

Pengembangan Model *Denitrification Decomposition* (DNDC) untuk Pendugaan Emisi Gas Metana (CH₄) dari Lahan Padi Sawah

(*Development of Denitrification Decomposition (DNDC) Model to Predict Methane (CH₄) Gas Flux from Paddy Field*)

Fitriani Nurhayatin Nisha¹ dan Chusnul Arif^{1*}

¹Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, PO. BOX. 220, Kampus IPB Dramaga, Bogor, 16680

*Penulis korespondensi: chusnul_arif@apps.ipb.ac.id

Diterima: 15 Oktober 2018

Disetujui: 5 November 2018

ABSTRACT

Cultivated paddy fields that applied in Indonesia currently produces high emissions of greenhouse gases (GHG), particularly methane gas (CH₄). This research aimed to analyze CH₄ gas emission in various water management, and to develop DNDC model in predicting CH₄ gas emission. This research was conducted from January to May 2018, located at field laboratory of Departemen of Civil and Environmental Engineering. The research was conducted by three water regimes i.e., continuously flooded (RT) for conventional rice farming, wet regime (RB), and dry regime (RK) for system of rice intensification (SRI). The highest total methane (CH₄) flux was 48.74 kg/ha on RT, on RB was 3.59 kg/ha and on RK -5.40 kg/ha. DNDC model needed data inputs of climate, soil physics, vegetation and anthropogenic activities. The result of the DNDC model showed that the highest total CH₄ flux was 44.44 kg/ha on RT, on RB was 17.88 kg/ha and on RK was 0.02 kg/ha. The result, of total actual of CH₄ gas flux was compared with DNDC model and got the coefficient of determination (R²) values 0.93, so the model could be used to predict total CH₄ gas emission.

Keywords: DNDC, methane gas, paddy field, water regime.

PENDAHULUAN

Global warming atau pemanasan global merupakan masalah lingkungan yang menjadi topik yang sedang hangat dibicarakan di seluruh belahan dunia termasuk di Indonesia. Pemanasan global disebabkan oleh perubahan temperatur atmosfer yang menyebabkan kondisi fisis di atmosfer menjadi tidak stabil sehingga menyebabkan perubahan parameter cuaca yang apabila berlangsung lama akan menyebabkan perubahan iklim yang merupakan penyebab utama pemanasan global (Susandi 2004). Pemanasan global yaitu kenaikan temperatur muka bumi yang disebabkan oleh kenaikan gas rumah kaca (GRK) seperti karbondioksida (CO₂), dinitrogen oksida (N₂O) dan metana (CH₄). Salah satu contoh GRK di atmosfer yang cukup tinggi dan berpengaruh terhadap perubahan suhu global adalah

gas metana (CH₄). Meskipun konsentrasi CH₄ yang terdapat di atmosfer lebih kecil dibandingkan konsentrasi CO₂ tetapi CH₄ dapat menyerap panas 21 kali lebih besar dibandingkan dengan CO₂ (IPPC 1990 diacu dalam Lillivelevel *et al* 1992). Emisi CH₄ yang dihasilkan oleh tanah cukup besar yaitu sebesar 60% dan sektor pertanian diduga menjadi penyumbang penting emisi gas rumah kaca (Neue 1993; Hadi 2001; Setyanto dan Abubakar 2005). Saat ini sistem pertanian yang umum digunakan oleh masyarakat adalah sistem pertanian konvensional, dimana sistem pertanian tersebut menghasilkan emisi gas rumah kaca yang cukup tinggi. Maka dari itu, diperlukan adanya sistem pertanian yang dapat mengefisienkan penggunaan air sekaligus menurunkan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan. Saat ini, untuk memperkirakan besarnya laju emisi gas rumah kaca dengan presisi menjadi sulit karena sangat dipengaruhi oleh iklim, sifat

tanah, lama penggenangan, varietas padi, pertumbuhan tanaman dan cara budidaya tanaman (Babu *et al* 2006).

Sejumlah model telah dikembangkan untuk memperkirakan laju emisi gas rumah kaca dari lahan sawah dan tiap-tiap model menggunakan pendekatan yang berbeda. Salah satu model yang telah dikembangkan adalah model *denitrification decomposition* (DNDC). Model DNDC merupakan suatu model simulasi komputer yang berorientasi pada proses *biogeochemistry* karbon dan nitrogen dalam tanah. Namun model DNDC baru diterapkan di wilayah dengan iklim subtropis dan kurang diterapkan di wilayah dengan iklim tropis seperti Indonesia. Berdasarkan penelitian (Dwijayanti 2007) dengan melakukan validasi model DNDC berdasarkan sistem pengelolaan tanaman padi yaitu sistem PTT Intermittent, PTT Tergenang, Non PTT Tergenang, Non PTT Intermittent dan SRI didapatkan nilai koefisien determinan (R^2) sebesar 0.91. Hal tersebut menunjukkan bahwa model DNDC dapat digunakan untuk menduga besarnya emisi gas CH₄ di lahan sawah dengan iklim tropis. Untuk memperkuat seberapa akurat model DNDC dapat diterapkan di daerah dengan karakteristik tropis perlu dilakukan validasi model DNDC berdasarkan faktor lain.

METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan selama satu masa tanam padi selama empat bulan yaitu bulan Januari hingga Mei 2018. Lokasi penelitian dilaksanakan di Laboratorium Lapang Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan Institut Pertanian Bogor yang terletak pada 6° 35' 35" LS dan 106° 46' 17" BT untuk penanaman padi. Laboratorium Lingkungan Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan

untuk analisis kimia tanah. Laboratorium Balai Penelitian Lingkungan Pertanian Jakenan-Pati, untuk pengujian emisi gas CH₄.

Alat dan bahan yang digunakan pada uji analisis tanah lahan sawah berupa uji potensial reduksi dan oksidaksi dengan menggunakan sampel tanah yang diambil dari setiap lahan, ORP meter, uji pH menggunakan pH meter dengan cairan kalibrasi pH buffer 4.01, 6.86, 9.01, dan akuades. Alat-alat yang digunakan untuk analisis gas metana (CH₄) adalah kotak tertutup (*chamber*) berukuran 30cm x 30 cm x 120 cm disertai dengan *chamber base* berukuran 30 cm x 30 cm x 20 cm, didalam *chamber base* terdapat thermometer dan kipas angin, kantong tedlar 200 ml, botol vial coklat 10 ml dilengkapi dengan klep karet, serta gas *chromatography* (GC), suntikan, *plastic wrap* dan kutek. Selain itu untuk analisis gas CH₄ dibutuhkan seperangkat komputer yang telah dilengkapi dengan Microsoft Excel, serta perangkat lunak pemodelan *denitrification decomposition* (DNDC). Varietas padi yang digunakan adalah varietas padi pertiwi. Prosedur penelitian disajikan pada Gambar 1.

Pola penggenangan pada penelitian ini dibagi menjadi 3 rezim air. Pembagian rezim air tersebut adalah rezim air tergenang (RT), rezim air basah (RB) dan rezim air kering (RK). Masing-masing plot mempunyai volume sebesar 2 m x 2 m x 0.5 m. Pada rezim air tergenang (RT) tinggi muka air dijaga pada ketinggian 2 cm selama 70 hari setelah tanam (HST), kemudian dilakukan penurunan tinggi muka air secara bertahap hingga tinggi airnya 0 cm sampai masa panen. Ketinggian muka air pada rezim air basah (RB) dijaga 1 cm selama 20 HST, kemudian diatur tinggi airnya 0 cm dari 20 HST

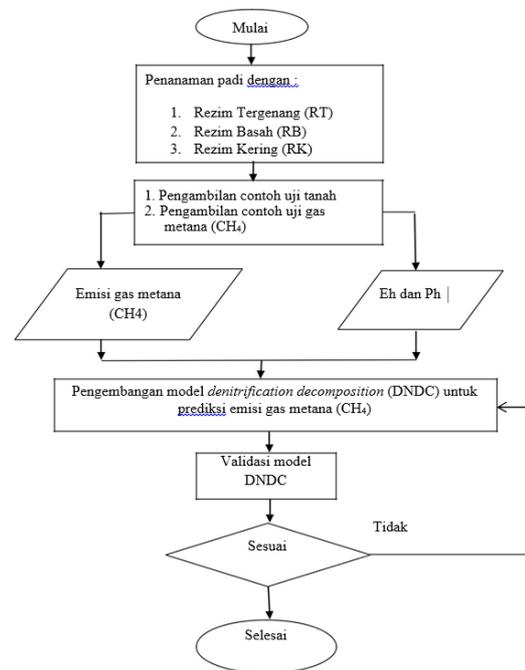
hingga masa panen. Kemudian untuk pengaturan tinggi air pada rezim kering hampir sama dengan pengaturan tinggi rezim basah, yaitu tinggi muka air dijaga 1 cm sampai 20 HST hanya saja pada 20 HST hingga 30 HST tinggi muka air dijaga 0 cm, kemudian dari 30 HST dilakukan penurunan tinggi muka air sebesar -5 cm dari permukaan tanah hingga masa panen berlangsung (Sujono 2011).

Pengambilan gas uji dilakukan satu kali dalam satu minggu. Sebelum pengambilan gas uji dilakukan, *chamber* diletakkan pada *chamber base*, termometer dimasukkan ke dalam *chamber*, kemudian kipas dinyalakan. Sampel gas diambil melalui melalui dselang transparan yang terhubung dengan kran 3 arah pada *chamber*, kemudian sampel gaas dimasukkan kedalam kantong dengan menggunakan suntikan yang dipasang sehingga pengambilan gas uji dapat dilakukan. Pengambilan gas uji dilakukan sebanyak empat kali dari menit ke-0 hingga menit ke-30. Kemudian, gas uji pada kantong tedlar dipindahkan dengan menggunakan suntikan melalui klep karet botol vial dan ditutup dengan cat kuku serta dibungkus dengan *wrapping plastic*. Selanjutnya, gas uji dikirim ke Labratorium Balai Penelitian Lingkungan Pertanian Jakenan-Pati, Jawa Tengah untuk pengujian emisi gas CH₄.

