

Perbaikan Kualitas Lahan pada Berbagai Kelas Hidrotopografi di Lahan Rawa Pasang Surut Delta Salek Banyuasin, Sumatera Selatan

Momon Sodik Imanudin*, Bakri, Abdul Madjid, Warsito, Mawardi Abi Sahil, dan Agus Hermawan

Jurusan Tanah, Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya
Jl. Palembang-Prabumulih Km 32 Kampus Unsri Indralaya

*Alamat korespondensi: momonsodikimanudin@fp.unsri.ac.id

INFO ARTIKEL

Diterima: 24-05-2023

Direvisi: 02-12-2023

Dipublikasi: 31-12-2023

ABSTRACT/ABSTRAK

Improvement of land quality in various hydrotopographic classes in the tidal swampland of Salek Banyuasin Delta, South Sumatera

Keywords:

Fertility status, Pyrite layer, Rainfed system, Soil quality, Tidal irrigation

Agricultural productivity in tidal areas is still low mostly caused by soil fertility and water adequacy status. This research aimed to assess the status of soil fertility and develop recommendations for improving land quality in various hydrotopographic classes of tidal swampland. The research was carried out from August to October 2022 in rice plantations of tidal swamp reclamation areas of Sri Mulyo, Sri Katon and Sido Harjo Villages, Air Salek District, Banyuasin Regency, South Sumatera. The method used was a semi-detailed survey while the sampling areas were swampland of hydrotopographic class A (wet, potential for tidal irrigation in the rainy season and dry season), class B (tidal irrigation only for the rainy season), and class C (dry, rainfed system). Field data included soil physical characteristics, groundwater depth and pyrite layers. Soil analysis was carried out at the Laboratory of Chemistry, Biology and Soil Fertility as well as the Laboratory of Physics and Soil Conservation, Faculty of Agriculture, Universitas Sriwijaya to analyse the texture, bulk density, pH, C-organic, N-total, P-available and K-dd. The results showed that the soil fertility status was classified as moderate and there was no significant effect between hydrotopographic classes and soil fertility status. However, the depth of pyrite in type C land was lower than in types A and B. This condition requires more careful land management in type C to maintain the depth of groundwater in the root zone and above the pyrite layer to avoid pyrite oxidation as well as to increase rainwater retention. In addition, it is recommended that the operation of the tertiary gate in the tertiary channels be closed more frequently so that the water in the channels does not drained during rice cultivation. Providing ameliorant materials such as rice husks is also highly recommended to improve the quality of the soil at that location.

Kata Kunci:

Irigasi pasang surut, Kualitas tanah, Lapisan pirit, Status kesuburan, Tadah hujan

Sebagian besar produktivitas pertanian di lahan pasang surut masih rendah. Hal ini disebabkan oleh permasalahan utama pada tingkat kesuburan dan kecukupan airnya. Penelitian ini bertujuan untuk menilai status kesuburan tanah dan menyusun rekomendasi perbaikan kualitas lahan pada berbagai kelas hidrotopografi di lahan rawa pasang surut. Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus-Oktober 2022 pada pertanaman padi di areal lahan reklamasi rawa pasang surut desa Sri Mulyo, Sri Katon dan Sido Harjo Kecamatan Air Salek, Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan. Metode yang digunakan adalah survei dengan tingkat semi detail, area pengambilan sampel meliputi lahan kelas hidrotopografi A (basah, potensi irigasi pasang surut pada musim hujan dan

musim kemarau), B (irigasi pasang surut hanya untuk musim hujan), dan C (kering, tadah hujan). Data lapangan meliputi karakteristik sifat fisik tanah, kedalaman air tanah dan lapisan pirit. Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Kimia, Biologi dan Kesuburan Tanah serta Laboratorium Fisika dan Konservasi Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya meliputi analisis tekstur, bobot isi tanah, pH, C-organik, N-total, P-tersedia dan K-dd. Hasil penelitian menunjukkan bahwa status kesuburan tanah tergolong sedang dan tidak terdapat pengaruh yang nyata antara kelas hidrotopografi dengan status kesuburan tanah. Namun, kedalaman pirit di lahan tipe C lebih rendah daripada di tipe A dan B. Kondisi ini mengharuskan pengelolaan lahan yang lebih hati-hati di tipe C untuk tetap menjaga kedalaman air tanah berada di zona akar agar terhindar dari oksidasi pirit serta pengelolaan air untuk meningkatkan retensi air hujan dan menjaga kedalaman air tanah tetap berada di atas lapisan pirit. Selain itu, operasi pintu di saluran tersier disarankan untuk lebih banyak ditutup sehingga air di saluran tidak hilang selama budidaya tanaman padi dilakukan. Pemberian bahan amelioran seperti sekam padi juga sangat dianjurkan untuk memperbaiki kualitas tanah pada lokasi tersebut.

PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah penduduk yang semakin tinggi di Indonesia harus diikuti dengan ketersediaan pangan yang cukup. Hal ini membuat pemerintah mencari cara bagaimana dapat memenuhi kebutuhan pangan di Indonesia salah satunya adalah melalui perluasan lahan pertanian. Di sisi lain, tantangan terberat pemerintah adalah alih fungsi lahan sawah produktif di beberapa tempat di Indonesia yang semakin meningkat, salah satunya di Pulau Jawa. Diperkirakan seluas 40.000 ha/tahun terjadi alih fungsi ke non pertanian (Ashari, 2003). Program pemerintah melalui ekstensifikasi ke daerah-daerah tertentu menjadi salah satu solusi yang sedang digalakan secara intensif sekarang ini. Perluasan areal sejauh ini dilakukan di lahan basah rawa pasang surut melalui program transmigrasi sejak tahun 1960 di Sumatera Selatan. Pembukaan lahan basah pasang surut dilakukan karena lahan kering untuk pertanian sudah sangat terbatas. Di sisi lain, potensi lahan rawa pasang surut sangat luas, diperkirakan seluas 20,13 juta ha, tersebar di Sumatera, Kalimantan, Papua, dan Sulawesi, di antaranya 9,53 juta ha sesuai untuk pertanian (Suwanda & Noor, 2014). Akan tetapi, sebagian besar produktivitas lahan masih rendah karena tingkat keragaman sifat fisik dan status kesuburan tanah yang sangat tinggi (Arsyad dkk., 2014; Imanudin *et al.*, 2017). Untuk itu, upaya penilaian status kualitas lahan diperlukan dengan melakukan evaluasi status hara dan tingkat keragaman biofisik lahan sebagai landasan dalam menyusun input teknologi pengelolaan lahan dan air

yang tepat sehingga produktivitas lahan dapat meningkat (Bakri *et al.*, 2020; Vanzomeran *et al.*, 2020).

