

EMISI GAS RUMAH KACA DARI LAHAN PERTANIAN PADI SAWAH DAN PENGARUHNYA PADA POTENSI PEMANASAN GLOBAL

Lilik Slamet S ¹⁾, Adi Basukriadi ²⁾, M. Hasroel Thayeb ²⁾, T. E. Budhi Soesilo ²⁾

¹⁾ Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer
Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional

²⁾ Universitas Indonesia
Email: lilik_lapan@yahoo.com

ABSTRAK

Telah dilakukan estimasi emisi gas rumah kaca dari lahan pertanian padi sawah di Indonesia selama empat tahun (2007-2010). Emisi gas rumah kaca dari lahan pertanian padi sawah meliputi CO₂ (karbondioksida), CH₄ (metana), dan N₂O (dinitrogen oksida). Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah luas sawah (irigasi dan non irigasi di luar pulau Jawa serta pulau Jawa), produksi panen (GKG), suhu udara, umur varietas padi, faktor emisi CH₄, ratio C/N, dan kebutuhan pupuk urea. Metode estimasi emisi CH₄, CO₂ dan N₂O yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah dari IPCC (*Intergovernmental on Panel Climate Change*). Hasil estimasi selama 4 tahun menyebutkan bahwa emisi CH₄ di pulau Jawa didominasi oleh sawah irigasi, di luar pulau Jawa lebih didominasi oleh sawah tadah hujan. Secara keseluruhan emisi CH₄ di luar pulau Jawa lebih besar daripada di pulau Jawa. Emisi CO₂ dan N₂O dari penggunaan pupuk didominasi oleh sawah irigasi di pulau Jawa, di luar pulau Jawa didominasi oleh sawah tadah hujan. Secara keseluruhan emisi CO₂ dan N₂O dari penggunaan pupuk lebih besar di luar pulau Jawa. Estimasi emisi CO₂ lebih besar daripada emisi N₂O dari kegiatan antropogenik pembersihan sisa panen. Urutan dari estimasi emisi gas rumah kaca terbesar di Indonesia dari sumber antropogenik pertanian padi sawah berturut-turut adalah CO₂, CH₄, dan N₂O.

Kata kunci: emisi, padi, IPCC, irigasi, tadah hujan

ABSTRACT

The estimated of the greenhouse gases emissions from the land of agriculture of paddy-field rice in Indonesia for four years (2007-2010) has been done. They are CO₂ (carbon dioxide), CH₄

(methane), and N₂O (dinitrogen oxide). The needed data of this research was the paddy-field area (irrigation and rainfeed over Java island, and other island), the annual production (the harvest), the temperature of air, the age of the variety of rice, the emissions factor CH₄, the ratio of C/N, and the requirement for urea fertilizer concentrate. The estimation method of emissions CH₄, CO₂ and N₂O utilized in this research was taken from IPCC (Intergovernmental on Panel Climate Change). The results show that emissions of CH₄ in the Java island was dominated by the irrigation paddy-field, while the outside of the Java island was more dominated by the rainfeed. On the whole emissions of CH₄ outside the Java island relatively was bigger than in the Java island. Emissions CO₂ and N₂O from the use of fertiliser was dominated by the irrigation paddy-field in the Java island, whereas outside the Java island was dominated by the rainfeed paddy-field. On the whole emissions CO₂ and N₂O from the use of fertiliser was bigger outside the Java island. The estimation of emissions CO₂ relatively bigger than emissions N₂O from the anthropogenic activity the cleaning of harvest. Sequence from the estimation of biggest greenhouse gases emissions in Indonesia from the anthropogenic source of successive agriculture of paddy-field rice was CO₂, CH₄, and N₂O.

Key words: emission, rice, IPCC, irrigation, rainfeed

1 PENDAHULUAN

Banyak orang hanya mengetahui bahwa emisi gas rumah kaca yang dilepaskan oleh sebuah lahan sawah yang ditanami padi adalah metana (CH₄) saja, ternyata lahan sawah yang ditanami padi juga melepaskan emisi N₂O (dinitrogen oksida) dan CO₂ (karbondioksida). Ketiganya CH₄, N₂O, dan CO₂ adalah golongan gas rumah kaca. Sifat gas rumah kaca adalah menaikkan suhu bumi (Salim, 2007).

