

EMISI CO₂ PADA KEBUN KELAPA SAWIT DI LAHAN GAMBUT: EVALUASI FLUKS CO₂ DI DAERAH RIZOSFER DAN NON RIZOSFER

Carbon Dioxide (CO₂) Emission of Oil Palm Plantation on Peatland: The evaluation CO₂ flux on inside and outside Rhizosphere

**Etik Puji Handayani¹⁾, Komaruddin Idris²⁾, Supiandi Sabiham²⁾, Sri Djuniwati²⁾,
Meine van Noordwijk³⁾**

¹⁾ Jurusan Agroekoteknologi, Sekolah Tinggi Pertanian Dharma Wacana Metro, Jl. Kenanga No. 3 Mulyojati 16C Metro, Kota Metro. Hp: 081574004775, Email: etik_ph@yahoo.com.

²⁾ Departemen Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor

³⁾ Principal Soil Ecologist in International Centre Research of AgroForestry (ICRAF)

ABSTRACTS

Sources of CO₂ from the soil include root respiration, decomposition of newly fallen aboveground litter and decomposition of old soil organic matter. Rhizosphere processes play a key role in soil respiration which is the main carbon efflux from peatland ecosystem to atmosphere. Plant rhizodeposits supply low-molecular weight carbon substrates to the soil microbial community, resulting in elevated levels of activity surrounding the root. We studied the effects of rhizosphere in oil palm plantation on the fluxes of CO₂. Carbon dioxide emission flux of peatland was collected in Meulaboh, West Aceh using cylindrical chambers and analysis air samples of chamber by gas chromatograph. Five-point transects perpendicular to drainage canal provided variation in depth of water table for the samples. The data confirmed that The CO₂ flux from rhizosphere chamber with additional roots was one to four times higher than from bulk soil chamber.

Keywords: CO₂ emission, Rhizosphere, oil palm, peat land

PENDAHULUAN

Gambut berperan penting dalam biosfer karena gambut terlibat dalam siklus biogeokimia, merupakan habitat tanaman dan hewan, sebagai lingkungan hasil dari evolusi, dan sebagai referen dalam mempelajari pola perubahan iklim global masa lalu dan masa sekarang. Indonesia merupakan negara yang memiliki lahan gambut tropik terluas (20.73 juta ha) di Asia Tenggara (Rieley *et al.*, 1996). Luasan lahan gambut tersebut merupakan potensi lahan gambut dalam memenuhi kebutuhan investasi untuk perluasan kebun kelapa sawit. Disamping itu, dengan adanya fakta bahwa kelapa sawit mampu memproduksi tinggi pada lahan gambut menambah banyaknya konversi hutan gambut menjadi perkebunan kelapa sawit.

Hasil penelitian Winarna (2007) menyebutkan bahwa produksi rata-rata kelapa sawit pada lahan gambut saprik dapat mencapai 23.08 ton tandan buah segar per hektar per tahun. Namun pengembangan perkebunan kelapa sawit pada lahan gambut mempunyai potensi nyata dalam peningkatan emisi gas CO₂. Pembuatan drainase menyebabkan subsiden yang merupakan resultante dari proses oksidasi dan pemadatan (*compaction*). Hal itu memacu proses dekomposisi cadangan bahan organik, sehingga emisi CO₂ meningkat. Kajian mendalam tentang faktor-faktor yang mempengaruhi emisi CO₂ dari lahan gambut yang sangat diperlukan untuk menentukan kebijakan dalam pengelolaan gambut dan pengembangan perkebunan kelapa sawit.

