

Sumberdaya Lahan

Edisi Khusus, Desember 2016

Indonesian Journal of Land Resources

Terakreditasi LIPI Nomor 746/AU3/P2MI-LIPI/04/2016

	Halaman
Potensi Ketersediaan Lahan untuk Peningkatan Produksi Padi di Provinsi Riau <i>Nurhayati, Masganti, Rahmiwati Yusuf, Ade Yulfida</i>	1
Kerentanan Sub-Sektor Tanaman Pangan Terhadap Perubahan Iklim <i>Woro Estiningtyas, Elza Surmaini, Erni Susanti</i>	7
Peran Amelioran Tanah Mineral Terhadap Peningkatan Berbagai Unsur Kesuburan Tanah Gambut pada Perkebunan Kelapa Sawit <i>Suratman dan Sukarman</i>	21
Alternatif Teknik Konservasi Tanah untuk Kawasan Budidaya Sayuran di Lahan Kering Dataran Tinggi Beriklim Basah <i>Umi Haryati</i>	33
Pengendalian Degradasi Lahan di DAS Citarum Hulu dan Tengah di Provinsi Jawa Barat <i>Ishak Juarsa, Fitri Widastuti, Wahyunto</i>	47

JSDL

Edisi Khusus

Hal 1 - 60

Bogor, Desember 2016

ISSN 1907-0799



BALAI BESAR PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
SUMBERDAYA LAHAN PERTANIAN
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN
KEMENTERIAN PERTANIAN



Peran Amelioran Tanah Mineral Terhadap Peningkatan Berbagai Unsur Kesuburan Tanah Gambut pada Perkebunan Kelapa Sawit

Role of Mineral Soil Ameliorant in Improvemng Various Peat Soil Fertility Elements in Oil Palm Plantations

Suratman dan Sukarman

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Jl. Tentara Pelajar No. 12, Cimanggu, Bogor. 16114. Email: Ratman_end@yahoo.co.id

Diterima 20 November 2016; Direview 28 November 2016; Disetujui dimuat 23 Desember 2016

Abstrak. Kesuburan tanah merupakan salah satu faktor kunci yang menentukan tingkat produktivitas lahan yang mendukung keberhasilan dalam pengelolaan lahan gambut di perkebunan kelapa sawit. Penggunaan lahan gambut di Indonesia akhir-akhir ini berkembang sangat pesat, tidak terkecuali untuk perkebunan kelapa sawit. Hal tersebut dipicu oleh semakin terbatasnya lahan potensial tanah mineral dan cukup luasnya lahan gambut terlantar/terdegradasi. Pengelolaan lahan gambut yang tidak tepat sering menimbulkan permasalahan. Selain isu lingkungan, degradasi lahan gambut merupakan permasalahan yang serius, khususnya terhadap kesuburan tanah. Pengelolaan lahan dengan menggunakan amelioran merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan produktivitas lahan gambut. Penggunaan amelioran tanah mineral telah dilakukan pada lahan gambut di areal perkebunan kelapa sawit. Berbagai kajian penggunaan amelioran tanah mineral pada lahan gambut dengan cara dihamparkan di sekitar lingkaran pohon kelapa sawit dengan jarak 3 m dari pohon menunjukkan bahwa pemberian amelioran dengan dosis 100 kg pohon⁻¹ atau setara dengan 13.600 kg ha⁻¹ dapat meningkatkan kesuburan secara nyata. Semakin dekat ke kanal pemberian bahan amelioran semakin efektif berdampak pada peningkatan kesuburan tanah, pertumbuhan tanaman dan produksinya.

Kata kunci: Pengelolaan Lahan / Gambut / Amelioran / Kesuburan Tanah

Abstract. Soil fertility is one of the key factors that determine the level of land productivity to supports the peat land management suceesfully for oil palm plantations. In Indonesia oil palm plantation on peatland grown rapidly. It was triggered by limited land potensial on mineral soil and massive availability of degraded peat lands. However, improper land management and lack of conservation practice may lead cause problems. In addition to environmental issues, degraded peat particulary on soil fertility is become a serious problem. Land management by using ameliorant is one effort that to increasing peat land productivity. Applications assessment using ameliorant mineral soil has been conducted on peat lands for oil palm plantations. Ameliorant given on peat soil surface, that was spread around the circumference of oil palm trees on the diameter of 3 meters. The ameliorant was given at a dose of 100 kg tree⁻¹, or the equivalent of 13,600 kg ha⁻¹, that was can improve soil fertility significantly. Closer to the canal the ameliorant aplication more effective to improve soil fertility, performance grown of plant and its productivity.

Keywords: Land Management / Peat / Ameliorant / Soil Fertility

PENDAHULUAN

Fenomena yang terjadi akhir-akhir ini adalah semakin sulitnya mendapatkan lahan potensial tanah mineral, sedangkan lahan gambut yang sesuai meskipun potensinya tidak sebaik tanah mineral masih tersedia cukup luas. Dari lahan gambut yang luasnya 14,9 juta ha yang sudah dikelola 7,61 juta ha (51%), 1,98 juta ha (13%) diantaranya untuk perkebunan dan wanatani, sedangkan 7,32 juta ha (49%) berupa hutan primer dan sekunder. Berdasarkan kesesuaian lahannya untuk budidaya pertanian, 3,77 juta ha terlantar yang ditumbuhi semak belukar dan diindikasikan sesuai untuk padi sawah, hortikultura

dan perkebunan (Syakir 2016). Lahan perkebunan yang berada di lahan gambut saat ini diperkirakan 2,0-2,5 juta ha dan lebih dari 1,5 juta ha berupa kebun kelapa sawit (Noor 2013, Noor *et al.* 2013). Sedangkan dari segi legalitasnya, lahan gambut yang sudah ada izinnnya khusus untuk kelapa sawit 1,7 juta ha, Hak Pengusahaan Hutan (HPH) 0,73 juta ha, Hutan Tanaman Industri (HTI) 2,45 juta ha dan sisanya 10,02 juta ha merupakan areal moratorium dan belum dibebani izin (Yasman 2016). Kondisi ini menyebabkan dorongan untuk memanfaatkan lahan gambut semakin luas dan intensif. Dalam penetapan fungsi dari ekosistem gambut, selain mempunyai fungsi lindung ekosistem gambut juga ditetapkan sebagai

fungsi budidaya (Kemenkumham RI 2014 dan 2016). Namun demikian untuk tetap menjaga fungsi lahan gambut sebagai ekosistem yang harus dilindungi, banyak persyaratan yang harus dipenuhi untuk memanfaatkan lahan gambut sebagai fungsi budidaya tersebut. Sehingga untuk menyeimbangkan dan menselaraskan pembangunan ekonomi, sosial, budaya dan lingkungan serta menurunkan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) telah diinstruksikan kepada seluruh jajaran instansi yang terkait dengan pemanfaatan lahan gambut untuk menunda pemberian izin baru (Sekretariat Kabinet RI 2011).

