

Fluks Metana dan Karakteristik Tanah pada Beberapa Macam Sistem Budidaya

Methane Flux and Soil Characteristic in Several Cropping Systems

Suprihati^{1*}, Iswandi Anas², Daniel Murdiyarso³, Supiandi Sabiham² dan Gunawan Djajakirana²

Diterima 17 Februari 2006/Disetujui 10 Oktober 2006

ABSTRACT

Methane (CH₄) is an important greenhouse gas that has a high heat trapping capacity thus potentially contribute to the global-warming. Agriculture is considered among the responsible emission sources of CH₄. Relationship among soil characteristics, soil microbes, and CH₄ flux is very important in understanding the mechanism involved in the mitigation effects of certain agriculture practices. Results of this research showed that rice field produced the highest CH₄ flux (7.4976 ± 0.5299 mg CH₄-C m⁻² h⁻¹, n=3), while vegetable, sweet potato, yam bean and corn cropping produced lower CH₄ flux (-0.7708 ± 0.6434 to 0.4605 ± 0.5255 mg CH₄-C m⁻² h⁻¹, n=3). Nitrifier population among cropping systems was 3.13x10³ to 3.17x10⁴ MPN g⁻¹ soil (dry weight), while denitrifier population was 3.77x10³ to 1.17x10⁵ MPN g⁻¹ soil (dry weight). There were no specific dominance proportion of nitrosomonas, nitrobacter, denitrifier and total propagule among cropping systems. The CH₄ flux had highly correlation to soil water content (r = 0.951), soil pH (r = 0.852) and soil Eh (r = -0.982). Denitrifier had significantly correlation to soil pH (r = -0.635) and soil ammonium content (r = -0.681).

Key words : CH₄ flux, cropping system, soil characteristic, soil microbes

PENDAHULUAN

Gas metana (CH₄) merupakan salah satu komponen gas rumah kaca disamping karbon dioksida (CO₂) dan nitrous oksida (N₂O). Gas tersebut ditengarai berpotensi menyebabkan pemanasan global (*global warming*). Kemampuan CH₄ untuk meningkatkan suhu bumi sangat tinggi, karena kapasitas absorpsi infra merah per molekul 25 kali lebih tinggi dibanding CO₂. Kontribusi CH₄ terhadap pemanasan global sebesar 15% dan menduduki peringkat kedua setelah CO₂. Konsentrasi CH₄ di atmosfer mencapai 1 720 ppbv dengan laju peningkatan konsentrasi 10 – 20 ppbv per tahun (Duxbury dan Mosier, 1997). Emisi CH₄ merupakan resultante proses produksi dari sumber (*source*) dengan konsumsi dari rosot (*sink*).

Produksi gas CH₄ hampir 70% berasal dari sumber-sumber antropogenik dan sekitar 30% berasal dari sumber-sumber alami. Aktivitas pertanian menyumbangkan dua per tiga dari CH₄ asal sumber antropogenik (Duxbury dan Mosier, 1997). Padi sawah, ternak ruminan, pembakaran biomasa, aplikasi limbah hewan dan pemrosesan sampah organik menghasilkan CH₄. Variasi pelepasan CH₄ dari suatu ekosistem sangat dipengaruhi oleh macam tanaman, komunitas mikroba, sifat tanah serta interaksinya.

Produksi CH₄ berkaitan erat dengan aktivitas mikroba yaitu aktivitas metanogenik yang berlangsung pada ekosistem anaerob sedangkan oksidasi CH₄ dilakukan oleh metanotrof pada *site* aerob. Perilaku CH₄ dalam tanah erat berkaitan dengan aktivitas mikroba (Watanabe *et al.*, 1997; Ohta, 2005). Sifat tanah berpengaruh kuat terhadap kehidupan mikrobanya.

Mengetahui hubungan antara sifat tanah, mikroba dan CH₄ pada berbagai macam pertanian sangatlah penting sebagai dasar untuk memahami mekanisme yang terlibat dalam produksi CH₄. Sementara ini kajian CH₄ dan mikroba pada berbagai macam budidaya pertanian masih terbatas.

Sawah berperan sebagai sumber (*source*) sekaligus rosot (*sink*) CH₄ (Kumaraswamy *et al.*, 2000; Wasmann dan Aulakh, 2000; Inubushi *et al.*, 2002). Fluks CH₄ dari lahan sawah berkisar antara 4 hingga 20 mg m⁻² jam⁻¹ (Husin *et al.*, 1995), dan berdasarkan data tersebut disusun estimasi rata-rata data faktor emisi CH₄ dari Indonesia adalah 13 mg m⁻² jam⁻¹.

