

KERUSAKAN TANAH PADA LAHAN PERKEBUNAN DAN STRATEGI PENCEGAHAN SERTA PENANGGULANGANNYA

Soil Deterioration of Plantation Land and Strategies for Its Prevention and Handling

BARIOT HAFIF

Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar
Indonesian Industrial and Beverage Crops Research Institute
Jalan Raya Pakuwon Km 2, Parungkuda, Sukabumi, Indonesia
e- mail: hafif_bariot@yahoo.co.id

ABSTRAK

Tanah areal perkebunan Indonesia seluas 26,5 juta ha yang terdiri atas tanah mineral dan tanah gambut, rentan mengalami kerusakan. Penyebabnya antara lain pengelolaan tanah berlebihan, penggunaan tidak sesuai dengan kelas kesesuaian lahan, dan pengembalian hara tidak berimbang. Kerusakan tanah juga didorong oleh sifat alam seperti curah hujan tinggi, topografi berlereng dan erodibilitas tanah tinggi. Tujuan penulisan artikel adalah membahas berbagai indikator kerusakan tanah pada lahan perkebunan dan strategi pencegahan serta penanggulangannya. Indikator penilaian kerusakan sifat fisika, kimia dan biologi tanah mineral yang relatif baru adalah *sealing/crusting* (lapisan tanah tipis kedap air), pemadatan tanah, kandungan logam berat dan residu pestisida, dan kandungan mikroba. Sedangkan pada tanah gambut seperti perubahan simpanan karbon, tingkat respirasi, emisi gas rumah kaca (GRK), tingkat kematangan gambut, perubahan tinggi muka air, subsidensi dan kontaminasi polutan. Untuk menghindari kerusakan tanah pada lahan perkebunan, cara preventif dinilai lebih baik. Cara ini diantaranya dapat digapai dengan memaksimalkan penutupan permukaan tanah oleh kanopi. Untuk hal itu pertumbuhan tanaman harus optimal dengan menyediakan hara, air dan bahan organik yang cukup, dan memelihara stabilitas agregat dan ruang pori tanah. Cara lain adalah menerapkan pola agroforestri dan teknologi konservasi. Untuk menghindari tanah gambut dari kerusakan maka pemilihan komoditas perkebunan harus selektif diantaranya tanaman harus berkontribusi nyata dalam sekuestrasi karbon gambut, pola tataguna lahan sesuai dengan hasil penilaian kesesuaian lahan gambut, lahan merupakan kawasan budidaya, ketebalan gambut tidak >3 (tiga) meter, tanah gambut bukan kategori fibrik, dan tanah mineral di bawah gambut bukan pasir kuarsa dan tanah sulfat masam.

Kata kunci: kerusakan tanah, tanah mineral, tanah gambut, lahan perkebunan,

ABSTRACT

Indonesia's plantation area of 26.5 million ha, consisting of mineral soils and peat soils, is vulnerable to damage. The causes include excessive soil management, land use is improper to land suitability, and imbalanced nutrient returns. Soil deterioration is also driven by natural characteristics such as rainfall, topography, and soil erodibility. The purpose of this article is to discuss various indicators of soil deterioration on plantation land and strategies for their prevention and control. Indicators in the assessment of physical, chemical, and biological characteristics deterioration of mineral soils are relatively new, are sealing/crusting, soil compaction, the content of heavy metals, pesticide residues, and microbes. While in peat soils are deposits carbon, respiration rates, greenhouse gas (GHG) emissions, peat maturity, water table level, peat subsidence and pollutant contamination. Preventive measures are better to avoid damage to plantation soil. This method can be achieved, among others, by maximizing the cover of the soil surface by the canopy. For this, plant growth must be optimal by providing sufficient nutrients, water, and organic matter and maintaining the aggregates stability, and soil pore space. Another way is to apply agroforestry patterns and conservation technologies. To prevent peat soil from being damaged, plantation commodities selected should contribute significantly to the carbon sequestration of peatland and land-use patterns based on peatland suitability assessment, besides the peat soils are in cultivation areas, peat soil thickness is <3 (three) meters, the peat is not fibric and under the peat is not quartz sands and acid sulphate soils.

Keywords: soil deterioration, mineral soil, peat soil, plantation land

PENDAHULUAN

Tanah sebagai media tumbuh tanaman, seperti tanaman perkebunan sangat sulit tergantikan oleh media-media lain, kecuali dalam luasan skala kecil. Karenanya Pemerintahan Republik Indonesia mengeluarkan Peraturan Pemerintah No. 150 tahun 2000 tentang Pentingnya Pengendalian Kerusakan Tanah untuk Produksi Biomassa dan Peraturan Pemerintah No. 38 tahun 2007, tentang Pembagian Urusan Pemerintahan antara Pemerintah, Pemerintah Daerah Provinsi dan Pemerintah Kabupaten/Kota, yang isinya antara lain pemerintah pusat memberi mandat ke pemerintahan daerah, baik Provinsi ataupun Kabupaten/Kota untuk melakukan pengawasan atas pengendalian kerusakan lahan/tanah.

Di Indonesia tanah pertanian yang telah mengalami proses kerusakan pada tahun 1993 mencapai luas 18 juta ha dan dalam kurun waktu 10 tahun (tahun 2003) meningkat menjadi 23,2 juta ha (Bajadalam Wahyunto dan Dariah, 2014), dan pada tahun 2007 mencapai luas 77,8 juta ha (Kurnia *et al.*, 2010). Atmojo (2006) melaporkan bahwa deforestasi untuk budidaya tanaman telah menyebabkan kerusakan tanah hutan dan lahan seluas 56,98 juta ha (th 2000) dan meningkat sebesar 65,5% pada tahun 2003, dengan penyebab utama adalah erosi yang tidak terkendali.

Menjaga kualitas tanah tetap dalam kondisi baik bukanlah pekerjaan yang mudah. Setiap perubahan penggunaan lahan akan memacu terjadinya penurunan kualitas tanah (Karlen dan Rice, 2015). Kondisi tersebut sulit dihindari karena begitu banyak faktor lingkungan/alam yang berpengaruh secara aktif terhadap setiap perubahan kenampakan permukaan bumi. Disisilain yang paling besar pengaruhnya terhadap penurunan kualitas tanah adalah faktor antropogenik (campur tangan manusia). Dampak dari antropogenik dalam mengontrol habitat alam mulai dirasakan saat memasuki masa industrialisasi, dan pertumbuhan penduduk serta kebutuhan manusia yang terus meningkat dan indikasi itu mulai terlihat semenjak abad ke 19 (Curebal *et al.*, 2015). Sampai saat ini sekitar 85% dari permukaan bumi telah dipengaruhi oleh aktivitas manusia. Lal (2015) menambahkan

bahwa degradasi/kerusakan tanah adalah problem global pada abad ke 21 terutama di daerah tropis dan sub-tropis. Proses pengrusakan tanah yang dipercepat oleh antropogenik berpengaruh pada 500 juta ha tanah di daerah tropis.

Petunjuk cara penilaian kerusakan tanah lahan kering telah di publikasi oleh Food and Agriculture Organization (FAO) tahun 2013 dengan membagi derajat kerusakan tanah atas ringan, sedang, berat dan ekstrim (sulit direstorasi) (Liniger *et al.*, 2013). Faktor penyebab kerusakan tanah diantaranya akibat aktivitas pertanian seperti pengolahan tanah berlebihan, rotasi tanaman kurang tepat, pemindahan sisa tanaman, perumpukan berlebihan, dan penggunaan lahan hutan untuk pertanian (Karlen and Rice, 2015). Sebelumnya *International Soil Reference and Information Center (ISRIC)* (1988) telah melakukan pemetaan sebaran kerusakan sifat fisika, kimia dan biologi tanah oleh ulah manusia secara global (*Global Assessment of HumandInduced Soil Degradation*). Mengacu pada kriteria kerusakan tanah yang dikemukakan ISRIC, dan dengan sedikit modifikasi, Hafif *et al.* (1997) melakukan penilaian kerusakan tanah lahan kering di Nusa Tenggara. Kementerian Negara Lingkungan Hidup (KLNH) (2009), dibantu oleh para pakar ilmu tanah, juga telah menyusun buku petunjuk tentang pedoman teknis penyusunan peta status kerusakan tanah untuk produksi biomassa di Indonesia.

Kerusakan tanah tidak dapat dihindari juga terjadi pada lahan perkebunan. Pengelolaan lahan perkebunan secara konvensional dan atau tidak ada pengendalian erosi, penggunaan alat berat, membajak tanah berlebihan, tidak ada pengembalian bahan organik telah menyebabkan kerusakan tanah akibat hilangnya solum dan bahan organik tanah, meningkatnya aliran permukaan, dan erosi (Hobbs, 2007). Pada lahan-lahan perkebunan rakyat, cara pengelolaan konvensional mengakibatkan kerusakan tanah terjadi lebih cepat (Hafif, 2019). Di Indonesia luas lahan perkebunan rakyat mencapai 64,8% dari total luas perkebunan nasional yakni 26,5 juta ha (Badan Pusat Statistik, 2018). Kerusakan tanah pada lahan perkebunan besar swasta dan negara, lebih terkontrol dibandingkan lahan perkebunan

rakyat, karena lebih mudah akses ke penyediaan tenaga kerja, input hara, dan sumber modal (FAO, 2003). Tujuan penulisan artikel adalah membahas berbagai indikator kerusakan tanah pada lahan perkebunan dan strategi pencegahan serta penanggulangannya.

