

## FLUKS CO<sub>2</sub> DARI TANAH ANDOSOL PADA PENGGUNAAN LAHAN KEBUN SAYUR DAN HUTAN DI KECAMATAN CISARUA KABUPATEN BOGOR

### *CO<sub>2</sub> Flux from Andosol on Landuse Vegetable Garden and Forest in Cisarua District Bogor Regency*

Taufan Saleh<sup>1)</sup>, Darmawan<sup>2)</sup>, dan Basuki Sumawinata<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Alumni Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian IPB, Jl. Meranti Kampus IPB Darmaga Bogor 16680

<sup>2)</sup> Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian IPB, Jl. Meranti Kampus IPB Darmaga Bogor 16680

#### ABSTRACT

*Agricultural activities are considered as one source of greenhouse gas emissions (GHG). Researchs on GHG emission from agricultural land are mostly done on peat soils, while researchs on mineral soil are still limited. This research was aimed to find out and to compare CO<sub>2</sub> flux from vegetable garden, forest, and bare land on Andosol, and to compare CO<sub>2</sub> flux from peat soils with these of mineral soils. This research was carried out at tea plantation area of PT Sumber Sari Bumi Pakuan, Tugu Utara Village, Cisarua District, Bogor Regency (Puncak area). Gas samples were taken using a chamber method and CO<sub>2</sub> measurement was done using a CO<sub>2</sub> Analyzer. The results of CO<sub>2</sub> flux measurement of each of the land uses on Andosol indicate that CO<sub>2</sub> flux from vegetable garden and forest were almost similar, about 4,26 g C- CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> and 4,28 g CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>, while that of bare land showed smaller results, about 2,01 g C- CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>. The results of analysis of soil respiration showed the same thing that is CO<sub>2</sub> produced from soil of vegetable garden and forest is higher than that of bare land. These results are resembled by the results of the analysis of microbial populations in the soils of vegetable garden and forest that were higher than that of the bare land.*

*Keywords: Agricultural land, Andosol, CO<sub>2</sub> flux*

#### ABSTRAK

Kegiatan pertanian dianggap sebagai salah satu sumber emisi gas rumah kaca (GRK). Penelitian mengenai emisi GRK (CO<sub>2</sub>) dari lahan pertanian banyak dilakukan terutama pada tanah gambut, sedangkan pada tanah mineral masih terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan membandingkan fluks CO<sub>2</sub> dari Andosol pada penggunaan lahan kebun sayur, hutan, dan tanah bera, serta membandingkan fluks CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari tanah gambut dengan tanah mineral. Penelitian dilakukan di areal perkebunan teh PT Sumber Sari Bumi Pakuan, Desa Tugu Utara, Kecamatan Cisarua, Kabupaten Bogor (kawasan Puncak). Pengambilan contoh gas dilakukan menggunakan metode sungkup dan pengukuran CO<sub>2</sub> menggunakan CO<sub>2</sub> Analyzer. Hasil pengukuran fluks CO<sub>2</sub> pada kebun sayur dan hutan menunjukkan nilai yang hampir sama yaitu berurut-turut sekitar 4,26 g C- CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> hari<sup>-1</sup> dan 4,28 g C-CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> hari<sup>-1</sup>, sedangkan dari tanah bera lebih kecil yaitu sebesar 2,01 g C-CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> hari<sup>-1</sup>. Hasil analisis respirasi tanah juga menunjukkan hal yang sama yaitu CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari tanah kebun sayur dan hutan lebih tinggi dibandingkan tanah bera. Hasil tersebut diikuti dengan hasil analisis populasi mikroba pada tanah kebun sayur dan hutan yang lebih tinggi dibandingkan tanah bera.

Kata kunci: Andosol, fluks CO<sub>2</sub>, lahan pertanian

#### PENDAHULUAN

Akhir-akhir ini pemanasan global muncul sebagai isu lingkungan di seluruh dunia. Penyebab pemanasan global diduga karena meningkatnya emisi gas rumah kaca (GRK), yaitu diantaranya yang paling penting adalah gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) yang dilepaskan dari hasil kegiatan manusia seperti penggunaan bahan bakar fosil untuk industri, transportasi, dan rumah tangga. Selain sumber utama tersebut, akhir-akhir ini kegiatan pertanian pun dianggap sebagai sumber emisi GRK ke atmosfer. IPCC

(2007) menyebutkan 14 % emisi GRK di tahun 2004 dihasilkan dari kegiatan pertanian.