Isu kerusakan lingkungan akhir-akhir ini semakin intensif dan meluas, termasuk masalah degradasi lahan gambut terutama sebagai sumber emisi gas rumah kaca, pemicu kebakaran lahan pada saat musim kemarau, penurunan kesuburan dan produktivitas tanah. Hal ini terjadi sebagai dampak kurang tepatnya pemanfaatan lahan gambut, tanpa disertai usaha konservasi lahan dan air. Pengelolaan lahan gambut mencakup semua bidang pengelolaan yang terkait dengan konservasi, pendayagunaan, dan pengendalian kerusakan lahan gambut. Cakupan pengelolaan lahan gambut harus mewujudkan satu sistem wilayah pengelolaan secara utuh yang mencakup semua proses perencanaan, pelaksanaan, serta pemantauan dan evaluasi. Oleh karena itu pengelolaan lahan gambut yang terbaik adalah dengan menerapkan sistem pengelolaan terpadu. Dalam sistem tersebut melibatkan semua pemilik kepentingan antar sektor dan antar wilayah administrasi (Tim Nasional Lahan Gambut 2006). Jadi pada hakikatnya lahan gambut memberikan kemaslahatan bagi kehidupan umat manusia. Kemudharatan yang sering dirasakan sebagian masyarakat pada dasarnya akibat kekeliruan manusia dalam memilih teknologi pemanfaatan sumberdaya lahan tersebut.

SIFAT UMUM KESUBURAN GAMBUT UNTUK TANAMAN PERTANIAN

Perubahan Karakteristik Lahan Gambut Akibat Pengelolaan Lahan

Banyak definisi tentang gambut, hal ini tergantung dari sudut pandang dan kepentingan dalam menginterpretasikan gambut. Gambut merupakan tanah yang berasal atau didominasi oleh bahan organik, dengan persyaratan apabila kandungan liat 0-60%, maka harus mempunyai kandungan C organik 12-18% secara proporsional. Apabila kandungan liat >60% maka C organik harus >18% (Soil Survey Staff 1990).

Karakteristik gambut dinilai dari komposisi bahan organiknya, kedalamannya, kematangannya, atau lingkungan pembentukannya. Sifat-sifat tersebut selanjutnya akan menentukan di dalam pengklasifikasiannya (PPT 1983, Soil Survey Staff 1999 dan 2003). Sifat lain yang khas dari gambut adalah sifat menyusut dan subsidence (penurunan permukaan gambut), kering tidak balik (*irreversible drying*), pH yang sangat rendah atau sangat masam, dan status kesuburan tanah yang rendah (Andriese 1988, Hardjowigeno 1996, Widjaja-Adhi 1995).

Dalam kondisi alami ekosistem lahan gambut berada dalam kondisi sangat stabil, ketebalannya bertambah apabila proses deposisi lebih besar dibandingkan dekomposisi. Namun bila kondisi alami terusik dan terganggu maka akan terjadi sebaliknya, menyebabkan degradasi, lahan gambut akan menjadi ekosistem yang rapuh.

Lahan gambut juga merupakan lahan marginal atau lahan sub optimal karena secara inheren tanahnya bereaksi masam, miskin hara dan mineral yang dibutuhkan tanaman, kapasitas tukar kation (KTK) sangat tinggi, namun kejenuhan basa (KB) sangat rendah. Pengelolaan lahan menjadikan gambut akan lebih matang, berat jenis makin tinggi, porositas menurun, subsiden makin tinggi, dan mudah terbakar (Tim Nasional Lahan Gambut 2006).

Pengaruh Amelioran Tanah Mineral Terhadap Karakteristik Lahan Gambut

Amelioran adalah bahan organik maupun anorganik yang dapat meningkatkan kesuburan dan kualitas lahan melalui perbaikan kondisi fisik dan kimia tanah. Bahan amelioran yang sering digunakan selain tanah mineral antara lain berbagai jenis kapur, lumpur, pupuk kompos atau bokasi, pupuk kandang dan abu. Penambahan bahan mineral pada tanah gambut menyebabkan terjadinya tanggapan gambut sehingga terjadi perubahan berbagai karakteristiknya. Perubahan yang terjadi pada sifat kimia tanah gambut antara lain dapat menurunkan kapasitas tukar kation (KTK), meningkatkan kejenuhan basa (KB), menaikkan pH, meningkatkan unsur hara, dan menekan senyawa beracun. Sedangkan pada sifat fisik antara lain dapat memperbaiki struktur tanah, (Suratman *et al.* 2013).

Berbagai permasalahan tanah gambut yang dalam kondisi tertentu dapat diatasi dengan menggunakan amelioran pada umumnya berkaitan dengan kesuburan dan konservasi. Tanah mineral baik

digunakan sebagai bahan amelioran pada tanah gambut karena mengandung unsur perekat yang berupa liat dan dapat menambah unsur hara. Tingkat kesuburan sangat berkorelasi dengan pH tanahnya (Andriess 1988). Penambahan tanah mineral yang kaya unsur Fe dan Al berfungsi memperkecil pencucian unsur P. (Salampak 1999). Penambahan amelioran juga dapat menurunkan kemasaman tanah dengan peningkatan nilai pH tanah. Kesuburan tanah akan meningkat dengan meningkatnya KB yang seiring dengan meningkatnya pH tanah. Laju pelepasan kation terjerap bagi tanaman bergantung pada KB tanah. Tanah dikatakan sangat subur jika KB-nya lebih besar dari 80%, kurang subur jika KB-nya antara 50 sampai 80%, dan tidak subur jika KB-nya kurang dari 50% (Tan 1993).

Perubahan sifat fisik tanah gambut dengan adanya penambahan amelioran antara lain dapat memperbaiki struktur tanah (Suratman *et al.* 2013). Tanah gambut yang terlalu remah dengan penambahan unsur perekat dari amelioran akan meningkatkan daya kohesinya, menurunkan daya ikat terhadap air, dan meningkatkan daya dukung fisiknya (Najiyati *et al.* 2005). Penambahan amelioran juga dapat memperbaiki sifat fisik tanah gambut dengan meningkatkan daya menahan beban (*bearing capacity*) tanah gambut (Widjaja-Adhi 1995). Kondisi demikian berpengaruh terhadap operasional peralatan mekanisasi maupun daya menahan pokok tanaman agar tetap berdiri tegak. Sehingga yang terjadi adalah sulit menggunakan alat berat dilahan gambut dan menyebabkan berbagai tanaman tahunan seperti halnya kelapa sawit mudah rebah.

Dinamika Unsur-Unsur Kesuburan pada Tanah Gambut

Gambut mengandung asam-asam organik tinggi sehingga tingkat kemasamannya tergolong tinggi. Tidak seperti tanah mineral yang muatan ion dan kationnya terdapat pada fase padat, pada tanah gambut muatannya bersumber dari fase cair yang berupa asam organik. Oleh karena itu gambut yang kekeringan akan kehilangan seluruh muatannya yang dapat menyebabkan kehilangan hakekat fungsinya sebagai tanah. Muatan negatif yang menentukan besarnya KTK pada tanah gambut sangat tergantung pada pH tanah gambut tersebut. Nilai KTK akan cenderung meningkat apabila pH gambut ditingkatkan.

Berdasarkan tingkat kesuburannya tanah gambut digolongkan kedalam gambut eutropik, mesotropik,

dan oligotropik. Eutropik merupakan gambut subur yang kaya mineral, mesotropik mempunyai kesuburan sedang dengan kandungan mineral dan basa-basa sedang, dan Oligotropik merupakan gambut miskin karena miskin mineral dan basa-basa (Widjaja-Adhi 1995). Berdasarkan lingkungan pembentukannya gambut yang subur digolongkan kedalam gambut topogen, merupakan gambut pantai, terbentuk pada lingkungan yang terdapat pengkayaan air pasang. Sedangkan gambut yang miskin digolongkan kedalam gambut ombrogen, merupakan gambut pedalaman yang pada umumnya hanya dipengaruhi oleh air hujan saja. Gambut di Indonesia sebagian besar merupakan gambut oligotropik yang memiliki kation basa-basa Ca, Mg, K, dan Na sangat rendah, terutama pada gambut tebal (>3m) (Nugroho *et al.* 1989, Agus dan Subiksa *et al.* 2010, Suratman *et al.* 2013).