TANAH AREAL PERKEBUNAN DI INDONESIA

Komoditas perkebunan di Indonesia dikembangkan pada dua jenis tanah, yaitu tanah mineral dan tanah gambut dengan tantangan pengelolaan yang berbeda. Luas tanah yang digunakan untuk komoditas perkebunan mencapai luasan 26,5 juta ha (Badan Pusat Statistik, 2018), dengan 1,7 – 1,9 juta ha diantaranya merupakan lahan perkebunan pada tanah gambut (Sardjono, 2017). Pengelolaan komoditas perkebunan pada lahan gambut khususnya pada tanah gambut dalam mempunyai faktor pembatas yang lebih berat dibandingkan pada tanah mineral, tetapi tanah mineral masam dalam kondisi berlereng juga mempunyai faktor pembatas yang berat juga. Hasil observasi mendapatkan produktivitas kelapa sawit pada tanah gambut dangkal jauh lebih tinggi dibanding produktivitas pada tanah mineral masam (Wigena *et al.*, 2013).

Tanah Mineral

Tanah mineral adalah tanah yang terbentuk dari hasil pelapukan bahan induk oleh interaksi faktor iklim, relief, organisme dan waktu. Menurut Kauffman *et al.* (1998) tanah mineral pada areal perkebunan di bawah iklim tropik basah dikategorikan sebagai tanah-tanah *Acrisols*,

Ferralsols, atau *Podzols* dan dalam klasifikasi taksonomi tanah USDA diklasifikasikan sebagai ordo *Ultisols dan Inceptisols* (Soil Survey Staff, 2014). Sedangkan dalam klasifikasi tanah nasional diklasifikasikan sebagai Macam Podsolik dan Kambisol (Subardja *et al.*, 2014). Tanah pada lahan perkebunan umumnya mempunyai kapasitas tukar kation (KTK) rendah, kejenuhan basa (KB) rendah sampai sangat rendah, dan tinggi kandungan aluminium dapat ditukar (Al-dd) (Lal, 1997) dan kadar bahan organik yang relatif rendah (1-2%) pada kedalaman tanah 0 – 20 cm dan hanya 0,5% pada kedalaman sampai 100 cm. Permasalahan pada tanah *Acrisols (Ultisols/Podsolik)* dan *Ferralsols (Lateritik)* adalah kondisi drainase sedang sampai sangat baik, sehingga komoditas perkebunan pada musim kemarau akan sulit mendapatkan air (*available water*).

Dua ordo tanah mineral di Indonesia yang banyak digunakan untuk pengembangan perkebunan adalah *Ultisols* dan *Inceptisol* (Mulyaniet *al.*, 2009). Tanah-tanah tersebut tergolong peka sampai sangat peka terhadap erosi. Seperti dikemukakan Adimihardja (2008), tanah-tanah di daerah tropis adalah tanah yang peka terhadap erosi. Kepekaan tanah yang tinggi terhadap erosi menyebabkan tanah-tanah di daerah tropik mudah mengalami kerusakan. Kerusakan tanah di lahan perkebunan Indonesia semakin mudah terjadi karena lahan perkebunan banyak yang dikembangkan pada lahan berlereng, berbukit bahkan sampai bergunung (kemiringan > 40%). Seperti dilaporkan Subiksa *et al.* (2012) sekitar 39,5 % dari total luas lahan pertaniandan lahan perkebunan, berada pada tanah berkemiringan > 15%.

Tabel 1. Sebaran komoditas perkebunan pada berbagai jenis tanah di Indonesia

Komoditas Perkebunan	Order Tanah Utama	Luas (juta ha)
¹⁾ Karet, Kelapa sawit, Kopi Robusta, Kakao, Lada, Kelapa Dalam	Inceptisols, Ultisol, Oksisol (Taksonomi); Acrisols, Ferralsols, or Podzols (FAO)	3,7
²⁾ Teh, kopi Arabika, Kina, Kayumanis	Andisols	
³⁾ Kelapa Sawit, Kelapa Genjah, Kopi Liberika, Nenas, Pinang	Organosol / gambut	1,7 - 1,9

Sumber: ¹⁾(Susetyo and Hadi, 2012); (Wigena *et al.*, 2009); Dai *et al.* dan Hidayat *et al.* dalam Hafif (2017); (FKPR, Badan Litbang Pertanian, 2013), ²⁾(Sukarman dan Dariah, 2014); (Fiantis, Hakim and Ranst, 2005), ³⁾(Sardjono, 2017); (Hafif and Sasmita 2020)

Pada Tabel 1 disajikan komoditas-komoditas perkebunan dan jenis tanah untuk pengembangannya di Indonesia. Tanah mineral untuk pengembangan karet, kelapa sawit, kopi Robusta, kakao, lada merupakan tanah tingkat perkembangan sedang (*Inceptisols*) sampai lanjut (*Ultisols dan Oxisols*) (Soil Survey Staff, 2014). Sedangkan tanaman teh, kopi Arabika, kina dan kayu manis kebanyakan dikembangkan pada tanah *Andisols* dengan ketinggian lahan diatas 700 m dpl. Tanah *Andisols* merupakan tanah dengan tingkat perkembangan sedang (Soil Survey Staff, 2014) yang terbentuk dari bahan gelas vulkanik/allophan. Tanah ini umumnya bertekstur debu (*silt*) sehingga peka sampai sangat peka terhadap erosi (Dangler dan Swayfi dalam (Dariah *et al.*, 2004).

Tanah Gambut

Tanah gambut (Organosol) adalah suatu lahan/areal yang ditutupi oleh endapan bahan organik dengan ketebalan > 50 cm dan sebagian besar bahan belum melapuk sempurna serta kandungan C organik > 12% (Subardja *et al.*, 2014). Di Indonesia terdapat tanah gambut seluas 21 juta ha (Agus dan Subiksa, 2008). Komoditas perkebunan yang secara luas memanfaatkan tanah gambut adalah kelapa sawit dengan luasan diperkirakan mencapai 1,5 juta ha (Sukarman, 2014). Kelapa sawit merupakan komoditas perkebunan yang mampu beradaptasi baik pada tanah gambut dan bila didukung dengan pengelolaan air yang tepat dan dilakukan perbaikan stabilitas tanah gambut maka hasil kelapa sawit akan baik dan berkelanjutan (Sabiham dan Sukarman, 2012).

Saat ini kebanyakan tanah gambut telah mengalami kerusakan dan sekitar 25% dari total lahan gambut di Indonesia dikategorikan mengalami kerusakan berat dan menjadi isu lahan kritis (Wahyunto dan Dariah, 2014); (Osaki *et al.*, 2019). Tanah gambut adalah tanah yang fragile/mudah mengalami rusak karena 1) kandungan unsur hara pada tanah gambut relatif rendah sehingga produktivitas cepat menurun, dan 2) *irreversible drying* (sulit kembali basah bila mengalami kekeringan setelah di drainase), akibatnya terjadi subsidensi (volume gambut menurun) (Agus dan Subiksa, 2008). Subsidensi

juga bisa diakibatkan oleh proses dekomposisi, dan erosi. Isu lain yang terkait dengan kerusakan tanah gambut adalah isu lingkungan yang menganggap setiap pemanfaatan tanah gambut akan mengganggu peran tanah gambut sebagai simpanan karbon dunia dan juga memicu peningkatan emisi gas rumah kaca terutama CO₂.

Pada Tabel 1 disajikan beberapa jenis komoditas yang dikembangkan pada tanah Gambut yaitu kelapa sawit, kelapa genjah, kopi Liberika, nenas dan pinang.

FAKTOR PENYEBAB KERUSAKAN TANAH PERKEBUNAN

Kerusakan tanah pada lahan perkebunan secara umum disebabkan oleh dua faktor yaitu 1) antropogenik (campur tangan manusia), dan 2) sifat-sifat alam. Faktor antropogenik adalah kerusakan tanah akibat campur tangan manusia dalam mengelola habitat, sedangkan faktor alam adalah kerusakan tanah akibat sifat-sifat alami terutama unsur-unsur, kemiringan lereng, iklim dan sifat tanah yang secara umum fragil terhadap kerusakan.

Antropogenik

Faktor antropogenik mempunyai efek yang sangat besar terhadap terjadinya kerusakan tanah (Curebal *et al.*, 2015). Cara penggunaan dan pengelolaan lahan yang tidak cermat dan kurang dilandasi pemahaman pentingnya tindakan konservasi tanah dan air adalah unsur utama dalam mendorong terjadinya kerusakan tanah. Bila faktor antropogenik tersebut berada di bawah sifat-sifat alam seperti sifat curah hujan yang erosive, tanah yang peka terhadap erosi (erodibilitas tinggi), dan lahan berada pada topografi berlereng maka potensi kerusakan tanah yang terjadi besar.

Kerusakan (*deterioration*) tanah pada areal perkebunan oleh manusia didorong oleh 1) eksploitasi penggunaan tanah perkebunan yang berlebihan, seperti pemupukan yang tidak tepat dan penggunaan bahan kimia seperti pestisida dan herbisida yang melewati batas rekomendasi. Tindakan ini menyebabkan ancaman polusi, kehilangan biodiversitas dan gangguan kesehatan, 2) penyalahgunaan

tataguna lahan, seperti konversi lahan hutan dan lahan gambut ke tanaman perkebunan, 3) penggunaan lahan miring untuk perkebunan yang tidak didukung upaya konservasi tanah dan air, dan 4) tidak seimbangnya hara yang masuk dan hara yang keluar bersama hasil tanaman perkebunan, sehingga kesuburan tanah cepat menurun, dan pada akhirnya tercipta lahan-lahan kritis/rusak (Verdoodt, 2012).