Usaha pertanian di lahan pasang surut tergantung pada upaya pemenuhan kecukupan air untuk tanaman dalam jumlah, waktu dan tempat yang tepat (Susanto, 2001; Imanudin dkk., 2020). Lahan pasang surut dengan kelas hidrotopografi air A merupakan lahan dengan tofografi lebih rendah dan dapat menerima air dari saluran pada di musim kemarau dan hujan, sehingga area ini tidak ada masalah dengan ketersediaan airnya. Tipe B termasuk ke dalam lahan pasang surut yang hanya menerima air pada saat pasang besar sedangkan pada musim kemarau sama sekali tidak menerima air pasang, sehingga perlu tambahan ketersediaan airnya. Tipe C termasuk ke dalam lahan pasang surut yang tidak menerima air pada saat pasang besar maupun kecil, air pasang ini hanya masuk ke saluran tersier. Tinggi muka air tanah pada tipe ini yaitu kurang dari 50 cm. Untuk Tipe D merupakan wilayah yang tinggi dan tidak dipengaruhi oleh air pasang dengan tinggi muka air lebih dari 50 cm (Masulili, 2015; Imanudin *et al.*, 2019).

Selain itu, terdapat beberapa masalah untuk budidaya pertanian di daerah rawa pasang surut, di antaranya adalah produktivitas lahan di daerah rawa pasang surut ini sangat dipengaruhi oleh masalah kesuburan tanahnya. Hal ini terjadi karena seringkali tipe lahan yang sama ternyata memiliki status kesuburan tanah berbeda (Imanudin *et al.*, 2017). Kajian Priatmadi dan Haris (2009) menunjukkan bahwa kesulitan terjadi bila daerah ini memiliki

lapisan sulfat masam yang dangkal dan sudah mengalami oksidasi pirit, akibat dari proses drainase yang berlebihan. Oksidasi ini dapat menyebabkan tanah menjadi masam dan tanaman sering mengalami keracunan besi (Fanning *et al.*, 2017). Oleh karena itu, kedalaman pirit harus menjadi indikator penilaian kesehatan tanah di rawa pasang surut. Variasi kedalaman pirit menyebabkan kondisi pertumbuhan dan produktivitas lahan beragam (Kim *et al.*, 2021; Primayuda dkk., 2022). Dampak oksidasi juga meningkatkan kandungan aluminium yang bersifat racun bagi tanaman dan mengikat unsur hara P sehingga tanaman kekurangan hara (Ebimol *et al.*, 2017; Parra-Almuna *et al.*, 2018). Dengan demikian, identifikasi kedalaman pirit merupakan langkah awal yang penting dalam upaya pengembangan pertanian di daerah rawa pasang surut sulfat masam (Subiksa & Sukristyonubowo, 2021; Sarangi *et al.*, 2022). Konservasi kedalaman pirit melalui pengaturan muka air mutlak diperlukan dan dapat diusahakan melalui pemberian bahan amelioran (Pupathy *et al.*, 2020; Imanudin *et al.*, 2021).

Beberapa masalah juga timbul akibat drainase buruk yaitu tergenangnya air pada tanah sawah dapat menyebabkan terjadinya eluviasi hara Fe dan Mn pada lapisan bawah tanah sawah. Hal ini dapat menyebabkan terbentuknya profil tanah baru yang akan berbeda dengan profil tanah sawah sebelumnya. Selain itu penguapan air pada tanah sawah juga dapat memperlambat proses penguraian bahan organik karena terbatasnya jumlah bakteri anaerob yang hidup pada tanah sawah (Azmi dkk., 2022). Kondisi ini juga terjadi pada beberapa area lahan pasang surut di Sumatera Selatan. Sebagai contoh kasus delta Telang Primer 8 dengan area lahan dominasi Tipe A (Basah) seringkali lahan mengalami drainase buruk (Bakri *et al.*, 2020). Secara umum, dinamika air dan status kesuburan tanah sangat memengaruhi tingkat produktivitas lahan di rawa pasang surut. Informasi terkait status kesuburan tanah dan status air sangat terbatas, oleh karena itu diperlukan penelitian penilaian status kesuburan tanah dan potensi status air di rawa pasang surut. Data ini diharapkan bisa disusun rekomendasi perbaikan usaha tani, agar tercipta hasil yang optimal. Oleh karena itu pengelolaan air yang tepat sangat penting untuk kesehatan lingkungan di daerah rawa.

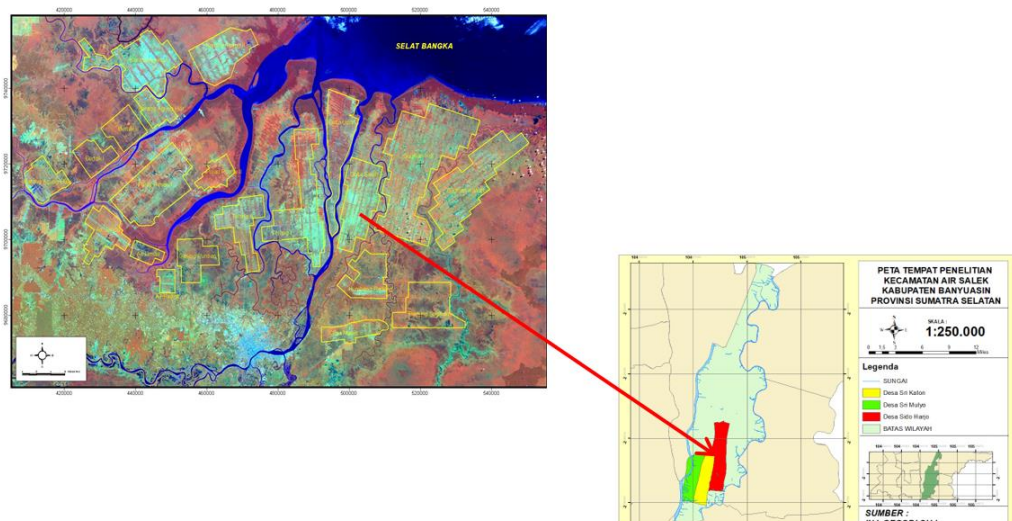
BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus-Oktober 2022 di areal lahan reklamasi rawa pasang