Seiring dengan adanya anggapan tersebut, telah banyak penelitian dan publikasi yang memberikan informasi mengenai emisi GRK khususnya emisi CO<sub>2</sub> dari lahan pertanian dan berbagai penggunaan lahan lainnya termasuk di Indonesia. Penelitian mengenai emisi CO<sub>2</sub> atau fluks CO<sub>2</sub> dari berbagai penggunaan lahan di Indonesia saat ini lebih banyak dilakukan pada lahan gambut. Hasil penelitian pada lahan gambut pada umumnya menyebutkan bahwa emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan

pada lahan gambut tinggi, seperti hasil penelitian Hooijer *et al.* (2012) dan Jauhiainen *et al.* (2012).

Penelitian emisi CO<sub>2</sub> atau fluks CO<sub>2</sub> dari tanah mineral di Indonesia masih jarang dilakukan. Banyak anggapan bahwa fluks CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari tanah gambut jauh lebih besar dari tanah mineral karena kandungan karbon tanah gambut jauh lebih tinggi dibandingkan tanah mineral. Kadar karbon yang tinggi di lahan gambut dianggap sebagai sumber potensial emisi CO<sub>2</sub> ke atmosfer sebagai hasil proses dekomposisi. Namun, hasil penelitian Sumawinata *et al.* (2012) menunjukkan bahwa CO<sub>2</sub> yang diemisikan dari tanah gambut pada area terbuka (tanpa vegetasi) dengan pengukuran selama satu tahun ialah sebesar 11,06 ton C-CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> tahun<sup>-1</sup> tidak jauh berbeda dengan yang diemisikan dari tanah mineral berbahan organik rendah tanpa tanaman dan serasah yaitu sebesar 144,9±28,7 mg C-CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> jam<sup>-1</sup> setara 12,69±2,51 ton C-CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> tahun<sup>-1</sup> (Hazama 2012). Hal ini menunjukkan bahwa tanah gambut tidak mesti menghasilkan fluks CO<sub>2</sub> yang lebih tinggi dari tanah mineral.

Penelitian fluks CO<sub>2</sub> dari tanah mineral di Indonesia masih terbatas sedangkan jenis tanah mineral yang ada di Indonesia sangat beragam. Oleh karena itu penelitian mengenai besarnya fluks CO<sub>2</sub> dari berbagai tanah mineral yang lain khususnya yang memiliki kadar bahan organik tinggi seperti tanah Andisol perlu dilakukan. Berdasarkan latar belakang yang diuraikan diatas, tujuan penelitian ini ialah untuk mengetahui dan membandingkan fluks CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari tanah Andisol pada penggunaan lahan kebun sayur, hutan, dan tanah bera.

## BAHAN DAN METODE

Pengukuran fluks CO<sub>2</sub> dilakukan dari bulan September 2012 sampai dengan Mei 2013. Pengambilan contoh dilakukan pada tiga lokasi yang bertempat di areal perkebunan teh PT Sumber Sari Bumi Pakuan, Desa Tugu Utara, Kecamatan Cisarua, Kabupaten Bogor (kawasan Puncak) pada ketinggian ±1.450 mdpl, pada kebun sayur, hutan, dan tanah bera. Lokasi penelitian secara rinci dapat dilihat pada Tabel 1. Pengukuran konsentrasi CO<sub>2</sub> dan analisis beberapa sifat tanah dilakukan di laboratorium Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Tabel 1. Titik koordinat lokasi penelitian

Lokasi	Titik Koordinat	Keterangan
Kebun Sayur	S 06°41'344" E 106°59'591"	Sistem tumpang sari sawi, kubis, dan cabai
Hutan	S 06°41'359" E 106°59'857"	Hutan Lindung Telaga Warna
Tanah Bera	S 06°41'344" E 106°59'602"	Tanah kosong yang dikondisikan tanpa tanaman dan serasah

Bahan yang digunakan terdiri dari contoh gas untuk pengukuran fluks CO<sub>2</sub> dan contoh tanah untuk analisis C-Organik, pH tanah, respirasi tanah (inkubasi), dan populasi mikroba. Contoh gas dan tanah diambil dari masing-masing penggunaan lahan. Selain itu juga digunakan gas CO<sub>2</sub> standar dan soda kapur (*soda lime*) dalam pengukuran contoh gas di laboratorium. Sementara