Pada budidaya lahan kering, produksi CH₄ terbatas pada *site-site* anaerob dan kondisinya sangat menunjang pertumbuhan metanotrof sehingga meningkatkan kapasitas serapan CH₄. Serapan CH₄ sebesar 0.051 – 0.055 mg m⁻² jam⁻¹ pada pertanian padi gogo

¹) Mahasiswa Sekolah Pascasarjana IPB, Bogor. Staf Pengajar Fakultas Pertanian, Universitas Kristen Satya Wacana, Jl. Diponegoro 52-60 Salatiga 50711, Telp (0298) 321212, Fax (0298) 321433, E-mail: nunuk_suprihati@yahoo.com (*Penulis untuk korespondensi)

²) Staf Pengajar Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor

³) Staf Pengajar Departemen Geofisika dan Meteorologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, Bogor

dilaporkan oleh Zaenal (1997). Serapan CH_4 oleh hutan di Swedia mencapai $0.6 - 1.6 \text{ kg CH}_4 \text{ ha}^{-1} \text{ tahun}^{-1}$ atau $6.9 - 18.5 \cdot 10^{-3} \text{ mg m}^{-2} \text{ jam}^{-1}$ (Klemedtsson dan Klemedtsson, 1997).

Ernawanto *et al.* (2003) melaporkan bahwa fluks CH_4 sistem penanaman padi walik jerami adalah $7.18 \text{ mg m}^{-2} \text{ jam}^{-1}$ dan sistem penanaman padi gogo rancak adalah $1.73 \text{ mg m}^{-2} \text{ jam}^{-1}$, sebaliknya rosot CH_4 sebesar $0.05 \text{ mg m}^{-2} \text{ jam}^{-1}$ terjadi pada sistem pertanian kedelai. Pada penelitian tersebut, emisi CH_4 bersih dari sistem penanaman walik jerami – kedelai - gogo rancak diperkirakan sebesar $199.2 \text{ kg ha}^{-1} \text{ tahun}^{-1}$ dengan rata-rata $2.3 \text{ mg m}^{-2} \text{ jam}^{-1}$. Kisaran emisi CH_4 dari pertanian tebu di Australia adalah 297 hingga $1005 \text{ g CH}_4\text{-C ha}^{-1}$ atau $29.7 - 100.5 \text{ mg CH}_4\text{-C m}^{-2}$, sementara kisaran konsumsinya 442 hingga $467 \text{ g CH}_4\text{-C ha}^{-1}$ atau $44.2 - 46.7 \text{ mg CH}_4\text{-C m}^{-2}$ (Weier, 1999).

Fluks CH_4 dari empat macam tipe penggunaan tanah (hutan tua, hutan habis tebang, dibakar setelah tebang dan perkebunan karet) di Jambi, Sumatra berkisar antara -21.2 hingga $4.2 \cdot 10^{-3} \text{ mg C m}^{-2} \text{ jam}^{-1}$ (Ishizuka *et al.*, 2002). Nilai fluks negatif menunjukkan rosot dan berkorelasi nyata dengan kandungan liat pada kedalaman tanah 0-10 cm. Nilai tersebut mengalami peningkatan pada evaluasi berikutnya yaitu menjadi -0.053 hingga $0.049 \text{ mg C m}^{-2} \text{ jam}^{-1}$ pada macam penggunaan lahan yang lebih bervariasi yaitu hutan, kayu manis, karet, kelapa sawit dan alang-alang (Ishizuka *et al.*, 2005).

Inubushi *et al.* (2003) melaporkan bahwa konversi hutan gambut sekunder menjadi lahan sawah bertendensi meningkatkan emisi CH_4 tahunan dari 1.2 menjadi $1.9 \text{ g CH}_4\text{-C m}^{-2} \text{ tahun}^{-1}$ atau 0.139 menjadi $0.220 \text{ mg CH}_4\text{-C m}^{-2} \text{ jam}^{-1}$. Sedangkan perubahan penggunaan lahan dari hutan sekunder menjadi lahan kering bertendensi menurunkan emisi CH_4 tahunan dari 1.2 menjadi $0.6 \text{ g CH}_4\text{-C m}^{-2} \text{ tahun}^{-1}$ atau 0.139 menjadi $0.069 \text{ mg CH}_4\text{-C m}^{-2} \text{ jam}^{-1}$. Pengalihan fungsi lahan dari hutan lahan basah menjadi pertanian sagu tidak berpengaruh nyata terhadap emisi CH_4 (Inubushi *et al.*, 1998). Gambut tropika merupakan salah satu sumber potensial emisi CH_4 karena mengandung jumlah karbon tanah yang sangat besar (Murdiyarso *et al.*, 2004).