Metana diemisikan dari teknik budidaya padi lahan sawah dengan cara lahan digenangi dengan air irigasi atau dari air hujan (sawah tadah hujan). Emisi N₂O secara normal dan alami memang dilepaskan dari sebuah lahan. Tetapi dengan adanya penggunaan intensif dari pupuk yang mengandung unsur nitrogen (pupuk urea), maka emisi N₂O dan CO₂ mengalami peningkatan jumlah. Emisi CO₂ dan N₂O juga dapat dihasilkan dari teknik pembersihan sisa panen dengan cara dibakar.

Emisi CH_4 , CO_2 , dan N_2O adalah gas-gas rumah kaca yang potensial terhadap pemanasan global daripada gas rumah kaca lainnya. Hal ini dikarenakan sumber emisi ke tiga gas rumah kaca tersebut adalah yang paling besar. Menurut Dewan Nasional Perubahan Iklim (2010) sektor pertanian menduduki emisi tertinggi ke tiga di Indonesia setelah perubahan tata guna lahan dan lahan gambut. Oleh karena itu adalah penting untuk mengetahui emisi gas rumah kaca dari sektor pertanian terutama pertanian padi lahan sawah.

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah keterbatasan alat ukur dan teknik metode pengukuran emisi gas rumah kaca dari lahan sawah yang ditanami padi menyebabkan emisi gas rumah kaca belum diukur secara keseluruhan untuk semua lahan sawah di Indonesia. Kebaruan dari penelitian ini adalah membedakan emisi gas rumah kaca (CO_2 , CH_4 , N_2O) antara sumber sawah irigasi dan sumber sawah dengan teknik budidaya tadah hujan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui dan menganalisis besar emisi CO_2 , CH_4 , dan N_2O dari lahan sawah yang ditanami padi.

2 TINJAUAN PUSTAKA

Gas CH_4 dihasilkan ketika padi tergenang, tepatnya 6 minggu pertama setelah penggenangan (dari fase penanaman bibit sampai dengan fase pembungaan) yang besarnya beberapa mg sampai dengan $51 \text{ mg/m}^2/\text{jam}$ (Pschorn, *et al*, 1986). Penggenangan tanaman padi bertujuan untuk mematikan gulma, tetapi dampak negatif lain dihasilkan berupa emisi CH_4 ke atmosfer.

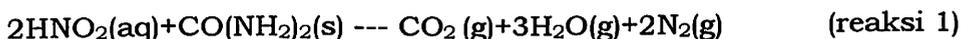
Lelieveld, *et al* (1998) menyatakan bahwa budidaya padi lahan basah (sawah) adalah salah satu sumber emisi CH_4 . Sekitar 70% dari emisi CH_4 di bumi berasal dari kegiatan antropogenik. Rata-rata peningkatan emisi CH_4 adalah 20 Tg/tahun . Gas CH_4 dihasilkan dari oksidasi anaerob oleh mikroba tanah. Prosesnya disebut dengan metanogenesis.

Gas N_2O secara alami dihasilkan dalam tanah melalui proses mikrobiokimia yaitu reaksi denitrifikasi dan nitrifikasi. Pada kondisi reduksi (lahan sawah tergenang) bakteri anaerob

...

denitrifikasi mengubah ion nitrat menjadi molekul N_2O dan N_2 . Penambahan unsur N (nitrogen) ke dalam tanah (dalam bentuk pupuk urea) akan diubah menjadi N_2O (Wihardjaka, 2010).

Penambahan unsur N ke dalam tanah dalam bentuk pupuk urea tidak saja menghasilkan N_2O , tetapi CO_2 juga dilepaskan dan diemisikan ke atmosfer. Sutejo (1995) menyebutkan reaksi kimia yang terjadi setelah pemupukan urea ($CO(NH_2)_2$) di dalam tanah adalah sebagai berikut :



Pada reaksi 1 di atas dihasilkan CO_2 . Emisi CO_2 juga dihasilkan dari pembersihan lahan sawah dan sisa panen dengan cara dibakar. Tidak itu saja ternyata pembakaran sisa panen (jerami) karena banyak mengandung unsur N akan juga menghasilkan emisi N_2O .

Emisi CH_4 , CO_2 , dan N_2O adalah gas rumah kaca yang dapat menaikkan suhu udara. Menurut Lelieveld, *et al.*, (1998) emisi CH_4 memberikan efek *radiative forcing* sebesar 30%, CO_2 sebesar 35%, dan 22% oleh gas rumah kaca lainnya. *Radiative forcing* adalah gaya dan energi untuk meneruskan dan memantulkan radiasi panas ke permukaan bumi.