Karbondioksida merupakan salah satu gas rumah kaca yang penting karena mempunyai daya absorpsi infra red

yang kuat dan kehadirannya di atmosfer semakin meningkat dengan laju pertumbuhan per tahun 1,5 part per million volume (ppmv), sehingga berkontribusi dalam pemanasan global. Aktivitas pertanian menyumbang sebesar 25 % dari total emisi CO₂ asal sumber antropogenik (Klemmedtsson *et al.*, 1997). Tanah gambut dapat berfungsi sebagai penambat CO₂ atmosfer. CO₂ yang diikat oleh biomass tanaman selama proses fotosintesis dapat disimpan dalam tanah sebagai karbon organik melalui perubahan residu tanaman menjadi bahan organik tanah setelah residu tersebut dikembalikan ke tanah. Namun disisi lain, gas CO₂ secara alami dapat terlepas dari bahan gambut ke atmosfer melalui proses dekomposisi, sehingga dikatakan gambut sebagai sumber CO₂.

Pengaruh daerah perakaran terhadap produksi dan emisi CO₂ merupakan hal yang sangat penting untuk dikaji lebih lanjut karena daerah perakaran merupakan suatu tempat dikeluarkan eksudat-eksudat akar, tempat pusat populasi dan aktivitas mikrob yang jauh berbeda dengan daerah di luar perakaran. Menurut Dannoura dan Jomura (2005), proses respirasi tanah dan respirasi akar di bawah tanah memainkan peranan penting dalam siklus karbon biosfer. Karena penyebaran akar kelapa sawit terkonsentrasi

pada lapisan atas tanah, akar tertier dan kuarter yang banyak ditumbuhi bulu-bulu halus akar dan dilindungi dengan tudung akar banyak ditemukan pada 2 – 2.5 m dari pangkal batang dan sebagian besar berada di luar piringan (Fauzi *et al.*, 2006), sehingga pemasangan sungkup untuk pengambilan sampel gas harus diletakkan sesuai dengan keberadaan bulu-bulu akar yang aktif.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi fluks CO₂ dari lahan gambut yang dipengaruhi oleh aktivitas akar tanaman kelapa sawit (daerah rizosfer) dan yang tidak dipengaruhi oleh aktivitas akar (non rizosfer) pada berbagai kedalaman muka air tanah di perkebunan kelapa sawit.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di kebun kelapa sawit pada lahan gambut yang terdapat di Meulaboh, Aceh Barat, yaitu kebun kelapa sawit di desa Suak puntong, kecamatan Meurebu dan kebun kelapa sawit di desa Suak Raya, kecamatan Johan Pahlawan, Kabupaten Meulaboh, Aceh Barat. Pengamatan dilakukan pada bulan Oktober - November 2008.

Pengambilan sampel gas dilakukan dari sungkup permanen yang telah dipasang enam bulan sebelumnya dalam kondisi tanpa tutup sungkup pada titik-titik pengamatan setiap transek. Sungkup untuk pengambilan sampel gas yang mewakili daerah rizosfer berupa paralon silinder berdiameter 30 cm dan tinggi 30 cm yang diberi lubang diameter 5 cm pada titik 20 cm dari atas permukaan paralon untuk memasukkan tiga buah akar agar tumbuh dalam paralon. Paralon tersebut diletakkan sejauh 2.5 m dari pokok batang untuk tanaman kelapa sawit. Sedangkan untuk pengambilan sampel gas non rizosfer dilakukan dengan memasang paralon silinder dengan ukuran yang sama tetapi tanpa dibuat lubang pada jarak 1 m dari paralon rizosfer (Gambar 1a).



Gambar 1. (a) Sungkup untuk pengamatan rizosfer.
(b) Sungkup saat pengambilan sampel gas

Sampel gas diambil dengan menggunakan *syringe* berukuran 10 ml dari septum tutup sungkup. Pada tutup sungkup tersebut dilengkapi juga dengan kipas yang digerakkan dengan baterai 9 volt untuk mengaduk udara dalam sungkup dan sebuah termometer untuk mengukur suhu dalam sungkup (Gambar 1 b). Pengambilan gas dilakukan pada saat 0, 5, 10, 15, 25 dan 35 menit setelah tutup sungkup dipasang pada paralon permanen dan dilakukan pada pukul 07.00-10.00 WIB. Sampel gas dalam *syringe* dianalisis CO₂ dengan menggunakan alat kromatografi gas tipe CP-400 yang dilengkapi dengan program Galaxie CDS.

