padi menurunkan pH tanah sawah, karena pada kondisi anaerob mikroorganisme dapat menghasilkan senyawa-senyawa organik yang bersifat beracun bagi tanaman. Bahan organik mempunyai pengaruh yang besar terhadap sifat fisik maupun kimia tanah sulfat masam Keberadaan asam organik dapat menurunkan pH tanah, membentuk kompleks asam asetat, dan melepaskan asam-asam organik ke dalam larutan tanah (Tan 1997).

Ketersediaan unsur hara dari bahan organik tentunya sangat tergantung pada proses dekomposisinya. Bahan organik yang mempunyai rasio C/P >300 atau kandungan P <0,22% akan mendorong terjadinya imobilisasi P dalam tanah (Havlin *et al.* 2005). Selain proses mineralisasi, peningkatan ketersediaan unsur hara dapat melalui pengaruh tidak langsung bahan organik seperti penghelatan unsur logam dan proses reduksi  $Fe^{3+}$ -P menjadi  $Fe^{2+}$ P. Bahan organik mengandung asam-asam organik yang mampu mengkhelat unsur-unsur meracun dalam tanah sehingga menjadi tidak berbahaya bagi tanaman (Stevenson 1995). Asam organik mampu menurunkan jumlah P yang difiksasi oleh Fe dan Al melalui mekanisme pengkhetalatan (Barker and Pilbeam 2007).

Bahan organik dapat menyebabkan peningkatan ataupun penurunan unsur-unsur hara yang hilang melalui pelindian. Kehilangan P terlarut meningkat ketika bahan organik ditambahkan ke tanah. Bahan organik dapat menjadi sumber P yang hilang secara nyata dari lahan melalui aliran permukaan, meskipun pengaruhnya masih lebih rendah jika dibandingkan dengan penambahan pupuk anorganik dan pupuk kandang secara bersamaan (Kleinman *et al.* 2002). Fosfat yang hilang dari tanah dapat bersumber dari tanah, sisa bahan tanaman, pupuk organik, pupuk kandang atau pupuk hijau buatan (Hanson *et al.* 2002).

Meningkatnya hasil padi akibat adanya upaya pengelolaan jerami padi yang tepat sebenarnya disebabkan oleh meningkatnya kualitas tanah akibat membaiknya lingkungan fisik dan kimia tanah. Banyak hasil penelitian menunjukkan bahwa pengembalian bahan organik ke lahan mampu mengurangi penggunaan pupuk anorganik. Pengembalian bahan organik ke lahan dapat menyebabkan penurunan kualitas tanah atau lebih jauh lagi menyebabkan penurunan hasil padi yang

diperoleh. Hal ini dapat terjadi karena rendahnya dekomposisi dan besarnya pelepasan hara ke tanah (Guppy *et al.* 2005). Menurut Fahmi dan Sarwani (2013) bahwa bahan organik yang relative mentah dapat menurunkan pH tanah, kemudian Duong *et al.* (2012) menyatakan bahwa kompos dengan tekstur yang lebih halus memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap tanah dibandingkan kompos yang bertekstur kasar.

## 2. Kapur

Produktivitas lahan rawa pasang surut sulfat masam umumnya rendah karena pH tanah rendah, kelarutan Fe, Al, dan Mn tinggi, dan kejenuhan basa rendah (Dent 1986). Oleh karena itu, diperlukan pemberian kapur untuk memperbaiki kemasaman tanahnya. Beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan dalam menetapkan kebutuhan kapur antara lain derajat pelapukan bahan induk, kandungan liat, kandungan bahan organik, pH tanah awal, dan metode penetapan kebutuhan kapur.

Penetapan kebutuhan kapur untuk tanah sulfat masam dapat dilakukan berdasarkan metode inkubasi, titrasi, SI-dd. Penetapan kebutuhan kapur dengan metode inkubasi dilakukan dengan mencampurkan kapur, tanah, dan air dalam beberapa dosis kapur selama beberapa waktu tertentu, biasanya satu minggu sampai beberapa minggu, lalu kebutuhan kapur ditentukan pada nilai pH tertentu. Menurut Al-Jabri (2002), metode inkubasi memiliki kelemahan yaitu terjadi akumulasi garam (Ca, Mg, dan K) sehubungan dengan aktivitas mikroba sehingga takaran kapur lebih dari yang seharusnya. Penetapan kebutuhan kapur berdasarkan metode titrasi NaOH 0,05 N untuk mencapai pH tertentu memerlukan kapur lebih rendah jika dibandingkan dengan metode inkubasi dan Al-dd KCl 1 N, serta relative lambat sehingga tidak sesuai untuk analisis rutin. Walaupun metode titrasi memerlukan kapur lebih rendah, sebagian besar dari kemasaman tanah tidak dinetralsir oleh basa, karena reaksi antara kation-kation asam yang dapat dititrasi berlangsung sangat lambat. Penetapan kebutuhan kapur berdasarkan Al-dd KCl 1 N jarang digunakan karena tingkat keracunan suatu jenis tanaman sangat bervariasi pada tanah yang berbeda. Hasil penelitian di rumah kaca dan di lapangan menunjukkan penentuan takaran kapur berdasarkan titrasi dan inkubasi dapat diaplikasikan pada tanah sulfat masam potensial bargambut di Lamunti, Kalimantan Tengah (Suriadikarta dan Sjamsidi 2001).

