

## CADANGAN, KEHILANGAN, DAN AKUMULASI KARBON PADA PERKEBUNAN KELAPA SAWIT DI LAHAN GAMBUT TROPIKA<sup>1)</sup>

Maswar<sup>2)</sup>, Oteng Haridjaja<sup>3)</sup>, Supiandi Sabiham<sup>3)</sup>, Meine van Noordwijk<sup>4)</sup>

### ABSTRACT

Peat land conversion to oil palm plantation affects carbon stocks and can change a net sink of atmospheric carbon (C) into a net source. The influence of location, type of peat, drainage practices and fertilization is insufficiently known. A study was conducted in West Aceh from May 2008 until October 2009 in oil palm plantations of various age. Carbon stocks and C loss were calculated from data of bulk density (BD), ash content, carbon content, and peat depth. A new method for C loss estimates using ash as internal tracer was developed and tested. Peat land characteristics after drainage and conversion to oil palm plantation were investigated by field observation and laboratory analysis of peat soil samples in the laboratory. Results showed that: 1) Distance from the drain influences the rates of: a) water table depth, b) subsidence, with rates of 1,1 to 9,2 cm/year and 22.67 – 57.23% influence of C loss, and c) soil carbon loss. 2) Ash content and bulk density of the peat are related, indicating the partial loss of soil C during compaction. 3) An “internal tracer” estimate of peat C loss yields estimates of CO<sub>2</sub> flux up to 48 t CO<sub>2</sub>-eq ha<sup>-1</sup> y<sup>-1</sup> for young oil palm, highly correlated with measured rates of subsidence of the surface and water table depth. 4) Patterns of weight loss of surface litter, measured in litter bags, respond to inherent quality (C/N). Some data for oil palm on shallow peat suggest that a net sink for C can be maintained under such conditions.

*Key words: Carbon stock, carbon loss, carbon accumulation, oil palm, tropical peat.*

<sup>1)</sup> Bagian dari disertasi Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor

<sup>2)</sup> Mahasiswa S.3 pada Program Studi Ilmu Tanah, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor

<sup>3)</sup> Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor

<sup>4)</sup> Principal soil ecologist in World Agroforestry Center (ICRAF)

### PENDAHULUAN

Saat ini hubungan antara isu-isu tentang karbon dengan pengelolaan lahan gambut menjadi semakin penting dan telah menjadi pusat perhatian dunia. Hal ini berkaitan erat dengan peranan ekosistem gambut dalam perbaikan atau penurunan kualitas lingkungan global. Luas lahan gambut dunia hanya 3% dari luas permukaan bumi yakni sekitar 400 juta hektar (Joosten dan Clarke, 2002), namun menyimpan karbon yang sangat besar yakni diperkirakan sebanyak 550 Gton, atau setara dengan 75% dari seluruh karbon di atmosfer (Alex dan Joosten, 2008). Khusus untuk Indonesia, memiliki luas lahan gambut ketiga terluas di dunia setelah Rusia dan Canada yakni sekitar 265.500 km<sup>2</sup>, jumlah ini lebih dari setengah luas lahan gambut

tropika (Joosten, 2009). Berdasarkan data kondisi tahun 2008, gambut Indonesia menyimpan karbon ke-tiga terbesar di dunia setelah Rusia dan Canada yakni 54.016 Mton (Joosten, 2009). Mengingat cadangan karbon yang besar pada lahan gambut sedangkan ekosistemnya sangat rapuh, maka apabila tidak dikelola dengan baik akan menyebabkan kehilangan karbon yang banyak, terutama dalam bentuk gas metan (CH<sub>4</sub>) dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) ke atmosfer sehingga semakin meningkatkan emisi gas rumah kaca (GRK).

Meski memiliki fungsi strategis, konversi hutan gambut telah terjadi beberapa dekade terakhir dan masih terus berlangsung sampai sekarang. Sebagai gambaran, besarnya konversi lahan gambut dunia dapat dilihat dari laporan Alex dan Joosten (2008) yaitu 65 juta hektar luas

lahan gambut dunia telah didrainase dan telah mengemisikan CO<sub>2</sub> sebanyak 3 Gt per tahun. Khusus untuk Indonesia, selama periode 1985 – 2000 sebanyak 20% atau rata-rata sebesar 1,3% per tahun hutan gambut alami telah ditebang dan/atau dikonversi untuk penggunaan lain (Hooijer *et al.*, 2006). Hal ini salah satunya adalah diperuntukkan untuk perluasan perkebunan kelapa sawit. Menurut data konsesi yang ada di Indonesia, menunjukkan bahwa 27% (28.009 km<sup>2</sup>) dari luas area konsesi untuk kelapa sawit berada pada lahan gambut (Hooijer *et al.*, 2006). Untuk memproduksi 1 ton minyak sawit mengemisikan 10 – 30 ton CO<sub>2</sub> (Hooijer *et al.*, 2006).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengestimasi jumlah cadangan, kehilangan, dan akumulasi karbon serta emisi gas rumah kaca (CO<sub>2</sub>) pada perkebunan kelapa sawit di lahan gambut.