Penghitungan konsentrasi gas CO₂ dilakukan dengan cara membandingkan peak area gas contoh yang akan dihitung konsentrasinya dengan peak area gas yang sudah diketahui konsentrasinya (standar). Perbandingan dilakukan dengan menggunakan kurva standar yang terdiri dari beberapa konsentrasi gas, sehingga diperoleh regresi linier untuk menghitung konsentrasi gas. Dari data perubahan konsentrasi CO₂ antar waktu pengambilan sampel gas akan diperoleh gradient perubahan konsentrasi per satuan waktu (dc/dt). Dengan diketahuinya gradien ini dan dengan diukurnya data suhu, dan ketinggian efektif sungkup akan dapat dihitung nilai fluks CO₂. Perhitungan fluks gas CO₂ didasarkan pada metode Hou *et al.* (2000), dengan rumus:

$$F = \delta m / A \delta t$$

$$F = \rho \times H \times dc/dt \text{ (mg CO}_2\text{/m}^2\text{/jam)}$$

$$F = (44/22,4) \times H \times dc/dt \times \{273 / (273+t)\}$$

Dengan lambang notasi:

F = fluks CO₂ (mg CO₂ m⁻² jam⁻¹)
 ρ = kerapatan CO₂ pada suhu absolut (g dm⁻³),
 H = tinggi efektif sungkup (m)
 dc/dt = perubahan konsentrasi CO₂ antar waktu (mg kg⁻¹ jam⁻¹)
 t = rata-rata suhu dalam sungkup (°C)
 Hasil perhitungan kemudian di konversi dalam ton⁻¹ ha⁻¹th⁻¹

Untuk mengetahui pengaruh rizosfer terhadap fluks CO₂, maka data fluks CO₂ dari rizosfer dibandingkan dengan data fluks CO₂ non rizosfer, kemudian dihitung besarnya perbedaan antara kedua fluks CO₂ tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran fluks CO₂ masing-masing transek pada lokasi penelitian disajikan pada Tabel 1 dan diilustrasikan pada Gambar 1. Dari Tabel 1 dapat diketahui bahwa fluks CO₂ di daerah rizosfer lebih tinggi daripada di non rizosfer pada setiap titik pengamatan dari masing-masing transek.

