

KAJIAN KARBON DAN HARA TANAH GAMBUT AKIBAT ALIH FUNGSI LAHAN GAMBUT DI KALIMANTAN BARAT

Rossie Wiedya Nusantara¹⁾, Sudarmadji²⁾, Tjut Sugandawaty Djohan³⁾, Eko Haryono²⁾

1) Fakultas Pertanian, Universitas Tanjungpura, Pontianak, 78124

2) Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

3) Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Email : rwiedyanusantara@gmail.com

ABSTRACT

Transformation of natural forests into agricultural land, plantations and production forests can threaten the existence of the natural peatland ecosystems and impact on the environment. The peatland degradation occurs through deep drainage and uncontrolled combustion. The purpose of this study was to analyze the changes of nutrient and C-organic peat soils as a result of land conversion. The studies location is peatland in Kubu Raya District of West Kalimantan and there were five (5) types of peat, i.e. primary peat forests (PPF), secondary peat forests (SPF), shrubs (SB), an oil palm plantation (OPP) and corn-field (CF). The analysis of soil samples is in layers by N-total, P-available, K-extract, C-organic soil and ash content.

The results showed that the land conversion of natural forests into agricultural land and scrub land management has led a decrease in P-available (53.7%), K-extract (80.6%), N-total (30.9%), C-organic (4.4%) and increased levels of ash soil (81.5%). P-available of peat land on PPF was higher than SPF, OPP, SB dan CF. K-extract on PPF was higher than SB, CF, SPF, OPP. N-total in the SPF was higher than SB, PPF, OPP, SPF. C-organic PPF was higher than SPF, SB, OPP and CF. The change of the land using means changing the natural ecosystems anaerobic into aerobic thereby accelerating the decomposition process of organic matter and nutrition leaching peat soils.

Keywords: *tropical peat forests, groundwater depth, peat soil nutrition, peat soil carbon, anaerobic and aerobic conditions*

ABSTRAK

Alih fungsi hutan alami menjadi lahan pertanian, perkebunan dan hutan produksi dapat mengancam keberadaan ekosistem gambut alami dan berdampak terhadap lingkungan. Kerusakan lahan gambut terbesar terjadi melalui drainase dalam dan pembakaran tak terkendali. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis perubahan-perubahan hara dan C-organik tanah gambut akibat alih fungsi lahan. Lokasi kajian merupakan lahan gambut di Kabupaten Kubu-Kalimantan Barat dan terdapat 5 (lima) tipe gambut, yaitu hutan gambut primer (HP), hutan gambut sekunder (HS), semak belukar (SB), kebun sawit (KS) dan kebun jagung (KJ). Analisis sampel tanah meliputi Nitrogen-total, Posfor-tersedia, Kalium-dd, Carbon organik tanah dan kadar abu.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa alih fungsi lahan dari hutan alami menjadi lahan pertanian dan semak belukar dan pengelolaan lahan menyebabkan penurunan P-tersedia (53,7%), K-dd (80,6 %), N-total (30,9%), C-organik (4,4%) dan peningkatan kadar abu tanah (81,5%). P-tersedia tanah gambut pada HP lebih tinggi daripada HS, KS, KJ, SB. K-dd pada HP lebih tinggi daripada SB, HS,KJ, KS. N-total pada HS lebih tinggi daripada SB, HP, KS, KJ. C-organik pada HP lebih tinggi daripada HS, SB, KS, KJ. . Perubahan penggunaan lahan berarti merubah

ekosistem alami yang bersifat anaerob menjadi aerob sehingga mempercepat proses dekomposisi atau penguraian bahan organik dan pencucian hara tanah gambut.

Kata kunci : hutan gambut tropika, kedalaman air tanah, hara tanah gambut, karbon tanah gambut, kondisi anaerob dan aerob

PENDAHULUAN

Hutan gambut merupakan salah satu tipe lahan basah yang paling terancam keberadaannya di Indonesia karena mendapat tekanan dari berbagai aktivitas manusia. Dampak kerusakan hutan gambut berkontribusi sangat besar terhadap lingkungan seperti kehilangan karbon (C) tanah dan C yang dilepaskan ke atmosfer. Dalam kaitannya dengan perubahan iklim, lahan gambut berperan sangat penting sebagai pengaman perubahan iklim global.