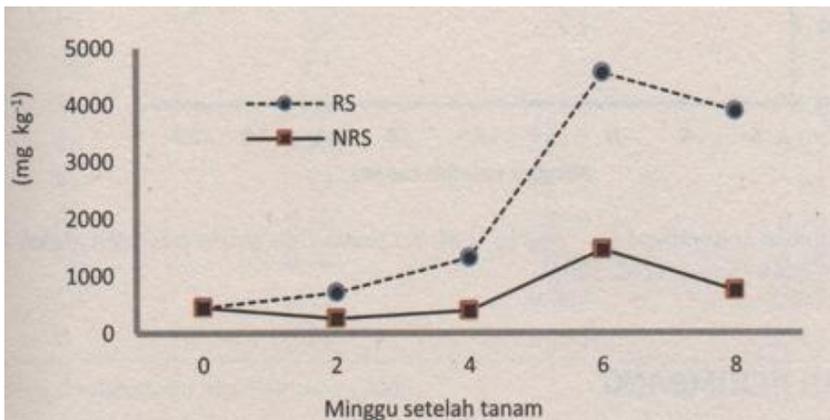
Subiksa dan Basa (1990) menyatakan bahwa hasil padi dengan pemberian dolomit 2 t/ha dan SP-36 200-300 kg/ha dapat memberikan hasil padi 4 t GKG/ha pada tanah sulfat masam potensial di Kecamatan Telang Kabupaten Muba, Sumatera Selatan. Pada tanah masam potensial di Tabunganen, Kalimantan Selatan, hasil padi 3,24 t GKG/ha dicapai dengan pemberian 43 kg P/ha, 52 kg K/ha, kapur 1 t/ha, dan pupuk kandang 5 t/ha. Sedangkan Suriadikarta dan Sjamsidi

(2001) menyatakan bahwa di Belawang, Kalimantan Selatan, kebutuhan kapur lebih tinggi yaitu  $4 \text{ t ha}^{-1}$ . Keadaan ini disebabkan oleh adanya pirit pada tanah sulfat masam actual yang telah mengalami oksidasi sehingga Al-dd tinggi.

### PERANAN AMELIORAN DALAM MENGGKHELAT BESI

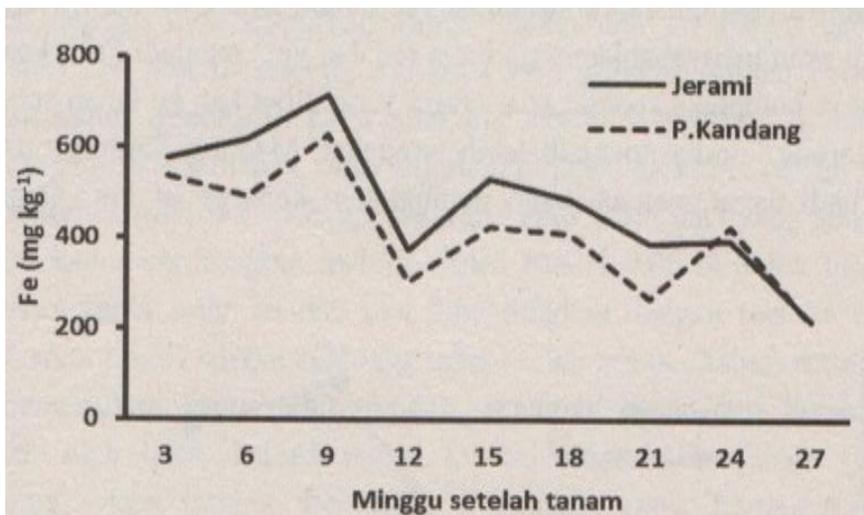
Salah satu masalah pada pertanaman padi di tanah sulfat masam adalah keracunan Fe. Menurut Dent (1986) konsentrasi  $\text{Fe}^{2+}$  sekitar 500 ppm sudah dapat meracuni tanaman padi. Kisaran konsentrasi  $\text{Fe}^{2+}$  pada tanah sulfat masam kondisi tergenang dapat mencapai 5.000 ppm. Konsentrasi  $\text{Fe}^{2+}$  dipengaruhi oleh pH, bahan organik, konsentrasi  $\text{Fe}^{2+}$  serta reaktivitasnya (Fahmi *et al.* 2010). Pada budidaya padi di tanah sulfat masam, unsur Fe berpotensi meracuni tanaman. Menurut Patrick dan Reddy (1978), jumlah Fe yang tereaksi dapat mencapai sepuluh kali lipat lebih besar dari unsur lainnya. Pada kondisi agak tereduksi (0-100 mV),  $\text{Fe}^{3+}$  mengalami reduksi menjadi  $\text{Fe}^{2+}$  (Reddy and De Launce 2008).

Jerami padi adalah salah satu sumber utama bahan organik pada budidaya padi pada lahan rawa pasang surut. Petani biasanya mengembalikan jerami sisa panen ke lahan lalu saat pertumbuhan vegetative tanah digenangi sampai ketinggian tertentu. Kondisi ini dapat menyebabkan terjadinya peningkatan konsentrasi  $\text{Fe}^{2+}$  dalam tanah. Menurut Dent (1986) penggenangan tanah akan menyebabkan terjadinya reduksi  $\text{Fe}^{3+}$  menjadi  $\text{Fe}^{2+}$ , keadaan ini akan menjadi semakin kompleks apabila ada jerami yang diberikan ke tanah sebelumnya karena dapat mendorong kondisi menjadi lebih tereduksi. Menurut Fahmi *et al.* (2012) pemberian jerami padi dapat menyebabkan peningkatan konsentrasi  $\text{Fe}^{2+}$  dalam tanah (Gambar 1).