Selain tingkat kesuburan yang rendah lahan gambut juga mengandung beragam asam-asam organik yang sebagian bersifat racun. Tanah gambut pada umumnya mengandung unsur mikro yang sangat rendah yang dalam kondisi tertentu diikat kuat oleh bahan organik membentuk khelat sehingga tidak tersedia bagi tanaman (Kanapathy 1972 dalam Subiksa *et al.* 2010). Selain itu sifat dasar dari tanah gambut yang kurang menguntungkan bagi kebutuhan tanaman budidaya selain unsur hara mikro dan makro yang rendah, juga didominasi oleh bahan organik dan berkemasaman tinggi (Syakir 2016). Dekomposisi bahan organik dalam keadaan anaerob menghasilkan senyawa dan gas, antara lain metan, hidrogen sulfida, etilen, asam asetat, asam butirat, asam laktat, dan asam organik lainnya misalnya asam-asam fenolat (Patrick 1971 dalam Salampak 1999). Tanah gambut di Indonesia mengandung bahan lignin lebih tinggi dibandingkan daerah sub tropis. Lignin akan mengalami proses degradasi membentuk senyawa humat, yang akan menghasilkan asam-asam fenolat. Asam-asam fenolat mempunyai pengaruh langsung dalam pertumbuhan tanaman budidaya, karena berperan dalam proses biokimia, fisiologi, penyediaan hara, serta bersifat fitotoksik bagi tanaman (Driessen 1978).

Gambut juga diklasifikasikan dari berbagai sudut pandang yang berbeda antara lain dari tingkat kesuburan, tingkat kematangan, kedalaman, kerapatan lindak, dan posisi pembentukannya. Klasifikasi gambut berdasarkan tingkat kesuburan alamiahnya sangat beragam tergantung pada beberapa faktor, diantaranya ketebalan lapisan tanah gambut, komposisi penyusun

gambut dan tanah mineral yang berada di bagian bawah lapisan tanah gambut (Andriess 1974 dalam Zuraida 1999). Unsur hara juga dapat dipakai untuk menilai tingkat kesuburan gambut, antara lain lapisan mineral yang ada di bawahnya dan air yang memasok lahan gambut tersebut. Selain itu juga dapat dikelompokkan berdasarkan zonasi dan kaya atau miskinnya mineral dan basa-basa. Golongan yang kaya (eutropik), sedang (mesotropik), dan miskin (oligotropik) (Widjaja-Adhi 1997).

Karakteristik tanah gambut yang sangat terkait dengan kesuburan adalah pH dan kejenuhan basa. Tingkat kesuburan tanah gambut meningkat dengan meningkatnya kejenuhan basa dan pH tanah. Mobilitas basa-basa tanah sangat dipengaruhi oleh pH maupun lengas tanah gambut. Transformasi berbagai unsur kesuburan yang berupa basa-basa tanah dapat berbentuk terlarut maupun erosi. Translokasi unsur-unsur itu juga terjadi diantara organ tumbuhan, sehingga menimbulkan gejala defisiensi pada bagian-bagian tanaman. Khelat yang dibentuk oleh senyawa organik yang berupa humat dan fulvat dalam proses dekomposisi gambut berperan penting dalam penyedia unsur bagi tanaman. Dalam kondisi jenuh air dan pH yang kurang mendukung unsur akan larut dan mengalami transformasi sehingga tidak tersedia bagi tanaman. Beberapa unsur mikro, misalnya Fe, Mn, Bo, Co, dan Zn kurang tersedia pada pH >7,5. Kondisi kering yang berlebihan sampai menyebabkan kering tak balik pada tanah gambut, apabila terjadi penggenangan akan memicu erosi yang mengakibatkan hilangnya unsur hara yang diperlukan tanaman (Havlin *et al.* 1999, Negra *et al.* 2005).

Unsur-Unsur Kesuburan Tanah Gambut pada Perkebunan Kelapa Sawit

Kesuburan tanah merupakan salah satu faktor kunci yang menentukan tingkat produktivitas lahan yang mendukung keberhasilan dalam pengelolaan lahan gambut. Tanaman kelapa sawit tergolong memerlukan masukan hara tinggi secara rutin. Secara alamiah lahan gambut memiliki tingkat kesuburan rendah karena memiliki kandungan unsur hara yang umumnya rendah. Selain itu pada umumnya tanah gambut mempunyai sifat kimia lebih jelek dari pada tanah mineral. Dalam kajian yang telah dilakukan oleh Wigena *et al.* (2015) pada tanah gambut Fibric Haplohemists, Sapric Haplohemists, dan Hemic Haplofibrists dengan pH masam, C-organik, N, dan

KTK sangat tinggi, menunjukkan kadar hara P dan K sangat rendah. Pemupukan yang selalu dilakukan pada perkebunan kelapa sawit adalah selain pupuk N, P, K juga penambahan unsur-unsur Ca, Mg, serta unsur mikro Cu, Zn, dan Fe. Penambahan unsur-unsur tersebut selain sebagai penyedia unsur hara juga untuk meningkatkan stabilitas bahan organik di dalam gambut. Proses tersebut terjadi melalui ikatan-komplek organo-kation yang merupakan interaksi derivat asam organik dengan kation (Sabiham dan Sukarman 2013).

DAMPAK PEMBERIAN BAHAN AMELIORAN TERHADAP PERTUMBUHAN KELAPA SAWIT DI LAHAN GAMBUT

Pertumbuhan dan produktivitas tanaman kelapa sawit sangat ditentukan oleh perawatan dan salah satunya yang sangat besar pengaruhnya adalah pemupukan. Unsur yang dibutuhkan oleh tanaman terdiri atas 16 jenis, tiga di antaranya diperoleh dari udara dan air yaitu unsur Karbon (C), Oksigen (O), dan Hidrogen (H). Unsur lainnya diperoleh dari tanah, yakni Nitrogen (N), Fosfor (P), Kalium (K), Calcium (Ca), Magnesium (Mg), Sulfur (S), Besi (Fe), Mangan (Mn), Boron (B), Seng (Zn), Tembaga (Cu), Molibdenum (Mo), dan Klor (Cl). (Rioardi 2009) Unsur-unsur yang diperoleh dari tanah tersebut, dapat berasal dari unsur-unsur cadangan secara alami, pemupukan, maupun perlakuan amelioran. Pemberian amelioran disamping memberikan unsur tambahan juga dapat meningkatkan kesuburan melalui perbaikan kondisi fisik dan kimia tanah. Hal ini sesuai dengan kriteria pemilihan amelioran yang baik, yakni kejenuhan basa tinggi, mampu meningkatkan derajat pH tanah, mampu memperbaiki struktur tanah, mampu berperan dalam konservasi tanah, dan kandungan unsur yang lengkap termasuk tambahan unsur hara (Suratman *et al.* 2013).