## METODE PENELITIAN

### Waktu dan Lokasi penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei 2008 sampai bulan Agustus 2009. Lokasi penelitian, pada perkebunan kelapa sawit rakyat di desa Suak Raya, kecamatan Johan Pahlawan dan desa Cot Gajah Mati, kecamatan Arongan Lambalek, Kabupaten Aceh Barat, serta desa Suak Puntong, kecamatan Kuala, Kabupaten Nagan Raya, Propinsi Nanggroe Aceh Darussalam.

Penelitian ini merupakan kegiatan pengamatan di lapangan (*observational exploratory*) yaitu melakukan diterminasi kasus pada lahan gambut yang didrainase untuk tanaman kelapa sawit dan analisa sampel tanah di laboratorium.. Sebanyak lima lokasi dengan perbedaan umur tanaman kelapa sawit dipilih sebagai tempat

dilaksanakannya kajian, disajikan dalam Tabel 1. Pengambilan data pada masing-masing areal kajian dilakukan dalam satu transek yang dibuat tegak lurus dengan saluran drainase. Pada masing-masing transek dilakukan pengamatan dan pengambilan sampel tanah di lima titik, yaitu mewakili lokasi dekat sampai jauh dari saluran drainase.

### Pengamatan cadangan karbon

Untuk menduga cadangan karbon gambut diperlukan data Bulk Density (BD), kandungan karbon (%C), dan ketebalan gambut. Ketebalan gambut diukur dengan cara menusukkan bor gambut ke dalam lapisan gambut hingga mencapai lapisan tanah mineral. Sampel tanah gambut diambil dengan bor gambut tipe setengah silinder (volume 500 cm<sup>3</sup>). Pengambilan sampel adalah pada setiap interval 50cm peningkatan kedalaman lapisan gambut. Material gambut yang diambil dengan bor dimasukkan ke dalam kantong plastik untuk dianalisa di laboratorium nilai BD, kadar abu dan kadar karbonnya.

BD dihitung dengan cara membagi berat tanah gambut kering dengan volumenya (gr cm<sup>-3</sup>). Kadar abu dan bahan organik, ditentukan dengan metoda *Lost on Ignition (LOI)*. yaitu dengan cara membakar sekitar 2 gram sampel tanah gambut kering mutlak dalam tanur (*furnace*) pada suhu 550<sup>o</sup>C selama 6 jam. Berat bahan yang hilang ditetapkan sebagai total bahan organik, dan yang tersisa adalah kadar abu (bahan mineral). Untuk mengkonversi nilai bahan organik menjadi karbon biasanya digunakan konstanta 1,724 (Pribyl, 2010), namun dari hasil kajian ini nilai konsanta tersebut direvisi menjadi 1,9347. Konversi karbon menjadi CO<sub>2</sub>

Tabel 1. Lokasi penelitian berdasarkan umur tanaman kelapa sawit dan koordinat geografis

No	Kode Lokasi	Umur tanaman (th)	Koordinat geografis
1.	Desa Suak Raya I	15	04 <sup>o</sup> 11' 10" LU & 096 <sup>o</sup> 07' 02" BT
2.	Desa Suak Raya II	15	04 <sup>o</sup> 11' 09" LU & 096 <sup>o</sup> 07' 04" BT
3.	Desa Suak Puntong I	10	04 <sup>o</sup> 06' 20" LU & 096 <sup>o</sup> 12' 44" BT
4.	Desa Suak Puntong II	10	04 <sup>o</sup> 06' 24" LU & 096 <sup>o</sup> 12' 50" BT
5.	Desa Cot Gajah Mati	1	04 <sup>o</sup> 22' 53" LU & 095 <sup>o</sup> 53' 51" BT

digunakan faktor konversi 3,67, nilai ini berdasarkan perbandingan berat atom CO<sub>2</sub> dengan atom C dalam senyawa CO<sub>2</sub>.

Untuk menentukan berat biomasa dan cadangan karbon yang tersimpan dalam vegetasi yang tumbuh diatas permukaan lahan gambut, ditentukan dengan cara mengukur berat biomasa dari vegetasi tersebut, menggunakan metoda yang dikemukakan oleh Hairiah dan Rahayu (2007). Khusus untuk biomasa dan karbon tersimpan dalam pohon kelapa sawit pada lahan gambut berdasarkan data dari hasil penelitian Yulianti (2009).

Pengukuran dalam muka air tanah: Pada masing-masing titik pengamatan pada lokasi terpilih, dipasang piezometer dari pipa paralon berdiameter 1 inchi yang dibenamkan secara vertikal kedalam tanah untuk monitoring tinggi muka air tanah.

Pengukuran *subsidence*: Untuk mengamati *subsidence*, pada masing-masing titik pengamatan dipasang tongkat dari besi yang ditancapkan ke dalam tanah sampai menembus lapisan tanah mineral, pada tongkat besi yang muncul dipermukaan tanah dibuat tanda permanen (titik awal pengamatan) untuk acuan dalam mengamati perubahan ketinggian permukaan tanah di sekitarnya.

Perhitungan kehilangan karbon: Peningkatan kadar abu (mineral) pada lapisan atas lahan gambut yang didrainase adalah berasal dari material gambut yang telah hilang bahan organiknya karena terdekomposisi. Bahan organik yang hilang akibat terdekomposisi dihitung berdasarkan peningkatan kadar abu yang dikemukakan

oleh (Gronlund *et al.*, 2008 dan Turetsky and Wieder, 2001).