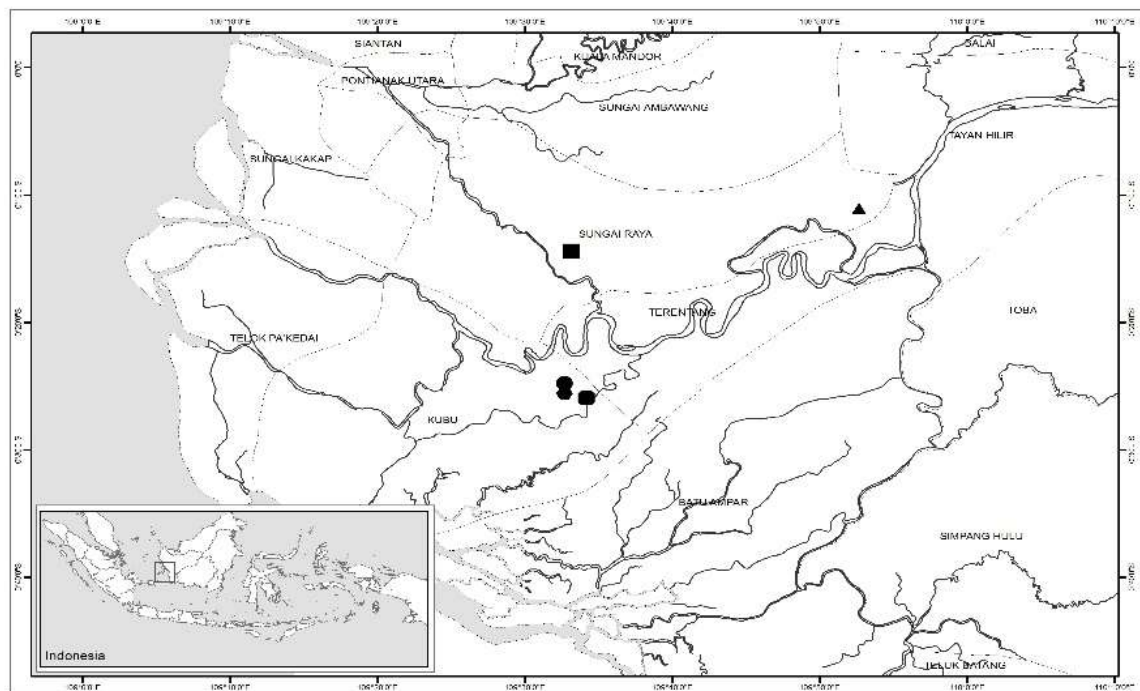
Alih fungsi hutan gambut menjadi lahan pertanian mencakup kegiatan pembuatan drainase, pembukaan lahan (*land clearing*), pembakaran dan penyiapan lahan untuk pertanaman (Radjagukguk, 2000; Rieley dan Page, 2008; Page *et al.*, 2009). Kerusakan lahan gambut terbesar terjadi melalui drainase dalam dan pembakaran tak terkendali. Saluran drainase lebar dan dalam pada lahan pertanian sebagai penyebab kehilangan air tanah dan menghasilkan muka air tanah semakin dalam pada tanah gambut. Keadaan ini diikuti dengan meningkatnya aerasi tanah dan kecepatan dekomposisi gambut, yang mengakibatkan perubahan ekosistem alami dari kondisi anaerobik menjadi aerobik dan mineralisasi bahan-bahan organik. Terjadi pengeringan yang berlebihan pada musim kemarau dengan gejala kering tak balik (*irreversible drying*) sehingga tidak mampu menyerap hara dan menahan air, pemadatan (*compaction*) tanah gambut, terjadinya penurunan muka tanah (*subsidence*) (Jauhiainen *et al.*, 2001; Handayani dan van Noordwijk, 2007; Hooijer *et al.*, 2010; Agus *et al.*, 2007; Radjagukguk, 2000; Farmer *et al.*, 2011; Berglund & Berglund, 2011).

Pembakaran lahan sebagai suatu bentuk oksidasi yang dipercepat dapat mengakibatkan hilangnya bahan organik tanah gambut, pelindian (*leaching*) hara tanah karena meningkatnya dekomposisi gambut, peningkatan emisi CO₂ tanah ke atmosfer (Andriess 1988; Radjagukguk 2000). Alih fungsi lahan ini mengakibatkan perubahan-perubahan pada sifat fisik, kimia dan biologi tanah gambut yang mempunyai watak yang khas. Perubahan cadangan C tanah gambut berarti mempengaruhi keseimbangan C global dan dinamika bahan organik tanah (Cheng *et al.*, 2006; Schroth *et al.*, 2003).

