

Emisi Karbon Lahan Gambut pada Agroekosistem Kelapa Sawit

Peatland Carbon Emissions in Agroecosystems Palm Oil

M. B. Prayitno^{*)1}, Sabaruddin², D. Setyawan² dan Yakup²

¹Mahasiswa Pascasarjana, Ilmu-Ilmu Pertanian, Universitas Sriwijaya

²Dosen Program Pascasarjana, Ilmu-Ilmu Pertanian, Universitas Sriwijaya

^{*)}Penulis untuk korespondensi: muhbambang_prayitno@yahoo.com

ABSTRACT

Carbon emissions is one of the activities of agroecosystem impacts of oil palm on peat land as a result of the making drainage and plant growth. This research was conducted in the area of oil palm agroecosystem on peat land landscape, Ogan Komering Ilir District, South Sumatra with the aim of estimating reserves and carbon emissions on the land. Contribution of carbon emissions on the land with plant age 5, 3 and 2 years without drainage channels are respectively 12.027; 11.262 and 9.783 tons CO₂/year, as well as plants age of 5 years with the drainage channel is 14.723 tons of CO₂/year. Contribution of carbon emissions from the making drainage channel reaches 2,696 tons of CO₂/ha/year and greater than the contribution of carbon emissions from the aging plant palm oil annually, amounting to 0.383 to 1.479 tons of CO₂/ha/year.

Keywords: Peat carbon emission, oil palm agroecosystem

ABSTRAK

Emisi karbon merupakan salah satu dampak dari kegiatan agroekosistem kelapa sawit di lahan gambut sebagai akibat dari pembuatan saluran drainase dan pertumbuhan tanaman. Penelitian ini dilakukan di lahan agroekosistem kelapa sawit pada bentang lahan gambut Kabupaten Ogan Komering Ilir, Sumatera Selatan dengan tujuan memperkirakan emisi karbon lahan gambut pada agroekosistem kelapa sawit. Hasil penelitian menunjukkan sumbangan emisi karbon pada lahan dengan umur tanaman 5, 3 dan 2 tahun tanpa saluran drainase adalah masing masing 12,027; 11,262 dan 9,783 ton CO₂/tahun dan tanaman umur 5 tahun dengan saluran drainase adalah 14,723 ton CO₂/tahun. Sumbangan emisi karbon dari pembuatan saluran drainase mencapai 2,696 ton CO₂/ha/tahun dan lebih besar dibandingkan dengan sumbangan emisi dari pertambahan umur tanaman kelapa sawit setiap tahunnya yakni sebesar 0,383 hingga 1,479 ton CO₂/ha/tahun.

Kata kunci: Agroekosistem kelapa sawit, emisi karbon gambut

PENDAHULUAN

Pemanfaatan lahan gambut terdegradasi untuk kegiatan agroekosistem kelapa sawit merupakan salah satu upaya dalam mengembalikan sebagian karbon pada lahan. Tanaman kelapa sawit mampu menambat karbon hingga umur tanaman 25 tahun sebesar 35-55 ton C/ha (IPCC 2006, Agus 2007, Carlson *et al.* 2012, Henson *et al.* 2012). Namun demikian selama kegiatan pengelolaan lahan dan tanaman kelapa sawit, proses kehilangan karbon juga terjadi dalam bentuk gas CO₂ dan CH₄.

Kehilangan gas karbon terbesar pada lahan agroekosistem kelapa sawit dapat terjadi antara lain sebagai akibat dari pembuatan saluran drainase (Hooijer *et al.* 2006), proses dekomposisi bahan organik (Chimner dan Cooper 2003) dan respirasi vegetasi (Melling 2007). Persiapan lahan yang utama dilakukan pada lahan gambut untuk penanaman kelapa sawit adalah dengan membuat saluran drainase. Saluran drainase berfungsi antara lain untuk mengurangi kelebihan air di lahan sehingga tercipta kondisi terbaik untuk tanaman.