Pengamatan dekomposisi biomasa: Biomasa berasal dari tumbuhan yang ada di kebun kelapa sawit yakni : a) pangkasan daun kelapa sawit *Elaeis guinensis jag*; b) *Melastoma malabatricum* dan c) *Cycas sp.* (istilah lokal = lampiding). Sebanyak 100 gram biomasa (berdasarkan berat kering mutlak) dimasukkan ke dalam kantong serasah (*litter bag*) dari bahan kasa nilon ukuran 35 cm x 35 cm dan ukuran lobang kasa 1 mm. Kantong yang berisi biomasa diletakkan pada lapisan oksidasi lahan gambut, dan diamati kehilangan beratnya setelah periode waktu lebih kurang satu tahun.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Cadangan Karbon

Hasil pengamatan dan perhitungan ketebalan gambut dan cadangan karbon yang tersimpan di dalamnya pada masing-masing lokasi disajikan pada Tabel 2. Distribusi karbon pada masing-masing lokasi yang diamati adalah: a) Kebun kelapa sawit umur 10 tahun di Suak Puntong I, 95,61% pada tanah, 2,27% pada pohon kelapa sawit dan 2,11% pada gulma; b) Kebun kelapa sawit umur 10 tahun di desa Suak Puntong II, 95,88% pada tanah, 2,32% pada kelapa sawit dan 1,80% dalam biomasa gulma; c) Kebun kelapa sawit umur 15 tahun di desa Suak Raya I, 98,83% dalam tanah, 0,76% pada pohon kelapa sawit dan 0,41% dalam gulma; d) Kebun kelapa sawit umur 15 tahun di desa Suak Raya II, 96,91% dalam tanah, 2,14% dalam

Tabel 2. Rata-rata ketebalan gambut dan distribusi cadangan karbon pada perkebunan kelapa sawit di lahan gambut

Lokasi	Ketebalan Gambut (cm)	Karbon (ton ha <sup>-1</sup> )			
		Gambut	Semak	Pohon	Total
Suak Puntong I	126 c	606,5 b	13,41	14,42	634,33
Suak Puntong II	118 c	596,6 b	11,22	14,42	622,24
Suak Raya I	424 a	2108,9 a	8,77	16,26	2133,93
Suak Raya II	154 c	735,8 b	7,22	16,26	759,28
Cot Gajah Mati	227 b	677,9 b	12,26	0,71	690,87

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada selang kepercayaan 5% menurut LSD.

pohon kelapa sawit, dan 0,95% dalam gulma; e) Kebun kelapa sawit umur 1 tahun di desa Cot Gajah Mati, 98,12% dalam tanah, 1,77% dalam gulma, dan 0,10% dalam pohon kelapa sawit. Terlihat dari hasil kajian ini bahwa cadangan karbon yang tersimpan pada hamparan lahan gambut bervariasi berdasarkan ketebalan gambut dan umur tanaman. Yulianti (2009) menemukan cadangan karbon pada biomasa kelapa sawit pada lahan gambut bervariasi berdasarkan umur tanaman.

### Kehilangan Karbon

Rata-rata *subsidence*, kedalaman muka air tanah maksimum, kehilangan karbon dan emisi gas rumah kaca, serta kontribusi kehilangan karbon terhadap *subsidence* disajikan dalam Tabel 3. Sedangkan hasil evaluasi pengukuran/estimasi kehilangan karbon berdasarkan metoda peningkatan kadar abu dibandingkan dengan pengukuran emisi gas CO<sub>2</sub> secara langsung dengan metoda chamber disajikan dalam Tabel 4.

Hasil kajian menunjukkan bahwa selama periode waktu 14 bulan terjadi kehilangan karbon dari lapisan permukaan gambut yang didrainase untuk perkebunan kelapa sawit, yang besarnya berkisar antara 0,138 – 1,529 kg C m<sup>-2</sup>. Berdasarkan hasil

pengukuran selama periode waktu 14 bulan tersebut, apabila dikonversi menjadi data kehilangan karbon dalam periode satu tahun, diperoleh nilai rata-rata kehilangan karbon dari masing-masing lokasi kajian adalah berkisar antara 1,183 – 13,106 ton C ha<sup>-1</sup> th<sup>-1</sup> atau setara dengan emisi gas CO<sub>2</sub> sebesar 4,341 – 48,098 ton CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> th<sup>-1</sup>. (Tabel 3)

Kehilangan karbon terbanyak terjadi pada penggunaan lahan kelapa sawit umur 1 tahun di desa Cot Gajah Mati dan kelapa sawit umur 10 tahun di desa Suak Puntong. Hal ini diperkirakan terjadi karena pada kedua lokasi tersebut saluran drainase baru dibuat dan/atau diperbaharui (umur saluran < 2 tahun) dibandingkan di desa Suak Raya (umur saluran > 10 tahun) sehingga lapisan permukaan gambut baru mengalami perubahan dari kondisi anaerobik menjadi aerobik, pada kondisi aerobik proses dekomposisi berlangsung sangat aktif sehingga menyebabkan kehilangan karbon dan/atau *subsidence* juga lebih besar. Dari data hasil pengamatan terlihat bahwa *subsidence* pada lokasi kebun kelapa sawit di desa Cot Gajah Mati dan desa Suak Puntong nyata lebih tinggi dibandingkan lokasi Suak Raya (Tabel 3). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Dawson *et al.* (2004) dan Gronlund *et al.* (2008) yang menemukan bahwa *subsidence* terbesar terjadi pada awal-awal saluran drainase dibuat.