3 DATA DAN METODOLOGI

Data dalam penelitian menggunakan data sekunder yang mencakup data luas sawah irigasi, sawah tadah hujan, produksi padi, dan suhu udara (2007-2010). Data tersebut bersumber dari Badan Pusat Statistik (Statistik Lingkungan Hidup Indonesia, 2007-2010). Data lain adalah kebutuhan pupuk urea, faktor emisi CH_4 , ratio C/N, kadar C dalam sisa panen. Data faktor emisi CH_4 , ratio C/N, kadar C dalam sisa panen bersumber dari IPCC (1994). Data kebutuhan pupuk urea dari Sutejo (1995).

Emisi CH_4 , CO_2 dan N_2O dari lahan sawah yang ditanami padi diestimasi dengan menggunakan metode dari IPCC (*Intergovernmental on Panel Climate Change*). Emisi CH_4 diestimasi dengan menggunakan persamaan 1.

$$\text{Emisi CH}_4 = \text{umur varietas} \times \text{luas sawah} \times \text{faktor emisi} \quad (1)$$

$$\text{Emisi CO}_2 = P \times \text{ratio R} \times \text{ratio B} \times \text{kadar C} \times (\text{Mr CO}_2 / \text{Ar C}) \quad (2)$$

$$\text{Emisi N}_2\text{O} = \text{Emisi CO}_2 \times \text{ratio N} \times (\text{Mr N}_2\text{O} / \text{Mr N}_2) \quad (3)$$

Dengan :

P = produksi padi

R = ratio sisa panen terhadap tanaman padi

B = ratio biomassa kering terhadap sisa panen

C = kadar karbon dalam biomassa kering tanaman padi

Ar CO₂ = bobot molekul CO₂ = 44

Ar C = nomor atom C = 12

N = ratio kandungan Nitrogen terhadap karbon

Mr N₂O = bobot molekul N₂O = 44

Mr N₂ = bobot molekul N₂ = 28

Tabel 3.1 Luas Sawah Di Indonesia (ha)

No	Tahun	Lokasi	Sawah irigasi	Sawah tadah hujan
1.	2007	Jawa	2463142	768740
		Luar Jawa	2297346	2353332
2.	2008	Jawa	2498891	797998
		Luar Jawa	2342693	2375251
3.	2009	Jawa	2487708	763352
		Luar Jawa	2411114	2399613
4.	2010	Jawa	2491819	761775
		Luar Jawa	2401918	2347701

Sumber : BPS, 2007-2010

Tabel 3.2 Produksi Padi (gabah kering giling)

No	Tahun	Produksi Padi (ton)
1	2007	32099588
2	2008	33859099
3	2009	36145130
4	2010	37307241

Sumber : BPS, 2007-2010

Emisi N_2O dari penggunaan pupuk urea diestimasi dengan menggunakan persamaan reaksi kimia 1 (di atas). Emisi N_2O dihasilkan dari sisa pupuk yang tidak terserap oleh tanaman.

Tabel 3.3 Jumlah Unsur Hara Yang Diserap Tanaman Padi

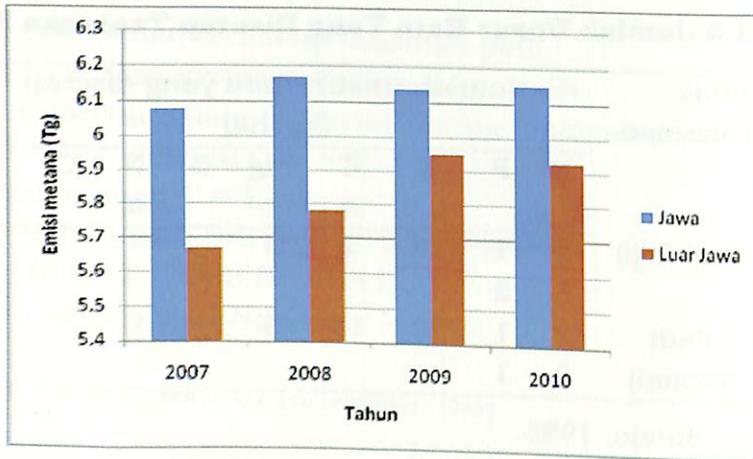
No	Jenis Tanaman	Jumlah unsur hara yang diserap (kg/ha)								
		N	P	K	C	Mg	S	N	Cl	Si
1.	Padi (biji)	2	1	12	2	4	-	-	-	-
		3	2							
2.	Padi (jerami)	2	1	50	13	6	-	-	-	-
		2	1							

Sumber : Sutejo, 1995.