Gambar 1. Dinamika perubahan Fe akibat pemberian jerami padi (RS) dan tanpa diberikan jerami padi (NRS) selama 8 minggu setelah tanam (Fahmi *et al.* 2012)

Menurut Ponnaperuma (1984), bahan organik merupakan sumber energi bagi mikroorganisme pereduksi besi, sehingga semakin tinggi kandungan bahan organik dalam tanah maka semakin tinggi pula konsentrasi  $Fe^{2+}$  yang dihasilkan. Pada tahap awal proses dekomposisi jerami padi tanah tergenang menghasilkan banyak senyawa organik dan senyawa tersebut dapat berperan sebagai penerima elektron dalam reaksi redoks. Menurut Yoshida (1978), oksidasi asam asetat selalu bersamaan dengan reduksi  $Fe^{3+}$ . Konten dan Sarwani (1990) menunjukkan dua buah persamaan yang menggambarkan peranan senyawa-senyawa organik dalam meningkatkan konsentrasi  $Fe^{2+}$  melalui proses khelatasi (Stevenson 1994). Keadaan ini dapat dibuktikan oleh pengelolaan jerami sisa panen sistem *tajak-puntal-balik-sebar-* yang telah diterapkan petani Banjar di lahan rawa pasang surut yang telah terbukti ramah lingkungan dan berkelanjutan (Gambar 2).



Gambar 2. Dinamika konsentrasi  $Fe^{2+}$  ( $mg\ kg^{-1}$ ) akibat pemberian jerami padi dan pupuk kandang di lahan sulfat masam (Fahmi et al. 2006)

## PEMUPUKAN BERIMBANG

Pemupukan diartikan sebagai penambahan atau pemberian bahan atau unsur hara ke dalam tanah agar dapat meningkatkan ketersediaan hara tanah sehingga dapat menyokong pertumbuhan tanaman. Oleh karena itu, semua usaha pertanian memerlukan pemupukan, terlebih jika lahan sebagai media tumbuh tanaman miskin hara. Kegiatan usahatani dapat menyebabkan kehilangan hara akibat diserap tanaman dan tercuci. Rata-rata kehilangan hara N, P, dan K yang terangkut

dari setiap t ha<sup>-1</sup> hasil panen padi varietas unggul masing-masing terbesar 17,5; 3,0; dan 17,0 kg (Tabel 2).

Peningkatan Produktivitas lahan rawa pasang surut dapat dilakukan melalui pemupukan yang dilakukan secara rasional dan berimbang dengan memperhatikan kaidah efisiensi pemupukan. Untuk pertumbuhannya, tanaman padi memperoleh hara dari tanah atau pupuk yang ditambahkan. Hara di dalam tanah berada dalam keseimbangan yang dinamis. Oleh karena itu, apabila suatu hara berada dalam kondisi berlebih atau kekurangan, maka akan mempengaruhi ketersediaan hara lain bagi tanaman. Apabila hara yang ditambahkan dalam jumlah berlebihan maka hasil tanaman akan menurun. Hukum minimum Liebig's juga menentukan tingkat produksi tanaman, dimana unsur hara yang berada dalam kondisi kurang merupakan faktor pembatas produksi. Kondisi ini menyebabkan perlunya penerapan teknologi ramah lingkungan seperti pemupukan berimbang berdasarkan uji tanah yang dipadukan dengan pupuk organik serta pupuk hayati.

**Tabel 2.** Rata-rata hara yang ikut terangkut setiap kali panen padi varietas unggul

Unsur Hara	Total hara yang terangkut panen		
	Gabah + Jerami	Gabah	Jerami
	Kg hara t <sup>-1</sup> gabah		
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	0,010

*Sumber: Dobermann dan Fairhurst (2000)*

Agar takaran pupuk yang diberikan tepat dan efektif, maka faktor kemampuan tanah menyediakan hara dan kebutuhan hara tanaman perlu diperhatikan. Oleh karena itu, dalam aplikasi pupuk berimbang diperlukan data hasil analisis tanah dan ebutuhan hara tanaman selama masa pertumbuhannya. Sebagai contoh, pemupukan P dan K tanaman padi berdasarkan status hara tanah disajikan pada

Tabel 3. Sejak tahun 2014 Balittra telah berupaya mewujudkan pemupukan berimbang untuk tanaman padi di lahan rawa pasang surut melalui pembuatan *software Decision Support System* (DSS) pemupukan padi lahan rawa pasang surut. *Software* 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 3.** Rekomendasi pemupukan P dan K tanah sawah berdasarkan status haranya

Kelas status hara	Kadar hara terekstrak HCl 25%		Rekomendasi Pupuk		
	P	K	SP-36	KCl - Jerami	KCl +Jerami
	mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 100g <sup>-1</sup>	mg K <sub>2</sub> O 100 g <sup>-1</sup>	..... .....	Kg ha <sup>-1</sup>	..... .....
Rendah	<20	<10	100	100	50
Sedang	20-40	10-20	75	50	0
Tinggi	>40	>20	50	50	0

Sumber: Suriadikarta dan Sjamsidi (2001)

### EFISIENSI PENGGUNAAN PUPUK ANORGANIK

Efisiensi penggunaan pupuk dapat ditingkatkan antara lain melalui perbaikan waktu pemberian, takaran, ameliorasi, modifikasi buturan pupuk, dan pemberian pupuk organik serta pupuk hayati. Rekomendasi pemupukan spesifik lokasi disusun agar takaran pupuk sesuai dengan kemampuan tanah menyediakan hara dan kebutuhan hara tanaman sehingga efisiensi penggunaan pupuk dan produksi meningkat tanpa merusak lingkungan akibat pemupukan berlebihan.