Tabel 3. Rata-rata *subsidence*, dalam muka air tanah, kehilangan karbon dan prediksi emisi CO<sub>2</sub> serta kontribusi kehilangan karbon terhadap *subsidence*..

Lokasi	<i>Subsidence</i> (cm per 14 bulan)	Muka air tanah maksimum (cm)	Karbon hilang (kg m <sup>-2</sup> per 14 bulan)	Karbon hilang (ton ha <sup>-1</sup> th <sup>-1</sup> )	Setara emisi CO <sub>2</sub> (ton ha <sup>-1</sup> th <sup>-1</sup> )	Kontribusi kehilangan karbon terhadap <i>subsidence</i> (%)
Cot Gajah Mati	8,2 a	65,4	1,529 a	13,106	48,098	57,23
Suak Puntong II	9,2 a	86,4	1,292 ab	11,074	40,643	40,18
Suak Puntong I	8,2 a	73,4	1,236 ab	10,594	38,881	43,54
Suak Raya I	4,8 b	58,0	0,802 c	6,874	25,229	52,07
Suak Raya II	1,1 c	52,8	0,138 d	1,183	4,341	22,67

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada selang kepercayaan 5% menurut LSD.

Tabel 4. Perbandingan hasil prediksi emisi CO<sub>2</sub> antara pengukuran langsung dengan metoda chamber dan metoda peningkatan kadar abu.

Lokasi	Prediksi emisi CO <sub>2</sub> (ton ha <sup>-1</sup> tahun <sup>-1</sup> )					
	Metoda chamber			Metoda peningkatan kadar abu		
	Min	Mak	Rataan	Min	Mak	Rataan
Suak Raya I	0,145	70,085	23,328	21,243	30,873	25,229
Suak Raya II	3,866	29,881	13,767	1,983	5,098	4,341
Suak Puntong I	1,265	28,427	18,320	18,411	67,695	38,881
Suak Puntong II	4,870	44,048	17,314	13,312	52,683	40,643
Cot Gajah Mati	8,464	100,592	41,169	34,272	59,481	48,098

Catatan: Sumber data emisi CO<sub>2</sub> metoda chamber adalah Etik (2009)

Apabila dibandingkan antara nilai kehilangan karbon dan/atau emisi CO<sub>2</sub> yang diprediksi dengan metoda peningkatan kadar abu dari hasil kajian ini dengan pengukuran CO<sub>2</sub> secara langsung menggunakan metoda chamber, yang dilakukan oleh Etik (2009) pada lokasi dan periode waktu yang sama dengan kajian ini, hasilnya secara umum menunjukkan bahwa nilai emisi CO<sub>2</sub> untuk setiap lokasi sama-sama terlihat beragam (interval nilai minimum dan maksimum lebar). Namun terlihat bahwa hasil prediksi emisi CO<sub>2</sub> berdasarkan metoda peningkatan kadar abu, untuk setiap lokasi kajian berada dalam interval atau mendekati hasil pengukuran CO<sub>2</sub> dengan metoda chamber (Tabel 4). Disamping itu pola emisi CO<sub>2</sub> yang diperoleh juga sama yaitu semakin jauh dari saluran emisi/fluks CO<sub>2</sub> semakin kecil. Hasil yang mirip dengan evaluasi pada kajian ini juga telah ditemukan oleh Gronlund *et al.* (2008) yang mana hasil pengujian terhadap tiga metoda untuk memprediksi emisi CO<sub>2</sub> pada lahan gambut yang diolah di Norwegia yaitu: 1) monitoring *subsidence* dalam jangka panjang, 2) perubahan kadar abu, dan 3) pengukuran fluks CO<sub>2</sub>, hasilnya adalah nilai emisi CO<sub>2</sub> antara ketiga metoda tersebut tidak berbeda nyata. Berdasarkan hal ini, dapat dikategorikan bahwa estimasi emisi CO<sub>2</sub> dengan menggunakan data peningkatan kadar abu untuk gambut tropika dapat memberikan nilai yang representatif.

Keterkaitan antara muka air tanah, *subsidence* dan kehilangan karbon dengan jarak lokasi dari saluran drainase.

Hubungan antara dalam muka air tanah, *subsidence* dan kehilangan karbon dengan jarak tegak lurus lokasi dengan saluran drainase disajikan dalam Tabel 5.

