

Pengaruh Ameliorasi Tanah Rawa Pasang Surut untuk Meningkatkan Produksi Padi Sawah dan Kandungan Besi dalam Beras

Amelioration Effect on Tidal Swamp Soil to Increase Lowland Rice Production and Iron Content in Rice

¹Subowo*, ²N. Putu Sri Ratmini, R. ³Purnamayani, dan ²Yustisia

¹ Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Tanah, Jl. Tentara Pelajar No. 12, Bogor 16114

² Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sumsel, Jl. Kol. H. Barlian Km 6, Palembang

³ Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jambi, Jl. Samarinda Paal V Kotabaru 36128

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diterima: 27 Juli 2012

Disetujui: 28 Desember 2012

Katakunci:

Rawa pasang surut

Ketahanan pangan

Pangan fungsional

Kandungan besi dalam beras

Amelioran

Keywords:

Tidal swamp

Food security

Functional food

Iron content in rice

Ameliorant

Abstrak. Pengembangan padi sawah di lahan rawa pasang surut merupakan alternatif strategis untuk meningkatkan ketahanan pangan nasional. Masalah yang dihadapi adalah biaya produksi mahal dan kualitas hasil rendah, sehingga harga jual produk rendah. Pengembangan komoditi padi dengan orientasi sebagai pangan fungsional akan meningkatkan harga jual produk dan pendapatan petani. Penelitian ini menggunakan rancangan Petak Terpisah, pengelolaan air sebagai faktor utama dan ameliorasi tanah sebagai anak petak. Pemberian pupuk (Urea, SP-36, dan KCl) dan pengendalian hama-penyakit terpadu (PHT) digunakan sebagai perlakuan dasar dan padi var. Punggur sebagai tanaman indikator. Budidaya penggenangan terus-menerus meningkatkan produksi padi rawa pasang surut dibanding irigasi terputus pada sistem tata air mikro. Namun untuk meningkatkan kandungan besi (Fe) dalam beras sosoh 1 kali dapat dilakukan dengan pengelolaan sistem tata air mikro. Pemberian amelioran pupuk kandang sapi 10 t ha⁻¹ meningkatkan produksi maupun kandungan besi pada beras sosoh 1 kali prosesing.

Abstract. Development of lowland rice in tidal swampland is strategic alternative to increase national food security. The problem faced is its expensive production cost and low quality of the product, so that the product-selling price is low. The development of rice commodity with the orientation as a functional food will increase product-selling price and farmer income. This research was conducted by split plot design with water management as primary factor and soil amelioration as a secondary factor. Applying fertilizers (Urea, SP-36, and KCl) and controlling integrated pest-diseases management were used as a basic treatment and rice var. Punggur was used as plant indicator. Rice cultivation by continuously flooding in tidal swampland increased rice production compared with intermittent drainage system as in micro water management. However, to increase iron (Fe) content in rice in one pass processing can be done by micro water management treatment. Application of 10 t ha⁻¹ cattle manure as ameliorant increased rice production and also iron content in rice with one pass processing.

Pendahuluan

Pengembangan pertanian di lahan pasang surut merupakan alternatif strategis untuk mengimbangi penciptaan lahan produktif yang telah beralih fungsi menjadi lahan non pertanian, terutama untuk meningkatkan produksi dan melestarikan swasembada pangan. Teknologi pengelolaan lahan untuk produksi tanaman pangan telah berhasil dikembangkan, namun pemanfaatan lahan rawa sampai saat ini belum meluas.

Hal ini terjadi sebagai akibat terbatasnya infrastruktur dan pola tanam yang dapat dikembangkan hanya dapat dilakukan pertanaman 1 musim tahun⁻¹ pada saat musim hujan. Yanter *et al.* (2007) menyatakan bahwa di Prov. Sumatera Selatan 63,3% petani padi yang berada di wilayah lahan rawa pasang surut miskin, dengan 86,82% pendapatan berasal dari kegiatan usahatani. Hasil pengkajian yang dilakukan BPTP Sumsel juga didapatkan bahwa nilai B:C rasio kegiatan usahatani padi di lahan rawa pasang surut dengan penilaian kuantitas produksi semata hanya sebesar 0,97-1,11 (Subowo 2007).