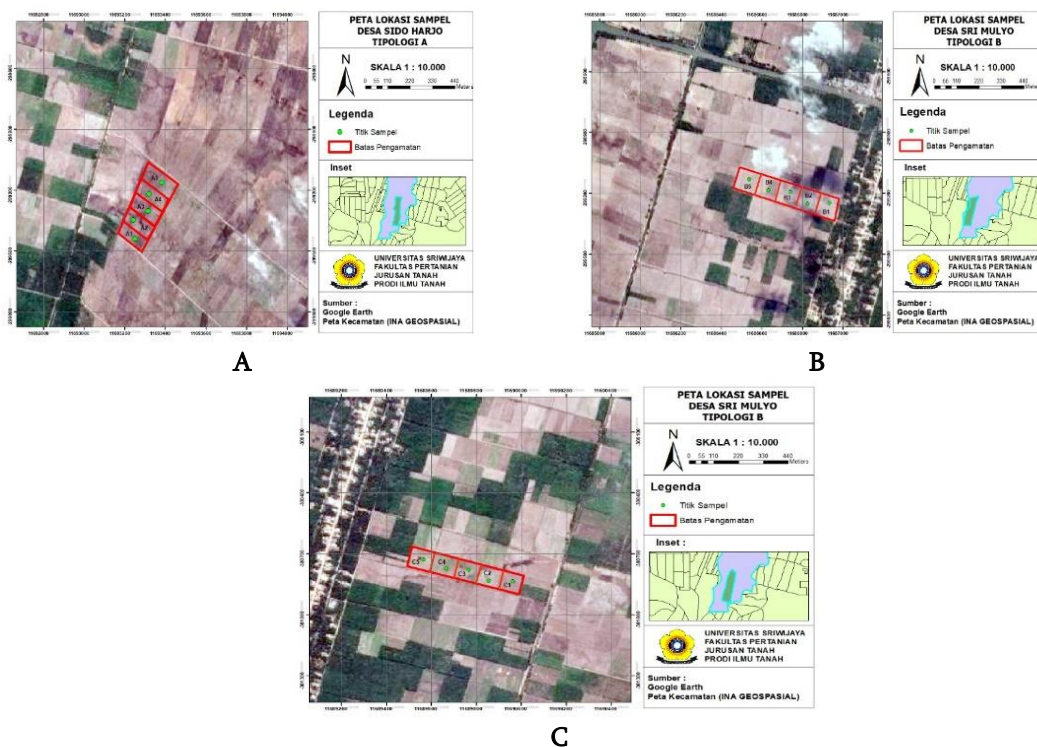
surut desa Sri Mulyo, Sri Katon dan Sido Harjo, Kecamatan Air Salek, Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan (Gambar 1). Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Kimia, Biologi dan Kesuburan Tanah untuk analisis nitrogen, fosfor, kalium, C-organik, dan pH sedangkan analisis tekstur, bobot isi tanah dan permeabilitas tanah dilakukan di Laboratorium Fisika dan Konservasi Tanah, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya.

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode survey lapangan dengan menggunakan peta 1 : 10.000 pada 3 titik lokasi sampel yang berbeda kelas hidrotografi lahan yaitu tipe A, B dan C. Lahan kategori A adalah lahan memiliki elevasi paling rendah relatif terhadap rata-rata ketinggian muka air laut, lahan ini menerima luapan air pasang baik dalam kondisi musim hujan dan kemarau sehingga lahan ini sering kelebihan air; bila tanpa pengendalian air maka lahan ini akan tergenang sehingga sering mengakibatkan petani menjadi terlambat menanam. Lahan kategori B adalah lahan yang hanya menerima luapan air pasang di musim penghujan saja, sementara kategori C adalah lahan yang tidak menerima luapan air pasang, air pasang hanya memasuki saluran dan air tanah berada pada kedalaman kurang dari atau 50 cm. Berdasarkan pemaparan tersebut, secara umum, kondisi hidrotografi dapat berpengaruh kepada rencana pola tanam dan tingkat pengelolaan air di lapangan (Imanudin *et al.*, 2019; Herawati dkk., 2020).

Petakan lahan tempat pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 2A-C masing-masing untuk kelas hidrotografi lahan tipe A, B dan C. Pengambilan sampel tanah diambil secara acak menggunakan metode pengambilan sampel tanah utuh dan terganggu sebanyak lima contoh tanah. Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu persiapan awal, kegiatan lapangan, analisis di laboratorium dan pengolahan data. Beberapa sifat fisik tanah yang dianalisis yaitu tekstur (metode hidrometer), kadar air (KA), bobot isi (BI), dan ruang pori total (RPT) yang dilakukan dengan metode gravimetrik dan permeabilitas (*constant head permeameter*), serta sifat kimia tanah yang dianalisis di laboratorium seperti pH, C-organik (metode *Walkley and Black*), N-tTotal (metode *Kjeldahl*), P-tersedia (metode P-Bray II) dan K-dd (metode *Flamephotometry*). Terdapat juga analisis yang dilakukan langsung di lapangan yaitu kedalaman muka air tanah, kedalaman pirit, tinggi genangan, dan kedalaman efektif.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian di Delta Salek Banyuwasin.



Gambar 2. Area sampling ketiga kelas hidrotopografi lahan, (A) Tipe luapan air A, (B) Tipe luapan air air B, (C) tipe luapan air C.

Data usahatani di masing-masing kelas hidrotopografi lahan didapat melalui metode wawancara. Metode ini dilakukan terhadap petani di sekitar areal obyek kajian sebanyak 16 responden petani pada luasan 16 ha. Data yang dikumpulkan berupa luas lahan dan penentuan tipe luapan air pada lahan tersebut. Desa Sido Harjo tipologi luapan air A dengan luasan lahan yang diamati 10 ha, Desa Sri Mulyo tipologi luapan air B dengan luasan lahan yang diamati 10 ha, Desa Sri Katon tipologi luapan air C

dengan luasan lahan yang diamati 10 ha, dengan total pengamatan lahan seluas 30 ha.

Ada tiga lokasi pengambilan sampel tanah (tipe A, B dan C). Masing-masing lokasi penelitian diambil 5 sampel tanah yang masing-masing sampel mewakili 2 ha dan pada satu sampel tanah diambil 4 titik tempat pengeboran pengambilan sampel secara komposit (dekat saluran, tengah dan jauh dari saluran), kemudian sampel tanah dianalisis di laboratorium. Sampel tanah yang diambil merupakan

sampel tanah yang berada pada kedalaman solum tanah 0-30 cm. Tabel 1 menunjukkan distribusi lokasi sampel tanah yang diambil pada tiga kelas hidrotopografi lahan. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis sistem *matching*. Analisis ini dilakukan dengan menggunakan kriteria kesuburan tanah (Suhardjo & Soepraptohardjo, 1981; Subardja dkk., 2014) sehingga akan didapatkan status kesuburan dari setiap parameter pendukung yang diamati.