Tingkat kesediaan 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 nyata terhadap pertumbuhan vegetatif pertumbuhan tanaman. Menurut Ar-Riza dan Saragih (2001) hasil analisis regresi hubungan antara pemberian pupuk N dengan hasil padi pembentuk persamaan regresi kuadratik, yaitu  $Y = 0,055 + 0,091 N - (5,165 \times 10^{-4}) N^2$  ( $R^2=0,98$ ) 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. Berdasarkan persamaan tersebut takaran pupuk N maksimal untuk lahan potensial 88 kg N/ha dan lahan sulfat masam 116 kg N/ha. Untuk meningkatkan efisiensi pemupukan, sebaiknya pupuk diberikan dua tahap, yaitu

1/3 bagiandiberikan pada saat tanam, dan 2/3 bagian lagi pada saat tanaman telah berumur 30 hari setelah tanam.

Selain nitrogen, fosfor (P) merupakan unsur hara esensial yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah banyak. Kekurangan unsur hara P pada tanaman padi mengakibatkan pertumbuhan terganggu sehingga tanaman tumbuh kerdil, warna daun hijau tua dank eras, dan gabah hampa. Hasil penelitian di lahan sulfat masam Unit Tatas, Kalimantan Tengah meunjukkan bahwa pemberian 90 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/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 pertanaman padi musim ketiga.

Tanah sulfat masam mempunyai kandungan P-total sedang-tinggi tetapi P-tersedia rendah. Hal ini berhubungan dengan reaksi tanah yang sangat masam (Ph 2,5-3,9). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh pemupukan P tergantung pada status P di dalam tanah. Pada status P-rendah pemberian pupuk P berpengaruh nyata terhadap peningkatan hasil (Tabel 4). Pemberian pupuk P 4 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha dapat meningkatkan jumlah malai sebesar 27,1% jumlah gabah isi sebesar 32,8% tetapi idak berbeda dibandingkan memberikan hasil sebesar 4,00-4,12 t GKG/ha.

**Tabel 4.** Pengaruh pemberian pupuk P terhadap hasil dan padi varietas Batang-hari di lahan pasang surut sulfat masam actual, Sumatera Selatan

Takaran pupuk P	Hasil	Jumlah malai/ rumpun	Jumlah gabah isi/ malai
Kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /HA	t GKG/ha		
0	3,23 c	11,6 c	89,0 c
22,5	4,404	12,4 b	109,6 b
45,0	4,12 ab	13,2 a	118,2 a
67,5	4,37 a	13,3 a	120,8 a
Rata-rata	3,95	12,6	109,3

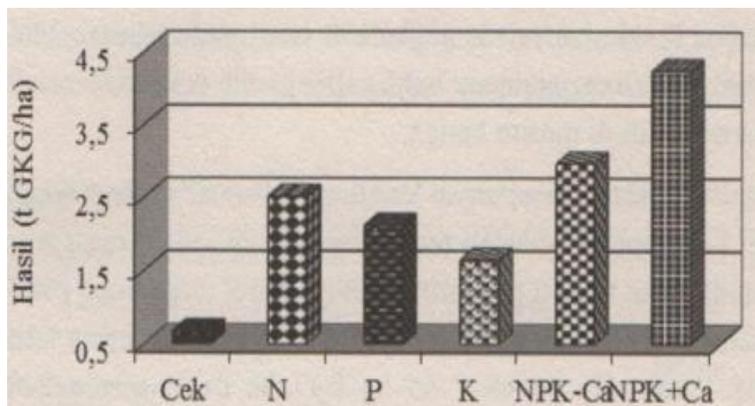
*Sumber: Sukriakarta et al. (2012)*

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 karean 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 K<sub>2</sub>O/ha dapat meningkatkan bobot ganah dan mempengaruhi kualitas

hasil. Tetapi pada takaran yang lebih tinggi tidak lagi memberikan pengaruh terhadap peningkatan hasil.

Pemberian pupuk N, P, dan K secara berimbang di lahan pasang surut sangat dianjurkan. Gambar 3 menunjukkan bahwa pemberian pupuk 90 kg N/ha, 45 kg  $P_2O_5$ /ha, 50 kg  $K_2O$ /ha, dan 2 t kapur/ha dapat memberikan hasil yang lebih baik dibanding dengan pemberian pupuk secara parsial (90 kg N/ha saja, 45 kg  $P_2O_5$ /ha saja, dan 50 kg  $K_2O$ /ha saja).