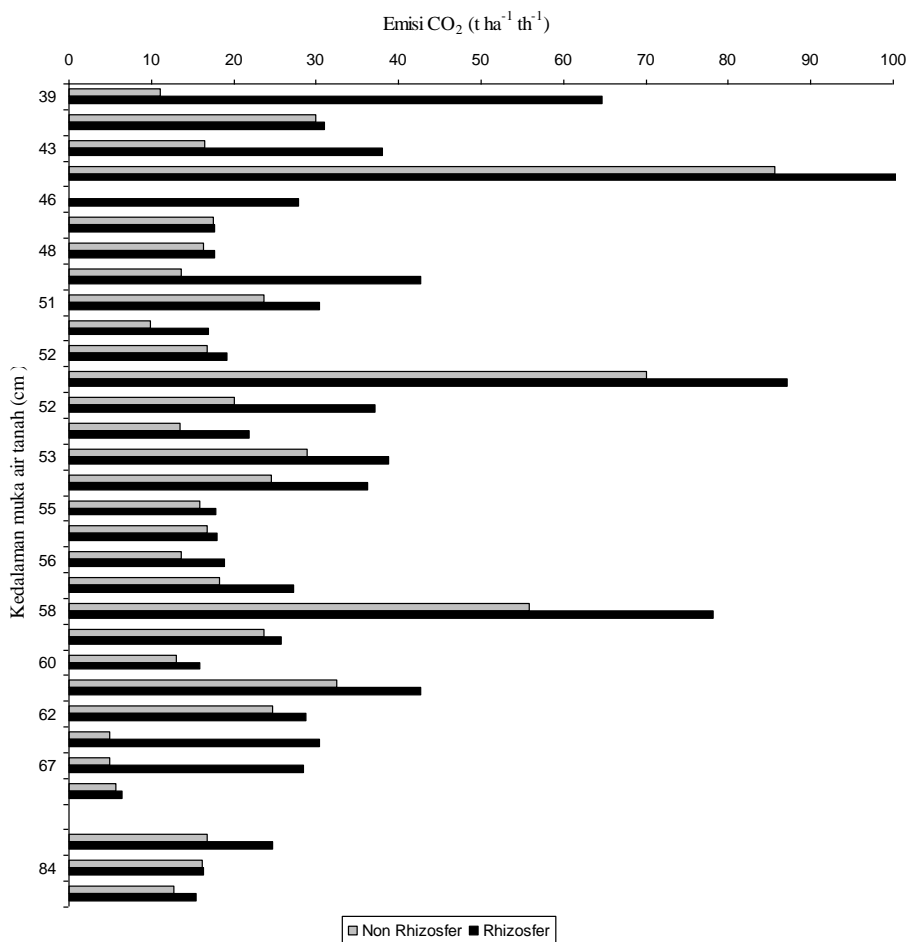
Lebih besarnya fluks CO₂ di daerah rizosfer sangat berkaitan erat dengan pengaruh kualitas media akar yang mampu merubah sifat fisik, kimia dan biologi tanah di sekitar akar (Darrah, 1993; Gregory dan Hinsinger, 1999). Rizosfer mempunyai lingkungan yang memungkinkan untuk berkembangnya banyak organisme (Bowen dan Rovina, 1991; Peterson, 2003), sehingga banyak proses yang terjadi pada daerah sekitar akar yang secara langsung maupun tidak langsung dapat meningkatkan kapasitas fungsi tanah terhadap pertumbuhan tanaman dan buffer lingkungan, seperti: 1) akar tanaman menstabilkan tanah dari gangguan fisik, pergantian siklus pembasahan dan pengeringan, (2) eksudat akar membantu terbentuknya agregat tanah, (3) asam organik seperti asam oksalat, asam tartrat, dan asam sitrat melarutkan unsur hara dan detoksifikasi unsur logam (Thiele *et al.*, 2005).

Tabel 1. Pengukuran Fluks CO₂ pada Berbagai Titik Pengamatan dan Kedalaman Muka Air Tanah