* Corresponding author : Subowo, email : sub_gito@yahoo.com

Selama ini mutu produk pertanian khususnya padi dihargai semata-mata untuk cita-rasa, konversi kandungan energi, dan penampilan. Sedangkan mutu produk pertanian yang berorientasi pada kandungan mineral yang bermanfaat bagi kesehatan manusia belum banyak diperhitungkan. Akibatnya produk beras di daerah rawa pasang surut dengan biaya produksi yang tinggi dan fasilitas pasca panen terbatas tidak memiliki daya saing yang kuat. Widmeen dalam Rahmat dan Herliwati (2004) menyatakan bahwa manusia membutuhkan besi (Fe) dalam tubuhnya sebanyak 12-300 mg yang terkandung dalam makanan/minuman yang dikonsumsi per hari. Suryana (1999) mengemukakan bahwa dengan meningkatnya kualitas produk pertanian dapat meningkatkan nilai ekonomis dan sekaligus memperluas peluang pasarnya dalam arti tidak hanya untuk memasok kebutuhan lokal saja tetapi juga untuk kebutuhan global. Untuk meningkatkan kualitas beras pasang surut salah satunya adalah dengan memperkenalkan pangan fungsional yang kaya mineral.

Pangan fungsional adalah bahan pangan yang memiliki kandungan bahan aktif tertentu yang memiliki fungsi untuk kesehatan. Selama ini, kebutuhan tubuh akan bahan mineral cukup tinggi, sementara suplai dari makanan belum mencukupi sehingga diperlukan usaha untuk memperkaya produk pertanian melalui peningkatan pangan fungsional yang kaya mineral. Dari hasil penelitian Ratmini *et al.* (2005) diketahui bahwa kandungan unsur mikro seperti besi (Fe), mangan (Mn), dan seng (Zn) di wilayah pasang surut Sumatera Selatan tergolong sangat tinggi. Subowo *et al.* (2006) mendapatkan bahwa tanaman padi lokal lahan rawa var. Ketan Abang mampu mengakumulasi mineral antioksidan Fe dalam beras cukup tinggi. Pada kondisi reduksi Fe berada dalam bentuk fero (Fe^{2+}) yang dalam jumlah terbatas dan pada waktu yang singkat dapat terserap dan digunakan tanaman yang berada pada tanah basa (Bohn *et al.* 1979). Ponnampurna (1978) menyatakan bahwa konsentrasi fero (Fe^{2+}) dalam tanah dapat meningkat sampai 600 ppm setelah digenangi 3-4 minggu berturut-turut. Pada saat kelarutan fero tinggi, kandungan Fe^{2+} pada padi dapat mencapai 300 ppm yang merupakan batas kritis keracunan Fe untuk tanaman padi (Yusuf *et al.* 1990).

Kandungan Fe pada daun padi sawah di tanah Oxisols Sitiung setelah penggenangan 60 hari dapat mencapai lebih dari 2.500 ppm (Jugsujinda and Patrick, 1993 dalam Hartatik *et al.* 2010). Bahkan kandungan besi pada jaringan tanaman padi yang di tanam pada lahan bekas tambang timah di Babel masing-masing adalah 26.471,67 ppm Fe pada akar, 2.784,67 ppm Fe pada batang dan daun,

dan 232,33 ppm Fe pada beras (Meekert 1994 dalam Sitorus *et al.* 2008). Selanjutnya dikatakan bahwa sistem drainase lebih dominant untuk menurunkan konsentrasi besi dalam tanah, kemudian dapat diikuti dengan penambahan bahan organik dan kapur (Hartatik *et al.* 2010). Untuk itu penanaman padi sawah di tanah lahan rawa pasang surut yang kaya Fe diharapkan dapat dihasilkan beras kaya Fe (*iron rice*) bermineral tinggi dan nilai jual yang lebih baik.

Pemanenan mineral Fe melalui pengkayaan produk pangan fungsional akan mampu meningkatkan kualitas produk pertanian lahan rawa pasang surut, sehingga memperoleh kompensasi harga lebih baik dan meningkatkan pendapatan dan kesejahteraan petani.