#### Penambahan Jenis hara



Gambar 3. Pengaruh pemberian pupuk N, P, K, dan Ca terhadap hasil gabah di lahan sulfat masam (Ar-riza dan Saragih 2001)

Upaya peningkatan efisiensi penggunaan di lahan rawa pasang surut dilakukan melalui pemberian pupuk yang disesuaikan dengan ketersediaan hara tanah dan varietas tanaman yang ditanam. Beberapa hasil penelitian pengelolaan hara yang dilakukan oleh Balittra diperoleh takaran pupuk untuk tanaman padi (Tabel 5). 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/ha + 60 kg  $P_2O_5$ /ha + 50 kg  $K_2O$ /ha dapat meningkatkan hasil sebesar 42-77% (2,84-3,54 t GKG/ha) (Nursyamsi dan Alwi 2012).

**Tabel 5.** Takaran ameliorant dan pupuk pada tanaman padi di lahan pasang surut

Tipologi lahan	Takaran ameliorant dan Pupuk					
	Kapur/abu gergajian	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CuSO <sub>4</sub>	ZnSO <sub>4</sub>
	Kg/ha					
Potensial	0	45-90	22,5- 45	50	-	-
Sulfat Masam	1.000-3.000	67,5-135	45-70	50-75	-	-
Gambut	1.000-2.000	45	60	50	5	10

*Sumner: Noor (2004)*

## PENGGUNAAN PUPUK HAYATI

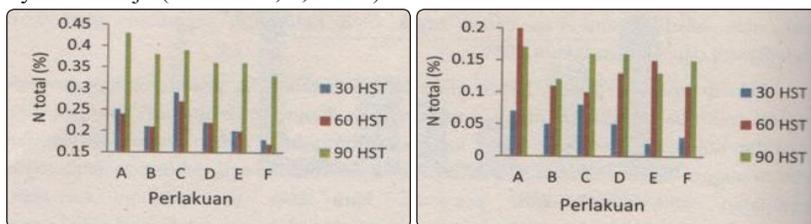
Pupuk hayati didefinisikan sebagai inokulan berbahan aktif organisme hidup yang berfungsi untuk membuat hara tertentu atau memfasilitasi tersedianya hara dalam tanah bagi tanaman. Memfasilitasi tersedianya hara ini dapat berlangsung melalui peningkatan akses tanaman terhadap hara, misalnya pelarutan P oleh mikroba pelarut fosfat, maupun perombakan oleh fungsi, aktinomiset atau cacing tanah. Penyediaan hara ini berlangsung melalui hubungan simbiosis atau nonsimbiosis. Secara simbiosis berlangsung dengan kelompok tanaman tertentu atau dengan kebanyakan tanaman, sedangkan nonsimbiosis berlangsung melalui penyerapan hara hasil pelarutan oleh kelompok mikroba pelarut fosfat, dan hasil perombakan bahan organik oleh kelompok organisme perombak (Suriadikarta dan Simanungkalit 2012).

Prinsip aplikasi pupuk hayati pada tanah dan tanaman adalah memperbanyak populasi mikroba terpilih sehingga mampu bersaing dengan mikroba asli (*indigenous*). Inovasi dan kolonisasi awal dari pupuk hayati yang diintroduksi dalam jumlah banyak dan bermutu unggul akan memenangkan kompetisi dengan mikroba asli, sehingga mempunyai kesempatan untuk membantu penyediaan hara dan pertumbuhan tanaman. Mikroorganisme dalam pupuk hayati yang digunakan dalam bentuk inokulan dapat mengandung hanya satu strain tertentu (*monostain*) tetapi dapat pula mengandung lebih dari satu strain (*multystain*). Strain-strain pada inokulasi multistain dapat berasal dari satu kelompok inokulasi silang (*cross-inoculatio*) atau lebih. Inokulan-inokulan komersial saat ini mengandung lebih dari satu spesies atau lebih dari satu kelompok fungsional mikroba. Pemanfaatan pupuk hayati yang sesuai dengan kondisi tanah dan produktivitas tanaman, mengefisienkan penggunaan pupuk anorganik, dan mengurangi bahaya pencernaan lingkungan.

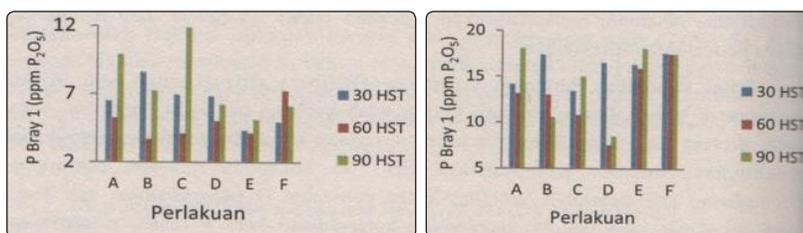
Balai penelitian Lahan Rawa (Balittra) Sebagai salah satu institusi penelitian di bawah Badan Litbang Pertanian telah berhasil membuat formulasi pupuk hayati Biotara yang adaptif dengan lahan rawa pasang surut dan mampu meningkatkan

produktivitas tanaman. Komposisinya terdiri atas konsorsia mikroba decomposer (*Trichoderma sp*), pelarut-P (*Bacillus sp*), dan penambat N (*Azospirillum sp*). Pupuk hayati ini dapat meningkatkan 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 dengan pupuk NPK pelangi 400 kg/ha serta pemanfaatan bahan organik *in situ* dapat meningkatkan hasil sebesar 35% (Varietas Margasari) dan 48% (Varietas Inpara 1) dibandingkan cara petani (Mukhlis 2011).