Faktor antropogenik juga lebih berperan terhadap terjadinya kerusakan tanah gambut. Pendorong utama adalah drainase berlebihan diantaranya untuk penggunaan lahan perkebunan.

Melakukan drainase secara berlebihan sehingga muka air tanah gambut rendah akanberakibat terjadinya subsidensi. Melakukan pemadatan tanah gambut untuk penggunaan perkebunan kelapa sawit adalah tindakan yang juga mendorong kerusakan tanah gambut (Sari, *et al.*, 2019). Menurut Sukarman (2014) lahan gambut mengalami kerusakan (kategori terdegradasi) karena mengalami penurunan fungsi hidrologi, produksi dan ekologi. Sekitar 4,4 juta ha lahan gambut di Indonesia termasuk kategori lahan gambut terdegradasi disebabkan faktor antropogenik.

Aktivitas perkebunan lain yang mendorong terjadinya kerusakan tanah gambut adalah menjadikan tanah gambut dalam (> 3m) untuk lahan perkebunankelapa sawit dan atau mengelola lahan perkebunan pada tanah gambut kategori mentah (gambut fibrik). Seperti telah diatur didalam Peraturan Menteri Pertanian No. 14/Permentan/P.L.110/2/2009, tanah gambut yang

dapat digunakan untuk pengembangan perkebunan adalah tanah gambut area budidaya, berkedalaman < 3m, kematangan gambut kategori saprik atau hemik dan atau pada areal hutan yang telah ditetapkan untuk penggunaan lain (APL).

Sifat-sifat Alam

Curah hujan yang tinggi pada daerah tropis seperti Indonesia (60 % dari wilayah Indonesia mempunyai curah hujan 2000 - 3500 mm/tahun) adalah sifat alami utama penyebab kerusakan tanah, karena energi kinetis dan daya menghanyutkan (*erosivity*) curah hujan yang tinggi bisa menyebabkan terjadinya erosi tanah yang besar. Erosi merupakan penyebab utama kerusakan tanah di Indonesia (Sutrisno dan Heryani, 2013); (Kurnia*et al.*, 2010).

Selain curah hujan, proses kerusakan tanah juga akan semakin diperparah oleh kondisi topografi yang berlereng karena erosi berbanding lurus dengan kecuraman lereng. Di Indonesia Lahan kering seluas 61,5 juta ha, penggunaannya didominasi oleh lahan perkebunan seluas 18,5 juta ha dan khusus di daerah dataran rendah (< 700 m dpl), 39,5% adalah lahan dengan kemiringan > 15% (Subiksa *et al.*, 2012). Erosi pada lahan berlereng merupakan penyebab utama dari kerusakan tanah seluas 48,2 juta ha atau 25,1% dari luas tanah Indonesia (Wahyunto dan Dariah, 2014).

Faktor alam lain adalah tanah cenderung peka terhadap erosi (*erodibility*). Karena erosi merupakan penyebab utama kerusakan tanah mineral di Indonesia maka ditetapkan kriteria ambang batas kritis kerusakan tanah akibat erosi di dalam Peraturan Pemerintah RI No. 150 tahun 2000 (KNLH, 2009). Seperti terlihat pada Tabel 2, bahwa batas kritis kerusakan tanah mineral akibat erosi untuk tanah kedalaman < 20 cm adalah < 1 ton/ha/tahun. Sementara batas bawah > 0,1 ton/ha/tahun sebagai indikasi bahwa tanah bukanlah batu-batuan atau bahan induk yang proporsi terjadi erosinya sangat kecil, tetapi merupakan bahan induk yang sudah melapuk yang mengandung partikel pasir, debu dan liat.

Pada tanah gambut, sifat-sifat alam lingkungan sekitarnya lebih berpengaruh terhadap sifat kimia dan fisika tanah gambut

Tabel 2. Ambang kritis kerusakan tanah oleh erosi

Tebal Tanah (cm)	Ambang Kritis Kerusakan Akibat Erosi	
	Ton/ha/tahun	mm/10 tahun
< 20 cm	> 0,1 - < 1	>0,2 - < 1,3
20 - < 50	1 - < 3	1,3 - < 4
50 - < 100	3 - < 7	4 - < 9
100 - 150	7 - 9	9 - 12
>150	> 9	> 12

Sumber: Peraturan Pemerintah RI No. 150 tahun 2000 (KNLH, 2009)

seperti sifat kimia tanah gambut terkait tingkat kesuburan yaitu *eutrophic* (kesuburan tinggi), *mesotrophic* (kesuburan sedang) dan *oligorophic* (Kesuburan rendah) (Andriesse dalam Pandjaitan and Hardjoamidjojo, 1999). Namun curah hujan dengan energi kinetiknya yang menimbulkan erosi juga mendorong kerusakan tanah gambut, khususnya pada tanah gambut terbuka dengan kemiringan landai (Li *et al.*, 2018).

INDIKATOR KERUSAKAN TANAH LAHAN PERKEBUNAN

Secara umum indikator kerusakan tanah perkebunan adalah sejalan dengan indikator kerusakan tanah lahan pertanian lainnya. Untuk tanah mineral terindikasi dari kerusakan sifat fisika, sifat kimia, dan sifat biologi tanah dan demikian juga untuk tanah gambut.

Indikator Kerusakan Tanah Mineral

Beberapa indikator terjadinya kerusakan tanah lahan perkebunan antara lain; kehilangan tanah olah oleh erosi, terjadi degradasi kimia (mencakup penurunan kandungan hara), degradasi fisika seperti pemadatan tanah, terjadi salinisasi atau sodifikasi, dan degradasi biologi (penurunan kandungan mikroba tanah) (FAO, 2003). Secara lebih rinci kerusakan-kerusakan tanah mineral lahan perkebunan dapat dipilah sebagai berikut:

a. Kerusakan sifat fisika tanah

Sifat fisika tanah sangat penting artinya baik dalam kaitannya dengan fungsi tanah sebagai media tumbuh, maupun untuk keselamatan ekologi. Kerusakan fisika tanah seperti pembentukan *sealing/crusting* (lapisan tanah tipis 1 - 5 mm) pada permukaan tanah yang kedap air dan tidak berpori, mengakibatkan kapasitas infiltrasi tanah rendah. Lapisan ini terbentuk oleh daya dispersi butir hujan yang merusak struktur tanah pada kondisi tanah terbuka menjadi butiran halus, ditambah oleh hilangnya bahan organik tanah sebagai pembentuk ruang pori pada tanah oleh erosi (Verdoodt, 2012). Bila lapisan tipis ini ditemukan pada permukaan tanah mineral akan mengganggu kemampuan tanah dalam melakukan air ke lapisan tanah

bawah (infiltrasi), sehingga volume aliran permukaan meningkat dan daya simpan air tanah menurun. Lapisan ini tidak hanya meningkatkan bahaya erosi dalam merusak tanah, tetapi juga membahayakan kelangsungan hidup tanaman perkebunan akibat rendahnya kadar air tersedia di dalam tanah.

Kerusakan tanah dengan terjadinya pemadatan tanah, terindikasi dari meningkatnya BD (*bulk density*) dan menurunnya total ruang pori tanah. Istilah kerapatan pemadatan tanah (*soil packing density*) (PD) digunakan untuk menentukan tingkat potensi pemadatan tanah atau kerentanan tanah mineral untuk memadat (Verdoodt, 2012). Nilai PD (Tabel 3) berdasarkan besaran BD terukur yaitu:

$$PD = BD + 0,009C, \text{ dan } C \text{ adalah kandungan liat (\% w/w).}$$

Faktor yang berpengaruh terhadap pemadatan tanah adalah kandungan bahan organik (BO) dan air. Semakin rendah kandungan BO tanah, semakin rentan tanah terhadap pemadatan. Pemadatan yang menaikkan nilai PD tanah sampai >1,75 g/cc akan memiliki pori aerasi < 10 % bahkan sering < 5% (Verdoodt, 2012) yang berakibat pertumbuhan tanaman tidak optimal.

Pemadatan tanah juga akan meningkatkan run-off dan erosi yang akan mempercepat kerusakan tanah dan memper dangkal solum tanah. Dampak lain adalah kelembaban tanah akan menurun dan suhu tanah tidak optimal akibat hilangnya bahan pengontrol utama suhu tanah yaitu bahan organik, serta hilangnya hara-hara yang nyata mengganggu pertumbuhan tanaman. Pemadatan juga akan menurunkan aerasi di dalam tanah, dan membuat daya penetrasi akar tanaman menurun, mengakibatkan pertumbuhan akar tidak optimal

Tabel 3. Nilai PD (kerapatan pemadatan tanah) sebagai indikasi kerentanan tanah terhadap proses pemadatan

Nilai PD (g/cc)	Klas Kerentanan Tanah terhadap Pemadatan
< 1,40	Rendah
1,40 – 1,75	Sedang
>1,75	Tinggi

Sumber: (Verdoodt, 2012)

Tabel 4. Pengenalan beberapa sifat fisika tanah dan relevansinya dengan fungsi tanah sebagai media tumbuh dan keselamatan ekosistem