Sampai saat ini telah banyak dilakukan penelitian tentang tanah gambut, akan tetapi penelitian unsur hara dan kandungan C akibat alih fungsi hutan gambut menjadi lahan pertanian intensif dan semak belukar masih kurang. Oleh sebab itu penelitian ini difokuskan pada unsur hara dan C-organik tanah gambut pada lapisan olah tanah khususnya di lahan gambut tropika Kalimantan Barat. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis perubahan hara dan C-organik tanah gambut akibat alih fungsi lahan, meliputi N-total, P-tersedia, K-dapat dipertukarkan/K-dd.

METODOLOGI

Lokasi kajian merupakan lahan gambut di Kabupaten Kubu-Kalimantan Barat dan terdapat 5 (lima) tipe gambut, yaitu hutan gambut primer (HP), hutan gambut sekunder (HS), semak belukar (SB), kebun sawit (KS) dan kebun jagung (KJ) (Gambar 1 dan Tabel 1).



Gambar 1. Titik sampling (1-5) pada lokasi kajian hutan primer-HP (a), kebun jagung-KJ (b), kebun sawit-KS (c), hutan sekunder-HS (d), dan semak belukar-SB (e)

Tabel 1. Deskripsi lokasi kajian pada lima tipe penggunaan lahan gambut

Tipe lahan	Lokasi	Kondisi lahan
Hutan primer (HP)	Kecamatan Sungai Raya, Kabupaten Kubu Raya (16.649 m ²) S = 00°11.29' E = 109°49.46'	Pada HP terdapat jalan dan saluran drainase yang memotong Hutan Lindung Gambut Desa. Panjang dan lebar jalan sekitar 5 km dan 4 m sedangkan lebar dan jeluk saluran drainase sekitar 3,5 m dan 1,5 m dengan jeluk air saluran 1 m. Saat survey lokasi, Februari 2011, kondisi HP dalam keadaan alami dengan permukaan tanah gambut becek dan <i>water level</i> sekitar 1-2 cm. Vegetasi dominan pada lokasi yaitu Ubah (<i>Syzygium</i> spp.), Tanjan (<i>Dialium</i> spp.), Mahang (<i>Macaranga pruinosa</i>), Rengas (<i>Drmycarpus</i> spp.), Kayu malam (<i>Diospyros borneensis</i>), Kempas (<i>Koompasia mala</i>), Resak (<i>Cotylelobium</i> spp)
Hutan sekunder (HS)	Kecamatan Kubu-Kabupaten Kubu Raya (16.333 m ²) S = 00°21.70' E = 109°21.81'	Pada HS terdapat saluran drainase (sebagai pembatas hutan lindung) dengan lebar dan jeluk sekitar 1,8 m dan 1 m dengan jeluk air saluran 0,7 m. Vegetasi dominan pada lokasi yaitu Tanjan (<i>Dialium</i> spp.), Rengas (<i>Drmycarpus</i> spp.), Resak (<i>Cotylelobium</i> spp.), Bintagor (<i>Calophyllum</i> spp.), Ilas (<i>Nephelium cuspidatum</i>), Tanang (<i>Calophyllum</i> spp.)
Semak belukar (SB)	Kecamatan Kubu-Kabupaten Kubu Raya (27.414 m ²) S = 00°21.42' E = 109°21.51'	Pada SB kondisi lahan tidak seragam. Pada titik sampling 3 dan 4 terdapat hamparan batang-batang pohon bekas tebangan dan terbakar. Titik sampling lainnya berupa semak belukar. Pada lokasi terdapat vegetasi dominan tanaman pakis (<i>Diplazium esculentum</i>), pandan hutan (<i>Pandanus tectorius</i>) dan cengkodok (<i>Melastoma malabathricum</i>)
Kebun sawit (KS)	Kecamatan Kubu-Kabupaten Kubu Raya (26.299 m ²) S = 00°23.87' E = 109°22.65'	Pada KS terdapat saluran drainase yang mengelilingi blok. Lebar dan jeluk saluran drainase utama sekitar 2,8 m dan 1,5 m dengan jeluk air saluran 1 m. Lebar dan jeluk saluran kanan blok sekitar 1,5 m dan 1 m dengan jeluk air saluran 0,3 m; saluran kiri blok sekitar 2,5 m dan 1,2 m dengan jeluk air saluran 0,4 m.