Bahan dan Metode

Penelitian dilaksanakan pada bulan September sampai Desember tahun 2007 pada tanah sulfat masam potensial, di Desa Telang Karya (P8-12S), Muara Telang, Jalur 8, Jembatan 6, Banyuasin, Sumatera Selatan. Varietas padi yang digunakan padi Punggur dengan jarak tanam 25 x 25 cm². Penelitian menggunakan rancangan Petak Terpisah 2 x 4 dengan tiga ulangan. Ulangan dilakukan untuk setiap petani dengan ukuran petak masing-masing seluas 625 m².

Petak Utama merupakan faktor pengelolaan air, yaitu :

- I. Tata Air Mikro (TAM) (penggelontoran air genangan dilakukan saat tersedia air segar masuk di petakan).
- II. Penggenangan secara terus-menerus (tinggi genangan permanen \pm 5 cm).

Anak Petak merupakan perlakuan ameliorasi tanah, yaitu:

1. Kontrol
2. Pemberian jerami dengan dosis 10 t ha⁻¹.
3. Pemberian pupuk kandang sapi 10 t ha⁻¹.
4. Pemberian Kapur pertanian (Kaptan) 2 t ha⁻¹.

Teknologi anjuran berupa pemberian pupuk urea 200 kg ha⁻¹, SP-36 100 kg ha⁻¹, KCl 100 kg ha⁻¹, dan pengendalian hama-penyakit terpadu (PHT) diperlakukan sebagai perlakuan dasar. Selama penelitian dilakukan penggelontoran air segar pada perlakuan TAM sebanyak 21 kali (interval waktu \pm 5-7 hari sekali). Data yang dikumpulkan dalam kegiatan ini meliputi: produksi gabah kering panen (GKP) dan kandungan besi (Fe) beras (ekstraksi Perklorat-nitrat) dengan penyosohan 1 kali (*one pass*).

Hasil dan Pembahasan

Kondisi tanah menunjukkan bahwa lokasi kegiatan di lahan sawah rawa pasang surut ini memiliki tingkat kesuburan tanah tinggi (Tabel 1). Lokasi kegiatan merupakan lahan sawah intensif yang selama ini ditanami padi dua kali per tahun, bahkan ada yang tiga kali per tahun. Setiap musim tanam dilakukan pengolahan tanah dan penambahan pupuk Urea, SP-36, dan KCl. Demikian juga sumber air di hulu lahan rawa pasang surut Sumatera Selatan berasal dari daerah vulkan dengan Gunung Dempo yang merupakan gunung api aktif, sehingga kaya akan mineral hara yang terangkut bersama air sungai yang masuk ke lahan. Sehubungan pengolahan tanah sempurna dan berada di kawasan dengan kelembaban tinggi, maka bahan organik pada lapisan olah cepat melapuk dan melepaskan hara yang dikandung di dalamnya.

Tabel 1. Karakteristik kimia tanah lapisan olah (0-20 cm) lahan pasang surut di Desa Telang Karya Kecamatan Muara Telang, Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan

Table 1. Chemical characteristics of the soil topsoil (0-20 cm) tidal swamp land in the Muara Karya Village, Muara Telang Sub District, Banyuasin Regency, South Sumatra

| Jenis analisis | Nilai | Kriteria ^{*)} |
|-------------------------------------------------------|-------|------------------------|
| pH : H ₂ O | 4,6 | Masam |
| KCl | 3,9 | - |
| Nitrogen total (%) | 0,50 | Sedang |
| C-organik (%) | 1,69 | Rendah |
| P potensial (mg 100g ⁻¹) | 79 | Sangat tinggi |
| K potensial (mg100g ⁻¹) | 171 | Sangat tinggi |
| P tersedia (ppm) | 37,87 | Sangat tinggi |
| Kapasitas tukar kation (cmol kg ⁻¹) | 25,82 | Tinggi |
| Ca (cmol kg ⁻¹) | 0,09 | Sangat rendah |
| Mg (cmol kg ⁻¹) | 0,69 | Rendah |
| Na (cmol kg ⁻¹) | 1,24 | Sangat tinggi |
| K (cmol kg ⁻¹) | 0,40 | Sedang |
| Mineral antioksidan (<i>eks. perklorat-nitrat</i>): | | |
| Fe (ppm) | 8.692 | Sangat tinggi |
| Mn (ppm) | 32 | Sangat tinggi |
| Cu (ppm) | 5,2 | Sangat tinggi |
| Zn (ppm) | 17 | Sangat tinggi |
| Se (ppm) | 12,4 | Sangat tinggi |