Tabel 1. Titik koordinat pengambilan sampel

Sampel	Koordinat	
	X	y
A1	02° 42' 05.91"	104° 59' 19.94"
A2	02° 42' 21.73"	105° 02' 33.88"
A3	02° 42' 19.86"	105° 02' 36.23"
A4	02° 42' 16.92"	105° 02' 36.60"
A5	02° 42' 15.95"	105° 02' 38.23"
B1	02° 42' 14.97"	104° 59' 09.75"
B2	02° 42' 14.08"	104° 59' 06.69"
B3	02° 42' 14.15"	104° 59' 04.64"
B4	02° 42' 11.68"	104° 58' 59.07"
B5	02° 42' 10.99"	104° 58' 55.77"
C1	02° 43' 05.62"	105° 00' 33.64"
C2	02° 43' 06.46"	105° 00' 36.26"
C3	02° 43' 07.41"	105° 00' 39.80"
C4	02° 43' 07.21"	105° 00' 42.39"
C5	02° 43' 08.98"	105° 00' 45.05"

Keterangan: A1-A5 = 5 titik sampel tipe A, B1-B5 = 5 titik sampel tipe B, C1-C5 = 5 titik sampel tipe C.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter sifat fisik tanah sangat penting untuk mendukung kesuburan tanah. Sifat fisik sangat terkait dengan kemampuan tanah menyediakan air dan serapan hara, juga kemampuan akar melakukan penetrasi. Analisis dilakukan terhadap parameter kelas tekstur, kedalaman pirit, permeabilitas, kedalaman efektif, kadar air, bobot tanah dan ruang pori total. Keragaman sifat fisik tanah pada berbagai tipe luapan air yang diamati dapat dilihat pada Tabel 2. Secara umum sifat fisik tanah pada areal tersebut tidak begitu beragam, dengan pengaruh terbesar terdapat pada kedalaman lapisan pirit. Pada lahan kelas hidrotopografi C menunjukkan lapisan pirit yang lebih dangkal yaitu berada pada kedalaman 90 cm. Artinya, pengelolaan air pada lahan kategori C

harus ditujukan untuk semaksimal mungkin dapat menyimpan air hujan, sehingga muka air tanah terjaga dan oksidasi lapisan pirit bisa dihindari.

Lapisan tanah yang mengandung pirit bila teroksidasi akan menghasilkan bahan belerang seperti jarosit ($KFe^{3+}_3(OH)_6(SO_4)_2$) (Fahmi & Noor, 2022). Proses ini dapat mengubah status tanah sulfat masam dari potensial menjadi actual yang dapat terjadi sesaat setelah reklamasi dilakukan. Kondisi ini akan terus terjadi dalam jangka waktu yang lama jika tidak ada mitigasi lahan. Pada kondisi ini, lahan bisa bersifat racun bagi tumbuh kembang tanaman karena daerah perakaran tanaman memiliki tingkat kemasaman tinggi, peningkatan kelarutan aluminium dan besi (Aksani *et al.*, 2018). Senyawa Pirit menjadi tidak stabil dengan terjadinya proses oksidasi (reaksi dengan O_2), sehingga terjadi perubahan kelarutan Fe^{3+} dan SO_4^{2-} menjadi jarosit atau goethite, dan selanjutnya hasil akhir dari oksidasi pirit ini adalah terbentuknya ion H^+ yang akan menurunkan pH tanah (Breemen & Buurman, 2002). Selain itu, timbulnya retakan (*crack*) dan meningkatnya unsur-unsur toksik seperti Al^{3+} , Fe^{3+} , sulfida, dan asam-asam organik merupakan permasalahan lain yang juga timbul sesudah reklamasi tanah sulfat masam (Noor, 2004; Annisa & Purwanto, 2010).

Tabel 2 menunjukkan bahwa secara umum karakteristik tanah pada berbagai kelas hidrotopografi lahan tidak berbeda terutama pada kategori A dan B. Hal ini mengandung arti bahwa fluktuasi ketinggian muka air tidak begitu berpengaruh terhadap sifat fisik tanah pada kelas hidrotopografi A dan B. Kondisi ini dikarenakan suplai air di kedua lahan cukup dan operasi jaringan sudah cukup baik dimana proses keluar masuk air ke saluran dan lahan sesuai dengan kebutuhan tanaman, sehingga tidak berpengaruh nyata terhadap perubahan sifat fisik tanah. Tekstur tanah digolongkan lempung liat berpasir dengan kemampuan permeabilitas agak lambat. Namun demikian, berbeda kondisinya pada lahan kategori C dengan tektur tanah pada lapisan atas adalah lempung berliat. Hal senada juga dipaparkan oleh Bakri *et al.* (2020) yang menyatakan bahwa tanah rawa pasang surut kelas hidrotopografi C di delta Telang memiliki tekstur tanah lempung berliat yang mampu menghasilkan produksi padi rata-rata 7,6 ton/ha. Kandungan liat yang tinggi di lapisan kedua akan sangat mendukung budidaya tanaman padi, karena dengan tektur liat menjadikan tanah didominasi pori mikro sehingga terjadi penurunan angka permeabilitas dan lahan bisa menyimpan air dengan baik.

Kematangan tanah juga berpengaruh terhadap kualitas tanah untuk budidaya tanaman, pematangan akan dipercepat dengan upaya perbaikan drainase. Peningkatan sistem drainase lahan, akan mendorong percepatan dekomposisi tanah, sehingga tingkat kematangan tanah menjadi lebih baik. Pada proses yang panjang tanah yang matang akan memudahkan proses mekanisasi lahan, sehingga waktu pengolahan tanah menjadi lebih cepat (Minangkabau dkk., 2021). Pada saat drainase lahan membaik maka durasi genangan akan menjadi cepat turun dan lahan juga berpotensi ditanami tanaman selain padi, seperti

tanaman jagung (Imanudin *et al.*, 2018). Kondisi sifat fisik tanah di lapisan atas sangat baik untuk pergerakan air karena tanah memiliki tingkat porositas tinggi yaitu di atas 50%. Hal ini senada dengan hasil penelitian Pusparani (2018) yang menunjukkan porositas tanah di lapisan satu pada lahan rawa pasang surut sulfat masam mencapai 69,70%. Untuk peningkatan nilai porositas bisa dilakukan dengan pemberian bahan organik dan kegiatan intensif pengolahan tanah (Minangkabau dkk., 2021).