Tabel 3.3 menyajikan jumlah unsur hara yang diserap oleh tanaman padi. Pada Tabel 3.3 dapat diketahui bahwa kebutuhan unsur N yang diperlukan tanaman padi adalah 45 kg N/ha. Dosis pupuk urea adalah 250 kg/ha. Prosentase N dalam pupuk urea adalah 47% sehingga terdapat kelebihan pupuk sebesar 153 kg urea/ha (Sutejo, 1995).

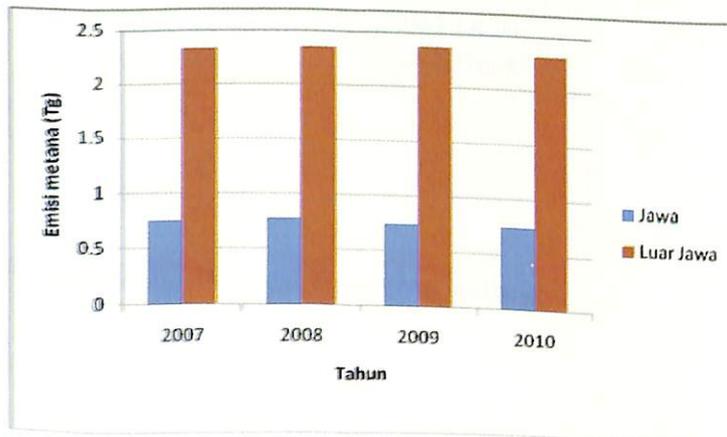
4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 HASIL



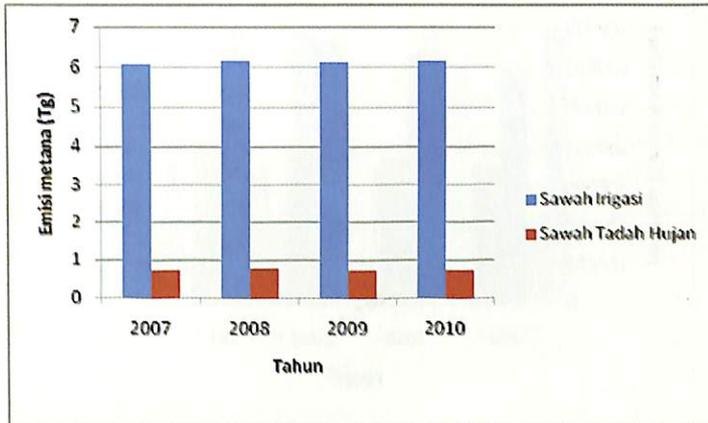
Gambar 4.1 Emisi Metana (CH₄) dari Sawah Irigasi

Gambar 4.1 menunjukkan emisi metana (CH₄) dari sawah yang ditanami padi dengan teknik budidaya irigasi teknis di pulau Jawa dan di luar pulau Jawa. Satuan emisi CH₄ yang digunakan adalah Tg (Teragram). 1 Tg setara dengan 10¹² gram.



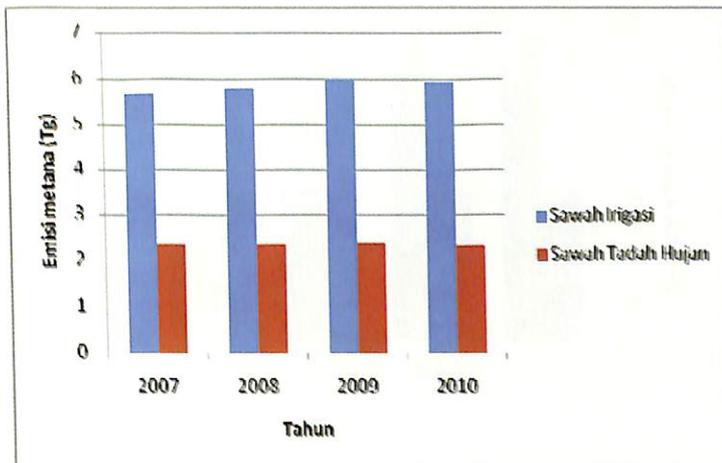
Gambar 4.2 Emisi CH₄ dari Sawah Tadah Hujan

Gambar 4.2 menunjukkan emisi CH₄ dari sawah yang ditanami padi dengan teknik budidaya tadah hujan baik di Jawa maupun di luar pulau Jawa selama 4 tahun (2007-2010).