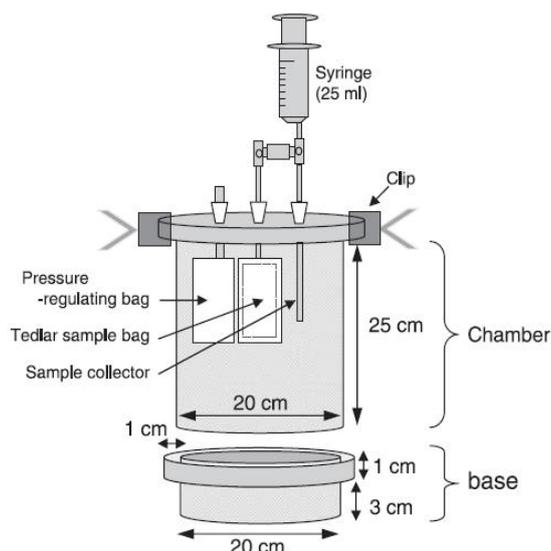
itu, alat-alat yang digunakan terdiri dari alat pengambilan contoh gas di lapangan meliputi sungkup (*chamber*), *chamber base*, *tedlar bag*, *pressure bag*, *stopcock*, *sampling tube*, dan *syringe*; alat pengukur contoh gas berupa CO<sub>2</sub> *analyzer*; alat pengambilan contoh tanah, dan alat-alat yang digunakan untuk analisis contoh tanah di laboratorium.

Kegiatan penelitian meliputi beberapa tahapan yaitu survei dan pemilihan lokasi penelitian, persiapan peralatan pengukuran di lapangan dan laboratorium, pelaksanaan penelitian lapang, dan analisis di laboratorium. Metode pengambilan contoh gas di lapangan, pengukuran contoh gas, dan analisis tanah diuraikan berikut ini.

### Pengambilan Contoh Gas

Pengambilan contoh gas untuk pengukuran fluks CO<sub>2</sub> dilakukan dengan metode ruang tertutup menggunakan *chamber*. Pengambilan contoh gas diawali dengan pemasangan *chamber base* di setiap lokasi pengamatan pada tiga titik yang mewakili lokasi pengamatan. Pemasangan *chamber base* pada lokasi kebun sayur terdiri dari 2 *chamber base* di guludan yaitu di baris tanam dan di antara baris tanam dan 1 *chamber base* pada parit di antara guludan. Pemasangan yang berbeda dilakukan agar memberikan hasil yang dapat mewakili kondisi sebenarnya. Hal yang sama juga dilakukan pada lokasi hutan dan tanah bera dengan memasang *chamber base* pada tiga titik yang mewakili kondisi hutan dan tanah bera.

Pengambilan contoh gas dilakukan sehari setelah pemasangan *chamber base*. Teknik pengambilan contoh gas dilakukan dengan menggunakan *chamber* yang berbentuk tabung berdiameter 20 cm dan tinggi 25 cm yang disungkupkan pada *chamber base* yang pada sisinya diisi dengan air untuk mencegah kebocoran gas. Sungkup dilengkapi dengan penutup akrilik yang terdiri dari tiga port dimana port pertama untuk kantung kedap udara (*tedlar bag*) pengambilan gas menit ke-3, port kedua untuk *tedlar bag* menit ke-6, dan port ketiga untuk *pressure bag* penyeimbang tekanan udara ruang *chamber* dengan tekanan udara atmosfer (lihat Gambar 1). Pengambilan contoh gas dilakukan sebanyak 3 kali dengan interval waktu 3 menit yaitu pada menit ke-0, menit ke-3, dan menit ke-6. Pengambilan contoh gas pada menit ke-0 dilakukan pada saat *chamber* belum terpasang. Pengambilan contoh gas untuk menit ke-3 dan menit ke-6 dilakukan setelah *chamber* disungkupkan pada *chamber base*. Jumlah gas yang diambil ke dalam *tedlar bag* yaitu sebanyak 250 ml dengan menggunakan jarum suntik (*syringe*) 25 ml. Pada saat pengambilan contoh gas dilakukan juga pengukuran suhu udara dan suhu tanah pada lokasi pengambilan contoh. Pengambilan contoh gas di masing-masing lokasi dilakukan pada pagi dan siang hari pada setiap minggunya selama kurun waktu 25 minggu.



Gambar 1. Chamber dan chamber base yang digunakan dalam metode ruang tertutup (Toma dan Hatano 2007)

### Pengukuran Contoh Gas dan Perhitungan Fluks CO<sub>2</sub>

Contoh gas yang telah diambil di lapang diukur di laboratorium pada hari yang sama menggunakan CO<sub>2</sub> analyzer yaitu *Infra Red Gas Analyzer* (IRGA) tipe ZEP9 dari Fuji *Electric Systems*. Pengukuran dilakukan setelah alat dikalibrasi sebanyak dua kali yaitu kalibrasi pertama merupakan zero kalibrasi dengan menggunakan soda lime yang menghasilkan gas bebas CO<sub>2</sub> dan kalibrasi kedua menggunakan gas standar CO<sub>2</sub> yang telah diketahui kadarnya. Angka yang dibaca pada IRGA ialah DVC, dimana konsentrasi (ppmv) = DVC (mV) x 20.