Sifat Fisika	Relevansi dengan Fungsi Tanah Sebagai Media Tumbuh	Kontribusi Untuk Penyelamatan Ekosistem
Berat jenis (BD) Kapasitas infiltrasi	Penetrasi akar, porosity dan aerasi, Runoff/kontrol erosi, pencucian	Produksi biomassa, siklus hara, regulasi iklim Konservasi tanah, purifikasi dan regulasi air, mitigasi banjir
Daya pegang air	Retensi dan transportasi air dan hara	Purifikasi dan regulasi air, produksi makanan, serat dan biomassa.
Kedalaman tanah olah (solum)	Volume perakaran, habitat mikroba tanah	Sekuestrasi C, regulasi iklim, produksi biomassa
Struktur/agregat tanah	Erodibilitas, retensi hara dan bahan organik, tumbuhnya tanaman	Konservasi tanah, sequestrasi C, dan produksi biomassa
Batuan permukaan	Kecepatan infiltrasi, media perakaran efektif	Konservasi tanah dan regulasi air

Sumber: (Costantini *et al.*, 2016)

Tabel 5. Pengenalan beberapa sifat kimia tanah dan relevansinya dengan fungsi tanah sebagai media tumbuh dan keselamatan ekosistem

Sifat Kimia	Relevansi dengan Fungsi Tanah Sebagai Media Tumbuh	Kontribusi Untuk Penyelamatan Ekosistem
Bahan organik	Kesuburan tanah, struktur tanah dan retensi air	Sekuestrasi C, konservasi tanah, siklus hara, purifikasi dan regulasi air, produksi biomassa.
pH	Ketersediaan hara, mobilitas dan serapan residu pestisida, perkembangan mikroba	Siklus hara, produksi biomassa.
Kapasitas tukar kation (KTK)	Pertumbuhan tanaman, ketersediaan hara	Siklus hara, produksi makanan, serat dan biomassa.
Konduktivitas elektrik/salinisasi	Potensi ketersediaan air, salinitas	Pemurnian dan regulasi air, produksi makanan dan serat.

Sumber: (Costantini *et al.*, 2016)

sehingga menurunkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Kondisi fisik tanah yang rusak akan menyebabkan berkembangnya tanah-tanah gundul (tidak produktif).

Pada Tabel 4 disajikan gambaran penting mengenai sifat fisika tanah dan relevansinya dengan fungsi tanah sebagai media tumbuh dan penyelamatan ekosistem. BD (masa/volume) tanah mineral akan meningkat bila mengalami pemadatan. BD tinggi akan menurunkan porositas dan aerasi tanah sehingga menghambat perkecambahan dan perkembangan akar. Pemadatan juga akan menurunkan kapasitas infiltrasi dan daya pegang air tanah yang berdampak terhadap fungsi tanah sebagai penyedia air, pengendali run-off dan erosi dan transportasi hara. Penurunan kedalaman solum tanah, struktur tanah rusak dan bebatuan muncul kepermukaan tanah adalah indikasi-indikasi kerusakan tanah akibat erosi, yang juga merusak

fungsi tanah sebagai media tumbuh. Akibatnya perkembangan akar tanaman, habitat mikroba, ketersediaan hara, kandungan bahan organik dan kemampuan tanah untuk infiltrasi air terganggu. Pengenalan berbagai indikator kerusakan fisika tanah tersebut dapat digunakan untuk menyusun strategi penyelamatan ekosistem, seperti

Tabel 6. Lamanya proses gangguan senyawa beracun terhadap mikroba-mikroba di dalam tanah

Senyawa Pengganggu	Lama Gangguan
¹⁾ Pembuangan serpihan minyak	>6 tahun
¹⁾ Tumpahan minyak mentah	>10 tahun
³⁾ Penebangan bersih hutan	300 tahun
⁴⁾ Pestisida	*4 – 6 minggu **2 – 16 minggu
⁵⁾ Tumpahan piridine	3 – 4 minggu
⁶⁾ Penambangan	50 – 100 tahun

Sumber: ¹⁾Segal and Manicinelli; ²⁾Sparrow and Sparrow; ³⁾McFee and Stone; ⁴⁾*Chandra; **Biedebeck et al; ⁵⁾Brand and Sims; ⁶⁾Atlas; di dalam Sims (1990)

perlunya melakukan restorasi dengan optimalisasi produksi biomassa sebagai sumber bahan organik/sekuestrasi C dan sirkulasi hara, tindakan purifikasi dan regulasi air, melakukan mitigasi banjir dan iklim, aplikasi teknologi konservasi tanah dan air, dan sebagainya.

b. Kerusakan kimia tanah

Indikasi kerusakan sifat kimia tanah seperti terjadinya perubahan pH tanah akibat asidifikasi dan atau alkalinisasi/salinisasi. Perubahan pH tanah akan mengganggu kemampuan tanah dalam menyediakan hara dan juga kemampuan tanaman mengambil hara dari tanah. Proses kerusakan tanah akibat asidifikasi seperti yang terjadi pada tanah sulfat masam yang didrainase. Oksidasi pirit menyebabkan terjadinya penurunan pH tanah secara ekstrim. Asidifikasi sebagai petunjuk kerusakan tanah juga bisa terjadi akibat penggunaan pupuk mineral, pestisida, herbisida yang tidak terkendali (Oldeman, 1992). (Karlen and Rice, 2015) mengemukakan kerusakan tanah dari indikasi perubahan sifat kimia tanah lainnya seperti hilangnya bahan organik tanah dan hara tanah dan terjadinya kontaminasi. Verdoodt(2012) menekankan bahwa kerusakan tanah akibat kemunduran sifat kimia tanah seperti kehilangan hara dan C organik, salinisasi, asidifikasidan kontaminasi oleh polutan adalah lebih banyak disebabkan oleh antropogenik.

Terdeteksinya gangguan terhadap berbagai sifat kimia tanah menjadi bahan pertimbangan dalam menyusun strategi penyelamatan ekosistem seperti perlunya tindakan sekuestrasi karbon, konservasi tanah, sirkulasi hara, pemurnian dan regulasi air, produksi biomassa,

produksi makanan dan serat dan sebagainya (Tabel 5).

c. Kerusakan biologi tanah

Kemunduran sifat biologi tanah, diantaranya menurunnya jumlah populasi dan keragaman mikroba, terindikasi oleh berkurang dan bahkan hilangnya mikro dan makro-organisme tanah seperti bakteri, rhizobia, mikoriza, cacing tanah, termit dan sebagainya. Hal ini berakibat tidak hanya menurunkan ketersediaan hara bagi tanaman karena perannya yang begitu penting dalam siklus hara (Sims, 1990), tetapi juga akan melemahkan struktur tanah karena perannya yang penting sebagai pemantap agregat tanah melalui asam-asam organik dan micelia yang mereka hasilkan untuk perekat partikel tanah. Struktur/agregat tanah yang lemah akan meningkatkan erodibilitas tanah yang membuat tanah semakin rentan mengalami kerusakan. Bentuk lain dari kerusakan biologi adalah hilang atau berkurangnya keragaman/diversitas mikroba di dalam tanah.

Faktor utama terjadinya kerusakan biologi tanah adalah masuknya senyawa beracun ke dalam tanah. Sebagaimana disajikan di dalam Tabel 6, terkontaminasinya tanah oleh serpihan minyak memerlukan waktu 6 tahun untuk mengembalikan fungsi tanah sebagai media perkembangan mikroba, bahkan diperlukan waktu yang lebih lama bila tertumpah minyak mentah. Demikian pula akibat gangguan aktivitas manusia seperti penebangan bersih hutan, aplikasi pestisida, tumpahan piridin, dan penambangan juga nyata mengganggu mikroba tanah.

Tabel 7. Pengenalan beberapa sifat biologi tanah dan relevansinya dengan fungsi tanah sebagai media tumbuh dan keselamatan ekosistem

Sifat Biologi	Relevansi dengan Fungsi Tanah Sebagai Media Tumbuh	Kontribusi Terhadap Penyelamatan Ekosistem
Respirasi tanah	Aktivitas biologi dan biomassa	Siklus hara, purifikasi dan regulasi air, purifikasi polutan
Aktivitas dehydrogenase dan Posfatase	Tingkat dekomposisi sisa tanaman dalam melepas hara Kekayaan mesofauna dan adaptasi ke habitat tanah	Siklus hara, produksi makanan, serat dan biomassa Keanekaragaman hayati

Sumber: (Costantini *et al.*, 2016)

Kerusakan tanah secara biologi dapat diidentifikasi dari pengenalan beberapa indikator atau sifat biologi tanah (Tabel 7).

Respirasi tanah adalah diantara petunjuk peranan aktivitas mikroba terhadap biomassa di dalam tanah. Indikator ini penting dikenal agar diketahui apakah mikroba tanah aktif dalam proses sirkulasi hara, pemurnian dan regulasi air dan pemurnian polutan. Demikian pula perlu dilakukan pengenalan aktivitas enzim dehydrogenase dan posfatase untuk evaluasi fungsi aktivitas mikroba tanah dalam mempercepat penyediaan hara melalui pelapukkan sisa tanaman. Aktivitas kedua enzim tersebut juga indikator dari kekayaan dan keanekaragaman mikroba di dalam tanah (Tabel 7).

Indikator Kerusakan Tanah Gambut

Tanah gambut adalah jenis tanah yang fragil (mudah rusak) karena stabilitas tanah gambut sangat rendah dan kandungan unsur hara tanah gambut juga rendah (Sabiham dan Sukarman, 2012). Berkurangnya kerapatan populasi tanaman perkebunan, terjadinya penurunan muka air tanah gambut dan gambutnya sudah kering/tidak bisa tergenang adalah di antara indikasi terjadinya kerusakan tanah gambut di lahan perkebunan.