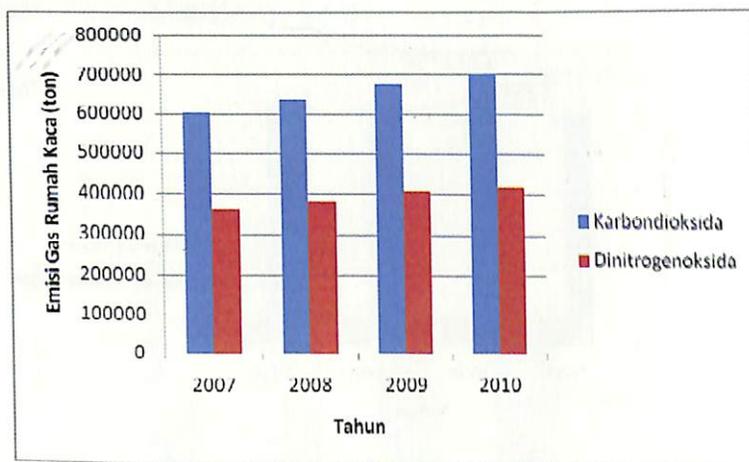
Gambar 4.3 Emisi CH₄ dari Sawah di Pulau Jawa

Gambar 4.3 menunjukkan perbandingan hasil estimasi emisi CH₄ dari sawah yang ditanami padi dengan teknik budidaya yang berbeda (irigasi dan tadah hujan) di pulau Jawa.



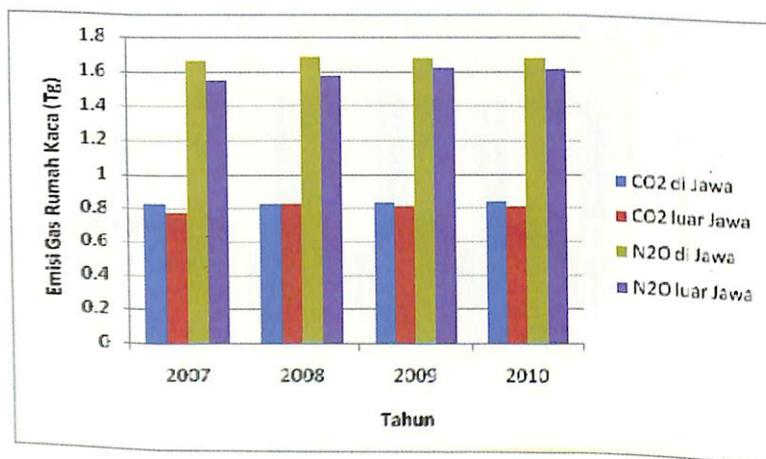
Gambar 4.4 Emisi CH₄ dari Sawah di Luar Pulau Jawa

Gambar 4.4 menunjukkan perbandingan emisi CH₄ dari sawah yang ditanami padi dengan dua teknik budidaya yang berbeda (irigasi dan tadah hujan) di luar pulau Jawa.



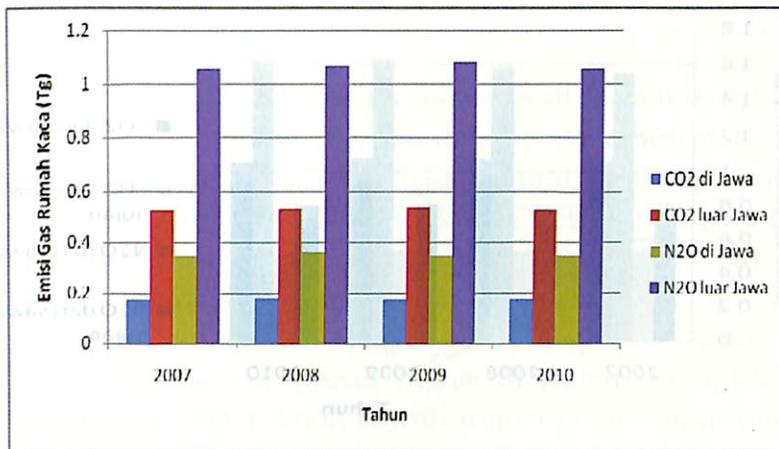
Gambar 4.5 Emisi CO₂ dan N₂O dari Sisa Panen Padi

Gambar 4.5 menunjukkan hasil estimasi emisi CO₂ dan N₂O dari sumber pembakaran sisa panen padi di Indonesia.