Analisis dilakukan dengan menggunakan peralatan *Gas Chromatography* (GC). Hasil analisis yang didapat berupa kromatograf yang menunjukkan konsentrasi gas (ppm). Laju perubahan konsentrasi gas per satuan waktu, digunakan dalam penentuan besar fluks gas. Penentuan fluks gas metana dilakukan dengan menggunakan persamaan 1 (IAEA 1993).

Jika data fluks CH₄ masih berada pada rentang batas atas dan batas bawah maka data fluks tersebut dapat digunakan. Jika data fluks berada diluar rentang maka data tersebut merupakan pencilan dan tidak digunakan.

Model DNDC yang digunakan adalah DNDC 9.5. Data yang diinput berupa data primer dan sekunder. Data primer berupa data yang didapat berdasarkan pengamatan langsung selama penelitian seperti data iklim, tanaman, pengolahan tanah, pemupukan, irigasi dan penggenangan. Data sekunder didapat dari berbagai sumber. Model DNDC memerlukan beberapa data input dalam proses runningnya. Beberapa data yang dibutuhkan adalah data lokasi, data iklim, data tanah, data tanaman, data pengolahan tanah, data pemupukan kimia, data irigasi dan penggenangan.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

$$E = \frac{\delta C}{\delta t} \times \frac{V_{ch}}{A_{ch}} \times \frac{mW}{mV} \times \frac{273.2}{273.2+T} \dots\dots\dots(1)$$

- Keterangan:
 E = Fluks CH₄ (mg/m²/menit)
 $\frac{\delta C}{\delta t}$ = Perbedaan konsentrasi CH₄ per waktu pengambilan (ppm/menit)
 V_{ch} = Volume chamber (m³)
 A_{ch} = Luas chamber (m²)
 mW = Berat molekul CH₄ (g)
 mV = Volume molekul CH₄ (22.41 liter pada suhu dan tekanan standar)
 T = Temperatur selama sampling (°C)

Selanjutnya, total fluks dihitung dengan metode *Numeric Simpson* dengan menggunakan persamaan 2 (Arif 2013). Penentuan total fluks gas metana menggunakan integral dengan rentang periode selamasatu masa panen.

$$\int_a^b f(x)dx \approx \frac{b-a}{6} \left[f(a) + 4f\left(\frac{a+b}{2}\right) + f(b) \right] \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

- a = Waktu awal periode budidaya padi
- b = Waktu akhir periode budidaya padi
- f(a) = Nilai emisi gas rumah kaca pada waktu ke-a (mg/m²/hari)
- f(b) = Nilai emisi gas rumah kaca pada waktu ke-b (mg/m²/hari)

Untuk analisis data outlier atau pencilaan pada fluks CH₄ digunakan filter statistik menurut (Jonathan 2004). Batas pada masing-masing data ditentukan menjadi empat kuartil yaitu Q1 untuk nilai maksimum, Q2 untuk nilai persentil ke 75, Q3 untuk nilai persentil ke 25, Q4 untuk nilai minimum dan nilai \bar{x} untuk median. Untuk mencari nilai fs, batas atas dan batas bawah digunakan persamaan berikut.

$$fs = Q2 - Q3 \dots\dots\dots(3)$$

$$OU = \bar{x} + (1.5 \times fs) \dots\dots\dots(4)$$

$$OL = \bar{x} - (1.5 \times fs) \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

- fs = Seperempat sebaran
- OU = Batas atas
- OL = Batas bawah
- \bar{x} = Median
- Q2 = Persentil ke-75
- Q3 = Persentil ke-25

Nilai fluks yang dihasilkan model DNDC adalah nilai fluks harian, sedangkan nilai fluks hasil pengukuran aktual merupakan nilai fluks yang dihitung mingguan. Kemudian nilai fluks CH₄ yang didapat dari model dibandingkan dengan nilai fluks CH₄ dari hasil Labratorium Balai Penelitian Lingkungan Pertanian Jakenan-Pati, Jawa Tengah. Selanjutnya dilakukan validasi, apabila nilai koefisien determinasi (R²) semakin mendekati nilai 1, maka model dapat digunakan untuk memprediksi emisi GRK.