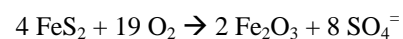
*) Keterangan: berdasarkan kriteria Balai Penelitian Tanah (2009)

Kandungan bahan organik tanah rendah dan kesuburan kimia tanah cukup tinggi. Sedangkan pemupukan menyebabkan pengkayaan kandungan unsur makro, seperti nitrogen, fosfor dan kalium, karena lahan rawa pasang surut datar dan tidak terjadi pencucian yang intensif seperti halnya di wilayah lain yang berlereng. Akan tetapi karena

lahan tersebut tidak diberikan kapur dan di daerah bukan berlahan induk kapur, maka kandungan kalsium dan magnesium tanah rendah. Kadar total unsur besi (Fe) pada taraf tinggi. Hal ini sejalan dengan hasil survei oleh Ratmini *et al.* (2005), yang menyatakan bahwa lahan sawah pasang surut di Kecamatan Muara Telang memiliki kadar Fe paling tinggi dibandingkan wilayah lainnya di Kabupaten Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan.

Produksi gabah kering panen (GKP)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengelolaan dengan tata air mikro (TAM) memberikan hasil produksi gabah kering panen padi varietas Punggur lebih rendah dibanding dengan perlakuan penggenangan terus-menerus (Tabel 2). Masalah yang banyak dialami untuk produksi padi di lahan rawa pasang surut adalah adanya oksidasi pirit (FeS₂) yang selanjutnya dapat menurunkan pH tanah akibat dihasilkannya asam sulfat. Tanah akan menjadi masam dan dapat merusak struktur liat dan melepaskan Al, selanjutnya mengganggu sistem pertukaran ion ha-Ira bagi akar tanaman dan tanaman tumbuh merana/mati. Perlakuan penggenangan terus-menerus akan mencegah terjadinya oksidasi pirit dan menyangga pH tanah mendekati netral, sehingga ketersediaan hara fosfat menjadi lebih tersedia. Selain itu adanya penggelontoran air pada perlakuan TAM sebanyak 21 kali dengan interval 5-7 hari mengakibatkan pencucian hara tanah utamanya N dan K, terjadinya peningkatan aerasi tanah dan meningkatnya potensial redoks (Eh), pirit teroksidasi, pH tanah menurun dan produksi gabah lebih rendah dibanding pada perlakuan penggenangan permanen.



Tabel 2. Produksi gabah kering panen (GKP) padi varietas Punggur di lahan pasang surut Sumatera Selatan

Table 2. Production of dry grain field (GKP) of rice var. Punggur in tidal swamp land South Sumatra

| Anak petak | Petak utama | | Rata-rata |
|-------------------------------------|----------------------|-----------------------|--------------------|
| | Tata air mikro (TAM) | Penggenangan permanen | |
| | | | t ha ⁻¹ |
| 1. Kontrol | 6,70 a | 7,87 ab | 7,28 ab |
| 2. Jerami 10 t ha ⁻¹ | 6,93 ab | 7,61 a | 6,77 a |
| 3. Pukan sapi 10 t ha ⁻¹ | 7,57 b | 8,93 b | 8,25 b |
| 4. Kaptan 2 t ha ⁻¹ | 6,72 ab | 7,88 ab | 7,30 ab |
| <i>Rata-rata</i> | 6,98 A | 8,07 B | 7,40 |

Keterangan:

Angka diikuti dengan huruf kecil yang sama dan dalam kolom yang sama menunjukkan tidak adanya beda nyata sampai taraf nyata 5% DMRT.

Angka diikuti dengan huruf besar yang sama dalam baris yang sama menunjukkan tidak adanya beda nyata sampai taraf nyata 5% DMRT.