Hasil analisis hubungan antara dalam muka air tanah dengan jarak tegak lurus lokasi dari saluran drainase pada kajian ini, menunjukkan bahwa semakin dekat dengan saluran drainase muka air tanah lebih jauh dari permukaan tanah dan semakin jauh dari saluran drainase muka air tanah semakin dekat dengan permukaan tanah. Secara umum, pola transek dalam muka air tanah berdasarkan jarak lokasi tegak lurus dengan saluran drainase adalah mengikuti pola persamaan logaritmik. Pola seperti ini disebabkan oleh karena pada profil gambut pergerakan air arah horizontal menuju saluran drainase lebih cepat dibandingkan dengan pergerakan arah vertikal, sehingga pola transek dalam muka air tanah berdasarkan jarak tegak lurus dengan saluran drainase membentuk kemiringan (*slopes*) terhadap muka air pada saluran drainase (Susanne and Price 1999). Pola transek dalam muka air tanah pada kajian ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Finn (1983) yang mana dalam muka air tanah pada lahan yang didrainase, mengikuti pola logaritmik dengan jarak tegak lurus dari saluran.. Hasil penelitian Andrie *et al.* (2010) juga menemukan bahwa pembuatan saluran drainase yang berlebihan menyebabkan perubahan sifat-sifat fisika, kimia dan biologi gambut, dampaknya dalam muka air tanah pada musim kemarau letaknya jauh dari permukaan tanah, sedangkan pada

musim hujan berada dekat permukaan tanah, selain itu semakin dekat dengan saluran drainase dalam muka air

Tabel 5. Persamaan regresi hubungan antara dalam muka air tanah, *subsidence* dan kehilangan karbon pada sumbu (y) dengan jarak lokasi dari saluran drainase pada sumbu (x)

Lokasi	Persamaan regresi dan R <sup>2</sup>		
	Dalam muka air tanah	<i>Subsidence</i>	Kehilangan karbon
Suak Raya I	$y = 6,63\text{Ln}(x) - 86,10$ (R <sup>2</sup> = 0,65)	$y = -0,13\text{Ln}(x) + 5,22$ (R <sup>2</sup> = 0,02)	$y = -0,01\text{Ln}(x) + 0,92$ (R <sup>2</sup> = 0,003)
Suak Raya II	$y = 34,50\text{Ln}(x) - 72,67$ (R <sup>2</sup> = 0,94)	$y = -0,08\text{Ln}(x) + 1,35$ (R <sup>2</sup> = 0,14)	$y = -0,02\text{Ln}(x) + 0,17$ (R <sup>2</sup> = 0,21)
Suak Puntong I	$y = 42,18\text{Ln}(x) - 111,09$ (R <sup>2</sup> = 0,75)	$y = -3,78\text{Ln}(x) + 20,66$ (R <sup>2</sup> = 0,92)	$y = -0,59\text{Ln}(x) + 3,32$ (R <sup>2</sup> = 0,98)
Suak Puntong II	$y = 50,36\text{Ln}(x) - 142,90$ (R <sup>2</sup> = 0,97)	$y = -1,46\text{Ln}(x) + 13,99$ (R <sup>2</sup> = 0,19)	$y = -0,25\text{Ln}(x) + 2,27$ (R <sup>2</sup> = 0,33)
Cot Gajah Mati	$y = 21,71\text{Ln}(x) - 65,463$ (R <sup>2</sup> = 0,98)	$y = -0,50\text{Ln}(x) + 10,07$ (R <sup>2</sup> = 0,57)	$y = -0,19\text{Ln}(x) + 2,43$ (R <sup>2</sup> = 0,66)

tanah letaknya jauh dari permukaan tanah dan semakin jauh dari saluran drainase dalam muka air tanah letaknya dekat dengan permukaan tanah.

Data hasil kajian secara umum mengindikasikan bahwa semakin dekat dari saluran drainase *subsidence* semakin besar dan semakin jauh dari saluran drainase *subsidence* semakin kecil. Terlihat bahwa pola transek *subsidence*, sejalan dengan pola transek dalam muka air tanah yang mana semakin dekat dari saluran drainase *subsidence* semakin besar juga mengikuti persamaan logaritmik. Hasil ini sesuai dengan beberapa hasil penelitian peneliti terdahulu seperti: Neil *et al.* (2005) mengemukakan pada posisi dekat dengan saluran drainase *subsidence* terjadi lebih banyak. Kondisi ini disebabkan oleh karena semakin dekat lokasi dengan saluran drainase muka air tanah lebih dalam dibandingkan dengan lokasi yang jauh dari saluran drainase, atau bagian gambut yang aerob lebih banyak pada lokasi yang dekat saluran dibandingkan yang jauh dari saluran. Pada kondisi seperti ini, aktivitas mikro organisme perombak dan proses dekomposisi yang terjadi juga lebih besar pada lokasi dekat saluran drainase dibandingkan yang jauh dari saluran, akibatnya material gambut yang hilang pada lokasi dekat saluran lebih banyak dibandingkan yang jauh dari saluran. Pada sisi lain, menurut Susanne and Price (1999) kondisi aerob menyebabkan tegangan matrik

tanah meningkat sehingga gambut mengalami penyusutan (*shrinkage*), hal ini juga diperkirakan merupakan salah satu faktor yang menyebabkan *subsidence* pada lokasi yang dekat saluran drainase lebih besar dibandingkan yang jauh dari saluran drainase. Hasil kajian ini juga sejalan dengan hasil penelitian Etik (2009) yang mana pada lokasi yang sama dengan kajian ini beliau menemukan bahwa emisi CO<sub>2</sub> secara umum meningkat dengan meningkatnya kedalaman muka air tanah, dan semakin jauh dari saluran drainase emisi CO<sub>2</sub> semakin kecil.