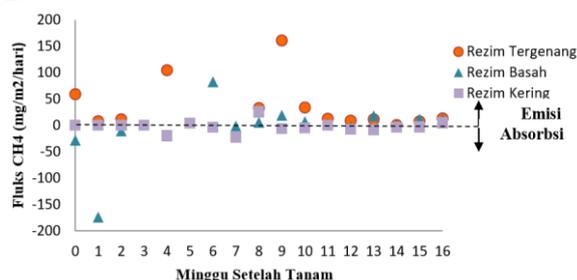
Tabel 1. Parameter input DNDC

No	Input	Pengamatan
1.	Data Lokasi -Nama Tempat -Letak lintang	Sekunder
2.	Data Iklim -Curah hujan, suhu maks dan Min (°C) -Konsentrasi N pada air hujan (mg N/liter) -Konsentrasi NH ₃ di atmosfer (µN/m ³) -Konsentrasi CO ₂ di atmosfer (ppm)	Primer Sekunder
3.	Data Tanah -Tekstur Tanah -Densitas (g/cm ³) -Latar belakang guna tanah -Soil organic Carbon (SOC) -pH Tanah -NO ₃ ⁻ di permukaan tanah -NH ₄ ⁺ di permukaan tanah -Wilting point -Field capacity -Porositas	Sekunder
4.	Data Tanaman : Jenis Tanaman -Waktu Tanam (bulan/tanggal)	Primer
5.	Pengolahan tanah : -Waktu pengolahan (bulan/tanggal) -Metode pengolahan (alat)	Primer
6.	Pemupukan kimia -Waktu pemupukan (bulan/tanggal) -Metode pemupukan -Jenis Pupuk -Jumlah pupuk (kg N/ha)	Primer
7.	Pemupukan alami -Waktu pemupukan (bulan/tanggal) -Jenis pupuk -Jumlah pupuk (kg N/ha)	Tidak dilakukan
8.	Irigasi -Waktu irigasi (bulan/tanggal) - Banyak air yang digunakan (cm)	Primer
9.	Penggenangan -Waktu penggenangan awal (bulan/tanggal) -Waktu penggenangan akhir (bulan/tanggal)	Primer
10.	Grazing -Waktu ternak (bulan/tanggal)	Tidak dilakukan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Emisi Gas CH₄

Fluks CH₄ merupakan perubahan laju emisi CH₄ yang dihasilkan padi dalam satu masa tanam. Dari ke tiga rezim yang diteliti yaitu rezim tergenang, rezim basah, dan rezim kering terdapat perbedaan nilai fluks CH₄ yang dihasilkan. Hal tersebut karena dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satu faktor yang sangat penting yaitu pola irigasi atau penggenangan. Selain pola irigasi, faktor yang mempengaruhi peningkatan emisi CH₄ yaitu kelembaban, pH tanah, potensial redoks, suhu tanah, pertumbuhan tanaman dan varietas tanaman. Grafik perbandingan fluks CH₄ dari setiap rezim disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Perbandingan fluks CH₄ pada setiap rezim

Berdasarkan data yang telah didapatkan yaitu data gas CH₄ menunjukkan bahwa emisi gas CH₄ tertinggi terletak pada rezim air tergenang dengan total nilai fluks mencapai 4846.95 mg/m²/musim tanam atau 48.47 Kg/ha kemudian rezim basah dengan total nilai fluks sebesar 358.71 mg/m²/musim tanam atau 3.59 Kg/ha dan rezim kering sebesar -539.68 mg/m²/musim tanam atau -5.40 Kg/ha. Nilai fluks CH₄ pada rezim tergenang menunjukkan nilai yang tinggi dibandingkan dengan rezim yang lain hal itu dapat ditunjukkan pada grafik bahwa pada MST 4 dan 9 fluks CH₄ yang dihasilkan cukup tinggi, fluks CH₄ yang dihasilkan oleh rezim basah pada MST 4 mencapai 104.27 mg/m²/hari dan pada MST 9 sebesar 160.54 mg/m²/hari. Tingginya fluks metana pada MST 4 hal tersebut dikarenakan tanaman padi sedang berada pada fase vegetatif yang mengindikasikan padi sedang berada pada masa pertumbuhan, dimana

pada masa pertumbuhan terjadi peningkatan jumlah anakan sehingga emisi CH₄ yang dikeluarkan besar. Produksi CH₄ berkaitan erat dengan pola irigasi atau tinggi muka air pada lahan. Pada rezim tergenang memiliki nilai fluks yang sangat tinggi hal ini disebabkan karena tinggi muka air pada rezim tergenang lebih besar dari tinggi muka air pada rezim lainnya, pada MST 4 dan 9 dapat terlihat tinggi muka air pada rezim tergenang melebihi tinggi muka air rencana.

Pada budidaya SRI rezim kering tidak begitu terlihat fluktuatif dan memiliki total fluks yang bernilai negatif, begitu juga pada rezim basah terdapat fluks CH₄ yang bernilai negatif yaitu pada MST 0,1,2,7 dan 12 hal itu berarti terjadi oksidasi CH₄ pada tanah sawah penelitian atau dalam kata lain pada lahan tersebut terjadi absorpsi metana. Absorpsi merupakan proses kontak antara campuran gas dan cairan yang bertujuan menghilangkan salah satu komponen gas dengan cara melarutkannya (Kartohardjono S *et al.* 2011). Struktur sawah yang terdiri dari daerah aerob dan anaerob merupakan lingkungan untuk memproduksi dan mengoksidasi gas CH₄ oleh aktifitas mikroorganisme. Mekanisme absorpsi disebabkan oleh reaksi oksidasi gas CH₄ dan terjadi di daerah aerob dengan bantuan bakteri *Metanae oxidizing bacteria* (MOB) yang menggunakan CH₄ sebagai sumber karbon dan energi untuk pertumbuhannya. Reaksi oksidasi CH₄ memerlukan O₂ hanya pada awal reaksi, dari reaksi oksidasi tersebut menghasilkan CO₂ yang dilepaskan ke atmosfer. Reaksi absorpsi gas CH₄ dapat terjadi karena tinggi muka air pada lahan dengan rezim kering selalu dibawah permukaan tanah selama masa tanam. Hal ini juga dapat terjadi karena pemberian pupuk urea pada lahan tersebut, karena pupuk urea dapat menekan emisi gas CH₄ (Palimbani 2007). Pupuk urea mengandung Nitrogen yang sangat banyak yaitu 46% yang menyebabkan pupuk tersebut bersifat higroskopis yang menyebabkan emisi gas menurun juga karena aktifitas bakteri

metanogen terhambat (Asri 2010). Dari hasil penelitian Suharsih dan Makarim (2002) menunjukkan bahwa penggunaan urea dapat menekan emisi gas metana sebesar 3.8%. Hal tersebut merupakan penyebab emisi gas CH₄ pada lahan dengan metode budidaya SRI memiliki nilai yang kecil bahkan negatif.