Penurunan muka air tanah pada lahan mempunyai pengaruh sangat besar terhadap emisi karbon. Hooijer *et al.* (2006) menyatakan bahwa terdapat hubungan linear antara kedalaman drainase dengan emisi tahunan. Setiap penurunan muka air tanah sedalam 10 cm pada lahan, maka lahan akan mengemisikan karbon sekitar 9,1 ton CO₂/ha/tahun (Hooijer *et al.* 2006) hingga 13 ton CO₂/ha/tahun (Wösten dan Ritzema 2001).

Dekomposisi bahan organik oleh mikrobia merupakan penyumbang emisi terbesar kedua yakni sebesar 9,17 ton CO₂/ha/tahun, kemudian disusul oleh respirasi akar tanaman sebesar 4,25 ton CO₂/ha/tahun (Melling *et al.* 2005). Selanjutnya Liu *et al.* (2008) menyatakan bahwa emisi CO₂ pada musim penghujan mempunyai rerata fluks CO₂ sekitar 194,4 mg CO₂/m²/ha. Pengamatan emisi karbon pada lahan adalah cukup kompleks. Hirano *et al.* (2007) menyatakan bahwa hasil pengukuran emisi CO₂ pada lahan gambut tropik mempunyai variasi sangat tinggi yang dipengaruhi antara lain oleh faktor waktu, tempat, lama konversi lahan, mikroklimat, status hara dan iklim.

Kemampuan bentang lahan dalam membentuk tanah gambut merupakan suatu keuntungan bagi lingkungan lahan yaitu sebagai cadangan karbon pada pool tanah. Namun apabila terjadi kesalahan dalam pengelolaan lahan, maka kehilangan karbon akan terjadi dan bahkan mampu menghabiskan cadangan karbon yang tersisa. Oleh karena itu, kegiatan alih fungsi lahan gambut menjadi agroekosistem kelapa sawit perlu upaya pengelolaan tertentu dan sekaligus konservasi karbon. Penelitian ini bertujuan menduga emisi karbon lahan gambut yang diusahakan untuk agroekosistem kelapa sawit.

BAHAN DAN METODE

Deskripsi Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian secara administratif termasuk wilayah Kecamatan Pedamaran, Kabupaten OKI, Sumatera Selatan pada posisi UTM 492500-493888/48. 9611578-

962635. Iklim lokasi penelitian termasuk tropik basah. Curah hujan sebelum hingga sesudah pengamatan yakni bulan Nopember dan Desember 2012, bulan Januari, Februari dan Maret 2013 adalah masing-masing 284 dan 497, 505, 277 dan 383 mm.

Kondisi lahan sebelum digunakan untuk kegiatan agroekosistem kelapa sawit merupakan lahan gambut terdegradasi akibat deforestasi dan kebakaran lahan hampir terjadi setiap tahun sehingga dominasi vegetasi adalah semak belukar, rumput rawa dan tumbuhan pakisan. Total luas lahan yang telah dikembangkan untuk tanaman kelapa sawit mencapai 3.650 ha. Luas lahan untuk tanaman kelapa sawit umur 5, 3 dan 2 tahun adalah masing-masing 750; 1.660 dan 1.230 ha. Pembuatan saluran drainase dilakukan pada penanaman pertama atau pada lahan dengan tanaman kelapa sawit umur 5 tahun seluas 150 ha, sedangkan lahan lainnya tidak dibuat saluran drainase. Pelaksanaan penelitian dilakukan pada bulan November 2012 hingga Mei 2013.

Cara Kerja Penelitian

Penangkapan dan pendugaan gas CO₂

Penangkapan gas karbon dilakukan secara langsung dengan menggunakan peralatan sungkup tertutup. Ukuran panjang, lebar dan tinggi sungkup adalah masing-masing (40x40x40) cm³ dan merupakan modifikasi dari ukuran sungkup yang digunakan oleh Agus (2007).

Titik penempatan sungkup dilakukan pada lahan dengan saluran drainase (SD) dan lahan tanpa saluran drainase (NSD). Lokasi penempatan sungkup pada lahan tanpa saluran drainase (kelapa sawit umur 2, 3 dan 5 tahun) adalah di antara tanaman kelapa sawit, sedangkan pada lahan dengan saluran drainase hanya terdapat pada lahan kelapa sawit umur 5 tahun. Titik pengamatan ditempatkan pada jarak 100, 300 dan 500 cm dari saluran drainase.