Angka konsentrasi yang diperoleh dari hasil pengukuran tiap interval 3 menit kemudian digunakan untuk menghitung fluks CO<sub>2</sub> dari tanah pada setiap penggunaan lahan. Angka tersebut digunakan untuk memperoleh nilai yang didapatkan dengan mencari nilai regresi linear menggunakan aplikasi *Microsoft Office Excel* dari 3 konsentrasi yang dihasilkan pada menit ke-0, menit ke-3, dan menit ke-6 di setiap titik pengambilan contoh gas. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan rumus fluks CO<sub>2</sub> ( $F = \rho \times \frac{V}{A} \times \frac{\Delta c}{\Delta t} \times \frac{273}{T} \times \alpha$ ) sebagai berikut :

$$F = \rho \times \frac{V}{A} \times \frac{\Delta c}{\Delta t} \times \frac{273}{T} \times \alpha$$

- $\rho$  = Densitas gas ( $10^6 \text{ mg m}^{-3}$ )
- $\Delta c$  = Variasi konsentrasi CO<sub>2</sub> ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ )
- A = Luas ruang ( $\text{m}^2$ )
- $\Delta t$  = Variasi waktu (jam)
- V = Volume ruang dalam ( $\text{m}^3$ )
- $\alpha$  = Koefisien transformasi
- T = Rata-rata suhu udara ( $^{\circ}\text{K}$ )

### Analisis Tanah

Beberapa sifat tanah dianalisis di laboratorium untuk mengetahui pengaruhnya terhadap fluks CO<sub>2</sub>. Sifat tanah yang dianalisis yaitu terdiri dari C-Organik, pH, respirasi (inkubasi), dan populasi mikrob. Contoh tanah

yang dianalisis diambil secara komposit dari lokasi pengamatan pada kedalaman 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm, dan 20-30 cm. Selain itu juga dilakukan analisis contoh serasah yang diambil dari lokasi hutan. Jenis analisis dan metode yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Analisis tanah di laboratorium

Analisis	Metode
C-Organik	Walkey dan Black
pH H <sub>2</sub> O (1:2,5)	Elektrometri
Respirasi Tanah	Inkubasi
Populasi Mikrob	Agar Cawan