Amelioran tanah mineral yang digunakan pada perkebunan kelapa sawit di lahan gambut sangat baik karena mengandung unsur perekat yaitu liat yang berfungsi sebagai perekat antar komponen bahan organik gambut. Selain itu bahan-bahan yang dikandung oleh tanah mineral tersebut dapat menambah unsur-unsur kesuburan yang diperlukan tanaman kelapa sawit. Secara fisik pemberian amelioran tanah mineral dapat meningkatkan daya kohesi, menurunkan daya ikat terhadap air, dan meningkatkan daya dukung fisik tanah gambut (Najiyati *et al.* 2005). Dengan demikian akan

mengakibatkan pertumbuhan tanaman kelapa sawit lebih kokoh dan akses di dalam kebun lebih baik.

DAMPAK PEMBERIAN BAHAN AMELIORAN TERHADAP DINAMIKA UNSUR-UNSUR KESUBURAN TANAH

Secara umum lahan gambut di areal perkebunan kelapa sawit didominasi oleh gambut yang mempunyai tingkat dekomposisi sedang sampai lanjut (hemik sampai saprik), tingkat kesuburan rendah yang diindikasikan oleh, KTK sangat tinggi, kadar C organik dan C/N ratio sangat tinggi, KB sangat rendah sampai rendah, pH sangat masam, dan kandungan basa-basa dapat tukar umumnya rendah. Setelah dilakukan pemberian bahan amelioran empat kali dalam tempo enam bulan dengan dosis antara 5,44-13,60 t ha⁻¹, diindikasikan tingkat kesuburannya meningkat. Unsur kesuburan yang diketahui meningkatkan kualitas kesuburan lahan gambut adalah kadar C-organik, C/N ratio, KTK dan KB. Variabel-variabel ini dianggap sangat penting untuk mengidentifikasi secara umum kualitas lahan gambut karena variabel tersebut sangat berpengaruh terhadap tingkat dekomposisi gambut dan kesuburan tanah gambut (CSR/FAO 1983).

Perubahan kadar C Organik (Karbon Organik)

Kandungan C organik tanah gambut menurut klasifikasi Soil Taxonomy adalah: apabila kandungan liat 0-60%, maka harus mempunyai kandungan C organik 12-18% secara proporsional. Apabila kandungan liat >60% maka C organik harus >18% (Soil Survey Staff 1990). Kandungan C organik tanah gambut setelah diberi bahan amelioran dengan dosis

13,6 t ha⁻¹ dalam tempo enam bulan, terjadi penurunan kadar C organik cukup nyata jika dibandingkan sebelum perlakuan pemberian amelioran (Gambar 1 dan Tabel 1). Hal tersebut diindikasikan semakin banyak kadar bahan amelioran yang ditambahkan pada tanah gambut, maka semakin penurunan kadar C organik semakin nyata.

Tabel 1. Pengaruh pemberian amelioran tanah mineral terhadap kadar C organik selama enam bulan

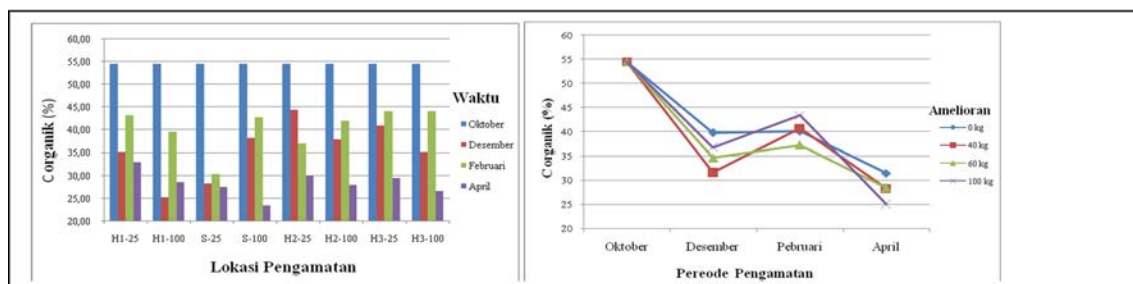
Table 1. Effect of mineral soil ameliorant on C organic content for six months

Dosis	Waktu pengamatan				Data rata-rata
	Oktober	Desember	Februari	April	
kg	%				
0	54,50 ^a	39,81 ^a	40,10 ^a	31,45 ^a	41,47 ^a
40	54,50 ^a	31,54 ^b	40,72 ^a	28,25 ^{ab}	38,75 ^a
60	54,50 ^a	34,61 ^{ab}	37,22 ^a	28,44 ^{ab}	38,69 ^a
100	54,50 ^a	36,74 ^{ab}	43,41 ^a	24,95 ^b	39,90 ^a

Sumber: Suratman *et al.* (2013)

Keterangan: Angka-angka sekolom yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%.

Kadar C organik sangat berkaitan dengan dekomposisi pada lapisan atas (*top soil*). Gambut dengan lapisan atas saprik apabila diberi amelioran tanah mineral mempunyai respon yang sangat berbeda dibandingkan dengan gambut yang lapisan atasnya hemik. Dalam beberapa kondisi, pengaruh pemberian amelioran lebih efektif pada gambut hemik dibandingkan gambut saprik. Pemberian bahan amelioran tanah mineral dengan dosis 100 kg pohon⁻¹ atau setara dengan 13.600 kg ha⁻¹, dalam tempo enam bulan terjadi penurunan C organik secara signifikan yaitu semula kandungan C organik 54,50% menurun



Sumber: Suratman *et al.*, 201

Keterangan.: H1, H2, H3 = Hemik1, Hemik2, Hemik3, S = Saprik, 25,100 = posisi 25 dan 100 m dari kanal

Gambar 1. Kadar C organik pada masing-masing lokasi pengamatan

Figure 1. C organic content at each observation location

menjadi 24,95% (Tabel 1). Pemberian amelioran yang posisinya lebih dekat dengan kanal misalnya 25 m dari tepi kanal, mempunyai pengaruh penurunan kadar C organik yang lebih besar dibandingkan dengan posisi di tengah blok kebun atau lebih jauh dari kanal (100 m). Semakin jauh dari kanal pengaruh pemberian bahan amelioran terhadap unsur-unsur kesuburan tanah yang berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman kelapa sawit semakin rendah. Dengan demikian perlu ditentukan jarak maksimal pembuatan kanal pada blok kebun agar pemberian bahan amelioran tanah mineral dapat efektif dalam mendukung pertumbuhan tanaman. Beberapa perusahaan menggunakan pedoman pembuatan blok kebun yang ideal adalah 500 X 250 m yang dikelilingi oleh kanal besar. Pada lahan datar, penanaman kelapa sawit digunakan pola segi tiga sama sisi dengan jarak 9 X 9 X 9 m. Dengan pola seperti ini, dibuat sedemikian rupa sehingga membentuk posisi tanaman arah utara-selatan berjarak 8,82 m dengan jumlah tanaman 143 pohon ha⁻¹. Sehingga dengan pedoman ukuran blok tersebut setiap 12,5 ha dikendalikan oleh kanal besar yang di bagi oleh kanal-kanal kecil yang membelah blok. (Kiswanto *et al.* 2008

Perubahan C/N Ratio

Hasil kajian Suratman *et al.* (2013) menunjukkan bahwa C/N ratio setelah diberi bahan amelioran dalam tempo enam bulan akan terjadi penurunan nilai C/N ratio. Dengan pemberian amelioran hingga dosis 13,6 t ha⁻¹ walaupun terjadi penurunan, namun tidak berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tanaman (Gambar 2 dan Tabel 2).

Penurunan nilai C/N ratio lebih besar terjadi pada gambut sedang (hemik) dibandingkan gambut

matang (saprik). Hal ini mengindikasikan bahwa pemberian amelioran akan memberikan pengaruh yang lebih besar terhadap dinamika dekomposisi pada gambut sedang (hemik) dibandingkan dengan gambut matang (saprik).