Tanah gambut yang mengalami kerusakan diantaranya dapat diketahui melalui pengenalan sifat fisika tanah gambut seperti kandungan

serattanah gambut yang identik dengan tingkat pelapukan bahan organik tanah gambut yaitu fibrik, hemik dan saprik. Sifat lain yang juga membantu adalah pengenalan berat jenis (BD) tanah gambut yang biasanya sejalan dengan tingkat dekomposisi tanah gambut (Tabel 9) dan terjadinya subsidensi. Pemilahan serat tanah gambut atas fibrik, hemik dan saprik adalah berdasarkan kandungan serat bahan organik berukuran > 0,1 mm (Tabel 8)(Boelter, 1968).

Informasi terkait prosentase kandungan serat (fibrik, hemik dan saprik) dapat memberi banyak pemahaman terkait kerusakan dan potensi gambut sebagai media tumbuh dan penyelamatan ekosistem. Dengan mengetahui kandungan serat gambut, status kerusakan tanah gambut dapat diinterpretasi. Pada Tabel 9 disajikan hubungan serat dengan sifat-sifat gambut diantaranya terlihat semakin halus serat, semakin tinggi BD gambut, dan semakin tidak porus gambut, namun daya simpan dan pegang air cenderung meningkat dan konduktivitas elektrik menurun.

Kerusakan tanah gambut lahan perkebunan juga dapat dikenal dari perubahan sifat kimia khususnya penurunan kandungan karbon dan perubahan C/N rasio pada tanah gambut (Sienkiewicz *et al.*, 2019; Leifeld, *et al.*, 2020), menurunnya tingkat kesuburan dan meningkatnya emisi gas rumah kaca (CO₂) dari tanah gambut (Krüger *et al.*, 2015). Terjadinya erosi baik pada permukaan (erosi rill dan erosi

Tabel 8. Klasifikasi gambut berdasarkan porsi dari serat ukuran > 0,1 mm di dalam gambut

Porsi dari masa serat > 0,1 mm di dalam gambut	Klasifikasi gambut
Kurang dari sepertiga	Saprik (Pelapukan tinggi)
Sepertiga sampai duapertiga	Hemik (Pelapukan sedang)
Lebih dari duapertiga	Fibrik (pelapukan rendah)

Sumber: (Boelter, 1968)

Tabel 9. Sifat-sifat fisika penting dari gambut kategori fibrik, hemik dan saprik

Tipe gambut	BD (g/cc)	Porositas (%)	*Kofisien drainase (%)	Daya pegang air (0,1 bar H ₂ O) (%)	Konduktivitas hidroulik (10-5 cm/dt)
Fibrik	< 0,075	> 90	>42	<48	>180
Hemik	0,075 - 0,197	85 – 90	15 – 42	48 – 70	2,1 – 180
Saprik	>0,195	<85	<15	>70	< 2,1

* Jumlah air keluar dari gambut bila muka air tanah turun

Sumber: (Boelter, 1968)

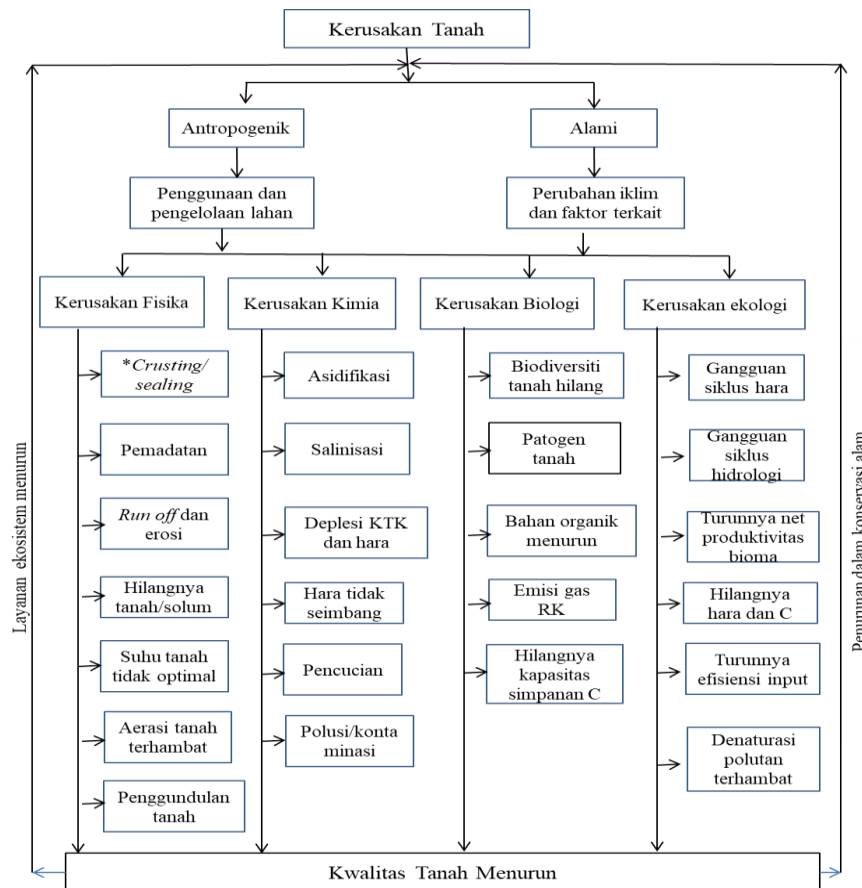
parit terjadi pada lahan gambut berkemiringan landai) dan atau erosi dibawah permukaan tanah gambut (banyak terjadi pada gambut lumut) juga indikator dari terjadinya kerusakan tanah gambut(Li *et al.*, 2018).

Tingkat gangguan/kerusakan dari tanah gambut juga dapat diinterpretasi dari keragaan teknologi pengelolaan yang telah dilakukan antara lain adanya saluran/parit drainase, terindikasi adanya penebangan pohon, ditemukan jalan *logging*, terdapat bekas pembakaran, tanah gambut terlihat kering/tidak tergenang dan ditemukannya bekas ditambang (Sukarman, 2014). Indikator dari keragaan lahan gambut tersebut semuanya akan berpengaruh terhadap ketersediaan hara, dekomposisi dan emisi CO₂ dan GRK lainnya, sifat hidrologi, subsidensi, sifat redoks dan stok karbon gambut.

PROSES KERUSAKAN TANAH

Alur kerusakan tanah akibat antropogenik dan sifat alam disajikan pada Gambar 1 (Lal, 2015). Kedua faktor penyebab kerusakan tanah tersebut baik secara sendiri-sendiri atau dalam kombinasi merusak sifat fisika, kimia, biologi dan juga ekologi tanah mineral dan tanah gambut. Kerusakan ekologi tanah oleh antropogenik dan sifat alam adalah terhadap fungsi tanah dalam siklus hara dan hidrologi, produksi biomassa, penyimpanan karbon, efisiensi input dan fungsi denaturasi polutan (Lal, 2015).

Faktor antropogenik dan sifat alam secara bersama berkontribusi terhadap kerusakan tanah baik dalam fungsi tanah sebagai media tumbuh atau dalam fungsinya untuk penyelamatan ekosistem. Kerusakan ekologi akibat faktor antropogenik dan alami dikelompokkan



Keterangan: *Lapisan tanah tipis (1-5 mm) dipermukaan tanah yang kedap air (permeabilitas dan pori rendah), sehingga resapan air (kapasitas infiltrasi) ke dalam tanah menurun
 - KTK = kapasitas tukar kation, RK = rumah kaca

Gambar 1. Proses pengrusakan sifat fisika, kimia, biologi tanah dan ekologi oleh faktor antropogenik dan alami (Lal, 2015)

tersendiri (Gambar 1) (Lal, 2015), hanya untuk menekankan bahwa selain kerusakan fisika, kimia dan biologi tanah, ada kerusakan lain yang berhubungan dengan kerusakan sifat-sifat tanah tersebut yaitu fungsi ekologi tanah. Kerusakan sifat fisika tanah akibat *sealing* (*crusting*), pemadatan dan run off adalah juga indikasi terjadinya kerusakan fungsi ekologi tanah sebagai media siklus hara, siklus air dan produksi biomassa, sebagaimana hilangnya solum tanah, suhu tanah meningkat karena kandungan bahan organik rendah, dan aerasi tanah terhambat.

Demikian pula kerusakan sifat kimia tanah seperti terjadinya asidifikasi, salinisasi, depleksi kapasitas tukar kation (KTK) dan hara, dan pencucian adalah pengrusakan fungsi tanah sebagai media tumbuh, namun juga erat hubungannya dengan kerusakan fungsi ekologi tanah untuk purifikasi dan regulasi air, penyimpanan karbon dan denaturasi polutan. Pengrusakan sifat biologi tanah seperti hilangnya biodiversitas tanah, adanya patogen tanah dan menurunnya bahan organik adalah indikasi dari penurunan kesuburan tanah (fungsi tanah sebagai media tumbuh), sementara emisi GRK dan hilangnya simpanan C merupakan kerusakan fungsi ekologi tanah untuk denaturasi polutan dan mitigasi perubahan iklim.

KRITERIA BAKU PENILAIAN KERUSAKAN TANAH

Kriteria baku penilaian kerusakan tanah yang dimaksud adalah sifat-sifat tanah mineral dan gambut yang sudah dijadikan batasan dalam penetapan suatu tanah tergolong rusak, berpotensi rusak atau tidak rusak. KNLH (2009), telah merilis suatu buku pedoman teknis penilaian kerusakan tanah untuk produksi biomassa. Bila diantara sifat-sifat dasar tanah tersebut telah melampaui batas baku kerusakan, maka fungsinya sebagai media tumbuh dan produksi biomassa dan dalam penyelamatan ekosistem akan menurun.