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) mempelajari fluks CH_4 , (2) mempelajari karakteristik tanah, serta (3) mengkaji keterkaitan antara fluks CH_4 dan karakteristik tanah pada budidaya sayuran, ubi jalar, padi sawah, bengkuang dan jagung.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober hingga Nopember 2004 di Desa Cihideung Udik Kecamatan Ciampea. Dipilih satu hamparan dengan sifat ekologi yang seragam dengan variasi macam tanaman yang dibudidayakan. Hamparan macam

budidaya yang dipelajari meliputi: sayuran, ubi jalar, padi sawah, bengkuang dan jagung.

Pengambilan contoh gas dilaksanakan dengan metode sungkup statik. Sungkup dipasang di tengah hamparan pertanaman. Pengambilan gas dilaksanakan pada 0, 10, 20 dan 30 menit setelah sungkup ditutup yang dilaksanakan pada rentang waktu pukul 9.00 hingga 13.00, data suhu dalam sungkup serta ketinggian efektif sungkup dicatat. Diameter sungkup 25 cm dan tinggi sungkup 15 cm. Gas diambil dari sungkup melalui selang dengan alat suntik sebanyak 35 ml kemudian disimpan dalam vial vakum volume 30 ml dengan pemampatan. Bekas tusukan jarum pada vial dioles cat kuku. Penetapan konsentrasi gas CH_4 dilaksanakan di laboratorium Biologi Tanah, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, IPB dengan GC Shimadzu tipe 17A yang dilengkapi dengan *Flame Ionization Detector* (FID) dengan gas pembawa adalah helium (He). Penetapan dilakukan pada suhu kolom 60°C , injektor 100°C , detektor 100°C , kecepatan aliran gas 47 ml menit^{-1} . Sebagai gas pembawa adalah Helium. Penghitungan konsentrasi diperoleh dengan bantuan fungsi *peak area* gas CH_4 standart sebagai deret standart. Dari data perubahan konsentrasi CH_4 antar waktu pengambilan didapat data gradient perubahan konsentrasi per satuan waktu (dc/dt), dan dari kompilasi data suhu, ketinggian efektif sungkup diperoleh data fluks CH_4 . Penetapan fluks metana ditetapkan menurut Hou *et al.* (2000).

Penetapan amonium dan nitrat dilakukan dengan ekstraksi tanah segar dari lapisan rizosfer dengan KCl 2M, dan hasil ekstraksi diukur dengan *Flow Injection Autoanalyzer* (FIAStar) dengan bantuan larutan standart. Kaset penetapan amonium dilengkapi dengan membran difusi gas dan kaset penetapan nitrat dengan reduktor kadmium (Cd).

Penetapan total propagul dengan metode cawan hitung menggunakan media agar nutrisi (NA). Penetapan Nitrosomonas (pengoksidasi amonium) berdasarkan metode MPN yang dikembangkan oleh Verstraete (1981 dalam Iswandi, 1989) dengan media yang mengandung amonium. Keberadaan Nitrosomonas ditandai dengan penurunan pH substrat karena oksidasi amonium menghasilkan ion H^+ dan secara empiris ditandai dengan perubahan warna substrat dari merah menjadi kuning. Penetapan Nitrobacter (pengoksidasi nitrit) berdasarkan metode MPN yang dikembangkan oleh Verstraete (1981) dalam Iswandi (1989) dengan media yang mengandung nitrit. Keberadaan Nitrobacter ditandai dengan pengurangan nitrit pada substrat yang ditetapkan dengan penambahan pereaksi Grees. Sedangkan penetapan denitrifier dilakukan dengan metode Tabung Durham (Trolldenier, 1996) dengan indikator empiris terbentuk gelembung gas pada ujung tabung durham. Secara ringkas parameter pengamatan penelitian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter pengamatan dan metode analisisnya

Parameter	Metode	Penanda
Kadar air tanah	Gravimetri	
CH ₄	Gas Chromatografi	
pH	Elektrode, lapang	
Eh	Elektrode, lapang	
NH ₄ ⁺ dan NO ₃ ⁻	FIAStar	
Total Mikroba	Cawan Hitung	Satuan pembentuk koloni
Nitrosomonas	MPN (Verstraete, 1981)	Perubahan warna substrat
Nitrobacter	MPN (Verstraete, 1981)	Pereaksi Grees
Denitrifier	Tabung Durham (Trolldenier, 1996)	Terbentuk gas