Pengambilan gas dilakukan dengan menggunakan alat suntik yang dipasang pengatur untuk membuka dan menutup aliran lubang jarum suntik. Alat suntik disuntikkan pada sungkup dengan terlebih

dahulu udara pada sungkup diratakan dengan memutar kipas selama sekitar 30 detik. Alat suntik yang telah terisi gas dipindahkan ke tabung vakum yang telah diberi label pengamatan untuk gas CO₂. Tabung vakum gas CO₂ seluruh lokasi periode pengamatan disimpan pada kotak untuk dikirim ke laboratorium. Perhitungan emisi karbon menggunakan sebagai berikut:

$$E = \frac{B_m}{V_m} \times \frac{\delta C_{sp}}{\delta t} \times \frac{V}{A} \times \frac{273.2}{T+273.2}$$

Keterangan:

E = emisi CO₂ (mg/m/hari);

V = volume sungkup (m³);

A = luas dasar sungkup (m²)

T = suhu udara rata-rata di dalam sungkup (°C)

$\delta C_{sp}/\delta t$ = laju perubahan konsentrasi gas CO₂ (ppm/menit)

B_m = berat molekul gas CO₂ dalam kondisi standar

V_m = volume gas pada kondisi stp (*standar temperature and pressure*) yaitu 22.41 liter pada 273 K

Peubah pengamatan adalah posisi GPS, umur tanaman, muka air tanah, lama sungkup penangkapan gas dan suhu udara dalam sungkup. Pengamatan emisi CO₂ dilakukan tiga periode yakni Desember 2012, Januari dan Februari 2013.

HASIL

Emisi Karbon Gambut pada Lahan Agroekosistem Kelapa Sawit

Hasil pengamatan emisi CO₂ pada lahan dengan tanaman kelapa sawit umur 2, 3 dan 5 tahun disajikan pada Gambar 1.

Pengaruh Saluran Drainase terhadap Emisi Karbon Lahan pada Agroekosistem Kelapa

Saluran drainase pada agroekosistem kelapa sawit menjadi salah satu faktor penting dalam proses emisi karbon. Kondisi muka air tanah dan emisi karbon pada jarak 100, 300 dan 500 cm dari saluran drainase disajikan pada Gambar 2 dan Gambar 3.

Pengaruh Saluran Drainase dan Umur Tanaman terhadap Emisi Karbon Lahan pada Agroekosistem Kelapa

Nilai rerata emisi CO₂ pada setiap umur tanaman (dengan dan tanpa saluran drainase) disajikan pada Gambar 4.

PEMBAHASAN

Emisi Karbon Gambut pada Lahan Agroekosistem Kelapa Sawit

Emisi karbon yang terjadi memperlihatkan bahwa nilai emisi tertinggi sebesar 12,946 ton CO₂/ha/tahun (tanaman 5 tahun, bulan Desember) dan terendah sebesar 9,525 ton CO₂/ha/tahun (tanaman 2 tahun, bulan Februari). Gambar 1 menunjukkan bahwa umur tanaman mempunyai peranan penting pada nilai emisi CO₂ pada lahan gambut. Tanaman kelapa sawit yang telah dewasa mempunyai perakaran tanaman (rhizosfer) lebih banyak dibandingkan dengan tanaman masih muda sehingga emisi CO₂ yang dihasilkan juga lebih tinggi. Hal ini sejalan dengan pendapat Melling *et al.* (2005) bahwa respirasi tanaman merupakan salah satu penyumbang emisi karbon pada lahan agroekosistem kelapa sawit. Hal lain yang secara bersamaan bahwa komunitas mikrobia daerah rhizosfer lebih tinggi daripada non rhizosfer sehingga selain respirasi perakaran tanaman, aktivitas mikrobia dimungkinkan menyumbangkan sejumlah emisi di sekitar akar tanaman (Ekberg *et al.* 2007).