Umur tanaman / transek	Lokasi	Titik pengamatan ke	Kedalaman muka air tanah (cm)	Fluks CO ₂ (ton/ha/th)	
				Non rizosfer	Rizosfer
Kelapa Sawit 10 th/1	Suak Puntong	1	81	16,779	24,640
Kelapa Sawit 10 th/1	Suak Puntong	2	62	24,749	28,767
Kelapa Sawit 10 th/1	Suak Puntong	3	60	23,694	25,781
Kelapa Sawit 10 th /1	Suak Puntong	4	56	13,629	18,875
Kelapa Sawit 10 th /1	Suak Puntong	5	51	9,898	16,893
Kelapa Sawit 10 th /2	Suak Puntong	1	86	12,726	15,415
Kelapa Sawit 10 th /2	Suak Puntong	2	84	16,204	16,353
Kelapa Sawit 10 th /2	Suak Puntong	3	74	5,763	6,469
Kelapa Sawit 10 th /2	Suak Puntong	4	67	4,871	28,375
Kelapa Sawit 10 th /2	Suak Puntong	5	64	4,865	30,346
Kelapa Sawit 10 th /3	Suak Raya	1	52	70,084	87,132
Kelapa Sawit 10 th /3	Suak Raya	2	52	20,073	37,070
Kelapa Sawit 10 th /3	Suak Raya	3	49	13,690	42,684
Kelapa Sawit 10 th /3	Suak Raya	4	46	0,145	27,872
Kelapa Sawit 10 th /3	Suak Raya	5	43	16,522	38,073
Kelapa Sawit 5 th /4	Suak Raya	1	55	15,887	17,815
Kelapa Sawit 5 th /4	Suak Raya	2	57	18,239	27,192
Kelapa Sawit 5 th /4	Suak Raya	3	53	28,947	38,814
Kelapa Sawit 5 th /4	Suak Raya	4	52	13,533	21,917
Kelapa Sawit 5 th /4	Suak Raya	5	51	23,647	30,342
Kelapa Sawit 5 th /5	Suak Raya	1	61	32,456	42,711
Kelapa Sawit 5 th /5	Suak Raya	2	60	13,095	15,913
Kelapa Sawit 5 th /5	Suak Raya	3	58	55,849	78,190
Kelapa Sawit 5 th /5	Suak Raya	4	56	16,839	17,972
Kelapa Sawit 5 th /5	Suak Raya	5	54	24,534	36,166
Kelapa Sawit 5 th /6	Suak Raya	1	52	16,780	19,093
Kelapa Sawit 5 th /6	Suak Raya	2	48	16,253	17,652
Kelapa Sawit 5 th /6	Suak Raya	3	40	29,880	31,007
Kelapa Sawit 5 th /7	Suak Raya	1	46	17,453	17,675
Kelapa Sawit 5 th /7	Suak Raya	2	43	1,586	24,438
Kelapa Sawit 5 th /7	Suak Raya	3	39	11,081	64,667

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa tanah yang dipengaruhi oleh aktivitas akar merupakan tempat yang disukai oleh banyak mikroba dibandingkan dengan *bulk soil* (Peterson, 2003). Disamping meningkatnya populasi mikroba, aktivitas mikroba di sekitar daerah perakaran juga meningkat. Peningkatan aktivitas ini sebagai akibat tingginya konsentrasi nutrisi, C-labil, dan pengaruh eksudat akar (Kuzyakov *et al.*, 2000; Subke *et al.*, 2004; Hamer

dan Marschner, 2005). Dengan meningkatnya jumlah populasi dan aktivitas mikroba di daerah rizosfer menyebabkan respirasi mikroba meningkat dan produksi CO₂ dari daerah rizosfer lebih besar daripada daerah non rizosfer seperti diilustrasikan pada Gambar 2. Namun mekanisme dua arah proses emisi gas CO₂ dari dalam tanah ke atmosfer sangatlah kompleks dan dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan yang saling berinteraksi.

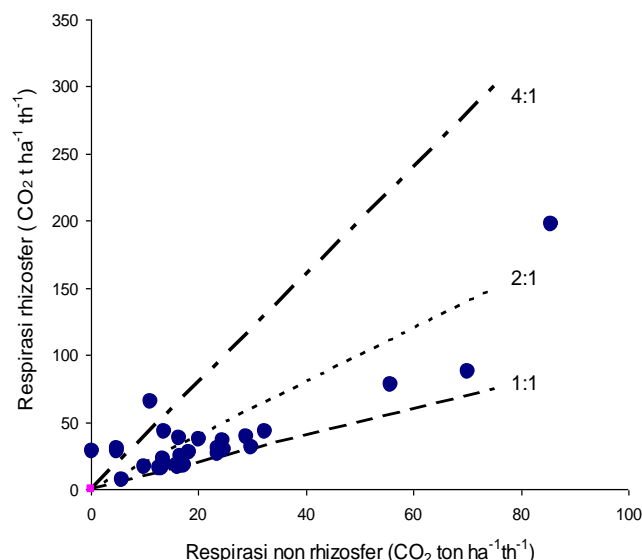


Gambar 2. Fluks CO₂ di Daerah Rizosfer dan Non Rizosfer pada Berbagai Kedalaman Muka Air Tanah di Perkebunan Kelapa Sawit pada Musim Hujan.