Di antara perlakuan ameliorasi yang dicobakan terlihat bahwa ameliorasi dengan jerami maupun kaptan tidak terdapat beda nyata dengan perlakuan kontrol, baik pada TAM maupun pada penggenangan. Hal ini terjadi karena pada kondisi disawahkan/pelumpuran nilai fungsi amelioran bahan organik dari jerami yang lebih menonjol hanya pada fungsi kimia dengan kandungan hara yang terkandung di dalamnya. Sementara tanah percobaan pada prinsipnya sudah memiliki kesuburan kimia cukup tinggi (Tabel 1). Akibatnya fungsi pengkayaan hara hasil dekomposisi bahan organik dari jerami yang miskin hara tidak memiliki pengaruh nyata terhadap pertumbuhan tanaman padi. Demikian juga pada kondisi disawahkan/tergenang laju dekomposisi bahan organik untuk melepaskan hara yang terkandung didalamnya berlangsung lambat. Bahkan untuk bahan organik dari jerami pada proses dekomposisi awal juga diperlukan hara untuk aktivitas organisme dekomposer, sehingga justru terjadi persaingan hara dengan tanaman padi sendiri. Pemberian jerami tidak memiliki pengaruh nyata terhadap pertumbuhan tanaman untuk musim tanam pertama. Hesse (1984) menyatakan bahwa fungsi bahan organik terhadap sifat fisik tanah lebih menonjol untuk budidaya padi gogo, sedang untuk padi sawah hanya berfungsi sebagai fungsi kimia (penyediaan hara). Akibatnya pengaruh amelioran pupuk kandang sapi yang memiliki kandungan hara lebih lengkap dan tinggi memberikan pengaruh peningkatan produksi lebih baik dibanding jerami maupun kapur pertanian yang hanya memiliki fungsi sebagai bahan amelioran.

Sesuai dengan nilai fungsi jerami padi sawah lebih berorientasi pada nilai perbaikan fisik tanah, maka pada perlakuan TAM yang sering dilakukan pengeringan akan terjadi proses dekomposisi lebih cepat. Bahan organik menjadi lebih cepat lapuk dan juga dapat dilepaskan sebagian hara yang dikandungnya, sehingga memberikan pengaruh lebih baik dibanding kontrol. Sebaliknya pada penggenangan terus-menerus memiliki pengaruh lebih buruk dibanding kontrol. Keberadaan fisik jerami yang tidak mengalami pelapukan justru mengganggu ruang kontak antara akar tanaman dengan hara dalam tanah. Kemampuan serapan hara bagi akar tanaman padi mengalami gangguan/menurun. Perlakuan amelioran dengan kapur pertanian (kaptan) dengan target perbaikan pH tanah dan peningkatan ketersediaan Ca memberikan pengaruh lebih baik dibanding kontrol.

Kandungan Fe pada beras sosoh satu kali (one pass)

Kandungan Fe dalam beras penyosohan satu kali (one pass) didapatkan bahwa perlakuan TAM relatif lebih tinggi dibanding dengan penggenangan terus-menerus

(Tabel 3). Adanya penyanggaan pH tanah mendekati pH netral pada tanah tergenang, maka tanah percobaan yang ber pH masam (Tabel 1) akan mengalami peningkatan pH. Meningkatnya pH tanah yang tergenang ini akan mengendapkan Fe, sehingga menjadi tidak tersedia bagi tanaman. Pada tanah dengan pH tinggi akan terjadi pengikatan Fe oleh ion hidroksi (OH⁻) (Brady, 1980; Salisbury, 1992). Hesse (1984) juga menyatakan bahwa meskipun lambat dekomposisi bahan organik pada kondisi disawahkan (tergenang) tetap terjadi pelepasan CO₂ yang selanjutnya dapat membentuk ikatan kompleks dengan Fe dan Mn. Pada perlakuan penggenangan permanen terjadi suasana reduktif secara terus-menerus, sehingga peluang terjadinya serapan Fe hanya terjadi sekali pada tahap awal penggenangan dan selanjutnya tanaman mengalami kemunduran pertumbuhan. Sebaliknya pada perlakuan TAM intensitas suasana perubahan reduktif ke oksidatif atau sebaliknya sering terjadi, sehingga peluang perbaikan pertumbuhan ataupun tekanan pertumbuhan tanaman selalu bergantian. Akibatnya akumulasi serapan Fe menjadi lebih besar pada perlakuan TAM. Kandungan Fe dalam beras sosoh satu kali pada perlakuan TAM lebih tinggi dibanding pada perlakuan penggenangan terus-menerus. Demikian pula pada perlakuan amelioran pukan sapi yang lebih potensial menurunkan nilai potensial redoks (Eh), sehingga ketersediaan Fe²⁺ tinggi dan peluang terjadinya serapan Fe tanaman lebih tinggi, baik pada perlakuan TAM maupun perlakuan tergenang. Hanum (2004) mendapatkan bahwa pemberian pupuk kandang akan mempercepat penurunan kondisi redoks tanah dan meningkatkan kelarutan besi dan kadar P tanah.