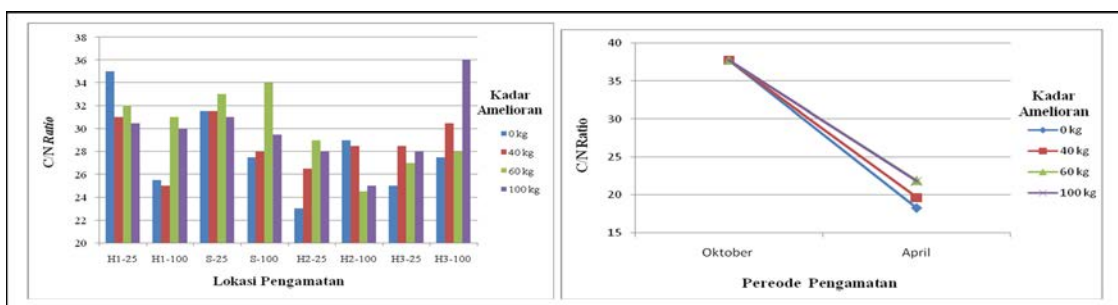
Tabel 2. Pengaruh pemberian amelioran tanah mineral terhadap C/N ratio selama enam bulan

Table 2. Effect of mineral soil ameliorant on C/N ratio for six months

Dosis	Waktu pengamatan		Data rata-rata
	Oktober	April	
kg			
0	38 ^a	18 ^a	28 ^a
40	38 ^a	20 ^a	29 ^a
60	38 ^a	22 ^a	30 ^a
100	38 ^a	22 ^a	30 ^a

Sumber: Suratman *et al.* (2013)

Dengan dosis amelioran tanah mineral sebanyak 40-100 kg pohon⁻¹ atau setara dengan 5.440-13.600 kg ha⁻¹, dalam berbagai kondisi dalam tempo enam bulan dapat menurunkan C/N Ratio dari 38 menjadi 22, namun belum memberikan pengaruh penurunan nilai C/N ratio yang nyata. Pemberian amelioran pada tanaman kelapa sawit yang posisinya mendekati pinggiran blok kebun, atau lebih dekat dengan kanal menunjukkan nilai C/N ratio lebih kecil. Nilai C/N ratio gambut umumnya sangat tinggi melebihi 30. Dalam kondisi seperti ini maka hara N kurang tersedia untuk tanaman sekalipun hasil analisis N total menunjukkan angka yang tinggi. (Hardjowigeno 1996, Sagiman 2001). Dengan penambahan amelioran ini selain menambah penyediaan unsur N juga



Sumber: Suratman, *et al.* (2013)

Gambar 2. C/N ratio pada masing-masing lokasi pengamatan
Figure 2. C/N ratio at each observation location

memperbaiki jerapan tanah gambut terhadap berbagai unsur termasuk N, sehingga unsur N lebih tersedia bagi tanaman yang diidkasikan penurunan nilai C/N ratio.

Perubahan Kapasitas Tukar Kation (KTK) Tanah

Hasil kajian Suratman *et al.* (2013) terhadap perubahan nilai KTK tanah gambut yang diberi amelioran dalam tempo enam bulan menunjukkan bahwa nilai KTK pada awal pengukuran menunjukkan peningkatan sangat tajam, selanjutnya terjadi penurunan kembali. Namun secara umum dari awal sampai akhir kajian selama enam bulan menunjukkan terjadinya penurunan nilai KTK yang mengindikasikan terjadinya peningkatan kualitas kesuburan tanah.

KTK tanah gambut umumnya sangat tinggi karena KTK pada tanah gambut ditentukan oleh muatan negatif tergantung pH (*pH dependent charge*). Muatan negatif ini merupakan hasil dari disosiasi hidroksil pada gugus karboksil atau fenol. Dalam proses dekomposisi komponen bahan organik yang terdiri antara lain lignin dan serat, terdekomposisi menjadi asam fenolat yang secara enzimatik dirubah menjadi quinon. Senyawa quinon dengan proses polimerisasi membentuk antara lain asam humik dan asam fulfik. Asam organik tersebut mempunyai gugus karboksil (-COOH) dan hidroksil (-OH) yang menentukan besarnya KTK tanah gambut. Tingginya KTK pada tanah gambut menunjukkan bahwa kapasitas jerapan (*sorption capacity*) tanah gambut tinggi, namun tidak berarti menambah kualitas kesuburan tanah, karena kekuatan jerapan (*sorption power*) lemah, kation basa-basa tanah yang menentukan tingkat kejenuhan basa K, Ca, Mg, dan Na tidak membentuk ikatan koordinasi, sehingga akan mudah tercuci (Agus dan Subiksa 2008, Stevenson 1982).

Hasil kajian Suratman *et al.* (2013) menunjukkan bahwa dengan pemberian amelioran tanah mineral, maka perubahan penurunan nilai KTK lebih besar pada tanah gambut hemik dibandingkan dengan tanah gambut saprik. Hal ini terjadi karena dengan pemberian amelioran proses dekomposisi yang terjadi pada tanah gambut hemik akan lebih aktif dibandingkan dengan tanah gambut saprik. Pemberian amelioran dengan dosis 60 kg pohon⁻¹ atau setara dengan 8.160 kg ha⁻¹, dalam berbagai kondisi dalam tempo enam bulan sudah dapat menurunkan KTK tanah secara nyata dari 144,91 cmol kg⁻¹ menjadi 79,00 cmol kg⁻¹ (Tabel 3).

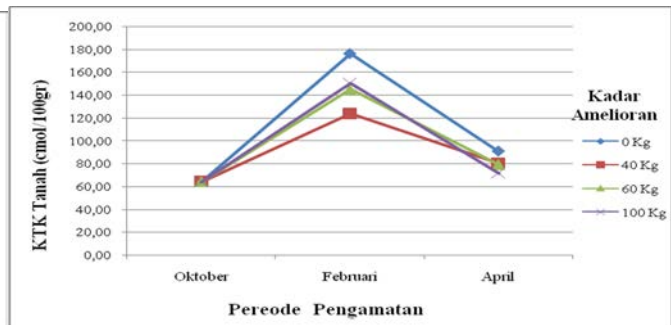
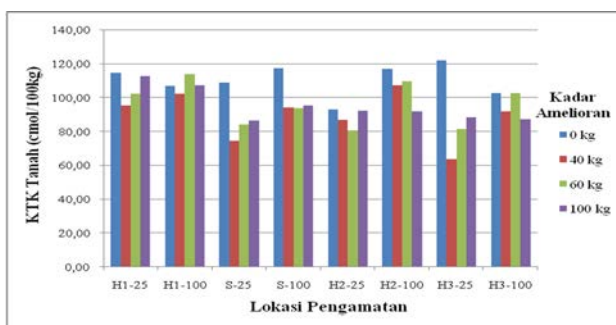
Tabel 3. Pengaruh pemberian amelioran tanah mineral terhadap KTK tanah selama enam bulan

Table 3. Effect of mineral soil ameliorant on soil CEC for six months

Dosis	Waktu pengamatan			Data rata-rata
	Oktober	Desember	April	
kg cmol kg ⁻¹			
0	63,97 ^a	175,90 ^a	90,65 ^a	110,18 ^a
40	63,97 ^a	123,93 ^b	80,22 ^{ab}	89,37 ^b
60	63,97 ^a	144,91 ^{ab}	79,00 ^b	95,96 ^b
100	63,97 ^a	150,06 ^{ab}	71,24 ^b	95,09 ^b

Suber: Suratman *et al.* (2013)

Pemberian amelioran pada tanaman kelapa sawit yang posisinya lebih dekat dengan kanal, 25 m dari pinggir blok kebun mempunyai nilai KTK yang lebih rendah dibandingkan dengan tengah blok kebun atau posisinya lebih jauh dari kanal (100 m). Hal ini mengindikasikan bahwa pengaruh pemberian amelioran terhadap kesuburan tanah yang terkait dengan KTK tanah, lebih baik pada posisi pinggir blok kebun atau lebih dekat dengan kanal.