		Pada lokasi terdapat pakis-pakisan sebagai tanaman penutup (<i>cover crop</i>).
Kebun jagung (KJ)	Kecamatan Rasau Jaya-Kabupaten Kubu Raya (26.680 m ²) S = 00°12.76' E = 109°23.55'	Pada KJ terdapat saluran drainase. Lebar dan jeluk saluran utama sekitar 3,8 m dan 2 m. Lebar dan jeluk saluran tersier sekitar 0,5 m dan 0,5 m dengan jeluk air saluran 0,4 m.

Tipe lahan tersebut merupakan alih fungsi HP menjadi HS dan SB melalui kegiatan penebangan vegetasi hutan dan pembakaran pada awal pembukaan lahan (sekitar tahun 1980). Penebasan dan pembakaran semak menjadi KS dan KJ yang secara rutin dilakukan setiap musim tanam.

Pengukuran dan pengambilan sampel di lapangan pada setiap lokasi kajian dilakukan pada Bulan Juli 2012. Pengambilan sampel dengan mencuplik 5 (lima) titik sampling sebagai ulangan. Sampel dari tiap strata tersebut, diambil pada lapisan olah (0 – 20 cm). Pengukuran di lapangan berupa luasan dan jeluk tanah gambut pada lokasi kajian. Pengukuran luas lahan dengan menggunakan data dari GPS (*Global positioning system*). Pengukuran jeluk tanah menggunakan bor gambut dan meteran hingga mencapai lapisan tanah mineral dimana warna tanah berwarna putih atau putih keabu-abuan (Murdiyarso *et al.*, 2004).

Sampel tanah dalam kantong sampel dikering-anginkan selama lebih kurang satu hingga dua hari. Kemudian tanah dipisahkan dari akar-akar tanaman, kerikil dan kotoran lainnya. Sampel tersebut ditimbang untuk mengetahui kadar air tanah. Setelah itu, menyiapkan sampel tanah dengan ukuran < 2mm dan < 0,5 mm dengan cara ditumbuk dan diayak sehingga sampel tanah siap untuk dianalisis. Analisis sampel tanah pada lapisan olah meliputi parameter utama, yaitu: N-total, P-tersedia, K-dd, dan C-organik tanah. Parameter penunjang yaitu kadar abu. Kadar abu tanah gambut dapat sebagai gambaran tingkat kematangan gambut dan berkorelasi negatif dengan kadar C-organik tanah gambut. Parameter penunjang tersebut digunakan

untuk mengetahui kandungan C tanah (Murdiyarso *et al.*, 2004; Page *et al.*, 2011; Agus *et al.*, 2011). Analisis kadar abu dan C-organik dengan metode pengabuan kering (*loss on ignition-LoI*) (Agus *et al.*, 2011; Maswar 2011, Farmer *et al.*, 2013):

$$\%BO = \frac{B_{105}^0 - B_{550}^0}{B_{105}^0} \times 100\% \quad (1)$$

%BO = persentase bahan organik gambut (LoI)

B₁₀₅⁰ = berat material gambut pada suhu 105⁰C

B₅₅₀⁰ = berat abu tersisa pada suhu 550⁰C

Sedangkan persentase C yang terkandung dalam tanah gambut dihitung dengan rumus :

$$\% C = \frac{1}{1,922} \times \% LoI \quad (2)$$

% C = kadar C-organik bahan gambut

% LoI = persentase bahan organik yang hilang pada proses pengabuan kering

1,922 = konstanta untuk mengkonversi nilai persen bahan organik (%BO) menjadi % C-organik

Hasil penelitian ini meliputi data kuantitatif dari parameter utama dan penunjang. Semua data ditabulasi dan disajikan dalam bentuk grafik. Data tersebut dianalisis secara deskriptif berdasarkan kecenderungan peningkatan dan penurunan setiap nilai parameter penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil

Alih fungsi lahan dari hutan alami menjadi lahan pertanian dan semak belukar dan pengelolaan lahan menyebabkan penurunan P-tersedia (53,7%), K-dd (80,6%), N-total (30,9%), C-organik (4,4%) dan peningkatan kadar abu tanah (81,5%). P-tersedia tanah gambut pada HP lebih tinggi daripada HS, KS, KJ, SB. K-dd pada HP lebih tinggi daripada SB, HS, KJ, KS. N-total pada HS lebih tinggi daripada SB, HP, KS, KJ. C-organik pada HP lebih tinggi daripada HS, SB, KS, KJ (Gambar 2).