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat tanah

Dari kelima macam budidaya yang diamati, tanah pada tanaman padi mempunyai kadar air yang paling tinggi $112.97 \pm 2.85\%$, pH tanah yang lebih tinggi 6.65 ± 0.02 serta potensial redoks yang paling rendah -158.5 ± 2.50 mV dibanding tanah pada jenis pertanaman yang lain (Tabel 2). Hal ini berkaitan erat dengan penyiapan lahan pada padi sawah yaitu adanya perlakuan penggenangan dan pelumpuran. Dengan pelumpuran terjadi pemecahan agregat dan penggenangan menghambat suplai oksigen dari atmosfer ke tubuh tanah. Penurunan ketersediaan oksigen dalam tanah memicu respirasi mikroba secara anaerob yang dibarengi dengan penurunan potensial redoks. Pada pertanaman padi sawah tanah bersifat reduktif, sementara keempat macam pertanaman yang lain tanah bersifat oksidatif. Terdapat keseimbangan antara potensial elektron dan potensial hidrogen dalam larutan tanah, penurunan potensial redoks pada tanah sawah dibarengi dengan peningkatan pH tanah. Penurunan

potensial redoks dan peningkatan pH tanah akibat penggenangan juga diamati oleh Husin *et al.* (1995) serta Minamikawa dan Sakai (2005). Pada keempat pertanaman lain yang bersifat oksidatif pH tanahnya terukur lebih rendah.

Dari aspek komposisi bentuk nitrogen, tanah sawah didominasi oleh bentuk amonium yaitu sebesar 48.60 ± 3.95 ppm N dibanding bentuk nitrat sebesar 3.03 ± 0.33 ppm N. Hal ini mengindikasikan bahwa proses mineralisasi N pada tanah tersebut didominasi oleh tahap amonifikasi dan laju nitrifikasi yang terhambat. Pada kadar air yang tinggi oksidasi amonium menjadi nitrat terhambat karena aktivitas nitrifier terbatas. Nitrifikasi berlangsung optimal pada kadar air tanah sekitar kondisi kapasitas lapang. Pada keempat pertanaman yang lain dominasi amonium terhadap nitrat tanah semakin berkurang dibanding pada tanah sawah, hal ini menunjukkan pada tanah tersebut proses nitrifikasi tidak terhambat. Peningkatan ketersediaan oksigen pada kadar air tanah yang lebih rendah memacu aktivitas nitrifier.

Tabel 2. Sifat tanah pada lima macam budidaya (n=3)

Budidaya	Kadar Air Tanah (%)	pH Tanah	Eh (mV)	Nitrat (ppm N)	Amonium (ppm N)	Nisbah amonium/nitrat
Sayuran	36.91 ± 0.38	4.72 ± 0.05	293 ± 23	12.08 ± 0.14	8.87 ± 0.61	0.73
Ubi jalar	43.97 ± 0.09	5.39 ± 0.01	294 ± 6	31.78 ± 0.27	31.85 ± 1.82	1.00
Padi sawah	112.97 ± 2.85	6.65 ± 0.02	-158.5 ± 2.50	3.03 ± 0.33	48.60 ± 3.95	16.04
Bengkuang	45.61 ± 1.24	4.38 ± 0.06	312.5 ± 6.50	36.24 ± 2.16	32.39 ± 0.38	0.89
Jagung	36.53 ± 0.16	5.21 ± 0.15	278 ± 8	4.78 ± 0.69	26.55 ± 3.79	5.55

Fluks Metana

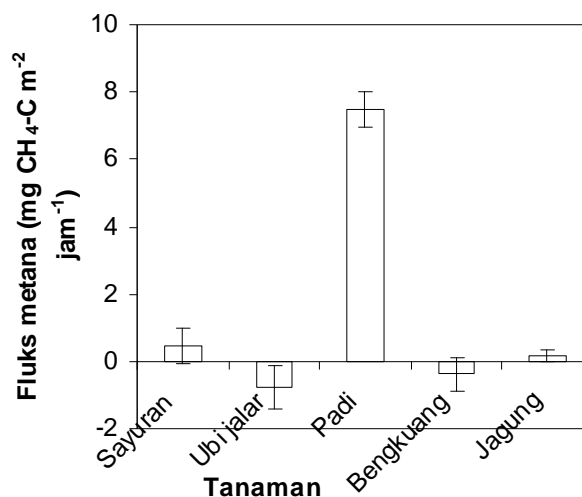
Tanaman padi sawah menghasilkan fluks metana paling tinggi (7.4976 ± 0.5299 mg CH₄-C m⁻² jam⁻¹) dibanding tanaman lain yang berkisar antara -0.7708 ± 0.6434 hingga 0.4605 ± 0.5255 mg CH₄-C m⁻² jam⁻¹ (Gambar 1). Tingginya fluks CH₄ pada tanah sawah