## HASIL DAN PEMBAHASAN

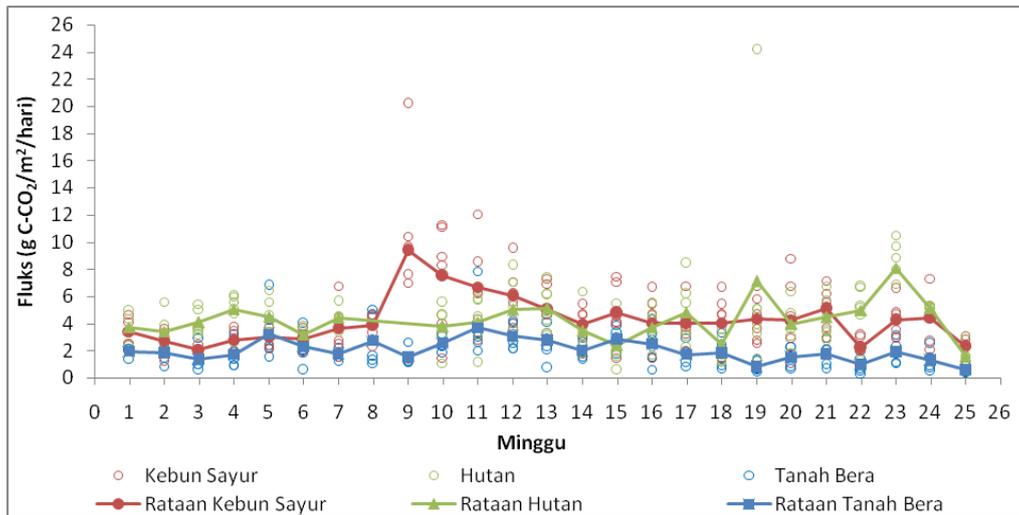
### Fluks CO<sub>2</sub>

Hasil pengukuran fluks CO<sub>2</sub> dari tanah Andisol dengan penggunaan lahan kebun sayur, hutan, dan tanah bera disajikan pada Tabel 3 dan Gambar 2. Berdasarkan Tabel 3 diketahui bahwa rata-rata hasil fluks CO<sub>2</sub> dari kebun sayur sebesar 4,26 g C- CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> hari<sup>-1</sup> dengan fluks tertinggi 7,50 g C- CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> hari<sup>-1</sup> dan terendah 2,08 g C- CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> hari<sup>-1</sup>. Besar fluks tersebut tidak berbeda jauh dengan yang dihasilkan dari tanah hutan yaitu sebesar 4,28 g C- CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> hari<sup>-1</sup> dengan fluks tertinggi 8,07 g C- CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> hari<sup>-1</sup> dan terendah 1,58 g C- CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> hari<sup>-1</sup>. Pada tanah bera fluks yang dihasilkan lebih rendah yaitu sebesar 2,01 g C- CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> hari<sup>-1</sup> dengan fluks tertinggi 3,68 g C- CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> hari<sup>-1</sup> dan terendah 0,60 g C- CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> hari<sup>-1</sup>. Hasil pengukuran fluks CO<sub>2</sub> tersebut selanjutnya digunakan untuk menghitung fluks CO<sub>2</sub> pertahun dengan asumsi kebun sayur, hutan, dan tanah bera merupakan penggunaan lahan yang sama pada setiap tahunnya. Fluks CO<sub>2</sub> yang dihasilkan selama satu tahun pada penggunaan lahan kebun sayur, hutan, dan tanah bera secara berturut-turut yaitu 15,56 ton C-CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> tahun<sup>-1</sup>, 15,62 ton C- CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> tahun<sup>-1</sup>, dan 7,32 ton C- CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> tahun<sup>-1</sup>. Hasil tersebut merupakan prediksi fluks CO<sub>2</sub> pertahun terlepas dari perbedaan musim dan waktu penanaman pada kebun sayur. Secara umum terlihat bahwa fluks CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari tanah Andisol pada penggunaan lahan kebun sayur, hutan, dan tanah bera berada pada kisaran 2,00-5,00 g C-CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> hari<sup>-1</sup> (7,30-18,25 ton C- CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> tahun<sup>-1</sup>).

Pada Gambar 2 terlihat bahwa fluks CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari ketiga penggunaan lahan berfluktuasi pada setiap minggunya. Fluktuasi yang tinggi terutama dihasilkan dari tanah hutan yang ditunjukkan pada minggu ke-19 dan ke-23. Fluktuasi tersebut kemungkinan terjadi karena perubahan sesaat dari kondisi tanah dan lingkungan yang mempengaruhi aktivitas mikrobi dan respirasi tanaman seperti kondisi cuaca.

Tabel 2. Rata-rata fluks CO<sub>2</sub> dari tiga penggunaan lahan pada tanah Andisol

Penggunaan Lahan	Rata-rata Fluks CO <sub>2</sub> (g C-CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> hari <sup>-1</sup> )	Rata-rata Fluks CO <sub>2</sub> (ton C-CO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup> tahun <sup>-1</sup> )
Kebun Sayur	4,26	15,56
Hutan	4,28	15,62
Tanah Bera	2,01	7,32



Gambar 2. Grafik fluks CO<sub>2</sub> dari tanah kebun sayur, hutan, dan tanah bera

Pada Gambar 2 juga terlihat bahwa fluks CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari tanah bera selalu lebih kecil dibandingkan dengan kebun sayur dan hutan. Hal ini menunjukkan bahwa besarnya fluks CO<sub>2</sub> ditentukan oleh aktivitas respirasi tanaman pada lahan tersebut seperti pendapat Sumawinata *et al.* (2012) yang menyebutkan bahwa fluks CO<sub>2</sub> yang dihasilkan pada suatu lahan sebagian besar merupakan gas yang dilepaskan dari respirasi akar dan eksudat akar. Selain itu Hazama (2012) berpendapat bahwa fluks CO<sub>2</sub> yang dihasilkan pada suatu lahan tergantung dari tanaman yang terdapat pada lahan tersebut.