Prediksi Model *Denitrification Decomposition* (DNDC)

Data lokasi didapat dari Google Maps. Data fisika dan kimia tanah didapat dari hasil Laboratorium Balai Penelitian Tanah Pertanian. Untuk data iklim konsentrasi N pada air hujan (mg N/liter), konsentrasi NH₃ di atmosfer (µN/m³) dan konsentrasi CO₂ di

atmosfer (ppm) sudah ditentukan secara otomatis pada model DNDC. Untuk data sekunder lain akan otomatis muncul pada model. Data efisiensi drainase didapat otomatis saat data irigasi dan penggenangan diinput. Data aktivitas mikrobial pada tanah langsung didapat saat data tanah diinput. Untuk pemupukan alami tidak dilakukan karena untuk varietas padi pertiwi dianjurkan digunakan pupuk urea, SP36 dan KCl. Untuk kegiatan *grazing* tidak dilakukan karena lahan terlalu sempit untuk aktivitas hewan ternak.

Data kimia dan fisika tanah yang diinput ke dalam model DNDC didapat dari Laboratorium Tanah Pertanian yang disajikan pada Tabel 2. Data input DNDC pada ketiga rezim air disajikan pada Tabel 3,4 dan 5.

Tabel 2. Sifat fisika dan kimia tanah lahan sawah

		Parameter	Nilai
Sifat Fisika Tanah	Struktur Tanah	Pasir (%)	23
		Debu (%)	34
		Liat (%)	43
		Bobot jenis (g/cm ³)	1.96
		Kadar Air (% Vol)	52.6
		Bobot Isi (g/cm ³)	0.68
		Suhu (°C)	26
Sifat Kimia Tanah		Permeabilitas (cm/jam)	8.17
		Kelembaban (m ³ /m ³)	0.6
		pH Tanah	6.7
		C Organik (%)	3.84
		N-total (%)	0.2
		Rasio C/N	19
		NH ₄ ⁺ di permukaan tanah	71
		NO ₃ ⁻ di permukaan tanah	33

Tabel 3 Data Input DNDC Perlakuan Rezim Tergenang

No	Input	Nilai
1.	Data Lokasi : Nama Tempat Letak lintang	Gn Batu Bogor 6
2.	Data Iklim : Curah hujan, suhu maks dan Min (°C)	Data iklim januari-Mei 2018
	Konsentrasi N pada air hujan (mg N/liter)	0.23
	Konsentrasi NH ₃ di atmosfer (µN/m ³)	0.06
	Konsentrasi CO ₂ di atmosfer (ppm)	350
3	Data Tanah : Tekstur Tanah	Tanah liat

	Densitas (g/cm ³)	1.98
	Latar belakang guna tanah	Lahan padi
	<i>Soil organic Carbon</i> (SOC)	0.04
	pH Tanah	6.465
	NO ₃ ⁻ di permukaan tanah	33
	NH ₄ ⁺ di permukaan tanah	71
	<i>Wilting point</i>	0.45
	<i>Field capacity</i>	0.75
	Porositas	0.482
4.	Data Tanaman : Jenis Tanaman	Padi
	Waktu Tanam (bulan/tanggal)	(1/20)
	Waktu Panen (bulan/tanggal)	(5/13)
	Hasil Panen (kg/ha)	3377
5.	Pengolahan tanah : Waktu pengolahan (bulan/tanggal) ; metode pengolahan (alat)	(1/20) : Cangkul
6.	Pemupukan kimia : Waktu pemupukan (bulan/tanggal) ; metode pemupukan	(1/24) : permukaan (2/13) : permukaan (2/28) : Permukaan
	Jenis Pupuk ; jumlah pupuk (kg N/ha)	Urea : 0.04 Urea : 0.04 Urea : 0.03
7.	Irigasi : waktu irigasi (bulan/tanggal) , banyak air yang digunakan (cm)	(1/27) : 1 (2/3) : 2 (2/4) : 2 (2/14) : 1 (2/21) : 1 (3/11) : 2
8.	Penggenangan : Waktu penggenangan awal (bulan/tanggal) , akhir (bulan/tanggal)	(1/27) : (2/16) (2/21) : (3/22)