dipengaruhi oleh aktivitas mikroba penghasil dan pengoksidasi CH₄ serta kondisi lingkungan yang menstimulirnya. Potensial redoks tanah yang rendah akibat penggenangan dan ketersediaan substrat organik merupakan prasyarat lingkungan pembentukan metana. Aktivitas metanotrof pengoksidasi CH₄ pada pertanaman padi terbatas pada daerah rizosfer yang

bersifat oksidatif. Dominasi metanogen terhadap metanotrof pada lahan sawah menyebabkan tingginya fluks metana (Watanabe *et al.*,1997).

Pada keempat pertanaman yang lain produksi CH₄ selain rendah juga diimbangi oleh aktivitas mikroba pengoksidasi CH₄ yang lebih tinggi sehingga fluks CH₄ lebih rendah dibanding pada padi sawah. Budidaya sayuran dan jagung menghasilkan fluks CH₄ yang jauh lebih rendah dibanding padi sawah, masing-masing sebesar 0.4605 ± 0.5255 dan 0.1634 ± 0.1824 mg CH₄-C m⁻² jam⁻¹. Sedangkan ubi jalar dan bengkuang

menghasilkan fluks CH₄ negatif, masing-masing sebesar -0.7708 ± 0.6434 dan -0.3874 ± 0.5076 mg CH₄-C m⁻² jam⁻¹, yang berarti budidaya tersebut bersifat *netto sink* CH₄. Perbedaan teknik budidaya berupa penambahan pupuk kandang pada pertanaman sayuran dan jagung, menghasilkan fluks CH₄ yang lebih tinggi dibanding pada ubi jalar dan bengkuang. Perlakuan pembubunan dan pembalikan tanaman serta tanpa penambahan pupuk kandang pada budidaya ubi jalar dan bengkuang diduga sebagai penyebab rendahnya fluks CH₄ pada kedua budidaya tersebut.



Gambar 1. Fluks metana pada lima macam budidaya, bar menunjukkan standart deviasi (n=3)

Mikroba Fungsional

Nitrosomonas dan Nitrobacter selaku bakteri pengoksidasi amonium dan nitrat dijumpai pada semua jenis budidaya (Tabel 3). Nitrosomonas dan Nitrobacter termasuk nitrifier yang bertanggung jawab atas proses nitrifikasi dalam tanah. Keberadaan mikroba tersebut dipengaruhi oleh kadar amonium, nitrat dan tingkat oksidasi tanah. Pada umumnya nitrifier banyak dijumpai pada kondisi tanah aerob, seperti pada budidaya sayuran, ubi jalar, bengkuang dan jagung. Pada tanah sawah ternyata keberadaan bakteri tersebut cukup menonjol jumlahnya, hal ini disebabkan oleh kemampuan akar tanaman padi menyediakan oksigen pada rizosfernya. Populasi nitrifier pada pertanaman yang diamati berkisar antara 3.13x10³ hingga 3.18x10⁴ MPN g⁻¹ tanah (BKM, berat kering mutlak/oven 105°C).

Denitrifier selaku mikroba pereduksi nitrat dijumpai pada semua jenis pertanaman. Keberadaan mikroba tersebut dipengaruhi oleh jumlah nitrat dalam tanah dan tingkat oksidasi tanah. Pada umumnya

nitrifier banyak dijumpai pada kondisi tanah anaerob, seperti pada budidaya padi sawah. Pada tanaman non padi pada kondisi tidak tergenang, keberadaan denitrifier terdapat pada *site-site* yang bersifat lokal anaerob. Beberapa jenis fungi pada tanah ternyata mampu menggunakan nitrat sebagai alternatif akseptor elektron pada proses respirasinya (Laughlin dan Stevens, 2002), hal ini mampu menjelaskan mengapa pada tanaman non padi seperti pada ubi jalar, bengkuang dan jagung, keberadaan denitrifier juga cukup tinggi. Populasi denitrifier pada pertanaman yang diamati berkisar antara 3.77x10³ hingga 1.17x10⁵ MPN g⁻¹ BKM tanah.