Hal lain yang ditunjukkan pada Gambar 2 yaitu fluks CO<sub>2</sub> kebun sayur pada awal pengukuran lebih rendah dibandingkan tanah hutan, sedangkan pada minggu ke-9 dan seterusnya cenderung sama bahkan lebih tinggi. Hal ini dimungkinkan karena pada minggu ke-8 pada kebun sayur dilakukan pengolahan tanah dengan mencampurkan bahan organik (menimbun sisa tanaman sawi dan kubis yang sudah dipanen) pada guludan. Pengaruh tersebut diperlihatkan dengan adanya peningkatan fluks CO<sub>2</sub> yang terjadi pada minggu ke-9. Adanya bahan organik segar memungkinkan terjadinya proses dekomposisi yang diikuti dengan meningkatnya jumlah dan aktivitas mikroorganisme sehingga fluks CO<sub>2</sub> pada minggu tersebut meningkat. Fluks CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari tanah kebun sayur selanjutnya mengalami penurunan pada minggu ke-10 dan seterusnya. Penurunan fluks CO<sub>2</sub> tersebut diduga karena adanya penurunan jumlah dan aktivitas mikrob di dalam tanah. Penurunan jumlah dan aktivitas mikroba diduga karena jumlah senyawa sederhana yang masih dapat dimanfaatkan oleh mikroba berkurang sehingga fluks CO<sub>2</sub> yang dihasilkan juga berkurang.

Perbedaan jumlah CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari tanah juga ditunjukkan dari hasil respirasi contoh tanah kebun sayur, hutan, dan tanah bera dengan menggunakan metode inkubasi di laboratorium. Hal tersebut dapat dilihat dari

hasil yang ditunjukkan pada Tabel 4. Hasil respirasi tanah menunjukkan jumlah CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari tanah kebun sayur dan hutan relatif lebih tinggi apabila dibandingkan dengan tanah bera. Hasil tersebut sesuai dengan hasil pengukuran fluks CO<sub>2</sub> di lapangan pada kebun sayur dan hutan yang juga lebih tinggi dibandingkan tanah bera. Jumlah CO<sub>2</sub> tinggi yang dihasilkan dari tanah kebun sayur dan hutan diikuti dengan total mikrob yang juga tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari tanah dipengaruhi oleh populasi mikrob di dalam tanah. Kisaran pH tanah pada ketiga penggunaan lahan yang berkisar antara pH 5-6 memungkinkan jumlah dan aktivitas mikrob berada pada keadaan optimal, sehingga kegiatan respirasi mikroba tanah berlangsung baik. Selain itu kadar C-organik yang tinggi pada tanah kebun sayur dan hutan juga memungkinkan jumlah mikrob yang terdapat pada tanah tersebut juga tinggi. Jumlah dan aktivitas mikrob yang tinggi di dalam tanah menyebabkan CO<sub>2</sub> yang dihasilkan tinggi sebagai akibat aktivitas respirasi mikroba tanah yang aktif mengambil O<sub>2</sub> dari udara dan mengeluarkan CO<sub>2</sub>.

Hasil tersebut semakin memperkuat anggapan bahwa CO<sub>2</sub> dari tanah selain dihasilkan dari respirasi tanaman juga dihasilkan dari mikroba yang terdapat di dalam tanah. Hal ini sesuai dengan pendapat Hogberg *et al.* (2009) yaitu bahwa sebagian besar fluks kembali ke atmosfer melalui respirasi tanah yang memiliki dua sumber utama, yaitu respirasi heterotropik (organisme pengurai bahan organik) dan respirasi autotropik (akar, jamur mikoriza, dan mikroba akar). Selain itu Luo dan Zhou (2006) menyebutkan bahwa respirasi tanah mengeluarkan molekul CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari akar, mikroba tanah, dan hewan yang terdapat di dalam tanah dan lapisan serasah. Kandungan karbon (C-organik) yang masih tinggi terdapat pada tanah menunjukkan bahwa pelepasan karbon dalam bentuk CO<sub>2</sub> dari tanah tidak semata-mata dihasilkan dari perombakan bahan organik tanah.

Tabel 3. pH Tanah, C-organik, respirasi tanah, dan populasi mikroba pada penggunaan lahan kebun sayur, hutan, dan tanah bera