Dari data yang ada yaitu: pola transek dalam muka air tanah, pola transek kejadian *subsidence* dan kehilangan karbon, mengindikasikan bahwa ada keterkaitan yang erat antara dalam muka air tanah, kehilangan karbon dan *subsidence*. Keterkaitan tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut: Berdasarkan hasil kajian ditemukan bahwa semakin jauh dari saluran drainase dalam muka air tanah semakin dangkal, kondisi ini menyebabkan volume gambut yang berada dalam kondisi aerob lebih banyak pada lokasi dekat saluran drainase dibandingkan yang jauh dari saluran, sehingga aktivitas dekomposisi gambut karena proses oksidasi juga lebih banyak pada lokasi yang dekat saluran dibandingkan yang jauh dari saluran. Hal inilah yang menyebabkan fenomena *subsidence* dan kehilangan karbon juga semakin kecil dengan semakin jauhnya

lokasi dari saluran drainase, karena material gambut yang hilang dan mengalami penyusutan pada lokasi dekat saluran drainase lebih banyak dibandingkan dengan lokasi yang jauh dari saluran.

Terlihat bahwa ditemukan ada anomali pola transek *subsidence* dan nilai kehilangan karbon pada penggunaan lahan kelapa sawit di desa Suak Raya I dibandingkan pola transek kehilangan karbon di lokasi lainnya. Anomali yang dimaksudkan adalah pola transek *subsidence* dan kehilangan karbon yang umum dari kajian ini adalah semakin jauh dari saluran drainase *subsidence* dan kehilangan karbon semakin kecil, namun pada lokasi kelapa sawit di desa Suak Raya I ada kecenderungan semakin jauh dari saluran drainase *subsidence* dan kehilangan karbon semakin besar. Hal ini terlihat dari, hasil analisa regresi terhadap data *subsidence* dan kehilangan karbon dengan jarak lokasi dari saluran adalah mengikuti pola model persamaan logaritmik ( $R^2 > 0,2074$ ), namun model persamaan logaritmik tersebut tidak dapat menjelaskan model fenomena *subsidence* dan kehilangan karbon pada penggunaan lahan kelapa sawit I di desa Suak Raya karena koefisien determinasi ( $R$  square) sangat kecil yaitu 0,02 dan 0,003 masing-masing untuk *subsidence* dan kehilangan karbon (Tabel 5).

Dari hasil komunikasi pribadi dengan pemilik lahan kelapa sawit I di desa Suak Raya yaitu Bapak H. Dahlan (Mei, 2008) diperoleh informasi bahwa beliau telah melakukan pemupukan pada kebun kelapa sawit dalam periode waktu yang lama, pupuk yang diaplikasikan adalah: urea, KCl dan SP36 yang diaplikasikan dua kali dalam setahun, dan pupuk posfat alam (istilah lokal = pupuk asam) sekali dalam setahun. Sedangkan pada lokasi lain, berdasarkan hasil komuniikasi pribadi dengan pemilik lahan, aparat desa, masyarakat umum diketahui bahwa pada lokasi tersebut tidak ada dilakukan pemupukan. Berkaitan dengan hal ini, berdasarkan keragaan kondisi di lapangan, terlihat bahwa pada penggunaan lahan kelapa sawit I di desa Suak Raya, populasi tanaman kelapa sawit pada bagian yang jauh dari saluran drainase lebih banyak (ada penyisipan tanaman kelapa sawit yang saat kajian ini dilaksanakan berumur sekitar

5 tahun) dibandingkan dengan yang dekat dari saluran, sehingga diperkirakan akumulasi pemberian pupuk per luasan yang sama pada area yang lebih jauh dari saluran drainase lebih banyak dibandingkan dengan yang dekat saluran drainase. Kenyataan ini dapat dijadikan sebagai dasar asumsi, bahwa pada penggunaan lahan kelapa sawit I di desa Suak Raya, dampak pemupukan terhadap kehilangan gambut dan *subsidence* lebih besar pada area lahan yang lebih jauh dari saluran drainase dibandingkan yang dekat saluran. Argumentasi ini sesuai dengan hasil penelitian Zhang *et al.* (2007) bahwa respirasi pada lahan yang dipupuk lebih tinggi dari yang tidak dipupuk. Penelitian Etik (2009) pada gambut yang sama dengan kajian ini menunjukkan bahwa penambahan dosis pupuk urea menyebabkan penurunan bahan organik gambut dan peningkatan fluks CO<sub>2</sub>.

#### Dekomposisi Biomasa

Pola perubahan berat biomasa yang terjadi selama periode waktu 14 bulan proses dekomposisi berlangsung untuk masing masing spesies disajikan pada Tabel 6. Selanjutnya, kadar abu dan karbon yang diperlukan untuk mengestimasi kehilangan karbon dan emisi CO<sub>2</sub> dari masing-masing biomasa sebelum dan sesudah proses dekomposisi serta hasil estimasi kehilangan karbon dan emisi gas CO<sub>2</sub> dari masing-masing jenis biomasa disajikan dalam Tabel 7.