2. Pembahasan

Nilai N-total, P-tersedia dan K-dd tanah gambut pada lokasi kajian di kawasan hutan (HP dan HS) menunjukkan kecenderungan lebih tinggi dibanding kawasan lahan pertanian (KS dan KJ) dan semak belukar (SB). Hal ini sesuai dengan temuan Westman & Laiho (2003) bahwa hara tanah cenderung menurun, berturut-turut dari tipe kaya tanaman (*Herb-rich type- HrT*), tipe *Vaccinium myrtillus* 1 dan 2 (MT1 dan MT2), tipe *Vaccinium vitis-idaea* 1 dan 2 (VT1 dan VT2) dan tipe semak (*Dwarf-shrub type-DsT*). Pada hutan rawa gambut tidak terganggu (*undisturbed tropical peat swamp forest*) dan hutan gundul (*logged forest*) terjadi penurunan N-total dan P-total sebesar berturut-turut 17,7% dan 35,0% (Satrio *et al.*, 2009). Perbedaan kadar N tanah terjadi pula dimana kandungan N tanah pada permukaan lapisan organik dari tempat terbakar baru nyata lebih rendah daripada tempat terbakar lama (Smith *et al.*, 2000).

Penurunan hara tanah gambut tersebut berkaitan dengan pembukaan hutan rawa gambut berupa penebangan dan pembakaran vegetasi, pembuatan drainase, pengelolaan lahan untuk lahan pertanian. Kehilangan hara kebanyakan dihubungkan dengan kebakaran lahan melalui volatilisasi dan perpindahan partikel abu oleh angin dan air (Prescott *et al.*, 2000). Perubahan vegetasi karena alih fungsi lahan

menimbulkan adanya celah antara tajuk vegetasi. Kondisi ini akan meningkatkan proses pencucian (*leaching*) hara karena air hujan tidak dapat ditahan oleh tajuk. Kanal-kanal drainase dapat menyebabkan terjadinya pemadatan tanah yang digambarkan oleh peningkatan BD tanah gambut. Pada lokasi penelitian, peningkatan BD mencapai 9,4% (HP dan SB) (Nusantara *et al.*, 2014). Selain keberadaan drainase, pemadatan tanah dapat terjadi karena pengelolaan lahan pertanian dan pemupukan yang mempengaruhi kelarutan hara dalam larutan tanah. Hara yang bersifat mobil sangat mudah larut dalam air dan keluar dari sistem perakaran. Kesemua aktivitas dalam perubahan penggunaan lahan gambut dapat meningkatkan kecepatan dekomposisi dan mineralisasi bahan organik tanah, namun berbahaya dalam aspek lainnya seperti peningkatan emisi CO₂ dan mineralisasi N yang mungkin menyebabkan kekurangan unsur hara lainnya seperti P dan K (Prescott *et al.*, 2000).

Bertolak belakang dari penelitian ini, temuan Li *et al.* (2006) pada lahan kontrol dan perlakuan pemupukan menunjukkan peningkatan unsur N -total, P-total dan K sebesar 51,7%, 48,8% dan 55,9%. Pendapat yang sama dikemukakan oleh Anshari *et al.* (2010) bahwa terjadi peningkatan N-total pada kebun sawit (15-20 tahun) dibanding hutan gambut pantai (*coastal peat forest*) sebesar 53,9%. Ketersediaan N ini dipengaruhi oleh pemupukan (N,P,K) yang dapat meningkatkan kecepatan dekomposisi bahan organik tanah dan aktivitas mikrobial.

Kadar abu tanah gambut mengindikasikan kandungan mineral dalam tanah yang berkorelasi negatif dengan kadar C-organik. Kadar abu pada penelitian ini menunjukkan peningkatan sebesar 81,5% (Tabel 2).

Tabel 2. Persentase abu pada penggunaan lahan Hutan Primer (HP), Hutan Sekunder (HS), Semak Belukar (SB), Kebun Kelapa Sawit (KS) dan Kebun Jagun (KJ)

Penggunaan Lahan	Kematangan	Abu (%)
Hutan Primer (HP)	Sapric	0.4
	Hemic	0.0
	Fibric	0.0
Hutan Sekunder (HS)	Sapric	2.3
	Hemic	1.4
	Fibric	1.0
Semak Belukar (SB)	Sapric	2.0
	Hemic	2.0
	Fibric	1.0
Kebun Sawit (KS)	Sapric	3.6
	Hemic	2.4
	Fibric	1.4
Kebun Jagung (KJ)	Sapric	5.6
	Hemic	2.4
	Fibric	2.2

Peningkatan kadar abu tanah berhubungan dengan proses dekomposisi bahan organik tanah. Peningkatan kadar abu pada lapisan atas lahan yang terdrainase berasal dari berkurangnya bahan organiknya karena proses dekomposisi (Usuga *et al.* 2010). Selain itu disebabkan karena kebakaran lahan yang diikuti oleh peningkatan akumulasi abu.