Tabel 2. Karakteristik sifat fisik tanah pada kelas hidrotopografi lahan A, B dan C rawa pasang surut Delta Salek

Tipe luapan air	Parameter sifat fisik tanah							
	Tekstur	Kedalaman pirit (cm)	Permeabilitas	Kedalaman efektif (cm)	KA (%)	BI (g/cm ³)	RPT (%)	
A	LLB	100	1,0	AL	>120	46,63	0,69	74
B	LLB	120	1,97	AL	>120	36,48	0,85	68
C	LB	90	0,44	SL	>120	37,90	0,87	67

Keterangan: LLB = Lempung Liat Berpasir, LB = Lempung Berliat, AL = Agak Lambat, SL = Sangat Lambat. KA = Kadar Air, BI = Bobot Isi, RPT = Ruang Pori Total.

Pada kelas tipe luapan air A memiliki kelas tekstur lempung liat berpasir dengan kedalaman pirit 100 cm di bawah permukaan tanah dengan nilai permeabilitas agak lambat lalu kedalaman efektif atau kedalaman tanpa halangan bebatuan lebih dari kedalaman 120 cm dari permukaan tanah lalu nilai KA 43,63% selanjutnya nilai BI 0,69 g/cm³ dan ruang pori total memiliki nilai 74%. Pada kelas tipe luapan air B memiliki kelas tekstur lempung liat berpasir dengan kedalaman pirit >120 cm di bawah permukaan tanah dengan nilai permeabilitas agak lambat lalu kedalaman efektif atau kedalaman tanpa halangan bebatuan lebih dari kedalaman 120 cm dari permukaan tanah lalu nilai KA 36,48% selanjutnya nilai BD 0,85 g/cm³ dan ruang pori total memiliki nilai 68%. Pada kelas tipe luapan air C memiliki kelas tekstur liat berpasir dengan kedalaman pirit 90 cm dibawah permukaan tanah dengan nilai permeabilitas sangat lambat lalu kedalaman efektif atau kedalaman tanpa halangan bebatuan lebih dari kedalaman 120 cm dari permukaan tanah lalu nilai KA 37,90% selanjutnya nilai BD 0,87 g/cm³ dan ruang pori total memiliki nilai 67%.

Kedalaman pirit pada lahan karegori A dan B terletak lebih dalam yaitu 100-120 cm dan kategori C sudah ditemukan pada kedalaman 80-90 cm (Tabel 3). Dilihat dari kriteria yang ada, maka tanah diklasifikasikan sebagai tanah sulfat masam potensial,

sehingga lahan sangat sesuai untuk usahatani padi karena kedalaman pirit masih di atas 50 cm (FAO, 1976). Imanudin *et al.* (2019) menyebutkan bahwa kedalaman pirit 80-120 cm tergolong sedang, namun pengelolaannya harus tetap berhati-hati, terutama pada saat musim kemarau, bila saluran tidak dilengkapi dengan pintu air maka seringkali muka air tanah bisa turun sampai kedalaman di atas 100 cm dan menyebabkan lapisan pirit teroksidasi. Oksidasi pirit ini dapat berdampak buruk bagi kesehatan tanah karena dapat meningkatkan kemasaman tanah, serta kelarutan aluminium dan besi.

Tingkat kedalaman lapisan pirit sangat penting diketahui dan merupakan parameter utama dalam penilaian kelas kesesuaian lahan. Tingkat kedalaman lapisan pirit sering memengaruhi produksi. Kedalaman pirit dangkal menyebabkan proses oksidasi pirit lebih sering terjadi, dan dapat menurunkan kesuburan tanah, bahkan bisa meracuni tanaman. Penelitian Primayuda dkk. (2022) yang dilakukan pada lahan sulfat masam yang ditanami kelapa sawit menunjukkan telah terjadi kesenjangan produksi kebun kelapa sawit di lahan pirit sedang dan dangkal dibanding lahan beripirit dalam sekitar 16-37%. Hal ini disebabkan semakin dangkal lapisan pirit maka akan semakin berkurang produksi. Penurunan produksi terjadi karena ada gangguan fisiologis tanaman, akibat tanaman mengalami

keracunan. Oksidasi pirit menghasilkan asam, dan meningkatkan kelarutan besi dan alumunium. Keberadaan unsur ini selain bersifat racun juga menyebabkan unsur hara tidak tersedia bagi tanaman. Oleh karena itu, pengelolaan air merupakan kunci keberhasilan dari usaha budidaya di tanah pasang surut sulfat masam. Imanudin dkk. (2020) menyatakan bahwa pengendalian muka air di petak tersier harus tetap dilakukan meskipun di musim kemarau. Air di saluran tersier harus tetap ada tidak boleh kosong sehingga muka air tanah tetap dijaga berada pada kedalaman diatas lapisan pirit.

Hasil analisis karakteristik kimia tanah (Tabel 3) dilakukan terhadap kandungan N-total, P-tersedia, K-tersedia, C-organik dan pH. Pada tipe luapan air A memiliki keragaman sifat kimia tanah dengan kandungan N-total berkriteria sedang, P-tersedia tergolong tinggi, selanjutnya K-tersedia memiliki kriteria rendah dengan C-organik yang tergolong rendah dan nilai pH termasuk kedalam kriteria sangat masam. Pada tipe luapan air B dengan N total berkriteria sedang lalu P tersedia berkriteria tinggi selanjutnya K tersedia memiliki kriteria rendah dengan C-Organik yang tergolong rendah dan nilai pH berkriteria masam. Pada tipe luapan air C dengan N-total berkriteria sedang lalu P-tersedia berkriteria tinggi selanjutnya K-tersedia memiliki kriteria rendah dengan C-organik yang berkriteria rendah

dan nilai pH berkriteria sangat masam. Secara umum lahan ini memiliki tingkat kesuburan sedang, akan tetapi masih banyak parameter kimia tanah yang harus ditingkatkan untuk mendukung budidaya tanaman yang baik. Permasalahan lainnya adalah tingkat efisiensi rendah karena adanya ikatan Al-P, oleh karena itu semakin tinggi kandungan alumunium maka unsur hara menjadi kurang tersedia. Dengan demikian, upaya pertama perbaikan kualitas lahan adalah dengan pemberian bahan amelioran untuk menekan pengaruh kelarutan alumunium. Sebagai contoh dapat dilakukan pemberian bahan amelioran jenis kompos dan pupuk kandang yang memiliki pH netral. Kompos banyak mengandung senyawa organik sederhana dalam bentuk gugus karboksil dan henolik yang dapat mengikat Al dan Fe dan membuka ikatan kompleks sehingga tidak mampu menyumbang kation H+ ke dalam tanah yang berarti kondisi ini menurunkan kemasaman (Maryati dkk., 2014). Penambahan bahan amelioran abu sekam padi dapat meningkatkan kandungan P tanah (Aryanti dkk., 2016). Penelitian Aindo dkk. (2022) menunjukkan bahwa pemberian amelioran dapat meningkatkan pH tanah, C-organik, P-tersedia, K-tersedia, dan KTK tanah. Oleh karena itu, pemberian bahan amelioran sangat diperlukan pada lahan rawa.