Contoh	Kedalaman	pH Tanah	% C-Organik	Respirasi Tanah mg C-CO <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	Jumlah Fungi CFU g tanah <sup>-1</sup>	Total Mikrob CFU g tanah <sup>-1</sup>
Tanah Bera	0-5 cm	5,4	3,74	6,73	6,12 x 10 <sup>2</sup>	3,31 x 10 <sup>5</sup>
	5-10 cm		4,24	6,97	1,79 x 10 <sup>2</sup>	1,31 x 10 <sup>5</sup>
	10-20 cm		2,47	7,54	0,16 x 10 <sup>2</sup>	1,91 x 10 <sup>5</sup>
	20-30 cm		0,94	6,68	4,65 x 10 <sup>2</sup>	1,85 x 10 <sup>5</sup>
Kebun Sayur	0-5 cm	5,4	6,14	9,90	6,30 x 10 <sup>4</sup>	1,30 x 10 <sup>7</sup>
	5-10 cm		5,45	8,10	4,36 x 10 <sup>6</sup>	7,13 x 10 <sup>7</sup>
	10-20 cm		7,35	8,23	1,84 x 10 <sup>4</sup>	4,40 x 10 <sup>6</sup>
	20-30 cm		5,04	8,42	1,03 x 10 <sup>3</sup>	1,30 x 10 <sup>8</sup>
Hutan	0-5 cm		12,96	15,46	1,37 x 10 <sup>4</sup>	1,31 x 10 <sup>7</sup>
	5-10 cm		8,61	10,87	1,11 x 10 <sup>4</sup>	3,69 x 10 <sup>7</sup>
	10-20 cm		5,27	9,52	-	9,91 x 10 <sup>6</sup>
	20-30 cm		4,50	6,26	-	1,14 x 10 <sup>6</sup>

### Perbandingan Fluks CO<sub>2</sub> dari Tanah Gambut dan Tanah Mineral

Hasil penelitian ini menghasilkan fakta yang menarik, yaitu bahwa fluks CO<sub>2</sub> dari tanah mineral berbahan organik tinggi tidak berbeda jauh jika dibandingkan dengan fluks CO<sub>2</sub> dari tanah organik dan tanah mineral berbahan organik rendah. Tabel 5 menyajikan fluks CO<sub>2</sub> dari tanah gambut (Sumawinata *et al.* 2012) dan dari tanah mineral (Hazama 2012). Fluks CO<sub>2</sub> dari tanah gambut pada areal terbuka tanpa vegetasi hasil penelitian Sumawinata *et al.* (2012) yaitu sebesar 11,06 ton C- CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup>tahun<sup>-1</sup>. Besarnya fluks tersebut tidak jauh berbeda dari hasil penelitian Hazama (2012) pada tanah mineral bera dengan bahan organik rendah yaitu sekitar 144,9±28,7 mg C- CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> jam<sup>-1</sup> (12,69±2,51 ton C- CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> tahun<sup>-1</sup>).

Hasil pengukuran fluks CO<sub>2</sub> dari tanah Andisol pada kondisi bera hasil penelitian ini hampir mendekati jumlah fluks CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari kedua penelitian tersebut yaitu sebesar 7,32 ton C- CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> tahun<sup>-1</sup> (lihat Tabel 3). Besarnya fluks tersebut dapat dikatakan sebanding dengan keduanya walaupun jumlah fluks CO<sub>2</sub> yang terukur lebih rendah. Fluks CO<sub>2</sub> yang lebih rendah pada penelitian ini diduga karena perbedaan kondisi tanah dan lingkungan yang mempengaruhi respirasi yaitu suhu tanah pada penelitian ini lebih rendah dibandingkan tanah gambut pada penelitian Sumawinata *et al.* (2012) dan tanah mineral pada penelitian Hazama (2012). Lessard *et al.* (1994) menyatakan bahwa kelembaban dan suhu tanah sangat berpengaruh terhadap CO<sub>2</sub>, dan peningkatan suhu akan meningkatkan fluks CO<sub>2</sub>. Selain itu Kuswandora (2012) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa suhu

Tabel 4. Fluks CO<sub>2</sub> dari tanah gambut (Sumawinata *et al.* 2012) dan tanah mineral (Hazama 2012)

Jenis Tanah	Penggunaan Lahan	Fluks CO <sub>2</sub>
Tanah gambut	<i>A. crassica</i> 3 tahun (Tanpa akar dan sersah)	27,16 ton C-CO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup> tahun <sup>-1</sup>
	<i>A. crassica</i> 3 tahun	34,31 ton C-CO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup> tahun <sup>-1</sup>
	Hutan Alam (Tanpa akar dan sersah)	20,31 ton C-CO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup> tahun <sup>-1</sup>
	Hutan Alam	33,03 ton C-CO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup> tahun <sup>-1</sup>
	Lahan Terbuka (tanpa vegetasi)	11,06 ton C-CO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup> tahun <sup>-1</sup>
Tanah Mineral	Kebun Kacang Tanah	123,8±43,1 mg C-CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> jam <sup>-1</sup>
	Kebun Jagung	184,4±58,2 mg C-CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> jam <sup>-1</sup>
	Kebun Singkong	145,8±42,7 mg C-CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> jam <sup>-1</sup>
	Tanah Bera (tanpa tanaman dan sersah)	144,9±28,7 mg C-CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> jam <sup>-1</sup>

yang tinggi dapat meningkatkan CO<sub>2</sub> yang dipancarkan dari tanah. Rata-rata suhu tanah dari masing-masing penelitian disajikan pada Tabel 6.