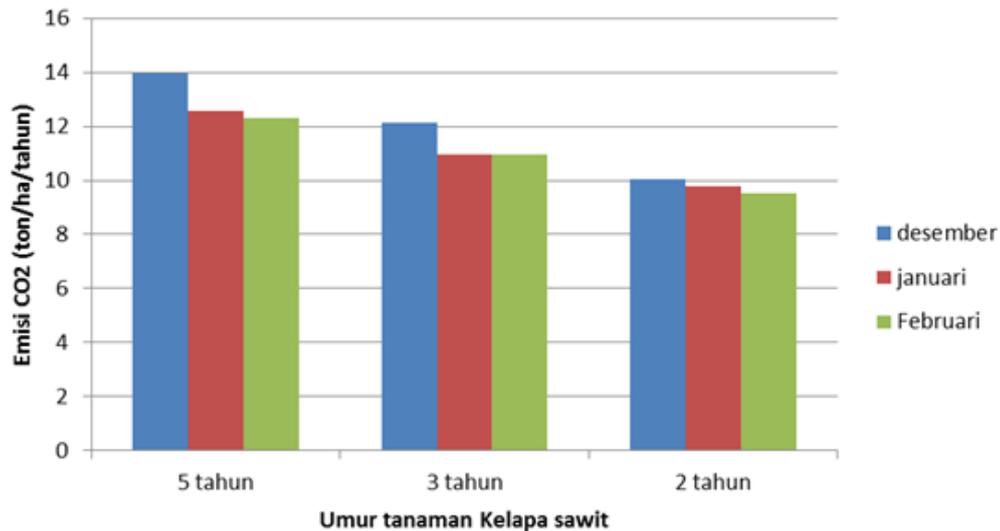
Bagian tanaman yang paling berperan dalam respirasi akar tanaman adalah daerah perakaran. Daerah perakaran sebagai rhizosfer merupakan tempat terkonsentrasinya rambut-rambut akar yang berperan dalam respirasi akar tanaman. Pada tanaman kelapa sawit umur 5 tahun mempunyai rhizosfer lebih banyak dibandingkan dengan umur 2 tahun. Proses respirasi akar tanaman kelapa sawit merupakan penghasil emisi terbesar kedua setelah proses dekomposisi oleh mikrobia di lahan gambut (Melling *et al.* 2005).

Selain umur tanaman, Gambar 1 memperlihatkan bahwa waktu pengamatan juga berpengaruh terhadap emisi karbon. Bulan Desember mempunyai nilai emisi CO₂ lebih besar dari pada bulan Januari dan Februari pada setiap umur tanaman kelapa

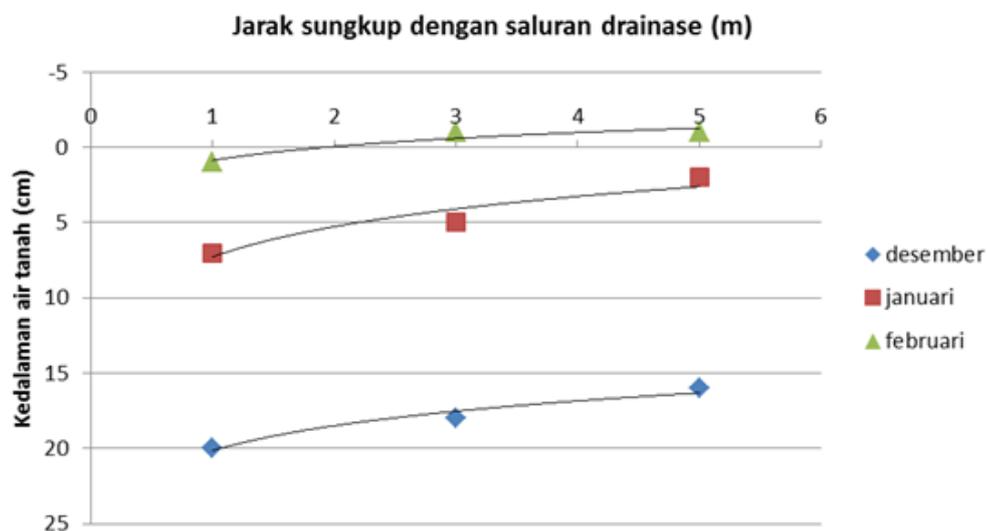
sawit. Hal ini menunjukkan bahwa emisi karbon yang terjadi berkaitan erat dengan kondisi lahan terutama iklim mikro (Batjes dan Bridges 1992; Hirano *et al.* 2007) akibat perubahan musim. Kondisi lahan terbaik adalah terdapat keseimbangan antara oksigen dan air di lahan dan kondisi ini terjadi pada bulan Desember. Kondisi lahan pada bulan Januari dan Februari dengan curah hujan yang tinggi, maka lahan didominasi oleh air (tergenang) dan ketersediaan oksigen berkurang.