Tabel 4 Data Input DNDC Perlakuan Rezim Basah

No	Input	Nilai
1.	Data Lokasi : Nama Tempat Letak lintang	GnBatu Bogor 6
2.	Data Iklim : Curah hujan, suhu maks dan Min (°C)	Data iklim januari-Mei 2018
	Konsentrasi N pada air hujan (mg N/liter)	0.23
	Konsentrasi NH ₃ di atmosfer (µN/m ³)	0.06
	Konsentrasi CO ₂ di atmosfer (ppm)	350
3	Data Tanah : Tekstur Tanah	Tanah liat
	Densitas (g/cm ³)	1.98
	Latar belakang guna tanah	Lahan padi
	<i>Soil organic Carbon</i> (SOC)	0.04
	pH Tanah	6.465
	NO ₃ ⁻ di permukaan tanah	33
	NH ₄ ⁺ di permukaan tanah	71

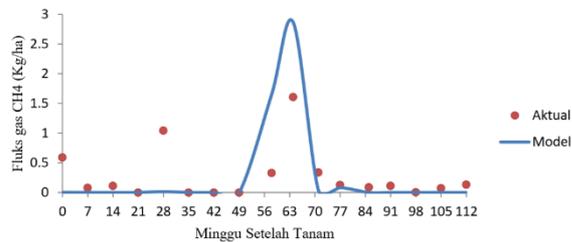
	<i>Wilting point</i>	0.45
	<i>Field capacity</i>	0.75
	Porositas	0.482
4.	Data Tanaman : Jenis Tanaman	Padi
	Waktu Tanam (bulan/tanggal)	(1/20)
	Waktu Panen (bulan/tanggal)	(5/13)
	Hasil Panen (kg/ha)	3377
5.	Pengolahan tanah : Waktu pengolahan (bulan/tanggal) ; metode pengolahan (alat)	(1/20) ; Cangkul
6.	Pemupukan kimia : Waktu pemupukan (bulan/tanggal) ; metode pemupukan	(1/24) : Permukaan (2/13) : Permukaan (2/28) : Permukaan
	Jenis Pupuk ; jumlah pupuk (kg N/ha)	Urea : 0.04 Urea : 0.04 Urea : 0.03
7.	Irigasi : waktu irigasi (bulan/tanggal) , banyak air yang digunakan (cm)	(1/20) : 1 (2/12) : 9
8.	Penggenangan : Waktu penggenangan awal (bulan/tanggal) , akhir (bulan/tanggal)	(1/22) : (2/16) (2/25) : (3/1)

Tabel 5 Data Input DNDC Perlakuan Rezim Basah

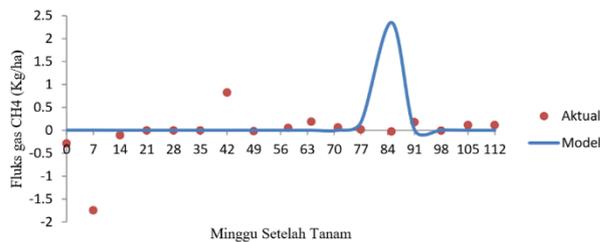
No	Input	Nilai
1.	Data Lokasi : Nama Tempat Letak lintang	Gn Batu Bogor 6
2.	Data Iklim : Curah hujan, suhu maks dan Min (°C) Konsentrasi N pada air hujan (mg N/liter) Konsentrasi NH ₃ di atmosfer (μN/m ³) Konsentrasi CO ₂ di atmosfer (ppm)	Data iklim januari-Mei 2018 0.23 0.06 350
3	Data Tanah : Tekstur Tanah Densitas (g/cm ³) Latar belakang guna tanah <i>Soil organic Carbon</i> (SOC) pH Tanah NO ₃ ⁻ di permukaan tanah NH ₄ ⁺ di permukaan tanah <i>Wilting point</i> <i>Field capacity</i> Porositas	Tanah liat 1.98 Lahan padi 0.04 6.465 33 71 0.45 0.75 0.482
4.	Data Tanaman : Jenis Tanaman Waktu Tanam (bulan/tanggal) Waktu Panen (bulan/tanggal) Hasil Panen (kg/ha)	Padi (1/20) (5/13) 3377
5.	Pengolahan tanah : Waktu pengolahan (bulan/tanggal) ; metode pengolahan (alat)	(1/20) : Cangkul
6.	Pemupukan kimia : Waktu pemupukan	(1/24) : Permukaan

(bulan/tanggal) : metode pemupukan	(2/13) : Permukaan
Jenis Pupuk, jumlah pupuk (kg N/ha)	(2/28) : Permukaan Urea : 0.04 Urea : 0.04 Urea : 0.03
7. Irigasi : waktu irigasi (bulan/tanggal) ; banyak air yang digunakan (cm)	(1/20) : 2
8. Penggenangan : Waktu penggenangan awal (bulan/tanggal) ; akhir (bulan/tanggal)	(1/27) : (2/16)

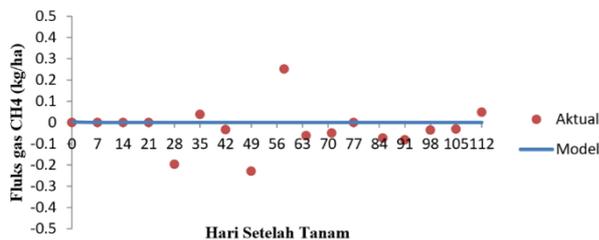
Hasil prediksi fluks gas CH₄ dari model DNDC terhadap data aktual di lapangan pada berbagai rezim air dapat dilihat pada Gambar 3,4 dan 5 sebagai berikut.