Pelepasan CO₂ dari lapisan permukaan tanah yang banyak dipengaruhi oleh kehadiran akar tanaman. Beberapa penelitian menyatakan produksi CO₂ menurun dengan meningkatnya kedalaman tanah pada tanah yang diinkubasi baik pada kondisi aerobik maupun anaerobik (Bridgham dan Richardson, 1992; McKenzie *et al.*, 1998 dan Waddington *et al.*, 2001). Hal ini disebabkan karena (1) perbedaan dalam populasi mikrob, (2) rendahnya jumlah C-

organik tersedia (Nadelhoffer *et al.*, 1991), dan akumulasi senyawa humik (Hogg *et al.*, 1992).

Perhitungan lebih lanjut dari data fluks CO₂ rizosfer dan non rizosfer pada kedalaman muka air tanah yang sama menunjukkan bahwa emisi CO₂ dari daerah rizosfer lebih besar 1 sampai dengan 4 kali lebih besar daripada daerah non rizosfer (Gambar 3).



Gambar 3. Perbandingan Fluks CO₂ dari Rizosfer dan Non Rizosfer

Moren and Lindroth (2000) menyatakan bahwa effluks CO₂ dari dalam tanah merupakan hasil dari dua proses yaitu produksi CO₂ dan transport CO₂. Berkaitan dengan proses transport CO₂, maka besarnya produksi CO₂ di daerah rizosfer akan diikuti oleh besarnya fluks CO₂ di daerah ini akibat dari lebih memungkinkannya proses difusi gas CO₂ dari dalam tanah ke atmosfer. Menurut Walczak, Bieganowski, and Rovdan (2002), bobot isi semakin meningkat dengan meningkatnya kedalaman tanah. Terdapatnya perbedaan bobot isi tanah di sekitar akar dengan *bulk soil* juga memungkinkan produksi CO₂ di daerah rizosfer lebih tinggi daripada non rizosfer.

KESIMPULAN

Fluks CO₂ di daerah rizosfer tanaman kelapa sawit lebih besar daripada fluks CO₂ di non rizosfer. Fluks CO₂ di daerah rizosfer 1-4 kali lebih besar daripada fluks CO₂ di non rizosfer pada perkebunan kelapa sawit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penghargaan diberikan kepada International Centre of Research Agro Forestry (ICRAF) yang telah memberikan dana melalui proyek Rebuilding Green Infrastructure with Trees People Want[™] (ReGrIn) yang merupakan kemitraan antara Balai Penelitian Tanah, World Agroforestry Centre (ICRAF), Lembaga Riset Perkebunan Indonesia (LRPI) dan University of Hohenheim (Jerman) hingga terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowen, G. D. and A. D. Rovira. 1991. Are modelling approaches useful in rhizosphere biology. *Bull. Ecol. Res. Comm.* Stockholm 17: 443–450.
- Bridgham, S. D. and C. J. Richardson. 1992. Mechanisms controlling soil respiration CO₂ and CH₄ in southern peatlands. *Soil Biol and Biochem*, 24: 1089–1099.
- Darrah, P. R. 1993. Models of the rhizosphere. I: Microbial population dynamics around a root releasing soluble and insoluble carbon. *Plant and Soil*, 133: 187–199.
- Donnaura, M., M. Jomura. 2005. Measurements of root respiration before and after forest fire-evaluation of the role of root in soil respiration. <http://www.ars.usda.gov/research/publication.htm>. (Diakses 23 Januari 2008).
- Fauzi, Y., Y. E. Widyastuti, I. Satyawibawa, R. Hartono. 2006. Kelapa Sawit; Budidaya, Pemanfaatan Hasil dan Limbah, Analisis Usaha dan Pemasaran. Penebar Swadaya. Jakarta. 168 hlm.
- Gregory, P. J. dan P. Hinsinger. 1999. New approaches to studying chemical and psysical changes in the rhizosphere: an overview. *Plant and Soil*, 211: 1-9.
- Hamer, U., B. Marschner. 2005. Priming effects in soils after combined and repeated substrate additions. *Geoderma*, 128: 38–51.
- Hinsinger, P., B. Jaillard, D. L. Jones, G. Neumann, V. Romheld, dan W. W. Wenzell. 2005. Rhizosphere- a challenging environment for the acquisition of nutrients and trace elements by plant roots. In Li, C. J. *et al.* (eds), plant nutrition for food security, human health and environmental protection: 40-41. Tsinghua University Press.