Tabel 3. Karakteristik sifat kimia tanah rawa pasang surut Delta Salek Sumatera Selatan

Tipe luapan air	Parameter Sifat kimia Tanah									
	Nitrogen (%)		Posfor (ppm)		Kalium (cmol/kg)		Bahan organik (C-organik)		Derajat kemasaman (pH)	
A	0,28	S	22,12	T	0,19	R	1,04	R	4,31	SM
B	0,21	S	27,57	T	0,19	R	1,29	R	4,55	M
C	0,22	S	29,75	T	0,19	R	1,10	R	4,21	SM

Keterangan: (S) Sedang; (T)Tinggi; (R)Rendah; (SM)Sangat Masam ;(M) Masam.

Data pada Tabel 3 memperlihatkan bahwa derajat kemasaman tanah tergolong masam sampai sangat masam. Umumnya tanah-tanah di rawa pasang surut tergolong sangat masam. Hal ini senada dengan hasil penelitian Khamidah dan Saputra (2020) yang menekankan bahwa karakteristik kimia tanah di lahan pasang surut di daerah Tabolang sebagian besar dicirikan dengan tingkat kemasaman yang rendah (3,5-4,0). Daerah Delta Salek, yang merupakan lokasi penelitian ini (Gambar 3), dibuka tahun 1981 untuk pertanian melalui program transmigrasi. Reklamasi pasang surut diawali dengan membuka sistem saluran

untuk membuang kelebihan air (drainase). Adanya proses drainase ini mempercepat terjadinya dekomposisi bahan organik tanah, sehingga mempercepat tingkat kematangan tanah. Kandungan bahan organik tanah pada lahan yang sudah lama direklamasi tergolong rendah berkisar 1-1,5% (Tabel 3), kondisi ini juga sejalan dengan penelitian Sulakhudin dkk. (2018) bahwa pada tanah rawa pasang surut dengan kandungan bahan organik 2,1% di Kalimantan Barat sangat baik diusahakan untuk tanaman padi.



Gambar 3. Budidaya padi di tanah rawa pasang surut Delta Salek, Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan.

Kadar nitrogen tanah tergolong sedang di tiga kelas hidrofotografi lahan (A, B dan C) ini menunjukkan status hara nitrogen tergolong sedang (Tabel 3) sehingga lahan tidak perlu pemupukan nitrogen dengan dosis tinggi. Kondisi ini diikuti dengan kadar fosfor yang tergolong tinggi dan kadar kalium yang tergolong rendah. Tidak ada pengaruh kelas hidrofotografi terhadap kesuburan tanah untuk kasus reklamasi di Delta Salek Kabupaten Banyuasin Sumatera Selatan. Ini berarti bahwa kesuburan tanah bukan merupakan faktor pembatas utama dan potensi produksi tanaman. Pembatas pengelolaan hanya terletak pada input perbaikan tata keelola jaringan tata air. Senada dengan hasil penelitian Taufiq dkk. (2019) yang menyatakan kandungan hara tanah terutama nitrogen dan fosfor di zona akar (0-20 cm) menunjukkan status sedang sampai tinggi. Peningkatan kadar aluminium pada tanah sulfat masam yang mengalami oksidasi pirit sangat berbahaya karena sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Al dalam larutan tanah dapat menghambat penyerapan air dan nutrisi oleh tanaman (Quintal *et al.*, 2017), sehingga toksisitas Al mempunyai dampak dramatis pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang menyebabkan penurunan hasil secara signifikan (Grevestuk & Romano, 2013). Salah satu tanda paling jelas dari keracunan Al adalah terhambatnya pertumbuhan akar pada tanaman. Selain itu, telah terbukti bahwa

Al beracun cenderung memfiksasi fosfor (P) dalam bentuk yang kurang tersedia bagi tanaman sehingga menyebabkan sangat terbatasnya ketersediaan P untuk pertumbuhan tanaman (Chen & Liao, 2016). Oleh karena itu upaya mengendalikan kelarutan Al menjadi bagian penting. Untuk itu usaha ameliorasi seperti pemberian pupuk organik, biochar dan pengapuran merupakan bagian penting dalam usaha perbaikan kesuburan di lahan rawa pasang surut.

Untuk perbaikan sifat fisik dan kimia tanah pemberian bahan ameliorasi biochar mulai sering digunakan di daerah lahan basah. Penelitian Setiawan dkk. (2019) menunjukkan bahwa penggunaan biochar asal sekam padi yang dikombinasikan dengan tepung kerang sangat baik sebagai bahan ameliorasi untuk digunakan di rawa pasang surut. Penggunaan biochar juga dapat meningkatkan retensi hara dan air (Herlambang dkk., 2020). Penelitian Perwira dkk. (2023) menunjukkan bahwa pemberian biochar nyata meningkatkan jumlah anakan dan produksi padi Inpara 32 dengan pemberian dosis 9-15 ton sangat baik untuk diaplikasikan di daerah rawa. Hasil penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa aplikasi biochar dapat menekan laju emisi CH_4 dibandingkan tidak diberi biochar (kontrol) sebesar 96% (dari 49,6 sampai 97,4 CH_4 -C/ha). Pemberian pupuk hayati juga efektif dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman. Penelitian Jumakir dkk. (2021) menunjukkan penggunaan pupuk hayati jenis

provibio mampu meningkatkan hasil tanaman kedelai di rawa pasang surut sebesar 15-30%. Pemberian bahan amelioran sangat baik untuk tanah rawa, hasil penelitian Ningsih dkk. (2017) menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik asal kotoran sapi dan kompos asal jerami padi mampu meningkatkan produksi padi masing-masing sebesar 14% dan 18% serta pemberian bahan organik ini dapat mengurangi pemberian pupuk kimia hingga 50%. Upaya peningkatan kualitas lahan dengan pemberian bahan amelioran sangat diperlukan. Bahan ini selain memperbaiki sifat fisik tanah juga mampu meningkatkan serapan hara. Pemberian bahan amelioran jenis bokashi telah teruji efektif dalam peningkatan serapan hara nitrogen. Hal ini diuraikan pada aplikasi bokashi 15-20 ton/ha mampu memberi hasil serapan N tertinggi pada budidaya tanaman padi (Nurlaila dkk., 2021). Aplikasi ameliorasi di lahan bisa juga dilakukan dengan memanfaatkan abu sekam padi dengan dosis 10-15 ton/ha, serta penambahan pupuk hayati *Trichoderma* sp. sebanyak 30 ml/l, sangat baik untuk meningkatkan serapan hara N dan pertumbuhan padi (Andayani et al., 2021).