Di dalam bukupedoman teknis tersebut penilaian kerusakan tanah diantaranya dibatasi oleh kriteria baku kerusakan pada tanah mineral/lahan kering (Tabel 11) dan kriteria baku kerusakan sifat-sifat tanah lahan basah/gambut

(Tabel 12). Pedoman teknis penilaian kerusakan tanah tersebut, sepertinya masih dapat disempurnakan sesuai dengan peruntukan penggunaan tanah/lahan ke depan, sebagaimana penilaian tingkat kerusakan tanah pada lahan perkebunan. Untuk penilaian kerusakan tanah mineral pada lahan perkebunan, maka kriteria baku penilaian kerusakan tanah (Tabel 11) dapat ditambahkan dengan beberapa parameter penilaian lainnya seperti observasi keberadaan *crusting/sealing* (lapisan tipis kedap air), yang sifatnya berbeda dengan parameter permeabilitas (kecepatan rembesan air dalam keadaan jenuh air), kandungan karbon (C-organik) yang tidak hanya dilihat dari fungsi tanah untuk media tanam tetapi juga dalam fungsinya sebagai media simpanan C dunia, kandungan logam berat khususnya pada areal perkebunan di lahan bekas tambang dan kandungan residu pestisida. Demikian juga untuk lahan perkebunan pada tanah gambut/lahan basah, kriteria baku

Tabel 11. Kriteria baku penilaian kerusakan tanah mineral

No.	Parameter	Ambang Kritis
1.	Ketebalan solum	< 20 cm
2.	Batu permukaan	> 40 %
3.	Komposisi fraksi kasar/pasir (%)	< 18% liat ; > 80% pasir kwarsa
4.	BD	> 1,4 (g/cm ³)
5.	Total Ruang Pori (%)	< 30% ; > 70%
6.	Permeabilitas	< 0,7 ; > 8 (cm/jam)
7.	pH (H ₂ O) 1:2,5	< 4,5 ; > 8,5
8.	Daya hantar listrik	> 4,0 mS/cm
9.	Redoks	< 200 mV
10.	Kandungan Mikroba	< 10 ² cfu/g tanah

Sumber: (KNLH, 2009)

Tabel 12. Kriteria baku penilaian kerusakan tanah gambut/lahan basah

No.	Parameter	Ambang Kritis
1.	Subsidence gambut ketebalan >3 m	>35 cm / 5 tahun
2.	Subsidence gambut ketebalan <3 m	10% / 5 tahun
3.	Kedalam lapisan pirit dari permukaan tanah	< 25 cm dengan pH <2,5
4.	Kedalaman air tanah dangkal	> 25 cm
5.	Redoks untuk gambut	> 200 mV
6.	Redoks untuk tanah berpirit	> 100 mV
7.	pH (H ₂ O) 1:2,5	< 4,0 ; > 7,0
8.	Daya Hantar Listrik	> 4,0 mS/cm
9.	Kandungan mikroba	< 10 ² cfu/g tanah

Sumber: (KNLH, 2009)

penilaian kerusakan tanah (Tabel 12) perlu dilengkapi dengan beberapa parameter lainnya seperti perubahan simpanan C, tingkat respirasi, kapasitas tukar kation, emisi GRK, tingkat dekomposisi (fibrik, hemik dan saprik) dan tingkat kontaminasi oleh polutan/senyawa beracun lainnya.

STRATEGI PREVENTIF DAN PENANGGULANGAN KERUSAKAN TANAH PADA LAHAN PERKEBUNAN

Seperti dikemukakan FAO(2015) waktu untuk terjadinya kerusakan tanah sangat cepat dibanding waktu yang diperlukan untuk pembentukan tanah dan rehabilitasinya. Oleh karena itu melakukan langkah-langkah preventif agar kerusakan tanah tidak terjadi adalah lebih baik. Untuk melindungi tanah dari kerusakan, perlu pemahaman yang menyeluruh tentang kaidah-kaidah konservasi tanah dan air dan proses terjadinya kerusakan tanah. Salah satu strategi untuk tetap bisa memelihara tanah dari kerusakan adalah menggunakan lahan sesuai kapabilitas, memperbaiki praktek pengelolaan tanah dengan fokus bahan organik dan biologi tanah terpelihara, dan erosi terkendali (Karlen dan Rice, 2015).

Sebagai langkah awal untuk menghindari kerusakan tanah areal perkebunan adalah mengoptimalkan penutupan permukaan tanah oleh kanopi tanaman, sehingga tanah tidak tereksposkepermukaan. Penutupan kanopi tanaman yang baik melindungi tanah dari daya energi kinetik butir hujan yang kekuatannya mampu mendispersi struktur tanah menjadi butiran halus. Akibatnya tanah mudah terbawa erosi terutama pada lahan miring. Sementara pada lahan yang relatif datar penutupan kanopi dapat mengurangi pencucian unsur hara. Di bawah penutupan kanopi tanaman, kecepatan aliran permukaan sebagai penyebab erosi juga lebih terkendali. Memelihara kesuburan tanah secara berkesinambungan dengan menjaga ketersediaan hara, air dan bahan organik, stabilitas agregat dan aerasi tanah, akan memperbaiki keragaan tanaman perkebunan yang berdampak penutupan permukaan tanah perkebunan oleh kanopi juga lebih baik.

Langkah preventif lainnya, khususnya tanah pada lahan berlereng yaitu dengan penerapan pola agroforestri dan aplikasi teknologi konservasi tanah dan air (Sutrisno dan Heryani, 2013). Pola agroforestri lebih mudah diterapkan terhadap tanaman perkebunan yang membutuhkan naungan seperti tanaman kopi dan kakao. Pola agroforestri dengan tanaman penaung bermanfaat untuk konservasi tanah dan air (mengendalikan kecepatan aliran permukaan dan erosi). Morfologi tanaman penaung yang lebih besar juga berpengaruh baik terhadap iklim mikro (kelembaban dan suhu) di sekitar tanaman perkebunan. Kondisi iklim mikro yang baik sangat diperlukan karena perubahan iklim global khususnya kenaikan suhu dan kekeringan pada daerah tropis berpengaruh negatif terhadap produksi tanaman (Reddy dan Hodges, 2000). Perakaran yang dalam dari tanaman penaung juga akan memperkuat daya tahan tanah dari kerusakan oleh bahaya longsor (*landslide*) dan pergerakan tanah (*creep*).

Pola tanam sistem monokultur juga sebaiknya dihindari, karena aliran permukaanair limpasan yang merupakan salah satu sumber utama kerusakan tanah, terukur lebih besar di bawah tanaman perkebunan sistem monokultur kelapa sawit dan karet dibanding kebun karet dan kelapa sawit sistem polikultur dan hutan sekunder (Sunarti, 2009),.

Teknologi lain yang dinilai baik untuk melindungi tanah perkebunan dari kerusakan adalah dengan memperbanyak penggunaan bahan organik, contohnya penggunaan biochar sebagai *soil amandement*. Biochar selain memperbaiki tanah yang rusak juga dinilai bermanfaat untuk mitigasi perubahan iklim (mengurangi emisi N₂O, dan methan) (Cayuela *et al.*, 2015; Jeffery *et al.*, 2016). Penggunaan biochar dapat melindungi tanah dari kerusakan karena biochar mempunyai porositas tinggi, area permukaan yang luas, yang sangat membantu meningkatkan daya jerapan/simpanan hara dan serapan air tanah, khususnya setelah tanah dan biochar berinteraksi. Biochar juga dinilai tahan terhadap dekomposisi (dibuat dengan suhu tinggi) sehingga dapat menyimpan C lebih lama di dalam tanah dibanding penggunaan bahan

organik lain (Singhet *et al.*, 2012); (Wang *et al.*, 2017).

Untuk preservasi tanah gambut maka jenuh air pada tanah gambut, harus dibuat permanen (Page *et al.*, 2006). Sebagaimana dikemukakan Eickenscheidt *et al.* (2015) tindakan drainase dalam pengelolaan tanah gambut akan menjadi hotspot dari emisi gas rumah kaca. Penggunaan tanah gambut untuk perkebunan kelapa sawit menjadi hotspot dari emisi CO₂ sebesar 40 ton/ha/tahun. Pengelolaan air dengan mempertahankan muka air tanah gambut 60 – 80 cm pada perkebunan kelapa sawit dapat menjaga keberlanjutan perkebunan kelapa sawit dan kelestarian tanah gambut (Sari, *et al.*, 2019).

Menghindari tanah gambut dari kerusakan khususnya yang akan digunakan untuk lahan perkebunan sebaiknya dengan memilih tanaman yang telah teruji yang mampu menjaga kelestarian tanah gambut, terutama dalam menjaga peran gambut sebagai tempat simpanan karbon dunia. Salah satu tanaman perkebunan yang potensial untuk peranan tersebut adalah tanaman kopi Liberika. Hasil penelitian Hafif dan Sasmita (2020) menunjukkan pengelolaan perkebunan kopi Liberika secara baik pada tanah gambut menciptakan laju emisi CO₂ sebesar 23,7 ton CO₂/ha/tahun. Angka ini berada dalam rentang laju emisi CO₂ pada tanah gambut kondisi alami yaitu 20 – 40 ton/ha/tahun (Ministry of Environment, 2010). Tanaman kopi Liberika yang telah menghasilkan berkontribusi terhadap sequestrasi karbon tanah gambut sebesar 12,1 ton CO₂/ha/tahun melalui pengembalian kompos kulit dan cangkang buah, sementara karbon yang terangkut bersama hasil/biji hanya 1,5 ton/ha/tahun. Hasil penelitian lain memperlihatkan bahwa pengembalian kompos kulit dan cangkang buah kopi Liberika ke tanah gambut dapat mempertahankan kesuburan tanah gambut (Sofiyuddinet *et al.*, 2020).