Gambar 3. Fluks gas CH₄ berdasarkan data aktual dan model Rezim Tergenang



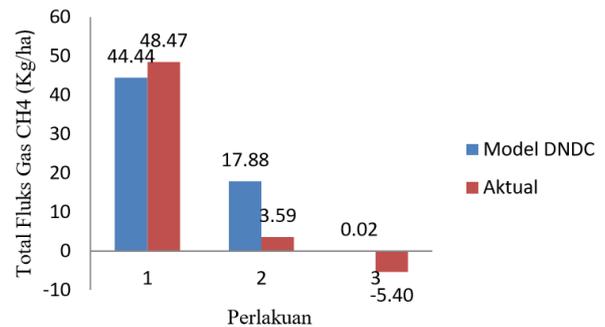
Gambar 4. Fluks gas CH₄ berdasarkan data aktual dan model rezim basah



Gambar 5. Fluks gas CH₄ berdasarkan data aktual dan model rezim kering

Dari data tersebut menunjukkan perbandingan fluks gas CH₄ antara aktual dan model pada setiap rezim yang fluktuatif. Namun terdapat kesesuaian ketika terjadi peningkatan maupun

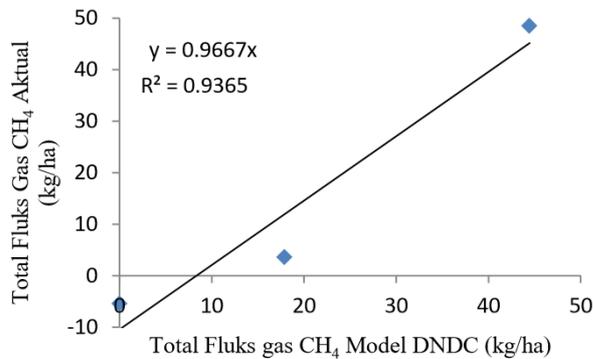
penurunan fluks gas CH₄. Dari ketiga grafik tersebut, tinggi muka air merupakan factor utama pada input model DNDC. Dari perbandingan nilai fluks antara model dan aktual pada ketiga rezim, dihitung total nilai fluks pada suatu masa tanam yang terdapat pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram batang perbandingan total fluks gas CH₄ Untuk data aktual dan model dari ketiga rejim air

Gambar 6 menunjukkan perbedaan total fluks gas CH₄ pada ketiga rezim air berdasarkan pengukuran aktual dan berdasarkan model DNDC. Dapat dilihat total fluks terbesar terjadi pada RT yaitu sebesar 44.44 Kg/ha dari hasil model dan 48.74 Kg/ha dari aktual selanjutnya RB yaitu sebesar 17.88 Kg/ha dari data model dan 3.59 Kg/ha dari aktual kemudian RK sebesar 0.02 Kg/ha dari data model dan -5.40 Kg/ha dari aktual. Dari grafik tersebut terlihat total fluks pada data aktual lebih kecil dibandingkan dengan total fluks berdasarkan model, namun pada RT data dari model maupun aktual tidak terlihat perbedaan yang jauh. Perbedaan antara data model dan data aktual juga dapat disebabkan oleh faktor analisis sensitivitas untuk setiap spesifik gas yang diuji, seperti keadaan karakteristik lahan, pemberian

puhuk, kandungan bahan organik dalam tanah yang merupakan faktor utama untuk gas N₂O sedangkan Ph tanah adalah faktor utama dalam pelepasan NH₃ ke udara (Li 1998). Kurva hubungan total fluks model terhadap total fluks aktual disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Kurva hubungan total fluks model terhadap total fluks aktual

Gambar 7 digunakan untuk melihat kesesuaian total fluks gas CH₄ aktual berdasarkan total fluks CH₄ model. Dwijayanti (2007) telah mengembangkan model DNDC untuk memprediksi gas CH₄ pada berbagai sistem pengelolaan tanaman padi dengan nilai koefisien determinasi (R²) sebesar 0,91. Berdasarkan kurva pada gambar 7 menunjukkan persamaan yang didapat $y = 0.9667x$ dengan besarnya $R^2 = 0.93$ dimana total fluks gas CH₄ model sebagai variabel bebas, dapat memprediksi total fluks emisi CH₄ aktual sebagai variabel tak bebas, sehingga model DNDC dapat digunakan untuk menduga fluks gas CH₄ di lahan padi sawah dengan iklim tropis.

SIMPULAN

1. Berdasarkan data yang telah didapatkan selama penelitian emisi gas CH₄ tertinggi dihasilkan pada rezim air tergenang sebesar 48.74 kg/ha kemudian pada rezim basah sebesar 3.59 Kg/ha dan pada rezim kering sebesar -5.40 Kg/ha, sehingga rezim air yang dapat diterapkan untuk menurunkan emisi CH₄ adalah budidaya padi SRI dengan rezim kering.
2. Model *denitrification decomposition* (DNDC) telah dikembangkan dengan skala *site* yang berlokasi di Gunung Batu berdasarkan berbagai pengelolaan air dengan input berupa data iklim, tanah,

tanaman, pengelolaan tanah, pemupukan, irigasi dan penggenangan.