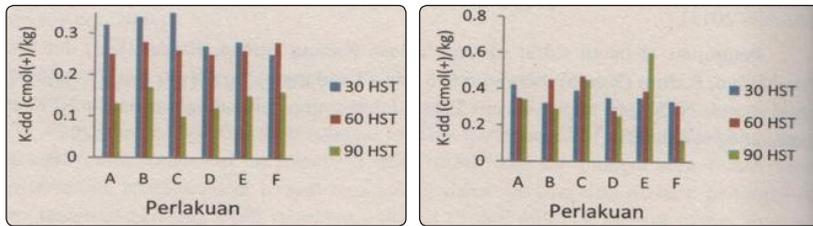
Pengujian di lahan sulfat masam di Desa Karang Bunga, Kalsel (kiri) dan Desa Sido Mulyo, Kaltim (kanan) menunjukkan bahwa kandungan hara N, P, dan K tanah yang diberi pupuk NPK dan pupuk hayati Biotara tinggi dibandingkan hanya NPK saja (Gambar 4, 5, dan 6).



Gambar 4. Pengaruh pupuk hayati Biotara dan pupuk NPK Pelangi terhadap N total di lahan rawa sulfat masam. Desa Karang Bunga, Kalsel (kiri) dan Desa Sidomulyo, Kaltim (kanan). A (NPK Pelangi 300kg/ha + pupuk hayati Biotara 25 Kg/ha), B (NPK Pelangi 300 kg/ha + Urea 100 kg/ha), C (NPK Pelangi 400 kg/ha + pupuk hayati Biotara 25 Kg/ha), D (NPK Pelangi 400 kg/ha + Urea 100 kg/ha), E (dosis petani + pupuk hayati Biotara 25 kg/ha), dan F (Dosis petani). (Mukhlis, 2011).

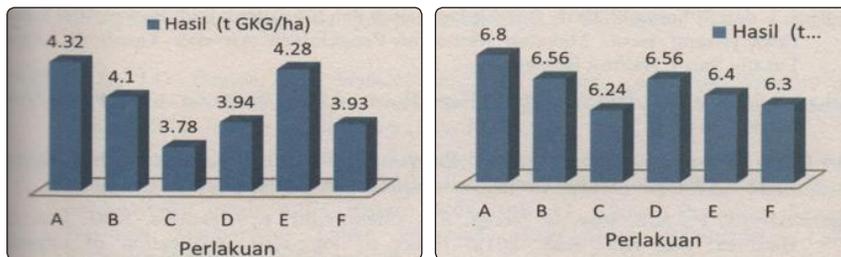


Gambar 5. Pengeruh pupuk hayati Biotara dan pupuk NPK Pelangi terhadap P tersedia di lahan rawa sulfat masam. Desa Karang Bunga, Kalsel (kiri) dan Desa Sidomulyo, Kaltim (kanan)



Gambar 6. Pengaruh pupuk hayati Biotara dan pupuk NPK Pelangi terhadap K tersedia di lahan rawa sulfat masam. Desa Karang Bunga, Kalsel (kiri) dan Desa Sido Mulyo, Kaltim (Kanan) (Mukhlis 2011)

Hasil gabah yang diberi pupuk hayati Biotara dan pupuk NPK Pelangi ditunjukkan pada Gambar 7. Hasil gabah di Desa Karang Bunga lebih rendah dibandingkan hasil gabah di Desa Sido Mulyo. Hal ini disebabkan karena varietas padi yang digunakan di Desa Karang Bunga adalah varietas Margasari yang potensi hasilnya hanya 4,5 t GKG/ha, sedangkan di Desa Sido Mulyo menggunakan pada varietas INPARA 5 yang mempunyai potensi hasil sebesar 7,2 t GKG/ha. Di Desa Karang Bunga, perlakuan A memperlihatkan hasil yang tertinggi dan meningkatkan hasil sebesar 0,21t GKG/ha (5,12%) dibandingkan perlakuan B. Jika dibandingkan dengan perlakuan F (cara petani), perlakuan A juga memberikan hasil lebih tinggi pada perlakuan A dan B. Rendahnya hasil ini disebabkan karena tanaman rebah, sehingga banyak gabah yang rontok ke tanah. Pemberian pupuk NPK Pelangi yang lebih tinggi pada perlakuan C dan D mengakibatkan tanaman tidak tahan terhadap terpaan angin. Sedangkan di Desa Sido Mulyo, perlakuan A juga memperlihatkan hasil yang tertinggi. Jika dibandingkan dengan perlakuan B dan F, perlakuan A dapat meningkatkan hasil masing-masing sebesar 0,24 t GKG/ha (3,66%) dan 0,5t/ha (7,94%). Hasil yang diperoleh pada perlakuan C lebih rendah karena tanaman terserang penyakit blas leher, sehingga banyak gabah menjadi hampa.