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Karakteristik fisik dan kimia tanah secara umum pada kelas hidrotopografi A, B dan C di Delta Salek, Kabupaten Banyuasin Sumatera Selatan tergolong sedang, dengan faktor pembatas lahan adalah memiliki tingkat kemasaman yang dapat memengaruhi ketersediaan hara yang bisa diserap tanaman. Untuk itu usaha untuk menaikkan pH tanah melalui pemberian amelioran masih diperlukan disamping perbaikan tata kelola air dan lahan. Untuk lahan di kelas C memiliki faktor pembatas utama yaitu keberadaan lapisan pirit di 60-70 cm dan keterbatasan air sehingga budidaya pertanian ditujukan untuk mengendalikan muka air selalu di atas lapisan pirit guna mencegah oksidasi. Selain itu, untuk meningkatkan ketersediaan air maka model penahanan air dan menampung air hujan adalah opsi terbaik yang dapat dilakukan oleh petani. Sementara itu, untuk daerah tipe A dan B, air relatif cukup sehingga tujuan pengelolaan air adalah dilakukan dengan model drainase terkendali.

Saran

Untuk perbaikan kualitas lahan pada area lahan tipologi C yang sebagian besar telah mengalami

oksidasi pirit, maka pemberian amelioran penting dilakukan. Bahan amelioran bisa dilakukan dengan pemberian biochar atau bahan lainnya yang telah diuraikan di dalam pembahasan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aindo, SI, Namriah, Darwis, S Leomo, S Ginting, dan Resman. 2022. Pengaruh amelioran organik terhadap sifat kimia tanah dan pertumbuhan cabai rawit (*Capsicum annum* L.) pada tanah bekas tambang nikel. *Jurnal Agroteknos*. 12(1): 1-6.
- Aksani, D, D Budianta, and A Hermawan. 2018. Determination of site-specific NPK fertilizer rates for rice grown on tidal lowland. *Journal Tropical Soil*. 23(1): 19-25.
- Andayani, S, ES Hayat, dan R Hayati. 2021. Aplikasi abu sekam padi dan pupuk hayati terhadap kesuburan lahan suboptimal dan tanaman padi. *Rawa Sains*. 11(1): 1-10.
- Annisa, W, dan BH Purwanto. 2010. Retensi P oleh oksida besi di tanah sulfat masam setelah reklamasi lahan. *Jurnal Sumberdaya Lahan*. 4(1): 47-56.
- Arsyad, DM, BB Saidi, dan Enrizal. 2014. Pengembangan inovasi pertanian di lahan rawa pasang surut mendukung kedaulatan pangan. *Pengembangan Inovasi Pertanian*. 7(4): 169-176.
- Aryanti, E, Yulita, dan AR Annisava. 2016. Pemberian beberapa amelioran terhadap perubahan sifat kimia tanah gambut. *Jurnal Agroteknologi*. 7(1): 19-26.
- Ashari. 2003. Tinjauan tentang alih fungsi lahan sawah ke non sawah dan dampaknya di Pulau Jawa. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*. 21(2): 83-98.
- Azmi, CU, Z Zuraida, dan T Arabia. 2022. Beberapa sifat kimia inceptisol yang disawahkan satu dan dua kali setahun di Kecamatan Linge Kabupaten Aceh Tengah. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*. 7(3): 467-476.
- Bakri, MS Imanudin, and WL Candra. 2020. Water Management and soil fertility status at a reclaimed tidal lowland of Telang Jaya Village, South Sumatra Indonesia. *Journal of Wetlands Environmental Management*. 8(2): 3-15.
- Breemen, NV, and P Buurman. 2002. *Soil Formation*. 2nd Eds. Kluwer Academic Publishers. New York.

- Chen, ZC, and H Liao. 2016. Organic acid anions: An effective defense weapon for plants against aluminum toxicity and phosphorus deficiency in acidic soils. *Journal of Genetics and Genomics*. 43(11): 631–638.
- Ebimol, NL, PR Suresh, NK Binitha, and GR Santhi. 2017. Management of iron and aluminium toxicity in acid sulphate soils of Kuttanad. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 6(11): 1496–1503.
- Fahmi, A, dan M Noor. 2022. Sifat dan Pengelolaan Tanah Sulfat Masam dan Gambut. Rajawali Pers. Depok.
- Fanning, DS, MC Rabenhorst, and RW Fitzpatrick. 2017. Historical developments in the understanding of acid sulfate soils. *Geoderma*. 308: 191–206.
- [FAO] Food and Agriculture Organization. 1976. A Framework for Land Evaluation. *FAO Soil Bulletin 52. Soil Resources Management and Conservation Service Land and Water Development Division*.
- Grevenstuk, T, and A Romano. 2013. Aluminium speciation and internal detoxification mechanisms in plants: Where do we stand? *Metallomics*. 5(12): 1584–1594.
- Herawati, H, E Yulianto, dan Azmeri. 2020. Pengaruh hidrotopografi dan peruntukan lahan terhadap saluran tersier daerah Rawa Pinang Dalam. *Journal Saintis*. 20(1): 1–10.
- Herlambang, S, PB Santoso, M Gomareuzzaman, dan AWA Wibowo. 2020. Biochar Salah Satu Alternatif untuk Perbaikan Lahan dan Lingkungan. LPPM Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta. Yogyakarta.
- Imanudin, MS, SJ Priatna, E Wildayana, and ME Armanto. 2017. Variability of ground water table and some soil chemical characteristic on tertiary block of tidal lowland agrivulture South Sumatra Indonesia. *Sains Tanah - Journal of Soil Science and Agroclimatology*. 14(1): 7–17.
- Imanudin, MS, W Eliza, and ME Armanto. 2018. Option for land and water management to prevent fire in peat land areas of Sumatera Indonesia. *Journal of Wetlands Environmental Management*. 6(1): 12–26.
- Imanudin, MS, Bakri, ME Armanto, B Indra, and SNP Ratmini. 2019. Land and water management option of tidal lowland reclamation area to support rice production (A case study in Delta Sugihan Kanan of South Sumatra Indonesia). *Journal of Wetlands Environmental Management*. 6(2): 93–111.
- Imanudin, MS, A Madjid, ME Armanto, dan Miftahul. 2020. Kajian faktor pembatas dan rekomendasi perbaikan lahan untuk budidaya jagung di lahan rawa pasang surut tipologi C. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*. 22(2): 46–55.
- Imanudin, MS, P Sulistiyani, ME Armanto, A Madjid, and A Saputra. 2021. Land suitability and agriculture technology for rice cultivation on tidal lowland reclamation areas at C typology of South Sumatra. *Journal Suboptimal Lands*. 10(1): 91–103.
- Jumakir, T Endrizal, dan Abdullah. 2021. Respons pemberian pupuk hayati terhadap peningkatan produktivitas kedelai di lahan rawa pasang surut. *Pangan*. 30(1): 23–30.
- Khamidah, N, and RA Saputra. 2020. Soil acidity soil acidity mapping of a swampland planted with rice in Ampukung Village, Kelua District, Tabalong Regency. *Tropical Wetland Journal*. 6(2): 50–55.
- Kim, JH, SJ Kim, and IH Nam. 2021. Effect of treating acid sulfate soils with phosphate solubilizing bacteria on germination and growth of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 18(17): 8919. DOI: 10.3390/Ijerph18178919.
- Maryati, Nelvia, dan E Anom. 2014. Perubahan kimia tanah sawah saat serapan hara maksimum oleh padi (*Oryza sativa* L.) setelah aplikasi campuran kompos tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dengan abu boiler. *Jom Faperta*. 1(1): 1–14.
- Masulili, A. 2015. Pengelolaan lahan sulfat masam untuk pengembangan pertanian. *Jurnal Agrosains*. 12(2): 55–68.
- Minangkabau, AF, MJJ Supit, dan YEB Kamagi. 2021. Kajian permeabilitas, bobot isi dan porositas pada tanah yang diolah dan diberi pupuk kompos di Desa Talikuran Kecamatan Remboken Kabupaten Minahasa. *Soil Environment Journal*. 1(2): 1–5.
- Ningsih, RD, K Napisah, dan A Noor. 2017. Menghemat Pupuk Kimia Hingga 50% dengan Menggunakan Pupuk Organik pada Lahan Pasang Surut. *Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Kementerian Pertanian. Hlm.* 321–327.