Antar jenis pertanaman sayuran, ubi jalar, padi sawah, bengkuang dan jagung. tidak dijumpai proporsi total propagul, nitrosomonas, nitrobacter dan denitrifier yang spesifik. Perbedaan budidaya (jenis tanaman dan teknis budidaya) belum mampu menjawab variabilitas komposisi mikroba fungsional tanah yang diamati.

Tabel 3. Mikroba fungsional pada lima macam budidaya

Budidaya	Total propagul (spk g ⁻¹ BKM tanah)	Nitrosomonas (x 10 ³ MPN g ⁻¹ BKM tanah)	Nitrobacter (MPN g ⁻¹ BKM tanah)	Nitrifier (MPN g ⁻¹ BKM tanah)	Denitrifier (MPN g ⁻¹ BKM tanah)
Sayuran	1.41 10 ⁶	3.42	1.51 10 ⁴	1.85 10 ⁴	3.77 10 ³
Ubi jalar	1.02 10 ⁶	0.65	2.48 10 ³	3.13 10 ³	1.22 10 ⁴
Padi sawah	2.75 10 ⁵	5.21	2.66 10 ⁴	3.18 10 ⁴	1.00 10 ⁴
Bengkuang	2.45 10 ⁶	1.78	2.04 10 ⁴	2.2 10 ⁴	1.17 10 ⁵
Jagung	3.10 10 ⁶	0.48	1.71 10 ⁴	1.76 10 ⁴	1.01 10 ⁵

Korelasi metana, mikroba tanah dan sifat tanah

Kadar air nyata berkorelasi negatif terhadap potensial redoks (r=-0.981), nyata berkorelasi positif terhadap pH (r=0.862), konsentrasi amonium (r=0.787) dan fluks CH₄ (r=0.951). Reaksi tanah nyata berkorelasi positif dengan fluks CH₄ (r=0.852) dan amonium

(r=0.687) serta nyata berkorelasi negatif terhadap Eh (r=-0.901) dan denitrifier (r=-0.635). Potensial redoks nyata berkorelasi negatif terhadap fluks CH₄ (r=-0.982) dan amonium (r=-0.710). Amonium nyata berkorelasi negatif terhadap denitrifier (r=-0.681) (Tabel 4).

Tabel 4. Tabel korelasi antar parameter

Parameter	KA	pH	Eh	CH ₄	Propagul	Nitrosomonas	Nitrobacter	Denitrifier	NO ₃ ⁻
pH	0.862**								
Eh	-0.981**	-0.901**							
CH ₄	0.951**	0.852**	-0.982**						
Propagul	-0.453	-0.432	0.409	-0.364					
Nitrosomonas	0.365	0.079	-0.408	0.467	0.041				
Nitrobacter	0.369	0.109	-0.377	0.467	-0.334	0.450			
Denitrifier	-0.483	-0.635*	0.455	-0.310	0.336	0.227	0.252		
NO ₃ ⁻	-0.414	-0.572	0.565	-0.602	0.182	-0.493	-0.128	0.003	
NH ₄ ⁺	0.787**	0.687*	-0.710*	0.614	-0.172	0.116	-0.113	-0.681*	-0.049

Keterangan : (n=15), *, ** = berkorelasi nyata pada taraf 95% dan 99%

Peningkatan kadar air menyebabkan berkurangnya oksigen bebas dalam tanah. Penggunaan substrat yang mengandung oksigen oleh mikroba sebagai akseptor elektron dalam proses respirasi menyebabkan penurunan potensial redoks. Kondisi ini menjelaskan korelasi negatif yang nyata antara kadar air tanah dengan potensial redoks. Hubungan antara kadar air tanah dengan Eh dapat dinyatakan dengan persamaan y = -6.1186x + 541.53 (y=Eh mV dan x=KA %, R² = 0.9619).

Peningkatan kelembaban tanah hingga batas tertentu mampu menghambat laju nitrifikasi dan mempertahankan bentuk nitrogen sebagai amonium. Oksidasi amonium menjadi nitrat berlangsung dalam suasana aerob, sehingga kelembaban tanah nyata berkorelasi positif terhadap kadar amonium dalam tanah.