Gambar 10. Pengaruh pupuk hayati Biotara dan pupuk NPK Pelangi terhadap hasil padi di lahan rawa sulfat masam. Desa Karang Bunga, Kalsel (kiri) dan Desa Sido Mulyo, Kaltim (kanan) (Mukhlis 2011)

## PENUTUP

Ameliorasi lahan dengan jerami padi yang sudah matang (kompos) sebanyak 5 t/ha mampu memperbaiki produktivitas lahan melalui pengkkelatan unsur racun (Fe) dan peningkatan ketersediaan hara. Sedangkan ameliorant fosfat alam sebanyak 220 kg P/ha dapat meningkatkan pH tanah dari 3,42 menjadi 3,63, karena membebaskan Ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  yang dapat menekan kelarutan ion-ion  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ , dan  $\text{H}^+$  dalam larutan tanah. Pemberian kapur 1-2 t/ha telah cukup untuk tanaman padi di lahan potensial dan 2-4 t/ha di lahan sulfat masam.

Pemupukan berimbang merupakan salah satu upaya untuk memperbaiki dan meningkatkan produktivitas lahan rawa pasang surut. Pemberian pupuk 45-90 kg N/ha, 22,45 kg  $\text{P}_2\text{O}_5$ /ha, dan 50 kg  $\text{K}_2\text{O}$ /ha telah cukup untuk tanaman padi di lahan potensial dan 67,5-135 kg N/ha, 45-70 kg  $\text{P}_2\text{O}_5$ /ha, dan 70 kg  $\text{K}_2\text{O}$ /ha di lahan sulfat masam.

Efisiensi penggunaan pupuk anorganik dapat ditingkatkan antara lain melalui perbaikan waktu pemberian, takaran, ameliorasi, dan pemberian pupuk organik serta pupuk hayati. Pemupukan spesifik lokasi (takaran pupuk sesuai dengan kemampuan tanah menyediakan hara dan kebutuhan hara tanaman) terbukti dapat meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk dan produksi tanaman.

## DAFTAR PUSKTAKA

- Al-Jabri, M. 2001. Penetapan Kebutuhan Kapur dan Pupuk Fosfat untuk Tanaman Padi (*Oryza Sativa L.*) pada Tanah Sulfat Masam Aktual Belawang, Kalimantan Selatan. Disertai. Program Pascasarjana. Universitas. Padjajaran, Bandung.
- Alwi, M. 1992. Beberapa Sifat Kimia Tanah, Serapan Hara Serta Hasil Kedelai pada Tanah Sulfat Masam yang Diberi Fosfat Alam. Tesis. Program Pascasarjana. Universitas Padjajaran. Bandung.
- Ar-Riza, I. dan S. Saragih. 2001. Pengelolaan tanah dan hara untuk budidaya padi di lahan rawa pasang surut. Makalah Monograf Pengelolaan Air dan Tanah di Lahan Pasang Surut. Balittra Banjarbaru.
- Barker, A. V. and D.J. Pilbeam. 2007. Hand Book of Lant Nutrition. CRC Press. New York. 612 p.
- Biro Pusat Statistik. 2011. Survei Susut Panen MT 2010/2011. Kerjasama BPS, Ditjen Tanaman Pangan, Badan Pengendalian Bimas, dan Bulog.
- Bhattacharrya, P., K.S. Roy, S. Neogi, S.P. Chakravorti, K.S. Behera. K.M. Das, S. Bardhan, and K.S. Rao. 2012. Effect of long-term application of organic amandement on C storage in relation to global warming potential and biological activities in tropical flooded soil planted to rice. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 94:273-285.

- Dierolf, T., T. Fairhurst, and E. Murttert. 2000. Soil Fertility Kit: A Toolkit for Acid, Uplandsoil Fertility Management in Southeast Asia. Handbook Series. 149 p.
- Dent, D.L. 1986. Acid Sulphate Soils. A Baseline for Research and Development. ILRI. Wageningen Publ. No. 39. The Netherlands.
- Dobermann, A. and T. Fairhurst. 2000. Rice; Nutrient Disorders and Nutrient Management. IRRI. Makati city, The Philippines. 191 p.
- Duong, T. T. T., C. Penfold, and P. Marschner:2012. Amending soils of different texture with six compost types: impact on soil nutrient availability, plant growth and nutrient uptake. *Plant and Soil*. 354;197-209.
- Eangle, A.J., J.A. Bird, W.R. Horwatch, B.A. Linguist, S.M. Brouder, J.E. Hill, and C. Van Kessel. 2000. Rice yield and nitrogen utilization efficiency under alternative straw management practices. *Agron. J.*92:1096-1103.
- Fahmi, A., A. Susilawati, dan A. Jumberi. 2006. Dinamika unsur besi, sulfat dan fospor serta hasil padi akibat pengelolaan tanah, sasluran kemalir dan pupuk organik di lahan sulfat masam. *Jurnal Tanah Tropika* 12(1):11-19.
- Fahmi, A. 2010. Pengaruh pemberian bahan organik jerami padi terhadap pertumbuhan tanaman padi tanah sulfat masam. *Jurnal Berita Biologi* 10(1).
- Fahmi, A.,B. Radjagukguk, dan B.H. Purwanto. 2012. The Leaching of iron and loss of phosphatein acid sulphate soil due to rice straw and phosphate fertilizer application. *Jurnal Tanah Tropika* 17(1):19-24.
- Fahmi, A. dan M. Suwarni. 2013. Does rice straw application reduce iron concentration and increase rice yield in acid sulphate soil. *Ib Proceeding of International Workshop on Sustainable Management of Lowland for Rice Production*. Banjarmasin, 27-28 September 21012. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Guppy, C.N, N. W. Menzies, F.P.C. Blamey, and P.W. Moody. 2005. Do decomposing organic matter residues reduce phosphorus sorption in highly weathered soils? *Soil Science Society of America Journal* 69:1405-1411.
- Hanson, N.C., T.C. Daniels, A.N. Sharpley, and J.L. Lamunyon. 2002. The fate and transport of phosphorus in agricultural systems. *J. Soil Water Conserv.* 57:408-417.
- Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale, and W.L. Nelson. 2005. Soil Fertility and Fertilizer. An introduction to nutrient management. Seventh Edition. Pearson Education Inc. Upper Saddle River, New Jersey.