Tabel 3. Hasil analisis kandungan Fe (eks. Perklorat-nitrat) dalam beras penyosohan satu kali

Table 3. The analysis results of the Fe (ex. Perchlorate-nitrate) rice contents in one pass

| Petak utama | Perlakuan | | Kandungan Fe beras ppm |
|-------------------------|-------------------------------------|--|------------------------|
| | Anak petak | | |
| A. Tata air mikro (TAM) | 1. Kontrol | | 3,28 a |
| | 2. Jerami 10 t ha ⁻¹ | | 3,92 a |
| | 3. Pukan sapi 10 t ha ⁻¹ | | 5,24 b |
| | 4. Kaptan 2 t ha ⁻¹ | | 5,91 b |
| | Rata-rata | | 4,59 B |
| B. Penggenangan | 1. Kontrol | | 3,27 ab |
| | 2. Jerami 10 t ha ⁻¹ | | 3,27 ab |
| | 3. Pukan sapi 10 t ha ⁻¹ | | 5,24 b |
| | 4. Kaptan 2 t ha ⁻¹ | | 2,62 a |
| | Rata-rata | | 3,60 A |

Keterangan:

Angka diikuti dengan huruf kecil dan huruf besar yang sama dan dalam kolom yang sama menunjukkan tidak adanya beda nyata sampai taraf nyata 5% DMRT.

Dari gambaran di atas menunjukkan bahwa serapan Fe dalam beras tidak dipengaruhi oleh kemampuan produksi tanaman, namun lebih dipengaruhi oleh kondisi tanah tempat tumbuh tanaman. Pada kondisi tergenang terus-menerus serapan Fe rendah, sebaliknya pada kondisi penggenangan terputus (TAM) serapan Fe lebih tinggi. Namun Fe merupakan unsur hara mikro esensial yang diperlukan dalam jumlah sedikit, sehingga ketersediaannya juga diperlukan tanaman. Peran unsur Fe antara lain dalam pembentukan ultrastruktur khloroplas (Romheld and Nicolich, 2007). Terry dan Abadia (1986) mengemukakan, sekitar 80% Fe dalam daun terdapat dalam khloroplas dan berperan dalam proses fotosintesis. Pada tanaman, Fe berfungsi sebagai transport elektron, merupakan komponen protein feredoksin, terlibat dalam sintesa protein dan perkembangan meristematik ujung akar. Jika kekurangan Fe tanaman akan mengalami klorosis pada tulang daun muda dan pada kahat berat klorosis akan menyebar pada daun tua. Sedangkan keracunan Fe akan menyebabkan daun kecoklatan dengan titik-titik coklat pada daun. Sehubungan kandungan Fe pada lokasi percobaan relatif tinggi, maka serapan Fe tanaman tidak berkorelasi dengan produksi, bahkan cenderung berkorelasi negatif. Untuk meningkatkan serapan Fe pada beras pada tanah rawa pasang surut yang kaya Fe (Tabel 1) dapat dilakukan dengan mengupayakan budidaya padi dengan TAM dan pemberian amelioran pupuk kandang sapi.

Kesimpulan

Untuk meningkatkan produktivitas padi *var.* Punggur di lahan rawa pasang surut dapat dilakukan dengan sistem budidaya penggenangan terus-menerus. Sedang untuk meningkatkan kandungan besi (Fe) dalam beras dapat dilakukan dengan membatasi lama genangan dengan pengelolaan sistem Tata Air Mikro (TAM). Pemberian amelioran pupuk kandang sapi 10 t ha⁻¹ dapat meningkatkan produksi maupun kandungan besi pada beras sosok 1 kali (*one pass*), baik pada pengelolaan tergenang terus-menerus maupun TAM.

Daftar Pustaka

- Bohn, H.L., B.L. McNeil, and G.A. O'Connor. 1979. Soil Chemistry. A Wiley Interscience Publication. John Wiley & Sons. New York, Chichester, Brisbane, Toronto. 327 p.
- Brady, N.C. 1990. The Nature and Properties of Soils. The Mac Millan Publishing Company, New York.