Potensial redoks berkeseimbangan dengan potensial hidrogen, penurunan potensial redoks akan menyebabkan peningkatan pH. Peningkatan kelembaban tanah yang diikuti oleh penurunan potensial

redoks menstimulir peningkatan pH tanah, sehingga kelembaban tanah juga nyata berkorelasi positif dengan pH.

Terhadap fluks CH₄, kelembaban tanah nyata berkorelasi positif, yang berarti peningkatan kelembaban tanah memacu pembentukan CH₄ dalam tanah. Hubungan antara kadar air tanah dengan fluks CH₄ dapat dinyatakan dengan persamaan y = 0.1359x - 5.6446 (y= fluks CH₄ dalam mg CH₄-C m⁻² jam⁻¹ dan x=KA %, R² = 0.9052). Hal ini berkaitan erat dengan perilaku potensial redoks, mengingat reaksi pembentukan CH₄ sangat erat dikendalikan oleh potensial redoks (Minamikawa dan Sakai, 2005). Penurunan potensial redoks meningkatkan fluks CH₄. Hubungan antara Eh tanah dengan fluks CH₄ dapat dinyatakan dengan persamaan y = -0.0225x + 6.4404 (y=fluks CH₄ dalam mg CH₄-C m⁻² jam⁻¹ dan x=Eh mV, R² = 0.9648).

Keberadaan amonium dalam tanah erat berkaitan dengan laju nitrifikasi, bila amonium banyak dijumpai

dalam tanah mengindikasikan oksidasi amonium menjadi nitrat berlangsung lebih lambat. Penghambatan pembentukan nitrat mempunyai aspek praktikal penting bagi bidang pertanian, karena jumlah nitrat yang melebihi kemampuan serap tanaman yang dibudidayakan akan tercuci ataupun menjadi substrat denitrifier pada kondisi anoksik. Pencucian nitrat menjadi penyebab utama kontaminasi air tanah oleh nitrat terlarut. Aktivitas denitrifier akan membebaskan N baik dalam bentuk N_2 maupun N_2O ke atmosfer. Selain meningkatkan efisiensi pemupukan N, penghambatan laju nitrifikasi hingga batas tertentu juga berpengaruh positif terhadap lingkungan, dengan pengurangan pencemaran nitrat terlarut serta emisi N_2O sebagai salah satu komponen GRK. Dominasi amonium terhadap nitrat menyebabkan populasi denitrifier tertekan. Dinamika nitrogen terutama aspek nitrifikasi-denitrifikasi inilah yang mampu menjelaskan mengapa amonium nyata berkorelasi negatif dengan denitrifier.

Berdasarkan keterkaitan antar parameter tersebut dapat dikatakan bahwa pengelolaan air merupakan salah satu kunci utama pengendalian potensial redoks yang berkenaan dengan reaksi tanah, konsentrasi amonium dan laju nitrifikasi, aktivitas denitrifikasi dan pembentukan serta emisi CH_4 .

KESIMPULAN

1. Padi sawah menghasilkan fluks CH_4 paling tinggi yaitu sebesar 7.4976 ± 0.5299 mg CH_4 -C m^{-2} jam^{-1} sementara sayuran, ubi jalar, bengkuang dan jagung menghasilkan fluks CH_4 yang lebih rendah yaitu sebesar -0.7708 ± 0.6434 hingga 0.4605 ± 0.5255 mg CH_4 -C m^{-2} jam^{-1} .
2. Populasi nitrifier pada pertanaman yang diamati berkisar antara 3.13×10^3 hingga 3.17×10^4 MPN g^{-1} BKM tanah sedangkan populasi denitrifier berkisar antara 3.77×10^3 hingga 1.17×10^5 MPN g^{-1} BKM tanah. Antar pertanaman tidak dijumpai proporsi Nitrosomonas, Nitrobacter, Denitrifier maupun Total propagul yang spesifik dominan.
3. Fluks CH_4 berkorelasi sangat nyata dengan kadar air tanah ($r = 0.951$), pH tanah ($r = 0.852$) dan Eh ($r = -0.982$). Populasi denitrifier berkorelasi nyata dengan pH tanah ($r = -0.635$) dan kandungan amonium tanah ($r = -0.681$).

DAFTAR PUSTAKA

Iswandi, A. 1989. Biologi Tanah Dalam Praktek. IPB, Bogor. 161 hal.

Duxbury, J. M., A. R. Mosier. 1997. Status and issues concerning agricultural emissions of greenhouse gases. In: Kaiser, H. M., T. E. Drennen (eds) 1997.

Agricultural Dimensions of Global Climate Change. CRC Press LLC. p. 229-258.