Tabel 5. Rata-rata suhu tanah pada masing-masing lokasi penelitian

Lokasi Penelitian	Suhu Tanah Rata-rata
Tanah Gambut (Sumawinata <i>et al.</i> 2012)	26,8 °C
Tanah Mineral (Hazama 2012)	26,8±1,9 °C
Tanah Andisol	19,5 °C

Hasil fluks CO<sub>2</sub> yang sebanding pada tanah gambut yang mengandung bahan organik tinggi dengan tanah mineral menunjukkan bahwa fluks CO<sub>2</sub> yang dihasilkan pada tanah mineral tidak mesti lebih rendah dari tanah gambut seperti anggapan selama ini. Hal ini memberikan gambaran bahwa kandungan bahan organik yang terdapat di dalam tanah tidak secara linear mempengaruhi jumlah CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari tanah. Hal yang juga ditunjukkan dari hasil pengukuran fluks CO<sub>2</sub> dari tanah gambut (Sumawinata *et al.* 2012) dan tanah mineral (Hazama 2012) yaitu fluks CO<sub>2</sub> dari tanah bera (tanpa vegetasi dan serasah) selalu lebih rendah dibandingkan pada lahan dengan tanaman (lahan pertanian dan hutan) seperti halnya hasil penelitian fluks dari tanah Andisol. Hal ini menegaskan bahwa CO<sub>2</sub> dilepaskan dari tanah sebagian besar dihasilkan dari respirasi akar dan eksudat akar.

### SIMPULAN

1. Fluks CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari tanah Andisol pada penggunaan lahan kebun sayur dan hutan menunjukkan nilai yang hampir sama, sedangkan tanah bera menghasilkan fluks CO<sub>2</sub> lebih rendah.
2. Fluks CO<sub>2</sub> dari tanah mineral tidak mesti lebih rendah dari tanah gambut, selain itu kandungan bahan organik yang terdapat di dalam tanah tidak secara linear mempengaruhi jumlah CO<sub>2</sub> dari tanah.
3. Fluks CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari tanah ditentukan oleh aktivitas respirasi yang tergantung pada kondisi tanaman dan aktivitas mikroba.

### DAFTAR PUSTAKA

- Hazama F. 2012. Comparison of greenhouse gases emissions from agricultural land in tropical and cool temperate area [tesis]. Hokaido University. Jepang .
- Hogberg P, Bhupinderpal-Singh, Lofvenius MO, Nordgren A. 2009. Partitioning of soil respiration into its autotrophic and heterotrophic components by means of tree-girdling in old boreal spruce forest. *Forest Ecology and Management*, 257.
- Hooijer A, Page S, Jauhiainen J, Lee WA, Lu XX, Idris A, Anshari G. 2012. Subsidence and carbon loss in drained tropical peatlands. *Biogeosciences*, 9: 1053–1071.

IPCC. 2007. *Summary for Policymakers*. Di dalam: Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor M, Miller HL, editor. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York.

Jauhiainen J, Hooijer A, Page SE. 2012. Carbon dioxide emissions from an Acacia plantation on peatland in Sumatra, Indonesia. *Biogeosciences*, 9: 617–630.

Kuswandora VD. 2012. Emisi Gas CO<sub>2</sub> dan neraca karbon pada lahan jagung, kacang tanah, dan singkong di Kecamatan Ranca Bungur, Bogor. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Lessard R, Rochette P, Topp E, Pattey E, Desjardins R L, Beaumont G. 1994. Methane and Carbon Dioxide Fluxes from Poorly Drained Adjacent Cultivated and Forest Sites. *Can. J. Soil Sci.*, 74: 139-146.

Luo Y, Zhou X. 2006. *Soil Respiration and the Environment*. Elsevier. California.

Sumawinata B *et al.* 2012. Neraca Karbon Hutan Tanaman Industri pada Rawa Gambut Tropika (Carbon Budget in Forest Plantation on Tropical Peat Swamp). Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Toma Y, Hatano R. 2007. Effect of Crop Residue C:N ratio on N<sub>2</sub>O emissions from Graylowland Soil in Mikasa Hokkaido Japan. *Soil Science and Plant Nutrition*, 53: 198-205.