- Hanum, H. 2004. Peningkatan Produktivitas Tanah Mineral Masam yang Baru Disawahkan Berkaitan dengan P Tersedia Melalui Pemberian Bahan Organik, Fosfat Alam dan Pencucian Besi. Tesis Program Pasca Sarjana, IPB, Bogor.
- Hartatik, W., Sulaeman, dan A. Kasno. 2010. Perubahan sifat kimia tanah dan ameliorasi sawah bukaan baru, *Dalam Tanah Sawah Bukaan Baru*, edisi ke-2. Agus, F., Wahyunto, dan D. Santoso (Eds.). Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Hlm 53-76.
- Hesse, P.R. 1984. Potential of organic materials for soil improvement. *In Organic Matter and Rice* (IRRI, ed.), IRRI Los Banos, Laguna, Philippines, Pp 35-43
- Ponnamperuma, F.N. 1978. Electrochemical Changes in Submerged Soil and the Growth of Rice. IRRI, Los Banos, Philippines.
- Rahmat, M. dan Herliwati. 2004. Kandungan Logam Besi (Fe) dalam Tubuh Ikan yang Ditangkap di Perairan Sungai Kapuas Murung Pasca Pembukaan Lahan Gambut Sejuta Hektar. Laporan Penelitian. Fakultas Perikanan Universitas Lambung Mangkurat.
- Ratmini, N.P., Subowo, K. Nugroho, Subardja, T. Arief, Waluyo, R. Purnamayani, I.S. Marpaung, dan Yenni. 2005. Studi Pemanfaatan Sumber Daya Mineral Rawa Pasang Surut untuk Meningkatkan Nilai Tambah Produk Pertanian di Sumatera Selatan. Laporan Proyek, Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sumatera Selatan.
- Romheld, V. and M. Nicolich. 2007. Iron. Pp. 329-350. In A.V. Barker and D.J. Pilbeam (Eds.) Handbook of Plant Nutrition. CRC Press. Boca Raton.
- Salisbury, F.B. 1992. Plant Physiology. Walworth Publishing Company, Belmont, California.
- Sitorus, S.R.P., E. Kusumastuti, dan L. Nurbaeti Badri. 2008. Karakteristik dan teknik rehabilitasi lahan pasca penambangan timah. *Jurnal Tanah dan Iklim* (27): 57-74.
- Subowo, N.P. Sri Ratmini, Waluyo, dan R. Purnamayani. 2006. Potensi Daya Saing dan Prospek Pengembangan Beras Fungsional Lahan Rawa Lebak Sumatera Selatan. Hlm 144-152. *Dalam Prosiding Semnas Pemberdayaan Masyarakat Melalui Inovasi Teknologi Pertanian Mendukung Lumbung Pangan Nasional*.
- Subowo. 2007. Inovasi teknologi pertanian mendukung Sumatera Selatan lumbung pangan dan energi untuk pengentasan kemiskinan. Paper disampaikan dalam Seminar Nasional Hari Kebangkitan Teknologi, Balitbangda Sumsel, Palembang, 27 Agustus 2007.
- Suryana, A. 1999. Memposisikan pembangunan pertanian sebagai poros penggerak pembangunan nasional. Hlm 35-54. *Dalam Prosiding Seminar Nasional Sumber Daya Tanah, Iklim dan Pupuk*. Buku I.

- Terry, N. and J. Abadia. 1986. Function of iron in chloroplasts. *J. Plant Nutr.* (9):609-646.
- Yanter, H., Budi Rahardjo, dan Suparwoto. 2007. Analisis perbandingan kemiskinan petani di agroekosistem pasang surut dan rawa lebak Sumatera Selatan. Hlm 333-342. *Dalam* Prosiding Semnas Dukungan Teknologi Pertanian dalam Upaya Peningkatan Produktivitas dan Pendapatan Usahatani. BPTP Kepulauan Bangka Belitung,
- Yusuf, A. 1992. Pengaruh Redoks Potensial dan pH terhadap Ketersediaan Fe, Al, dan Mn pada Tanah Sawah Bukaan Baru Jenis Oxisols di Daerah Transmigrasi Sitiung, Sumatera Barat. Disertasi Universitas Padjadjaran Bandung. Hlm 223.