Strategi lain untuk preservasi tanah gambut dari kerusakan adalah menggunakan hasil penilaian kesesuaian lahan untuk menentukan pola tataguna tanah gambut. Sebagai ilustrasi adalah penilaian kesesuaian tanah gambut untuk perkebunan kelapa sawit diantaranya dinilai dari kondisi drainase (tidak sesuai jika drainase terhambat), kematangan gambut (tidak sesuai

jika gambut fibrik), ketebalan gambut (tidak sesuai jika kedalaman gambut > 3 m), dan tinggi serta lama genangan (tidak sesuai jika genangan > 50 cm dan lama genangan > 14 hari) (Ritung *et al.* dalam Sukarman, 2015). Peraturan Menteri Pertanian No. 14 tahun 2009 juga telah memberi petunjuk tentang pemanfaatan tanah gambut untuk budidaya yaitu (a) tanah gambut yang telah ditetapkan sebagai lahan masyarakat/kawasan budidaya, (b) mempunyai ketebalan kurang dari 3 (tiga) meter, (c) substratum tanah mineral dan di bawah gambut bukan pasir kuarsa dan bukan tanah sulfat masam; (d) gambut mempunyai tingkat kematangan saprik (matang) atau hemik (setengah matang); dan (e) kesuburan tanah gambut tergolong eutropik. Begitu pentingnya dalam menjaga kelestarian lahan gambut bukan hanya untuk kepentingan nasional tetapi juga global maka Presiden Republik Indonesia mengeluarkan Instruksi Presiden Republik Indonesia Nomor 5 tahun 2019 yaitu Tentang Penghentian Pemberian Izin Baru dan Penyempurnaan Tata Kelola Hutan Alam Primer dan Lahan Gambut. Amanat dalam Inpres ini antara lain menghentikan pemberian izin baru untuk penggunaan lahan gambut yang berada di hutan konservasi, hutan lindung, dan hutan produksi.

KESIMPULAN

Kerusakan tanah yaitu berubahnya sifat-sifat dasar tanah sehingga melampaui kriteria baku untuk kebutuhan pertumbuhan tanaman menghasilkan biomassa, luasannya akan terus bertambah setiap tahun. Di Indonesia luas tanah yang mengalami proses kerusakan (degradasi) pada tahun 2008 mencapai luasan 77,8 juta ha dan mencapai level kritis/rusak sekitar 14 juta ha.

Tanah lahan perkebunan di Indonesia rentan mengalami kerusakan baik tanah mineral maupun tanah gambut. Faktor penyebab kerusakan utama adalah antropogenik dan sifat alam. Agar tanah lahan perkebunan terhindar dari kerusakan maka perlu mengenal berbagai indikator kerusakan dan dampaknya terhadap pertumbuhan tanaman serta lingkungan. Indikator kerusakan dapat dikenal dengan mengetahui perubahan sifat fisika, kimia dan

biologi tanah. Berbagai indikator baru kerusakan tanah tersebut terus bermunculan sesuai dengan perkembangan ilmu tanah. Seperti pada tanah mineral ditemukannya *crusting/sealing* pada permukaan tanah, indikasi sifat pemadatan tanah, kandungan logam berat dan residu pestisida, dan kandungan mikroba. Sedangkan pada tanah gambut seperti perubahan simpanan karbon, tingkat respirasi, emisi gas rumah kaca (GRK), perubahan tinggi muka air, subsidensi, tingkat kematangan gambut dan kontaminasi polutan. Pengenalan berbagai indikator kerusakan tanah tersebut bermanfaat untuk perbaikan kriteria baku dalam penilaian kerusakan tanah

Dalam menjaga kelestarian sumberdaya lahan termasuk tanah padalahan perkebunan, banyak kendala yang sulit diatasi oleh kebanyakan petani, diantaranya keterbatasan modal sehingga tingkat investasi mereka dalam upaya konservasi tanah lahan perkebunan dari kerusakan adalah rendah. Namun bagaimanapun langkah preventif untuk menghindari terjadinya kerusakan adalah lebih baik dibanding langkah perbaikan tanah yang sudah rusak karena akan memakan waktu dan biaya perbaikan yang banyak. Seperti dikemukakan Dirjen PDASHL Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan untuk merehabilitasi tanah kritis/rusak seluas 14 juta ha memerlukan waktu 48 tahun. Strategi untuk melindungi tanah lahan perkebunan dari kerusakan antara lain dengan mengoptimalkan pertumbuhan tanaman perkebunan, menjaga penutupan kanopi, mengadopsi pola agroforestri, dan selalu menjaga kualitas tanah dengan bahan pembenah. Kerusakan tanah gambut lahan perkebunan dapat dihindari dengan penggunaan lahan berpedoman pada hasil penilaian kesesuaian lahan gambut, dan pemilihan komoditas yang ramah lingkungan.

Kerusakan tanah lahan perkebunan juga dapat dihindari bila terus memberi pemahaman yang mendalam tentang bagaimana proses terjadinya kerusakan tanah dan dampaknya terhadap fungsi tanah sebagai media tumbuh dan dalam menjaga ekosistem kepada petani perkebunan, penyuluh dan pengambil kebijakan baik di daerah dan di pusat. Memperbaiki kehidupan petani perkebunan, di antaranya

dengan memberi kemudahan dalam mendapatkan modal melalui KUR, adanya asuransi, subsidi pupuk dan sebagainya, juga akan berdampak positif dalam melindungi tanah dari kerusakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adimihardja, A. (2008) 'Teknologi dan strategi konservasi tanah dalam kerangka revitalisasi pertanian 1', *Pengembangan Inovasi Pertanian*, 1(2), pp. 105–124.
- Agus, F. and Subiksa, I. G. M. (2008) *Lahan Gambut: Lahan Gambut: Potensi untuk Pertanian dan Aspek Lingkungan*. Bogor: Balai Penelitian Tanah, ICRAF.
- Atmojo, S. W. (2006) 'Degradasi lahan & ancaman bagi pertanian', *Solo Pos*.
- Badan Pusat Statistik, _ (2018) *Statistik Indonesia 2018*. Jakarta.
- Boelter, D. (1968) 'Important Physical Properties of Peat Materials', in *The 3rd International Peat Congress*. Dep. of Energy, Mines and Resources, Ottawa Canada, p. 154.
- Cayuela, M. L., Jeffery, S. and Zwieter, L. Van (2015) 'The molar H: Corg ratio of biochar is a key factor in mitigating N₂O emissions from soil', *'Agriculture, Ecosystems and Environment'*, 202, pp. 135–138. doi: 10.1016/j.agee.2014.12.015.
- Costantini, E. A. C. *et al.* (2016) 'Soil indicators to assess the effectiveness of restoration strategies in dryland ecosystems', *Solid Earth*, 7, pp. 397–414. doi: 10.5194/se-7-397-2016.
- Curebal, I., Efe, R., Soykan, A., and Sonmez, S. (2015) 'Impacts of anthropogenic factors on land degradation during the anthropocene in Turkey', *Journal of Environmental Biology*, 36(January), pp. 51–58.
- Dariah, A., Subagyo, H., Tafakresnanto, C., dan Marwanto, S (2004) 'Kepekaan Tanah Terhadap Erosi', in *Konservasi Tanah Pada Lahan Kering Berlereng*, pp. 7–19.
- Eickenscheidt, T., Heinichen, J. and Drösler, M. (2015) 'The greenhouse gas balance of a drained fen peatland is mainly controlled by land-use rather than soil organic carbon content', *Biogeosciences*, 12, pp.