Curah hujan pada bulan November 2012 (310 mm) dan Desember 2013 (461 mm) mampu menciptakan kondisi lahan basah dan tidak tergenang (muka air tanah 20-40 cm di bawah permukaan gambut) sehingga dapat mendukung proses

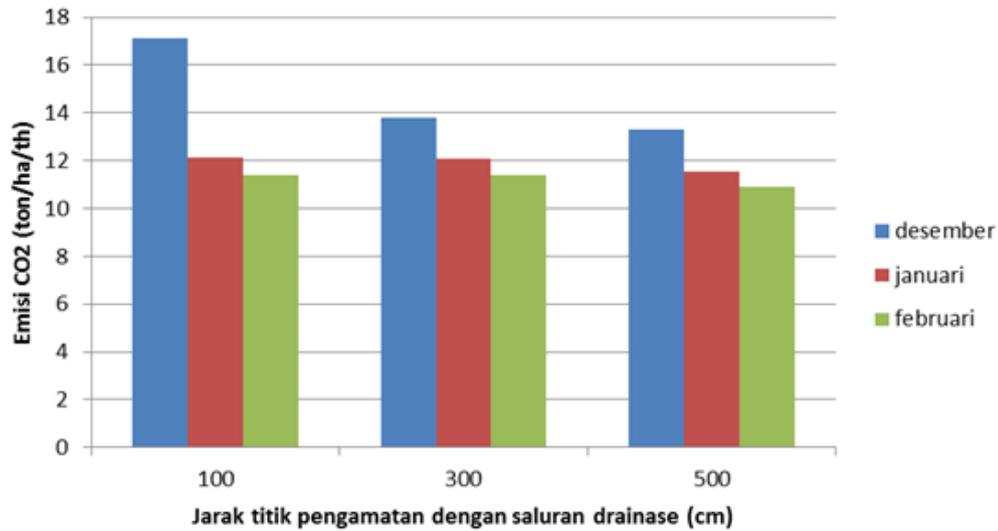
dekomposisi gambut dan respirasi tanaman kelapa sawit. Di sisi lain, curah hujan bulan Januari sebesar 315 mm menciptakan kondisi lahan menjadi basah dan sebagian tergenang (tergenang sekitar 0-2 cm di permukaan gambut) dan selanjutnya lahan menjadi tergenang setelah curah hujan sebesar 412 mm pada bulan Februari 2013. Perubahan kondisi muka air tanah di lahan tersebut diperkirakan menjadi faktor utama dalam penurunan nilai emisi CO₂ pada lokasi penelitian. Kandungan air pada lahan gambut mempengaruhi emisi CO₂ (Liu *et al.* 2008). Kandungan air tanah yang terlalu tinggi pada lahan akan menghambat difusi CO₂ dan aktivitas mikroba perombak (Jia *et al.* 2006).