- Hogg, E. H., V. J. Lieffers, and R. W. Wein. 1992. Potential carbon losses from peat profiles: effects of temperature, drought cycles, and fire. *Ecological Applications*, 2: 298–306.
- Hou, A. X., G. X. Chen, Z. P. Wang, O Van Cleemput, W. H. Jr. Patrick. 2000. Methane and nitrous oxide emissions from a rice field in relation to soil redox and microbiological processes. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 64: 2180–2186.
- Klemedtsson, A. K., L. Klemedtsson, K. Berglund, P. Martikainen, J. Silvola, and O. Oenema. 1997. Greenhouse gas emissions from farmed organic soils: a review. *Soil Use and Management*, 13: 245–250.
- Kuzyakov, Y., J.K. Friedel, and K. Stahr. 2000. Review of mechanisms and quantification of priming effects. *Soil Biol & Biochem*, 32: 1485–1498.
- McKenzie, C., S. Schiff, R. Aravena, C. Kelly, and V. St. Louis. 1998. Effect of temperature on production of CH₄ and CO₂ production from peat in a natural and flooded boreal forest wetland. *Climatic Change*, 40: 247–266.
- Moren, A. S., and A. Lindroth. 2000. CO₂ exchange at the floor of a boreal forest. *Agric. For. Meteorol*, 101: 1–14.
- Nadelhoffer, K. J., A. E. Giblin, G. R. Shaver, and J. A. Laundre. 1991. Effects of temperature and substrate quality on element mineralization in six arctic soils. *Ecology*, 72: 242–253.
- Peterson, E. 2003. Importance of rhizodeposition in the coupling of plant and microbial productivity. *European Journal of Soil Science.*, 54: 741–750.
- Rieley, J. O., A. A. Ahmad-Shah, and M. A. Brady. 1996. The extent and nature of tropical peat swamps. In: Maltby, E., Immirzi, C. P. and Safford, R. J. (eds). *Tropical Lowland Peatlands of Southeast Asia, Proceedings of a Workshop on Integrated Planning and Management of Tropical Lowland Peatlands held at Cisarua, Indonesia, 3-8 July 1992*. IUCN, Gland, Switzerland. 294pp. ISBN 2-8317-0310-7.
- Subke, J. A., V. Hahn, G. Battipaglia, S. Linder, N. Buchmann, and M. F. Cotrufo. 2004. Feedback interactions between needle litter decomposition and rhizosphere activity. *Oecologia*, 139: 551–559.
- Thiele, B., S. Wessel-Bothe, F. Meijboom, P. Klauth, J. Lindenmair, R. Rist, E. Schoelgens, and A.J. Kuhn. 2005. Determination of organic acid in soil solution with high spatial-temporal resolution using the rhizotron methodology. In Li, C.J. et al. (eds), *plant nutrition for food security, human health and environmental protection*, 454–455. Tsinghua University Press.
- Waddington, J. M., P. A. Rotenberg, and F. J. Warren. 2001. Peat CO₂ production in a natural and cutover peatland: implications for restoration. *Biogeochemistry*, 54: 115–130.
- Walezak, B. W., A. Bieganski, and E. Rovdan. 2002. Water-air properties in peat, sand and their mixtures. *Int. Agrophysic*, 16: 313–318.
- Winarna. 2007. Lahan Gambut Saprik paling Potensial Untuk Kebun Sawit. <http://groups.google.co.id>. (diakses 25 Agustus 2007).
-