- 5161–5184. doi: 10.5194/bg-12-5161-2015.
- FAO (2003) *Data sets, indicators and methods to assess land degradation in drylands*. Roma Italy.
- FAO (2015) *Global soil status, processes and trends, Status of the World's Soil Resources*.
- Fiantis, D., Hakim, N. and Ranst, E. Van (2005) 'Properties and Utilisation of Andisols in Indonesia', *JIFS*, 2(January), pp. 29–37.
- FKPR, Badan Litbang Pertanian, T. K. (2013) *Kunjungan Kerja Tematik dan Penyusunan Model Percepatan Pembangunan Pertanian Berbasis Inovasi Di Lahan Sub Optimal Kabupaten Lampung Barat*. Jakarta.
- Hafif, B. Hikmatullah, Rachman, A., dan Sukmana, S. (1997) 'Penilaian Degradasi Tanah dengan Metode ASSOD yang Dimodifikasi, Sudi Kasus Kabupaten Ngada dan Manggarai, Flores', in Kurnia, U. et al. (eds) *Pertemuan Pembahasan dan Komunikasi Hasil Penelitian Tanah dan Agroklimat*. Bogor, pp. 1–21
- Hafif, B. (2017) 'Analisis Agroekologi dan Kebutuhan Irigasi Suplemen untuk Tanaman kakao di Provinsi Lampung', *Tanaman Industri dan Penyegar*, 4(1), pp. 1–12.
- Hafif, B. (2019) 'Peduli Konservasi Tanah dan Air Tinggal Slogan? Studi Kasus Lahan Perkebunan Rakyat', *Perspekti*, 18(1), pp. 1–15.
- Hafif, B. and Sasmita, K. (2020) 'The organic carbon dynamics of peat soil under liberica coffee cultivation', in *1st International Conference on Sustainable Plantation (1st ICSP 2019)*, pp. 4–10. doi: 10.1088/1755-1315/418/1/012021.
- Hobbs, P. . (2007) 'Conservation agriculture: what is it and why is it important for future sustainable food production?', *Journal of Agricultural Science (2007)*, 145, pp. 127–137. doi: 10.1017/S0021859607006892.
- Jeffery, S., Verheijen, F.G.A., Kammann, C., and Abalos, D. (2016) 'Biochar effects on methane emissions from soils: A meta-analysis', *Soil Biology and Biochemistry*, 101, pp. 251–258. doi: 10.1016/j.soilbio.2016.07.021.
- Karlen, D. L. and Rice, C. W. (2015) 'Soil Degradation: Will Humankind Ever Learn?', *Sustainability*, 7, pp. 12490–12501. doi: 10.3390/su70912490.
- Kauffman, S., Sombroek, W. and Mantell, S. (1998) 'Soils of rainforests Characterization and major constraints of dominant forest soils in the humid tropics', in Schulte, A. and Ruhiyat, D. (eds) *Soils of Tropical Forest Ecosystems: Characteristics, Ecology and Management*, pp. 9–20. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-03649-5>.
- KNLH (2009) *Pedoman Teknis Penyusunan Peta Status Kerusakan Tanah untuk Produksi Biomassa*. Pertama. Edited by M. Hikmat et al. Kementerian Negara Lingkungan Hidup.
- Krüger, J. P. et al. (2015) 'Biogeochemical indicators of peatland degradation - A case study of a temperate bog in northern Germany', *Biogeosciences*, 12(10), pp. 2861–2871. doi: 10.5194/bg-12-2861-2015.
- Kurnia, U., Sutrisno, N. and Sungkawa, I. (2010) 'Perkembangan lahan kritis Dalam Membalik Kecenderungan Degradasi Sumberdaya Lahan', in IPB PRESS, pp. 145–160.
- Lal, R. (1997) 'Degradation and resilience of soils', *Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences* , 352, pp. 997–1010. doi: 10.1098/rstb.1997.0078.
- Lal, R. (2015) 'Restoring Soil Quality to Mitigate Soil Degradation', *Sustainability*, 7, pp. 5875–5895. doi: 10.3390/su7055875.
- Leifeld, J., Klein, K. and Wüst-Galley, C. (2020) 'Soil organic matter stoichiometry as indicator for peatland degradation', *Scientific Reports*, 10(1), pp. 1–9. doi: 10.1038/s41598-020-64275-y.
- Li, C. Grayson, R., Holden, J., and Li, P.. (2018) 'Erosion in peatlands: Recent research progress and future directions', *Earth-Science Reviews*, 185 (August), pp. 870–886. doi: 10.1016/j.earscirev.2018.08.005.
- Liniger, H., van Lynden, G., Nachtergaele, F., Schwilch, G., and Biancalani, R. (2013) *Questionnaire for Mapping Land*

- Degradation and Sustainable Land Management (QM), Lada.*
- Ministry of Environment, I. R. (2010) *Indonesia second national communication under the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). Summary for policy makers.*
- Mulyani, A., Rachman, A. and Dariah, A. (2009) 'Penyebaran Lahan Masam, Potensi dan Ketersediaannya untuk Pengembangan Pertanian', in *Fosfat Alam*. Balai Penelitian Tanah, p. 32.
- Oldeman, L. R. (1992) 'Global Extent of Soil Degradation', pp. 19–36.
- Osaki, M. Kato, T., Juslianto, A., and Foad, N. (2019) *Concept Note on "Responsible Management of Tropical Peatland"*. Madrid.
- Page, S. E. Bank, C.J., Rieley, J.O., and Wust, R. (2006) *Extent, significance and vulnerability of the tropical peatland carbon pool: past, present and future prospects, Tropical Peatlands.*
- Pandjaitan, N. dan Hardjoamidjojo, S. (1999) 'Kajian Sifat Fisik Lahan Gambut dalam Hubungan dengan Drainase untuk Lahan Pertanian', *Jurnal Keteknik Pertanian*, 13(3), pp. 87–96.
- Reddy, K Raja and Hodges, H. (2000) 'Climate Change and Global Crop Productivity', in Reddy, K.R and Hodges, H. (eds) *Biologia Plantarum*. ©CAB International 2000, pp. 1–6. doi: 10.1079/9780851994390.0000.
- Sabiham, S. and Sukarman (2012) 'Pengolahan Lahan Gambut Untuk Pengembangan Kelapa Sawit di Indonesia', *Sumberdaya Lahan*, 6(2), pp. 55–66.
- Sardjono, M. (2017) 'Pengembangan Perkebunan Kelapa Sawit: Fakta dan Peran Penting Kelapa Sawit'. Solo.
- Sari, D. A. P., Falatehan, A. F. and Ramadhonah, R. Y. (2019) 'The social and economic impacts of peat Land palm oil plantation in Indonesia', *Journal of Physics: Conference Series*, 1364(1). doi: 10.1088/1742-6596/1364/1/012017.
- Sienkiewicz, J. Porebska, G., Ostrowska, A., and Gozdowski, D. (2019) 'Indicators of peat soil degradation in the Biebrza valley, Poland', *Ochrona Srodowiska i Zasobow Naturalnych*, 30(2), pp. 41–51. doi: 10.2478/oszn-2019-0009.
- Sims, G. K. (1990) 'Biological Degradation of Soil'.
- Singh, B. P., Cowie, A. L. and Smernik, R. J. (2012) 'Biochar Carbon Stability in a Clayey Soil As a Function of Feedstock and Pyrolysis Temperature', *Environmental Science & Technology*, 46, pp. 11770–11778.
- Sofiyuddin, M., Jasnari, J. and Khususiyah, N. (2020) *Coffee-based Agroforestry as an Alternative to Improve Local Livelihoods in Peat Landscapes of Sumatra Coffee-based Agroforestry Conclusion and Recommendation*. Available at: <http://apps.worldagroforestry.org/downloads/Publications/PDFS/PO13350.pdf>.
- Soil Survey Staff (2014) *Keys to soil taxonomy, Soil Conservation Service*. Available at: http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051546.pdf.
- Subardja, D. Ritung, S., Anda, M, Sukarman, Suryani, E., dan Subandiono, R.E. (2014) *Petunjuk Teknis Klasifikasi Tanah Nasional*. 1/2014. Edited by Hikmatullah et al. Bogor: BBSDLP.
- Subiksa, I., Sukarman and Dariah, A. (2012) 'Prioritisasi Pemanfaatan Lahan Kering untuk Pengembangan Tanaman Pangan', in *Prospek Pertanian Lahan Kering Dalam Mendukung Ketahanan Pangan*, p. 394.
- Sukarman (2014) 'Pembentukan, Sebaran dan Kesesuaian Lahan Gambut Indonesia', in Nurida, N. L. and Wihardjaka, A. (eds) *Panduan Pengelolaan Berkelanjutan Lahan Gambut Terdegradasi*. 1st edn. Bogor, pp. 2–15.
- Sukarman and Dariah, A. (2014) *Tanah Andosol di Indonesia*. Edited by M. Anda, Hikmatullah, and Y. Sulaeman. Bogor: BBSDLP.
- Sunarti (2009) *Perencanaan Usahatani Karet dan Kelapa Sawit Berkelanjutan di DAS Batang Pelepat Kabupaten Bungo Provinsi Jambi*.
- Susetyo, I. and Hadi, H. (2012) 'Pemodelan Produksi Tanaman Karet Berdasarkan Potensi Klon, Tanah, dan Iklim', *Jurnal Penelitian Karet*, 30(1), p. 23. doi: 10.22302/jpk.v30i1.119.
- Sutrisno, N. and Heryani, N. (2013) 'Teknologi

- Konservasi Tanah dan Air untuk Mencegah Degradasi Lahan Berlereng', *J. Litbang Pertanian*, 32(2), pp. 122–130.
- Verdoodt, A. (2012) *Soil Degradation*. Universiteit Gent, Faculty of Bioscience Engineering, International Centre for Eremology.
- Wahyunto and Dariah, A. (2014) 'Degradasi Lahan di Indonesia: Kondisi Existing , Karakteristik, dan Penyeragaman Definisi Mendukung Gerakan Menuju Satu Peta', *Sumberdaya Lahan*, 8(2), pp. 81–93.
- Wang, D. Fonte, S.J., Parikh, S.J., Six, J., and Scow, K.M.(2017) 'Biochar additions can enhance soil structure and the physical stabilization of C in aggregates Daoyuan', *Geoderma*, 303, pp. 110–117. doi: 10.1016/j.geoderma.2017.05.027.Biochar.
- Wigena, I.G.P.,Subardja, D.dan Andriati. (2013) 'Evaluasi Kesesuaian Lahan Mineral dan Gambut untuk Peremajaan Tanaman Kelapa Sawit (Studi Kasus pada Beberapa Kebun Plasma di Provinsi Riau)', *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 7(2), pp. 77–95.
- Wigena, I.P.G., Sudradjat, Sitorus, S.R.P, dan Siregar H. (2009) 'Karakterisasi Tanah dan Iklim serta Kesesuaiannya untuk Kebun Kelapa Sawit Plasma', *Jurnal Tanah dan Iklim*, 30, pp. 1–16.