- Jumberi, A. Arifin Fahmi, dan Ani Susilawati. 2006. Potensi pengelolaan jerami dan penggunaan varietas unggul adaptif sebagai komponen teknologi peningkatan produktivitas tanah sulfat masam. Hlm 305-313. *Dalam* Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya Lahan Pertanian. Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Litbang Pertanian.
- Kleinman, P. J. A., A.N. Sharpley, B.G. Moyer, and G.F. Elwinger. 2002. Effect of mineral and manure phosphorus sources on runoff phosphorus. *J. Environ. Qual.* 31:2026-2033.
- Kongchum, M. 2005. Effect of Plant Residue and water management Practices on Soil Redox Chemistry, Methane Emission and Rice Productivity. A Desertation. Graduate Faculty of the Louisiana State University. USA.201 p.
- Kosten, C. J. M. and M. Sarwani. 1990. Actual and potential acidity and related chemical characteristic of acid sulphate soils in Pulau Petak Kalimantan. In Papers Workshop on Acid Sulphate in The Humid Tropics. AARD-LAWOO, Bogor. Pp 30-47.
- Lindsay, W. L. 1979. Chemical Equilibria in Soils. John Wiley and Sons. Inc., New York.
- Mukhlis, 2011. Uji Keefektivan Pupuk Hayati Biotara Terhadap Tanaman Padi di Lahan Raw Sulfat Masam. Laporan Hasil Penelitian. Kerjasama Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa dengan PT. Pupuk Kaltim. Banjarbaru.
- Noor, M. 2004. Lahan Rawa; Sifat dan Pengelolaan tanah bermasalah sulfat masam. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta, 241 hlm.
- Nursyamsi, D., dan M. Alwi. 2012. Ameliorasi dan pemupukan di lahan rawa. Dalam I.G.P. Wigena (Eds). Prosiding Semnas Teknologi Pemupukan dan Pemuliaan Lahan Terdegradasi, 29-30 Juni 2012. Balitbangtan-Kementan. Bogor
- Patrick, W. H. Jr., and K. R. Reddy. 1978. Chemical changes in rice soils. Pp 361-379. *Dalam* Soil and Rice. IRRI. Los Banos, The Philippines.
- Ponnamperuma, F. N. 1984. Straw as a source of nutrients for wetland rice. Pp 117-136. *Dalam* Organic Matter and Rice. International Rice Research Institute. Los Banos Laguna, Phillippines.
- Raihan, Y, dan M. Alwi. 2012. Pengelolaan hara terpadu untuk tanaman padi di lahan rawa pasang surut. Laporan Hasil Penelitian TA 2012. Balai Penelitian Pertanian Lahan Raw. Banjarbaru.
- Reddy, K. R., dan R. D. Delaune. 2008. The Biogeochemistry of Wetlands: Science and applications. CRC Press. New York, USA. 779 p.
- Stevenson, F. J. 1994. Humus Chemistry. Genesis, Composition, Reaction. John Wiley and Son Inc. New York.

- Subiksa, I G.M. dan I. Basa. 1990. Kemajuan Penelitian Sistem Usaha Tani pada Lahan Sulfat Masam di Karang Agung Ulu, Sumatera Selatan. Risalah Seminar Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Hlm 31-38.
- Suriadikarta, D.A. dan G. Sjamsidi. 2001. Teknologi peningkatan produktivitas tanah sulfat masam. Laporan akhir. Proyek Sumber Daya Lahan Tanah dan Iklim, Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Hlm. 6-12.
- Suriadikarta, D.A dan R.D.M. Simanungkalit. 2012. Pendahuluan. Dalam Simanungkalit, R.D.M. *et al.*, (eds.) Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian. Bogor. Hlm. 1-10.
- Suriadikarta, D.A. 2012. Teknologi pengelolaan lahan gambut. Dalam Husen, E., M. Anda., M. Noor., Mamat H.S., Maswar., A. Fahmi., dan Y. Sulaeman. Prosiding Seminar Pengelolaan Lahan Gambut Berkelanjutan. Balitbangtan. Kementan. Bogor.
- Tan, K. H. 1997. Degradasi mineral tanah oleh asam organik. Pp 1-40. *Dalam* P.M. Huang, and M. Schnitzer. (Ed). Interaksi Mineral Tanah dengan Organik Alami dan Mikroba. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Yampracha, S., Attananda, A. Sidibe-Diarra, dan R.S. Yost. 2005. Predicting the dissolution of rock phosphates I n flooded acid sulfate soils. *Soil Science Society of America Journal*. 69: 2000-2011.
- Yoshida, T. 1978. Microbial metabolism of rice soils. Pp 445-464. *Dalam* Soils and Rice. IRRI. Los Banos, The Phillippines.