Kawasan hutan (HP dan HS) memiliki kadar C-organik dan kandungan C tanah gambut lebih tinggi dibandingkan lahan semak dan olahan (SB, KS dan KJ), dengan perbedaan berturut-turut sebesar 4,4% dan 0,15%. Hasil penelitian yang sama ditunjukkan oleh Hergoualc'h & Verchot (2011) bahwa perubahan penggunaan lahan menyebabkan penurunan simpanan C dari hutan rawa gambut asli (*virgin peat swamp forest*) menjadi hutan gundul (*logged forest*), hutan terbakar (*fire-damaged forest*), semak dan tanaman campuran (*mixed croplands and shrublands*), sawah (*rice field*), kebun sawit (*oli palm*) dan kebun akasia (*plantation Acacia*), berturut-turut sebesar 53,2%, 69%, 92,9%, 97,8%, 85,6%, 87,3%. C-organik dan bahan organik tanah mengalami penurunan sebesar 4,66% dan 4,67% dari hutan tidak terganggu (*undisturbed forest*) dan hutan

gundul (*logged forest*) (Satrio *et al.*, 2009) sedangkan penurunan sama sebesar 1,13% dan 1,13% dari hutan sebelum ditebang (*before timber harvesting*) dan hutan ditebang (*after timber harvesting*) (Salimin *et al.*, 2010).

Perubahan penggunaan lahan jangka panjang menghasilkan perbedaan dalam kuantitas dan komposisi bahan organik tanah. Hasil penelitian yang sama diungkapkan oleh Del Galdo *et al.* (2003) bahwa penggunaan lahan pertanian dapat menurunkan C-organik tanah sebesar 48% pada permukaan tanah (10 cm) dan hanya 3% pada permukaan lebih dalam. Qiming *et al.* (2003), Firdaus & Gandaseca (2010), Satrio *et al.* (2009) melaporkan bahwa bahan organik tanah pada hutan (*forestland*) lebih tinggi dibanding lahan pertanian (*farmland*), penurunannya sebesar berturut-turut 87%, 1% dan 4,7%. Perubahan penggunaan lahan disertai dengan aktivitas pengelolaan lahan mengakibatkan peningkatan aktivitas mikrobial dan ketersediaan hara tapi menurunkan bahan organik stabil dari pemberian pupuk anorganik, proteksi fisik bahan organik tanah dalam agregat mungkin dipengaruhi pengolahan tanah (Qiming *et al.*, 2003), aerasi tanah lebih tinggi selama dan setelah pengolahan lahan mungkin menyebabkan pemecahan sisa-sisa organik dan karenanya mendorong dekomposisi bahan organik oleh mikrobial (Brady & Weil, 2007).

Faktor lingkungan seperti penyinaran matahari, suhu dan muka air tanah pada kawasan hutan, menyebabkan laju dekomposisi bahan organik berlangsung alami, sebaliknya pada lahan pertanian laju dekomposisi berlangsung cepat karena adanya pengelolaan lahan. Proses pengolahan cenderung merusak agregat tanah menyebabkan tanah padat yang ditunjukkan dengan peningkatan BD, 11,8%, 25%, 33,3% (Satrio *et al.*, 2009; Anshari *et al.*, 2010; Firdaus & Gandaseca, 2010) dan penurunan porositas 5,5%

Firdaus & Gandaseca, 2010) dan kadar air tanah 4,9% (Anshari *et al.*, 2010).

Faktor kehilangan sebagian bahan organik akibat terbawa erosi dan aliran permukaan dapat pula menjelaskan penurunan kandungan C tanah pada lahan olahan. Kehilangan C-organik akibat erosi dan aliran permukaan pada kebun kakao dan jagung, berturut-turut 353,30 dan 282,82 kg ha⁻¹; 27,44 dan 25,45 kg ha⁻¹. Kehilangan ini lebih tinggi dibandingkan pada tipe hutan yaitu 24,31 dan 11,32 kg ha⁻¹ (Monde *et al.*, 2008). Pengamatan yang sama juga dilakukan oleh Laskar *et al.* (2012). Dampak aktivitas pertanian terhadap kandungan C, lapisan 2-50 cm mempunyai kandungan C lebih rendah dibanding >50 cm, penurunannya hingga mencapai 50%.