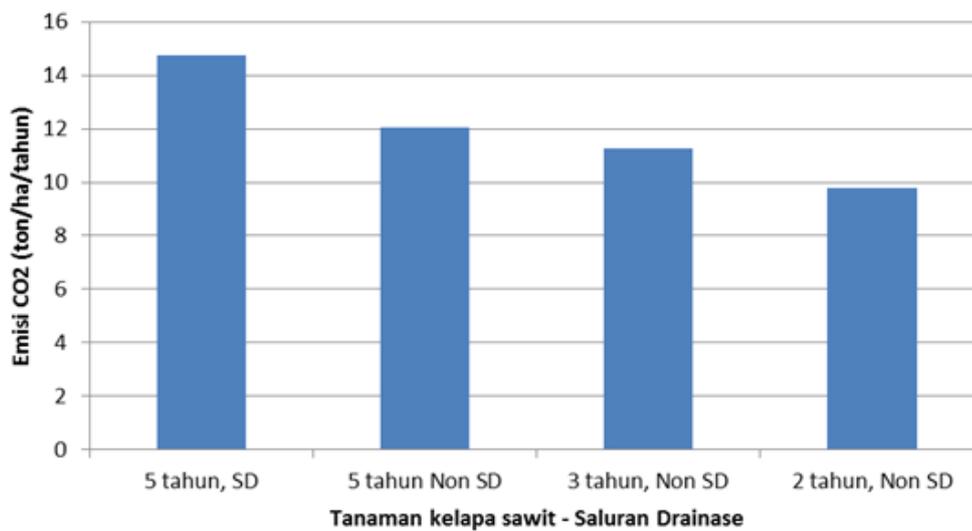
Gambar 1. Emisi CO₂ pada agroekosistem kelapa sawit umur 2, 3 dan 5 tahun



Gambar 2. Muka air tanah pada jarak 100, 300 dan 500 cm dari saluran drainase



Gambar 3. Emisi CO₂ pada jarak 100, 300 dan 500 cm dari saluran drainase



Gambar 4. Emisi CO₂ pada lahan agroekosistem kelapa sawit

Pengaruh Saluran Drainase terhadap Emisi Karbon Lahan pada Agroekosistem Kelapa

Hasil pengamatan muka air tanah pada jarak 100, 300 dan 500 cm menghasilkan kurva pola drainase. Semakin dekat jarak dengan saluran drainase, maka muka air tanah semakin rendah mendekati muka air tanah di saluran. Pola kurva drainase terendah (muka air tanah dalam) dijumpai pada saat pengamatan bulan Desember 2012 dan kurva drainase cenderung naik pada bulan Januari dan Februari 2013. Hal ini disebabkan oleh naiknya muka air tanah di lahan dengan adanya hujan pada periode tersebut. Pengaruh utama muka air tanah di lahan

adalah terjadinya emisi karbon. Semakin dalam muka air tanah pada lahan akan menghasilkan emisi karbon semakin besar (Wösten dan Ritzema 2001, Hooijer *et al.* 2006).

Kedalaman muka tanah di lahan berpengaruh terhadap emisi karbon yang disajikan pada Gambar 3. Emisi karbon pada jarak 100 cm dari saluran dengan kedalaman muka air tanah sekitar 20 cm menghasilkan emisi tertinggi dibandingkan dengan jara 200 dan 500 cm pada ketiga periode pengamatan. Hasil ini sejalan dengan penelitian Hooijer *et al.* (2006), Liu *et al.* (2008); Klemedtsson *et al.* (1997) dan Smith *et al.* (2003). Hal ini memperlihatkan bahwa terdapat kedalaman muka air tanah

berpengaruh terhadap ketersediaan oksigen, aktivitas respirasi akar tanaman, aktivitas dekomposisi gambut dan emisi karbon.

Pengaruh Saluran Drainase dan Umur Tanaman terhadap Emisi Karbon Lahan pada Agroekosistem Kelapa

Emisi CO₂ pada lokasi penelitian memperlihatkan bahwa emisi karbon terbesar terjadi pada tanaman kelapa sawit umur 5 tahun dengan saluran drainase (5 tahun SD) sebesar 14,723 ton CO₂/ha/tahun dan emisi terendah pada umur tanaman 2 tahun tanpa saluran drainase (2 tahun NSD) sebesar 9,783 ton CO₂/ha/tahun.

Sumbangan emisi karbon dari pembuatan saluran drainase pada tanaman umur 5 tahun adalah sebesar 2,696 ton CO₂/ha/tahun, sedangkan sumbangan emisi dari bertambahnya umur tanaman kelapa sawit adalah sebesar 0,383 hingga 1,479 ton CO₂/ha/tahun. Hal ini memperlihatkan bahwa pembuatan saluran drainase umur tanaman dan mempunyai peranan penting dalam emisi karbon pada agroekosistem kelapa sawit yang diusahakan di lahan gambut.