Terlihat bahwa setelah 14 bulan terdekomposisi, masih ada tersisa bahan tanaman yang tidak ikut terdekomposisi untuk semua jenis biomasa. Biomasa *Cycas sp* terlihat lebih tahan terhadap proses dekomposisi kemudian diikuti biomasa kelapa sawit (*Elais guenensis jaq*) dan *Melastoma malabatrikum*. Hal ini menunjukkan bahwa apabila biomasa tumbuhan dalam hal ini hasil pemangkasan daun kelapa sawit dan penyiangan gulma dikembalikan atau diupayakan tetap berada pada lahan masih berpotensi mengakumulasi bahan gambut sebesar 12,45%; 16,98% dan 74,57% dari total produksi biomasa yang dibiarkan tinggal pada permukaan lahan,

Tabel 6. Pola dekomposisi masing-masing spesies biomasa

Biomasa	Rasio C/N	Biomasa (% atau gram)		
		Awal (0 bulan)	Setelah 6 bulan	Setelah 14 bulan
<i>Elais guenensis jaq</i>	23,04 c	100,00	54,75	16,93b
<i>Melastoma malabatricum</i>	29,28 b	100,00	40,36	12,45c
<i>Cycas sp</i>	42,88 a	100,00	98,91	74,57a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada selang kepercayaan 5% menurut LSD

masing-masing untuk *Melastoma malabatrikum*, *Elais guenensis jaq*, *Cycas sp* secara berturut-turut (Tabel 6).

Data Tabel 6 menunjukkan bahwa setelah 14 bulan biomasa dikembalikan ke lahan masih ada material yang belum terdekomposisi. Terlihat bahwa, untuk setiap kilo gram biomasa

selama periode waktu 14, terjadi kehilangan atau emisi karbon sebesar 109,2 gr C; 464,0 gr C dan 470,2 gr C masing-masing untuk *Cycas sp*; *Elais guenensis jacg* dan *Melastoma malabatrikum* secara berturut-turut.

Apabila diasumsikan bahwa karbon yang hilang selama proses dekomposisi seluruhnya membentuk gas CO<sub>2</sub>, maka besarnya CO<sub>2</sub> atau gas rumah kaca (GRK) yang diemisikan dari proses dekomposisi setiap kg biomasa per tahunnya adalah sekitar 343,4 gr CO<sub>2</sub>; 1459,7 gr CO<sub>2</sub> dan 1479,3 gr CO<sub>2</sub> masing-masing secara berurutan untuk biomasa *Cycas sp*; *Elais guenensis jacg* dan *Melastoma malabatrikum*.

Produksi biomasa pada perkebunan kelapa sawit di lahan gambut yang dapat dibiarkan tinggal di lahan dan berpotensi

untuk menambah cadangan karbon disajikan pada Tabel 8.

Terlihat bahwa apabila biomasa hasil pangkasan daun kelapa sawit dan gulma dikumpulkan dan dibiarkan tetap berada di lahan perkebunan, maka karbon yang dikembalikan ke lahan setiap tahunnya adalah sekitar 9,39 ton C sampai 12,23 ton C per hektar per tahun (Tabel 8).

Apabila dikaitkan dengan hasil proses dekomposisi Tabel 6 dan Tabel 7, yang mana rata-rata biomasa pelepah kelapa sawit yang tersisa adalah sebanyak 16,93% dan rata-rata biomasa gulma yang tertinggal (biomasa *Melastoma malabatricum* + *Cycas sp*) adalah 43,51% maka dapat diprediksi total karbon bersih (*net carbon*) yang terakumulasi dari sisa dekomposisi biomasa yaitu sekitar 3,08 ton C sampai 4,77 ton C ha<sup>-1</sup> th<sup>-1</sup>. Adanya akumulasi karbon dari biomasa yang dikembalikan ke lahan, apabila besarnya dibandingkan dengan kehilangan karbon akibat dekomposisi gambut terlihat bahwa pada perkebunan kelapa sawit yang telah berumur 15 tahun di desa Suak Raya I (gambut dangkal) terjadi keseimbangan karbon yang positif (karbon yang terakumulasi lebih besar dari yang hilang).

Tabel 7. Berat abu dan karbon sebelum dan sesudah 14 bulan dekomposisi, serta estimasi kehilangan karbon dan emisi CO<sub>2</sub>.

Biomasa	Berat awal (%)		Berat Akhir (%)		Berat yang hilang (%)		CO <sub>2</sub> (gr kg <sup>-1</sup> biomasa)
	Abu	C	Abu	C	Abu	C	
<i>Elais guenensis jag</i>	4,36	55,48	1,29	9,07	3,07	46,40	170,30
<i>Melastoma malabatrikum</i>	7,97	53,38	1,49	6,36	6,48	47,02	172,58
<i>Cycas sp</i>	9,31	52,60	2,70	41,69	6,61	10,92	40,06

Tabel 8. Potensi biomasa yang dapat dikembalikan pada lahan di perkebunan kelapa sawit di lahan gambut

Jenis Biomasa	Produksi Biomasa	
	Biomasa kering oven (ton ha <sup>-1</sup> th <sup>-1</sup> )	Setara karbon (ton ha <sup>-1</sup> th <sup>-1</sup> )
Pelepah dan daun sawit	2,53 - 3,35	1,40 - 1,86
Biomasa penyiangan ( <i>Melastoma malabatricum</i> + <i>Cycas sp.</i> , dll)	14,94 - 19,39	7,99 - 10,37
Total	17,47 - 22,74	9,39 - 12,23