Uraian-uraian di atas menggambarkan bahwa perubahan penggunaan lahan dari hutan rawa gambut primer yang disertai pembuatan saluran drainase dan pengolahan lahan intensif berarti merubah ekosistem alaminya yang bersifat anaerob. Hasil penelitian di lokasi kajian, memperlihatkan perubahan kedalaman muka air tanah (*water-table depth*) dangkal pada HP dan HS (32,1 cm dan 47,2 cm), menjadi dalam pada SB, KS dan KJ (57,6 cm, 56,2 cm, 50,8 cm) (Nusantara *et al.*, 2014). Kondisi lahan gambut terdrainase dan teraerasi baik menyebabkan laju dekomposisi material gambut meningkat.

KESIMPULAN

Perubahan penggunaan lahan dari hutan rawa gambut menjadi lahan pertanian dapat merubah karakteristik gambut alami. Kawasan hutan (HP dan HS) cenderung memiliki hara dan C-organik tanah lebih tinggi daripada kawasan budidaya (KS dan KJ) dan semak (SB). Penurunan tersebut berkaitan dengan pembukaan hutan rawa gambut (penebangan dan pembakaran vegetasi), pembuatan drainase, pengelolaan lahan untuk lahan pertanian. Perubahan penggunaan lahan berarti merubah ekosistem alami yang bersifat anaerob

menjadi aerob sehingga mempercepat proses dekomposisi atau penguraian bahan organik dan pencucian hara tanah gambut.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F., Hairiah, K., & Mulyan, A. 2011. *Pengukuran cadangan karbon tanah gambut: petunjuk praktis*. World Agroforestry Centre- (ICRAF), SEA Regional Office dan Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian (BSDLP), Bogor, Indonesia. 58p
- Agus, F., Suyanto, Wahyunto, & van Noorwijk, M. 2007. *Educing emissions from peatland deforestation and degradation: carbon emission and oppprtunity costs*. Di dalam: International Symposium and Workshop on Tropical Peatland. Yogyakarta 27-31 Agustus 2007.
- Andriesse, J.P. 1988. *Nature and Management of tropical peat soil*. Soil resources management and conservation service, FAO Land and Water Development Division. FAO. Rome. 50-55p.
- Anshari, G.Z., Afifudin, M., Nuriman, M., Gusmayanti, E., Arianie, L., Susana, R., Nusantara, R.W., Sugardjito, J., & Rafiastanto, A. 2010. *Drainage and land use impacts on change in selected peat properties and peat degradation in West Kalimantan Province, Indonesia*. Biogeosciences 7:3403-3419.
- Berglund, O., & Berglund, K., 2011. *Influence of Water Table Level and Soil Properties on Emisssions of Greenhouse Gases from Cultivated Peat Soil*. Soil Biology & Biochemistry 43:923-931.
- Brady, N.C., & Weil, R.R. 2007. *The nature and propeties of soils*. 14th Edn., Prentice Hall, USA., ISBN:10:0873718615, pp:980.