KESIMPULAN

Emisi karbon merupakan salah satu dampak dari kegiatan agroekosistem kelapa sawit di lahan gambut sebagai pembuatan saluran drainase dan aktivitas tanaman. Emisi karbon tertinggi terdapat pada tanaman tertua dengan saluran drainase dan terendah pada tanaman kelapa sawit termuda. Sumbangan emisi karbon dari pembuatan saluran drainase mencapai 2,696 ton CO₂/ha/tahun dan lebih besar dibandingkan dengan sumbangan emisi dari pertambahan umur tanaman kelapa sawit setiap tahunnya yakni sebesar 0,383 hingga 1,479 ton CO₂/ha/tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus F. 2007. *Cadangan, Emisi dan Konservasi Karbon pada Lahan Gambut. Bunga Rampai Konservasi Tanah dan Air*. Pengurus Pusat Masyarakat Konservasi Tanah dan Air Indonesia. 2004-2007.
- Batjes NH, Bridges EM. 1992. A review of soil factors and processes that control fluxes of heat, moisture and greenhouses gases. *Technical Paper* 23. International Soil Reference and Information Centre, Wageningen.
- Carlson K, Curran L, Asner G, Pittman A, Trigg S, Adeney JM. 2012. Carbon Emissions from forest conversion by Kalimantan oil palm plantations nature clim. *Change* 3 283-7.
- Chimner RA, Cooper DJ. 2003. Influence of water table position on CO₂ emissions in a Colorado Subalpine Fen: An in situ microcosm study. *Soil Biology and Biogeochemistry* 35:345-351.
- Ekberg A, Buchmann N, Gleixner G. 2007. Rhizospheric influence on soil respiration and decomposition in a temperate Norway spruce stand. *Soil Biology and Biochemistry* 39:2103-2110.
- Henson I, Ruiz RR, Romero HM. 2012. The greenhouse gas balance of the oil palm industry in Colombia: A preliminary analysis. I. *Carbon Sequestration and Carbon Offsets Agronomie'ia Colombiana* 30 359-69.
- Hirano T et al. 2007. Carbon dioxide balance of a tropical peat swamp forest in Kalimantan, Indonesia. *Global Change Biology* 13:1-14.
- Hooijer A, Silvius M, Wosten H, Page SE. 2006. *Peat-CO₂, Assessment of CO₂ Emissions from Drained Peat Lands in SE Asia*. Delf Hydraulics Report Q3943.
- IPCC. 2006. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU)*. Kanagawa: Institute for Global Environmental Strategies.
- Jia B, Zhou G, Wang Y. 2006. Effects of temperature and soil water-content on soil respiration of grazed an ungrazed

- leymus chinensis steppes, Inner Mongolia. *Journal of Arid Environments* 67:60-76.
- Klemedtsson AK. 1997. Greenhouse gas emissions from farmed organic soils: A review. *Soil Use and Management* 13:245-250.
- Liu LC, Fan Y, Wu G, Wei YM. 2008. Using LMDI method to analyze the change of China's industrial CO₂ emissions from final fuel use: An empirical analysis. *Energy Policy* 35(11):5892-5900.
- Melling L, Hatano R, Goh KJ. 2005. Soil CO₂ flux from ecosystem in tropical peat land of Serawak. Malaysia. *Tell Us* 57:1-11.
- Melling L, Goh KJ, Beavies C, R. Hatanto R. 2007. Carbon flow and budget in a young mature oil palm agroekosistem on deep tropical peat. *Proceeding of The International Symposium on Tropical Peat Land*. Jakarta.
- Moore TR, Dalva M. 1993. The influence of temperature and water table position on carbon dioxide and methane emission from laboratory columns of peatland soil. *Journal of Soil Science* 44:651-664.
- Smith KA. 2003. Exchange of greenhouse gases between soil and atmosphere: Interaction of soil physical factors and biological processes. *European Journal of Soil Science* 54:779-791.
- Wösten JHM, Ritzema HP. 2001. Land and water management options for Peat land development in Sarawak, Malaysia. *International Peat Journal* 11:59-66.