Sumber: Suratman *et al.* (2013)

Gambar 3. Kapasitas tukar kation (KTK) pada masing-masing lokasi pengamatan
Figure 3. Cation exchange capacity (CEC) at each observation location

Perubahan Kejenuhan Basa (KB) Tanah

Hasil kajian Suratman *et al.* (2013) menunjukkan bahwa pemberian amelioran tanah mineral pada tanah gambut dalam tempo enam bulan, telah dapat meningkatkan nilai KB, dan hal ini mengindikasikan terjadinya peningkatan kesuburan tanah. Peningkatan nilai KB yang paling besar terjadi pada tanah gambut saprik. Semakin banyak pemberian bahan amelioran tanah mineral akan diikuti oleh peningkatan nilai KB, dan terjadi peningkatan yang nyata pada posisi lebih dekat dengan kanal (Gambar 4 dan Tabel 4).

Tabel 4. Pengaruh pemberian amelioran tanah mineral terhadap KB tanah selama enam bulan

Table 4. Effect of mineral soil ameliorant on Soil BS for six months

Dosis	Waktu pengamatan			Data rata-rata
	Oktober	Desember	April	
kg	%			
0	13a	5c	28 a	15b
40	13a	20a	37ab	23a
60	13a	12b	34ab	13ab
100	13a	20a	40 b	24a

Sumber: Suratman *et al.* (2013)

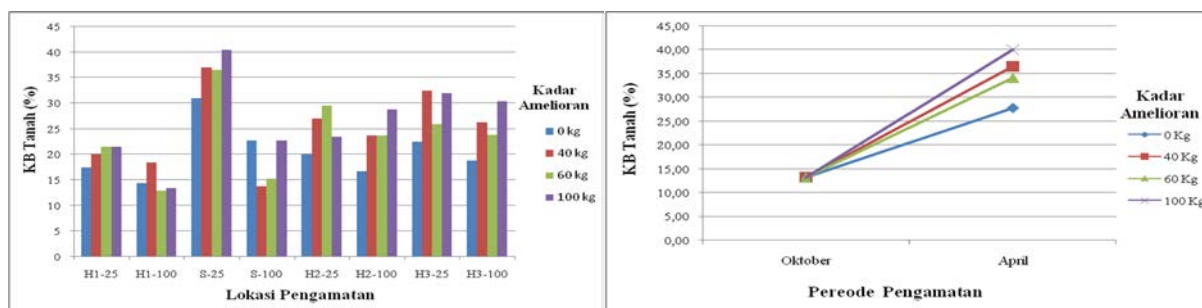
Pada gambut saprik (telah terdekomposisi lanjut) mempunyai respon yang lebih tinggi terhadap pemberian amelioran tanah mineral dibandingkan dengan gambut hemik (setengah melapuk). Pemberian amelioran dengan dosis 100 kg pohon⁻¹ atau setara dengan 13.600 kg ha⁻¹, telah dapat meningkatkan kesuburan tanah, walaupun belum mencapai kriteria tingkat kesuburan tinggi, namun telah meningkatkan nilai KB dari 13 menjadi 24% (Tabel 4) (Suratman *et al.* 2013). Berdasarkan kadar kejenuhan basa, tingkat

kesuburan tanah dapat dibedakan menjadi tanah gambut memiliki tingkat kesuburan tinggi apabila kejenuhan basanya lebih atau sama dengan 80%, tingkat kesuburan sedang apabila kejenuhan basanya kurang dari 80% tetapi lebih dari 50%, dan tidak subur apabila kejenuhan basanya kurang atau sama dengan 50% (Tan 1982 dalam Halim 1987). Pemberian amelioran yang posisi semakin dekat dengan kanal akan memberikan pengaruh lebih tinggi terhadap peningkatan KB dibandingkan posisi di tengah blok kebun atau lebih jauh dari kanal. Hal ini disebabkan posisi yang lebih dekat dengan kanal lebih dapat terkontrol kondisi drainasenya.

Terdapat korelasi antara pemberian amelioran dengan dekomposisi gambut, posisi pengamatan terhadap saluran drainase, dan beberapa unsur kesuburan tanah. Nilai unsur kesuburan sangat berfluktuasi berdasarkan: adanya perubahan kondisi tingkat dekomposisi lapisan atas (top soil) tanah gambut, dan fluktuasi cuaca atau iklim terutama curah hujan dan kondisi hidrologi dalam tanah. Dalam kondisi tertentu posisi yang lebih dekat dengan saluran (25 m dari kanal) lebih baik dalam mendukung peningkatan kesuburan tanah. Pengaruh kadar pemberian amelioran terhadap beberapa faktor di posisi lebih dekat dengan saluran mempunyai korelasi yang lebih baik.

UNSUR-UNSUR KESUBURAN TANAH GAMBUT YANG RESPONSIF TERHADAP PERLAKUAN AMELIORAN

Tanah mineral merupakan salah satu bahan yang dipergunakan sebagai amelioran untuk memperbaiki kesuburan tanah gambut. Kandungan mineral tanah gambut merupakan salah satu faktor yang menentukan



Sumber : Suratman, *et al.* (2013)

Gambar 4. Kejenuhan basa (KB) pada masing-masing lokasi pengamatan

Figure 4. Base saturation (BS) at each observation locaton

karakteristik kimia tanah gambut (Hartatik *et al.* 2011). Unsur hara tanah yang utama pada pengelolaan perkebunan kelapa sawit adalah: (1) unsur makro yakni N, P; (2) kation basa-basa tanah; serta (3) unsur hara mikro yakni Cu, Fe, Mn, dan Zn (kation dalam larutan tanah) dan B, Cl, Mo (berbentuk molekul netral). Senyawa mikro ini walaupun kecil tetapi sangat diperlukan tanaman yang ditingkatkan dengan asam humat dan fulfat yang berbentuk khelat yang dihasilkan dari dekomposisi bahan organik gambut. Khelat ini berfungsi membantu meningkatkan ketersediaan unsur hara mikro (Havlin *et al.* 1999). Unsur-unsur tersebut efektif dapat dimanfaatkan oleh tanaman kelapa sawit apabila kondisi lainnya mendukung, antara lain KB, KTK, lengas tanah, pH, kondisi unsur toksik lainnya. Selain mengetahui kadar unsur N, P, dan K yang akan ditambahkan dalam pemupukan, KB yang ditentukan oleh kandungan kation basa Ca, Mg, K, dan Na merupakan salah satu informasi penting yang diperlukan untuk menentukan perlakuan pemupukan. (Hartatik *et al.* 2011). Menurut Drissen dan Suhardjo (1976), KB sangat berkaitan pH tanahnya, semakin rendahnya basa-basa reaksi tanahnya semakin masam. Ketersediaan basa-basa dalam tanah untuk tanaman juga ditentukan oleh kondisi KTK, kandungan basa-basa yang rendah dengan KTK yang tinggi menyebabkan ketersediaan basa-basa menjadi rendah. Sedangkan KTK tanah gambut umumnya sangat tinggi (>60 cmol kg^{-1} tanah). Bahkan di saat setelah pemberian amelioran yang memacu dekomposisi menjadi lebih cepat, KTK mencapai lebih dari 175 cmol kg^{-1} tanah. Tingginya KTK ini dipengaruhi oleh muatan negatif yang sebagian besar berasal dari gugus karboksil dan hidroksi dari senyawa fenol. Asam-asam fenolat ini dihasilkan dari dekomposisi gambut yang berasal dari kayu-kayuan yang mengandung lignin tinggi. Dengan penambahan amelioran ini disamping terjadi penambahan bahan mineral juga memacu dekomposisi yang menyebabkan dinamika, baik dari pH, KB, maupun KTK yang berperan sangat penting dalam menentukan perlakuan pemupukan dan kesuburan tanah gambut. Penambahan bahan amelioran dengan dosis 60 kg pohon⁻¹ atau setara dengan 8.160 kg ha⁻¹, selama enam bulan sudah dapat menurunkan KTK tanah secara nyata dari 144,91 cmol kg^{-1} menjadi 79,00 cmol kg^{-1} . Sedangkan untuk peningkatan nilai KB,