- Noor, M. 2004. Lahan Rawa: Sifat dan Pengelolaan Tanah Bermasalah Sulfat Masam. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Nurlaila, AF Aziz, T Heiriyani, dan NN Sari. 2021. Aplikasi amelioran di tanah sulfat masam terhadap dinamika amonium dan nitrat pada beberapa stadia umur padi. *Agrovital: Jurnal Ilmu Pertanian*. 6(2): 81–86.
- Parra-Almuna, L, AD Cortez, N Ferrol, and MDLL Mora. 2018. Aluminium toxicity and phosphate deficiency activates antioxidant systems and up-regulate expression of phosphate transporters gene in ryegrass (*Lolium perenne* L.) plants. *Plant Physiology and Biochemistry*. 130: 445-454.
- Perwira, D, Aryunis, dan A Riduan. 2023. Pengaruh padi lokal Jambi dan padi unggul nasional terhadap pengaplikasian biochar di lahan rawa pasang surut. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*. 23(1): 939–948.
- Priatmadi, BJ, dan A Haris. 2009. Reaksi pemasaman senyawa pirit pada tanah rawa pasang surut. *Jurnal Tanah Tropika*. 14(1): 19–24.
- Primayuda, A, A Suriadikusumah, dan MA Solihin. 2022. Identifikasi kedalaman pirit dan kaitannya terhadap kesehatan dan produktivitas tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) (Studi kasus di perkebunan PT Sawit Sumbermas Sarana Tbk). *Journal Tanah dan Lingkungan*. 24(1): 6–13.
- Pupathy, UT, T Sabrina, S Paramanathan, and R Abdullah. 2020. Some important elements of soil-water relationship in managing oil palms planted on acid sulfate soils. *International Journal Hydrology*. 4(6): 285–291.
- Pusparani, S. 2018. Karakterisasi sifat fisik dan kimia pada tanah sulfat masam di lahan pasang surut. *Jurnal Hexagro*. 2(1): 1–4.
- Quintal, EB, CE Magaña, IE Machado, and MM Estévez. 2017. Aluminium, a friend or foe of higher plants in acid soil. *Frontiers in Plant Science*. 8: 1767. DOI: 10.3389/fpls.2017.01767.
- Sarangi, SK, M Mainuddin, and B Maji. 2022. Problems, management, and prospects of acid sulphate soils in the Ganges Delta. *Soil Systems*. 6(4): 95. DOI: 10.3390/soilsystems6040095.
- Setiawan, B, S Gafur, dan T Abdurrahman. 2019. Aplikasi biochar sekam padi dan tepung cangkang kerang untuk meningkatkan produktivitas tanaman kedelai pada tanah sulfat masam. *Agrovigor*. 12(2): 70–76.
- Subardja, D, S Ritung, M Anda, Sukarman, E Suryani, dan RE Subandiono. 2014. Petunjuk Teknis Klasifikasi Tanah Nasional. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor. 22 hlm.
- Subiksa, IGM, dan Sukristyonubowo. 2021. Mitigation of pyrite oxidation impact in tidal swamp management for agriculture. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 648 012106. DOI: 10.1088/1755-1315/648/1/012106.
- Suhardjo, H, dan M Soeprtohardjo. 1981. Jenis dan Macam Tanah di Indonesia untuk Keperluan Survei dan Pemetaan Tanah Daerah Transmigrasi. Proyek Penelitian Tanah Menunjang Transmigrasi (P3MT). Pusat Penelitian Tanah. Bogor.
- Sulakhudin, D Suswati, dan S Gafur. 2017. Kajian status kesuburan tanah pada lahan sawah di Kecamatan Sungai Kunyit Kabupaten Menpawah. *Jurnal Pedon Tropika*. 3(1): 106–114.
- Susanto, RH. 2001. Management of Deltaic Areas for a Sustainable Development: A Case Study in South-Eastern Sumatra Region. The International Workshop Optimizing Development and Environmental Issues at Coastal Area. April 2001. Jakarta.
- Suwanda, MH, dan M Noor. 2014. Kebijakan pemanfaatan lahan rawa pasang surut untuk mendukung kedaulatan pangan nasional. *Jurnal Sumberdaya Lahan*. Edisi Khusus Desember, 31–40.
- Taufiq, A, A Wijanarko, A Kristiono, S Mutmaidah, N Prasetyaswati, dan Jumakir. 2019. Evaluasi kelayakan teknis dan finansial teknologi budi daya kedelai pada lahan pasang surut. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 3(2): 101–110.
- Vanzomeren, CM, J Berkowitz, CD Piercy, and JK King. 2020. Acid Sulfate Soils in Coastal Environments: A Review of Basic Concepts and Implications for Restoration. Engineer Research and Development Center - U.S. Army. Report number: ERDC/EL S R-20-4. Pp. 33. DOI: 10.21079/11681/38240.