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Karbon tersimpan pada perkebunan kelapa sawit di lahan gambut bervariasi berdasarkan ketebalan gambut dan umur tanaman. Jarak lokasi dari saluran drainase berpengaruh terhadap dalam muka air tanah, *subsidence*, dan kehilangan karbon, yang mana semakin jauh dari saluran drainase: muka air tanah semakin dangkal (dekat permukaan), *subsidence* semakin kecil, dan kehilangan karbon semakin kecil. Kehilangan karbon dan *subsidence* pada perkebunan kelapa sawit di lahan gambut, bervariasi berdasarkan umur saluran. Kejadian *subsidence* pada perkebunan kelapa sawit di lahan gambut sekitar 22,67 – 57,23% disebabkan oleh kehilangan karbon. Metoda baru yang dapat digunakan untuk mengestimasi kehilangan karbon dan/atau emisi CO<sub>2</sub> adalah “peningkatan kadar abu”. Membiarkan biomasa sisa tanaman tetap berada di lahan pada perkebunan kelapa sawit di lahan gambut berpotensi mengakumulasi karbon pada lahan gambut sekitar 3,08 ton C sampai 4,77 ton C ha<sup>-1</sup> th<sup>-1</sup>. Besar atau kecilnya karbon yang dapat diakumulasi dari biomasa dipengaruhi oleh rasio C/N biomasa. Semakin tinggi nilai rasio C/N biomasa semakin banyak karbon yang dapat diakumulasi. Data hasil kajian menunjukkan bahwa emisi karbon dapat dikontrol pada perkebunan kelapa sawit di lahan gambut dangkal (ketebalan ± 1m).

Saran

Dalam muka air tanah mempengaruhi *subsidence* dan kehilangan karbon, untuk itu dalam pengelolaan lahan gambut yang telah

didrainase dan/atau dikonversi menjadi perkebunan kelapa sawit, yang penting diperhatikan adalah teknik pengaturan tinggi muka air tanah sehingga dapat mereduksi dan/atau memitigasi kehilangan karbon. Perkebunan kelapa sawit di lahan gambut disarankan hanya pada gambut dangkal.

DAFTAR PUSTAKA

Alex K and Joosten H. 2008. Global peatland assesment. Factbook for UNFCCC policies on peat carbon emission.

Andrie E. 2010. The depth of ground water table dynamics and charackeristic of peatland near drainage canal ex, mega rice project in Central-Kalimantan. Makalah Seminar Ilmiah VI Lingkungan Tropis - IATPI.

Dawson, J.J.C., Billett, M.F., Hope, D., Palmer, S.M. and Deacon, C. 2004. Sources and sinks of aquatic carbon linked to a peatland stream continuum. *Biogeochemistry* 70: 71-92.

Etik, P.H. 2009. Emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan metan (CH<sub>4</sub>) pada perkebunan kelapa sawit di lahan gambut yang memiliki keragaman dalam ketebalan gambut dan umur tanaman. Disertasi S.3. Program Studi Ilmu Tanah, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. 158 hal.

Finn H. B. 1983. Water table levels at different drainage intensities on deep peat in Northern Norway.

- Forest Ecology and Management  
Volume 5, Issue 3: 169-192
- Gronlund, A., Atle H., Anders, H. and Daniel, P.R. 2008. Carbon loss estimates from cultivated peat soils in Norway: a comparison of three methods. *Nutr Cycl Agroecosyst.* 81: 157 – 167.
- Hairiah, K. dan Rahayu, S. 2007. Petunjuk praktis pengukuran "karbon tersimpan" di berbagai macam penggunaan lahan. World Agroforestry Centre. 77 hal.
- Hooijer A, Silvius M, Wösten H, Page S. 2006. PEAT CO<sub>2</sub>, Assessment of CO<sub>2</sub> Emission from drained peatlands in SE Asia. Wetland International and Delft Hydraulics report Q3943.
- Joosten H, and Clarke D. 2002. Wise use of mires and peatlands – Background and principles including a framework for decision-making. International Mire Conservation Group / International Peat Society, 304pp.
- Joosten H. 2009. Peatland status and drainage related emissions in all countries of the world. The Global Peatland CO<sub>2</sub> Picture. Wetlands International. [www.wetlands.org](http://www.wetlands.org). 35p.
- Neil F, Sarah B and Malcolm McL. 2005. Peat subsidence near drains in the Waikato region. Environment Waikato Technical Report 2005/40. 33p.
- Pribyl. 2010. A critical review of the conventional SOC to SOM conversion factor. *Geoderma.* 196: 75 – 83.
- Susanne, M.S. and Price, J.S. 1999. Soil water flow dynamics in managed cutover peat field, Quebec: Field and laboratory investigations. *Water Resources Research.* Vol. 35. No. 12: 3675-3683.
- Turetsky, M.R. and Wieder, R.K. 2001. A direct approach to quantifying organic matter lost as a result of peatland wildfire. *Can. J. For. Res.* 31: 363–366.
- Yulianti N. 2009. Cadangan karbon lahan gambut dari agroekosistem kelapa sawit PTPN IV Ajamu Kabupaten Labuhan Batu, Sumatera Utara. Tesis Sekolah Pasca Sarjana IPB Bogor.
- Zhang. 2007. Effects of nitrogen on the ecosystem respiration, CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O emissions to the atmosphere from the freshwater marshes in Northeast China. *Environ Geol.* 52: 529-539.