3. Berdasarkan data *input* pada model DNDC, fluks gas CH₄ pada perlakuan RT, RB, dan RK berturut – turut adalah 44.44 kg/ha, 17.88 kg/ha dan 0.02 kg/ha. RT memiliki nilai terbesar menurut model DNDC dan hal yang sama juga ditunjukkan pada data total fluks gas CH₄ aktual. Hasil validasi model DNDC menunjukkan tingkat perbedaan yang kecil antara total fluks gas CH₄ model dengan total fluks gas CH₄ aktual, yang sesuai dengan nilai R² yang dihasilkan yaitu sebesar 0.93, sehingga model DNDC dapat digunakan untuk memprediksi fluks dan total fluks gas CH₄ dari lahan padi sawah pada wilayah tropis.

SARAN

Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan analisis tanah secara langsung di lahan pertanian. Kemudian penggunaan sensor sebaiknya diawasi agar posisi alat tidak berubah dan tidak menyebabkan *error* pada data sehingga akan menghasilkan data parameter yang lebih akurat. Dan tinggi muka air harus di cek secara berkala. Dilakukan pengembangan model DNDC pada skala regional untuk memprediksi emisi gas CH₄ pada skala yang lebih luas. Diperlukan validasi model DNDC berdasarkan parameter lain misalnya pemupukan untuk menunjukkan keakuratan model DNDC untuk memprediksi emisi gas rumah kaca.

DAFTAR PUSTAKA

- [IAEA] International Atomic Energy Agency. 1993. Manual on Measurement of Methane and Nitrous Oxide Emission from Agriculture. Vienna (AUT): IAEA.

- [IPCC] *Intergovernmental Panel on Climate Change*. 1990. *Climate Change. The Scientific assessment*. Cambridge. University Press. Cambridge.
- Arif C, Masaru M, Setiawan BI, Ryoici D. 2013. Optimizing Water Management of System of Rice Intensification for Climate Change Adaptation Strategy Based on Field Monitored Data. *GRENE 2nd workshop*, 4-6 Maret 2013, Baguio, Philippine.
- Asri F. 2010. Pengaruh Imbangan Pupuk Organik Dan Pupuk Anorganik Terhadap Emisi Gas Metana (CH₄) Di Lahan Sawah Palur [Skripsi]. Surakarta (ID):Universitas Sebelas Maret.
- Babu Y, Jagadeesh C, Li S, Froking DR, Nayak TK, Adhya. 2006. Field validation of DNDC model for methane and nitrous oxide emissions from rice based production systems of India. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 74:157- 174.
- Dwijayanti Y. Pendugaan Emisi Gas Metana (CH₄) pada Berbagai Pengelolaan Tanaman Padi [Skripsi]. Bogor (ID) : Institut Pertanian Bogor.
- Hadi A. 2001. Makalah pada Seminar on-Air Bioteknologi untuk Indonesia Abad 21. 1-14 Februari 2001. Sinergy Forum – PPI Tokyo Institute of Technology.
- Jonathan LJ, Jonathan DD. 2004. Systemic analysis of bicistronic reporter assay data. *Nucleic Acids Research*. 32(20):2-10.
- Kartohardjono S, Yuliusman, Budhie DS. 2011. Preliminary studies on the selective absorption of CO₂ from CH₄ through hollow fiber membrane contractor using aqueous extract of noni fruit (*morinda citrifolia*). *International Journal of Technology*. 2:147-155
- Lelieveld J, Crutzen PJ, Bruhl C. 1992. Climate effects of atmospheric methane. *Chemosphere* 26 (1-4):739-769.
- Li C. 1998. Modeling trace gas emissions from agricultural soils. [abstrak]. Di dalam: IRRI-UNDP Final Workshop; Beijing & Hangzhou, 10-13 August 1998. Beijing & Hangzhou: IRRI. hlm. 15. Abstr no 12.
- Neue H. 1993. Methane emission from rice fields: Wetland rice fields may make a major contribution to global warming. *Bioscience*. 43 (7): 466-73.
- Palimbani. 2007. Mengenal Pupuk Urea . Blog Pustaka Negeri WordPress.com dipetik 15 Juli 2018 dari <http://pusri.wordpress.com/2007/09/22/mengenal-pupuk-urea/>.
- Setyanto P, Abubakar . 2005. Methane Emission from Paddy Fields as Influenced by Different Water Regimes in Central Java. *Indonesian Journal of Agricultural Science*. 6:1-9.
- Suharsih ST, Makarim AK. 2002. Pengaruh Cara Pengolahan Tanah dan Pengaturan Air Terhadap Emisi Gas Metana Pada Lahan Sawah Irigasi. Prosiding Seminar Nasional Sistem Produksi Tanaman Pangan Berwawasan Lingkungan. Bogor (ID):Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah
- Sujono J. 2011. Koefisien Tanaman Padi Sawah pada Sistem Irigasi Hemat Air. *Agritech*. 31 (4):344-351.
- Susandi A. 2004. The Impact of International Greenhouse Gas Emissions Reduction on Indonesia. Report on Earth System Science, Max Planck Institute for Meteorology. Jerman