lahan diberikan amelioran dengan dosis 100 kg pohon⁻¹ atau setara dengan 13.600 kg ha⁻¹ sudah dapat meningkatkan nilai KB secara nyata.

PERTIMBANGAN SECARA EKONOMIS PENGUNAAN AMELIORAN TANAH MINERAL

Dibandingkan bahan-bahan lainnya, penggunaan tanah mineral sebagai bahan amelioran mempunyai beberapa keuntungan:

1. Tanah mineral mudah diperoleh di sekitar kebun kelapa sawit.
2. Relatif lebih aman dan mudah dalam perlakuan/*treatment*.
3. Dampak terhadap lingkungan relatif lebih kecil dibandingkan dengan bahan-bahan yang bersifat kimiawi atau mengandung bahan kimia.
4. Relatif murah, karena tidak memerlukan perlakuan khusus, hanya perlu biaya pengangkutan dan penyebaran.
5. Perhitungan biaya dapat dilakukan dengan menggunakan asumsi berdasarkan unsur-unsur:
 - a. Biaya pengangkutan tanah dari sumber ke lokasi perlakuan.
 - b. Biaya tenaga kerja untuk mengangkat tanah, menimbang, mengusung ke areal kebun dan meratakan ke setiap pohon.
 - c. Biaya sanitasi untuk mempersiapkan lokasi pohon yang akan dilakukan perlakuan amelioran.
 - d. Jumlah pohon perlakuan amelioran dalam 1 ha adalah 136 pohon.
 - e. Dengan asumsi tersebut, maka biaya pemberian amelioran untuk setiap perlakuan dapat dihitung. Berdasarkan pertimbangan tersebut penggunaan amelioran tanah mineral merupakan salah satu cara yang praktis dalam memperbaiki manajemen lahan perkebunan kelapa sawit ditanam pada lahan gambut. Hal ini juga merupakan langkah tepat yang dipersyaratkan untuk mengkomodir Permentan 14/2009, bahwa dalam memanfaatkan lahan untuk budidaya kelapa sawit dapat dilakukan dengan memperhatikan karakteristiknya sehingga tidak menimbulkan kerusakan fungsi lingkungan (Kementan RI 2009).

KESIMPULAN DAN SARAN

Amelioran tanah mineral yang diberikan pada tanah gambut dengan tingkat dekomposisi sedang (hemik) dan matang (saprik) di lahan perkebunan kelapa sawit dalam tempo 6 bulan, dapat meningkatkan kesuburan tanah gambut yang diindikasikan oleh peningkatan nilai beberapa unsur kesuburan tanah. Pemberian amelioran pada posisi pinggir blok kebun atau lebih dekat dengan saluran drainase memberikan respon yang lebih tinggi atau lebih efektif dibandingkan dengan bagian tengah blok kebun atau lebih jauh dari saluran drainase. Hal ini disebabkan oleh kondisi drainasinya lebih mudah terkontrol sehingga kondisinya akan lebih terjaga dengan baik.

Pemberian amelioran 100 kg setiap lingkaran pohon kelapa sawit yang setara dengan 13.600 kg ha⁻¹, setelah enam bulan telah memperbaiki sifat tanah gambut secara nyata yang ditunjukkan dengan peningkatan kejenuhan basa dari 13 menjadi 24%, penurunan nilai KTK dari 150,06 menjadi 95,09 cmol 100kg⁻¹ tanah, kadar C organik dari 54,50 menjadi 24,95%, dan C/N *ratio* dari 38 menjadi 22. Agar pemberian amelioran lebih efektif maka: 1) permukaan tanah gambut di sekeliling lingkaran pohon dibersihkan dan diratakan, 2) tanah dihancurkan sedemikian rupa sehingga mudah dihampar dengan merata, 3) pemberian lebih efektif pada akhir musim penghujan untuk menghindari amelioran tererosi sebelum terjadi respon yang optimal dari tanah gambut, 4) respon yang optimal terjadi apabila kondisi kelembaban tanah gambut tetap terjaga sampai pada permukaan tanah.

DAFTAR PUSTAKA

Agus, F. dan I G.M. Subiksa. 2008. Lahan gambut: Potensi untuk pertanian dan aspek lingkungan. Balai Penelitian Tanah dan World Agroforestry Centre (ICRAF), Bogor, Indonesia.

Andriessse, J.P. 1988. Nature and management of tropical peat soil. FAO Soils Bulletin 5:5. Roma.

[CSR/FAO] Centre for Soil Research/Food and Agricultural Organization. 1983. Reconnaissance land resource surveys, 1:250.000 scale Atlas Format Procedures. AGOF/INS/78/006. Manual 4, Version 1. Centre for Soil Research, Bogor.

Driessen, P.M. 1978. Peat Soil. IRRI. Soil and rice. IRRI. Los Banos, Philippines.

----- . 2012. Peta lahan gambut di Indonesia. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.

Drissen, P.M. dan Soepraptohardjo. 1976. On the effective grain formation of sawah rice on peat. Soil Research Institute Bull. 3:20-44.

Halim, A. 1987. Pengaruh pencampuran tanah mineral dan basa dengan tanah gambut pedalaman Kalimantan Tengah dalam budidaya tanaman kedelai. Disertasi Program Pascasarjana IPB.

Hardjowigeno, S. 1996. Pengembangan lahan gambut untuk pertanian: Suatu peluang dan tantangan. Orasi Ilmiah Guru Besar Tetap Ilmu Tanah. Bogor, 22 Juni 1996. Fakultas Pertanian IPB.

Hartatik, W., I G.M. Subiksa, dan Ai Dariah. 2011. Sifat Kimia dan Fisika Lahan Gambut. Pengelolaan lahan gambut berkelanjutan. Balai Penelitian Tanah, BBSDLP, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.

Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale, dan W.L. Nelson. 1999. Soil Fertility and Fertilizers. 6th Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ. 499 p.

Hoff, J. 1987. Site location and horizon description. LT No. 1 Proyek LREP II, CSAR, Bogor.