- Cheng, X., Luo, Y., Chen, J., Lin, G., Chen, J., & Li, B. 2006. *Short-term C plant Spartina alterniflora invasions change the soil carbon in C3 plant-dominated tidal wetland on a growing estuarine Island*. Soil Biology & Biochemistry **38**:3380-3386.
- Del Galdo, I., Six, J., Peressottis, A., & Cotrufo, M. F. 2003. *Assessing the impact of land-use change on soil C sequestration in agricultural soils by mean of organic matter fractionation and stable C isotopes*. Global Change Biology **9**:1204-1213.
- Farmer, J., Matthews, R., Smith, J.U., Smith, P., & Singh, B.K., 2011. *Assessing Existing Peatland Models for Applicability for Modelling Greenhouse Gas Emissions from Tropical Peat Soils*. Current Opinion in Environmental Sustainability **3**:339-349.
- Farmer, J., Matthews, R., Smith, P., Langan, C., Hergoualc'h, K., Verchot, L., dan Smith, J.U., 2013. *Comparasion of methods for quantifying soil carbon in tropical peats*. Geoderma, xxx: xxx-xxx (Articles in Press).
- Firdaus, M.F., & Gandaseca, S. 2010. *Effect of converting secondary tropical peat swamp forest into oli palm plantation on selected peat soil physical properties*. American Journal of Environmental Sciences **6**(4):402-405.
- Handayani, E., & van Noordwijk, M. 2007. *Carbondioxide (CO₂) and methene (CH₄) emission on oil palm peatland with various peat thickness and plant age*. <http://groups.google.co.id> (25 Agustus 2007).
- Hergoualc'h, K., & Verchot, L.V., 2011. *Stocks and Fluxes of Carbon Associated with Land Use Change in Southeast Asia Ttropical Peatlands: A review*. Global Biogeochemical Cycles **25**: 1-13.
- Hooijer A., Page, S., Canadell, J.G., Kwadijk, J., Wösten, H., & Jauhiainen, J. 2010. *Current and future CO₂ emissions from drained peatland in Southeast Asia*. Biogeosciences **7**: 1505-1514.
- Jauhiainen, J., Heikkinen, J., Martikainen, P.J., & Vasander, H. 2001. *CO₂ and CH₄ fluxes in pristine peat swamp forest and peatland converted to agriculture in central Kalimantan, Indonesia*. International Peat Journal **11**: 43-49.
- Monde, A., Sinukaban, N., Murti Laksono, K., & Pandjaitan, N. 2008, *Dinamika karbon (C) akibat alih guna lahan hutan menjadi pertanian*. J. Agroland **15**(1): 22-26 Maret 2008.
- Murdiyarso, D., Rosalina, U., Hairiah, K., Muslihat, L., Suryadiputra, I.N.N., & Jaya, A. 2004. *Petunjuk lapangan: Pendugaan cadangan karbon pada lahan gambut*. Proyek Climate Change, Forests and Peatlands di Indonesia, Wetlands International- Indonesia Programme and Wildlife Habitat Canada. Bogor, Indonesia.
- Nusantara, R.W., Sudarmadji, Djohan, T.S., & Haryono, E., 2014. *The plant litterfall and biomass characters as the effect of peat swam forest change in West Kalimantan*. Disertasi. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Page, S.E., Hoscilo, A., Wösten, H., Jauhiainen, J., Silvius, M., Rieley, J., Ritzema, H., Tansey, K., Graham, L., Vasander, H., & Limin, S. 2009. *Restoration ecology of lowland tropical peatlands in Southeast Asia: Current knowledge and future research directions*. Ecosystems **12**: 888-905.
- Page, S., Rieley, J., & Banks, C.. 2011. *Global and regional importance of the tropical peatland carbon pool*. Global Change Biology **17**:798-819.
- Prescott, C.E., Maynard, D.G., & Laiho, R. 2000. *Humus ini nothernforest: friend*

- or foe? *Forest Ecology & Management* **133**: 33-26.
- Qiming L., Shijie, W., Hechun, P., & Ziyuan, Q. 2003. The variation of soil organic matter in a forest-cultivation sequence traced by stable carbon isotopes. *Chinese Journal of Geochemistry* **22**:83-87.
- Radjagukguk, B. 2000. Perubahan sifat-sifat fisik dan kimia tanah gambut akibat reklamasi lahan gambut untuk pertanian. Dalam. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan* **2(1)**: 1-15.
- Rieley, J.O., & Page, S.E. 2008. Carbon budget under different land uses on tropical peatland. Di dalam: *Future of Tropical peatlands in Southeast Asia as Carbon pools and sinks*. (eds). J.O. Rieley, C.J. Banks and S.E. Page.
- Salimin, M.I., Gandaseca, S., Ahmed, O.H., & Majid, N. M.A. 2010. Comparison of selected chemical of peat swamp soil before and after timber harvesting. *American Journal of Environmental Sciences* **6(2)**: 164-167.
- Satrio, A.E., Gandaseca, S., Ahmed, O.H., & Majid, N.M.A. 2009. Effect of logging operation on soil carbon storage of a tropical peat swamp forest. *American Journal of Environmental Sciences* **5(6)**:748-752.
- Schroth, G., Vanlauwe, B., & Lehmann, J. 2003. Soil organic matter. Di dalam: *Trees, crops and soil fertility (Concepts and research methods)*, G. Schroth and F.L. Sinclair (eds). CABI Publishing. London.
- Smith, C.K., Coyea, M.R., & Munson, A.D., 2000. Soil carbon, nitrogen and phosphorus stocks and dynamics under disturbed black spruce forests. *Ecol. Appl* **10**:775-788.
- Usuga, J.C. L., Toro, J. A. R., Alzate, M. V. R., de Jesus Lema Tapias, A. 2010. Estimation of biomass and carbon stocks in plants, soil and forest floor in different tropical forests. *Forest Ecology and Management* **260**: 1906-1913.