- Ernawanto, Q. D., M. S. Saeni, A. Sastiono, S. Partohardjono. 2003. Dinamika metana pada lahan sawah tadah hujan dengan pengolahan tanah, varietas, dan bahan organik yang berbeda. Forum Pascasarjana IPB, Bogor 26 (3): 241-255.
- Hou, A. X., G. X. Chen, Z. P. Wang, O. Van Cleemput, W. H. Patrick, Jr. 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.
- Husin, Y. A., D. Murdiyarso, M.A.K. Khalil, R.A. Rasmussen, M.J. Shearer, S. Sabiham, A. Sunar, H. Adijuwana. 1995. Methane flux from Indonesian wetland rice: The effects of water management and rice variety. Chemosphere 31(4):3153-3180.
- Inubushi, K., A. Hadi, M. Okazaki, K. Yonebayashi. 1998. Effect of converting wetland forest to sago palm plantations on methane gas flux and organic carbon dynamics in tropical peat soil. Hydrol. Process. 12:2073-2080.
- Inubushi, K., H. Sugii, I. Watanabe, R. Wassmann. 2002. Evaluation of methane oxidation in rice plant-soil system. Nutrient Cycling in Agroecosystems 64: 71-77.
- Inubushi, K., Y. Furukawa, A. Hadi, E. Purnomo, H. Tsuruta. 2003. Seasonal changes of CO_2 , CH_4 , and N_2O fluxes in relation to land-use change in tropical peatlands located in coastal area of South Kalimantan. Chemosphere 52:603-608.
- Ishizuka, S., A. Iswandi, Y. Nakajima, S. Yonemura., S. Sudo, H. Tsuruta, D. Murdiyarso. 2005. The variation of greenhouse gas emissions from soils at various land-use/cover types in Jambi province, Indonesia. Nutrient Cycling in Agroecosystems 71:17-32.
- Ishizuka, S., H. Tsuruta, D. Murdiyarso. 2002. An intensive field study on CO_2 , CH_4 , and N_2O emissions from soils at four land-use types in Sumatra, Indonesia. Global Biogeochemical Cycles 16 (3): 22-1 – 22-11.
- Klemedtsson, A. K., L. Klemedtsson. 1997. Methane uptake in Swedish forest soil in relation to liming and extra N-deposition. Biol Fertil Soils 25:296-301.

- Kumaraswamy, S., A. K. Rath, B. Ramakrishnan, N. Sethunathan. 2000. Wetland rice soils as sources and sinks of methane: A Review and prospects for research. *Biol. Fertil. Soils* 31:449-461.
- Laughlin, R. J. R. J. Stevens. 2002. Evidence for Fungal dominance of denitrification and codenitrification in a grassland soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66:1540-1548.
- Minamikawa, K, N. Sakai. 2005. The Effect of water management based on soil redox potential on methane emission from two kind of paddy soils in Japan. *Agriculture Ecosystems & Environment* 107: 397-407.
- Murdiyarsa, D., Suryadiputra, I. N., Wayunto. 2004. Tropical peatlands management and climate change: A case study in Sumatra, Indonesia. Presented in The International Peat Congress. Tampere, Finland 6-11 June 2004.
- Ohta, H. 2005. Overview of greenhouse effect gas emission from agricultural soils through microbial activities. Paper of the International Workshop on Ecological Analysis and Control of Greenhouse Gas Emissions from Agriculture in Asia. Ibaraki, 15-16 September 2005, Japan
- Trolldenier, G. 1996. Denitrifiers by MPN method. *In: Schinner, F., R. Öhlinger, E. Kandeler, R. Margesin. 1996. Methods in Soil Biology. Springer, Germany. p. 28-31.*
- Wassmann, R., M. S. Aulakh. 2000. The role of rice plants in regulating mechanisms of methane emissions. *Biol. Fertil. Soils* 31:20-29.
- Watanabe, I., T. Hashimoto, A. Shimoyama. 1997. Methane-oxidizing activities and methanotrophic populations associated with wetland rice plants. *Biol. Fertil. Soils* 24:261-265.
- Weier, K. L. 1999. N₂O and CH₄ Emission and CH₄ Consumption in a sugarcane soil after variation in nitrogen and water application. *Soil Biol. Biochem* 31:1931-1941.
- Zaenal, A. Z. 1997. Serapan metana (CH₄) pada pertanaman padi gogo dengan iklim mikro dan tingkat pemupukan N yang berbeda. (Disertasi) Sekolah Pascasarjana. IPB, Bogor.