Iriawan, N. dan S.P. Astuti. 2006. Mengolah data statistik dengan mudah menggunakan Minitab 14. CV. Andi Offset, Yogyakarta.

Maswar. 2010. Cadangan, kehilangan, dan akumulasi karbon pada perkebunan kelapa sawit di lahan gambut tropika. Disertasi Program Pascasarjana IPB.

[Kemenkumham RI] Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia Republik Indonesia. 2014. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 71 Tahun 2014 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Ekosistem Gambut.

[Kemenkumham RI] Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia Republik Indonesia. 2016. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 57 Tahun 2016 Tentang Perubahan Atas Peraturan Pemerintah Nomor 71 Tahun 2014 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Ekosistem Gambut.

[Kementan RI] Kementerian Pertanian Republik Indonesia. 2009. Peraturan Menteri Pertanian Nomor 14 Tahun 2009 (Permentan 14/2009). Tentang Pedoman Pemanfaatan Lahan Gambut untuk Budidaya Kelapa Sawit.

Kiswanto, J.H. Purwanta, dan B. Wijayanto. 2008. Teknologi budidaya kelapa sawit. Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.

Najiyati, S., L. Muslihat, dan I N.I. Suryadiputra. 2005. Panduan pengelolaan lahan gambut untuk pertanian berkelanjutan. Wetland International - Indonesia Programme.

Negra, C., D. Ross, dan A. Lanzirrotti. 2005. Oxidizing Behavior of Soil Manganese. SSSAJ. 2005. Vol. 69 No. 1. P. 87-95.

- Noor, M. 2013. Sejarah pembukaan lahan gambut untuk pertanian di Indonesia. *Dalam* Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Lahan Gambut Berkelanjutan. BBSDL, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Noor, M., M. Alwi, Mukhlis, D. Nursyamsi, dan M. Thamrin. 2013. Lahan gambut: Pemanfaatan dan pengembangannya untuk pertanian. Kanisius, Yogyakarta.
- Nugroho, K., P. Gunawan, dan I P.G. Widjaja-Adhi. 1989. Morphological features and formation of inland peat soils: Case study in Terusan, west coast of West Sumatera Province. *Pros. Pertemuan Teknis Penelitian Tanah*, Bogor. P 79-98.
- [PPT] Pusat Penelitian Tanah. 1983. Jenis dan macam tanah di Indonesia untuk keperluan survei dan pemetaan tanah daerah transmigrasi. Lampiran Term of Reference. Staf Peneliti Puslitan, Proyek Penelitian Pertanian Menunjang Transmigrasi (P3MT). No 59a/1983.
- Rioardi. 2009. Unsur hara dalam tanah (mikro dan makro). [Internet]. [diunduh 2017 Jan 23]. Tersedia pada: <https://rioardi.wordpress.com/2009/03/03/unsur-hara-dalam-tanah-makro-dan-mikro/>
- Sabiham, S. dan Sukarman. 2013. Pengelolaan lahan gambut untuk pengembangan kelapa sawit di Indonesia. *Pros. Seminar Nasional Pengelolaan Lahan Gambut Berkelanjutan*. BBSDL, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Sagiman. 2001. Peningkatan produksi kedelai di tanah gambut melalui inokulasi *Bradyrhizobium japonicum* asal gambut dan pemanfaatan bahan amelioran (lumpur dan kapur). Disertasi Program Pascasarjana, IPB.
- Salampak. 1999. Peningkatan produktivitas tanah gambut yang disawahkan dengan pemberian bahan amelioran tanah mineral berkadar besi tinggi. Disertasi Program Pascasarjana IPB.
- Sekretariat Kabinet RI. 2011. Instruksi Presiden Reublik Indonesia Nomor 10 Tahun 2011 Tentang Penundaan Pemberian Izin Baru dan Penyempurnaan Tata Kelola Hutan Alam Primer dan Lahan Gambut. Sekretariat Kabinet Republik Indonesia, Deputi Bidang Perekonomian.
- Soil Survey Staff. 1990. Key of Soil Taxonomy. Fourth edition. United States Department of Agriculture (USDA), Natural Resources Conservation Services, Washington D.C.
- . 1999. Kunci Taksonomi Tanah. Edisi kedua Bahasa Indonesia, 1999. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- . 2003. Key of Soil Taxonomy. United States Department of Agriculture (USDA), Natural Resources Conservation Services, Washington D.C.
- Subiksa, I G.M., F. Agus, Wahyunto, dan E. Ananto. 2010. Mitigasi laju kerusakan lahan pertanian di lahan gambut. Membalik kecenderungan degradasi sumberdaya lahan dan air. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Suratman, Hariyadi, dan Sukarman. 2013. Optimalisasi pengelolaan lahan gambut menggunakan amelioran tanah mineral pada perkebunan kelapa sawit di Kalimantan Tengah. Tesis Program Pascasarjana IPB
- Stevenson, F.J. 1982. Humus chemistry. Genesis, composition, reactions. John Wiley and Sons Inc. New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore.
- Syakir, M. 2016. Rehabilitasi dan pengelolaan lahan gambut berkelanjutan. Keynote Speech disajikan dalam Kongres Nasional VII Perkumpulan Masyarakat Gambut Indonesia (HGI) dan Seminar Pengelolaan Lahan Sub-optimal Secara Berkelanjutan. Bogor 26-28 Oktober 2016.
- Tan, K.H. 1993. Principles of soil chemistry. 2nd Ed. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Tim Nasional Lahan Gambut. 2006. Strategi dan rencana tindak nasional pengelolaan lahan gambut berkelanjutan.
- Usman, M., A.M.E. Faiz, and I.D. Jamal. 2008. Experimental design for scientists and engineers, First Edition. IIUM Press, Malaysia.
- Wahyunto, S. Ritung, Suparto, dan H. Subagyo. 2005. Sebaran gambut dan kandungan karbon di Sumatera dan Kalimantan 2004. Wetland International – Indonesia Programme.
- Walpole, R.E. 1995. Pengantar Statistika Edisi ke-3. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Widjaja-Adhi, I P.G. 1995. Pengelolaan tanah dan air dalam pengembangan sumberdaya lahan rawa untuk usahatani berkelanjutan dan berwawasan lingkungan. Makalah disampaikan pada pelatihan calon pelatih untuk pengembangan pertanian di daerah pasang surut Karang Agung Ulu, Sumatera Selatan, 26-30 Juni 1995.
- . 1997. Pengelolaan lahan rawa dan gambut untuk usahatani dalam pengembangan berkelanjutan dan berwawasan lingkungan. *Alami 2* (1):28-35.
- Wigena, I G.P., H. Wibowo, dan E. Husen. 2015. Karakteristik lahan, sebaran kesuburan tanah, dan optimalisasi pengelolaan lahan sawah pasang surut Pulau Mendol. *Dalam* Prosiding Semnas Sistem Informasi dan Pemetaan Sumberdaya Lahan Mendukung Swasembada Pangan. BBSDL, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.

- Yasman, I. 2016. Kontribusi komoditas HTI terhadap perekonomian nasional. Naskah disajikan dalam Kongres Nasional VII Perkumpulan Masyarakat Gambut Indonesia (HGI) dan Seminar Pengelolaan Lahan Sub-optimal Secara Berkelanjutan. Bogor 26-28 Oktober 2016.
- Zuraida. 1999. Penggunaan abu volkan sebagai amelioran pada tanah gambut dan pengaruhnya terhadap sifat kimia dan pertumbuhan jagung. Tesis Program Pascasarjana IPB.