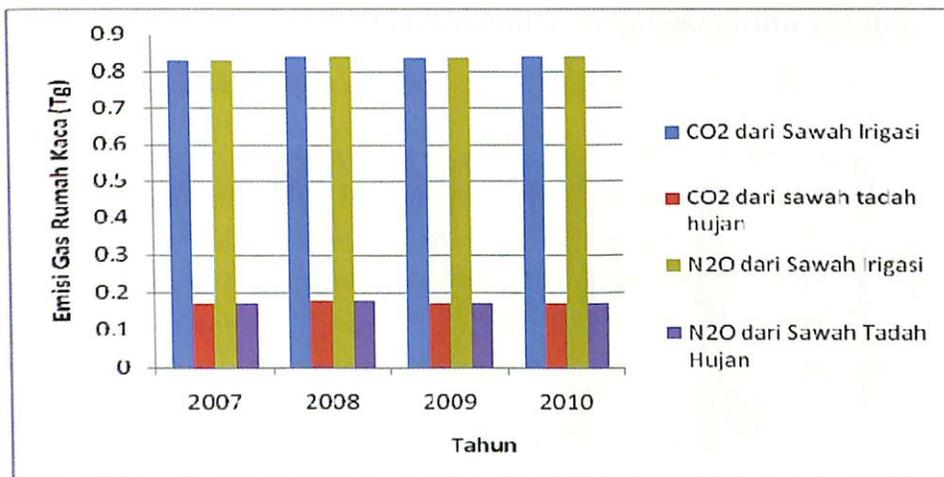
Gambar 4.6 Emisi Gas Rumah Kaca dari Penggunaan Pupuk Urea Pada Sawah Irigasi

Gambar 4.6 menunjukkan emisi gas rumah kaca dari sumber penggunaan pupuk urea pada sawah irigasi di Jawa dan luar Jawa.



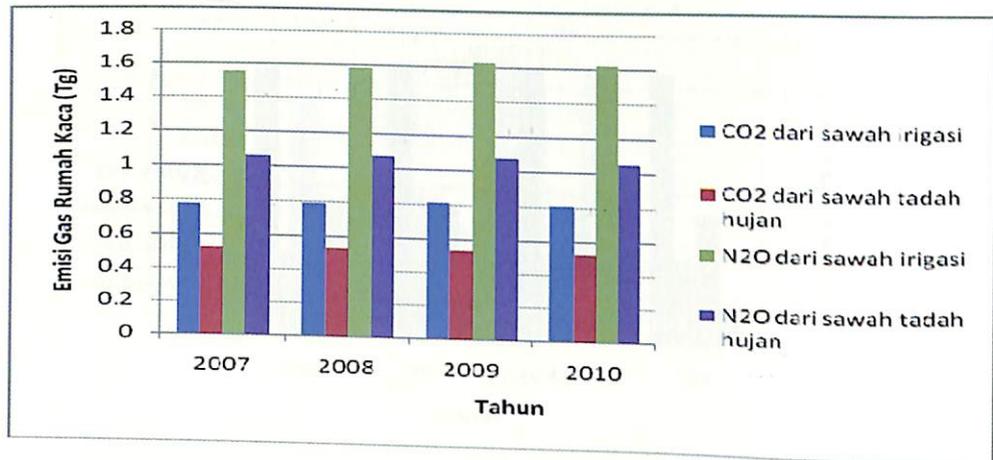
Gambar 4.7 Emisi Gas Rumah Kaca dari Penggunaan Pupuk Urea Pada Sawah Tadah Hujan

Gambar 4.7 menunjukkan hasil estimasi emisi gas rumah kaca (CO₂ dan N₂O) dari sumber penggunaan pupuk urea pada sawah tadah hujan di Jawa dan di luar Jawa.



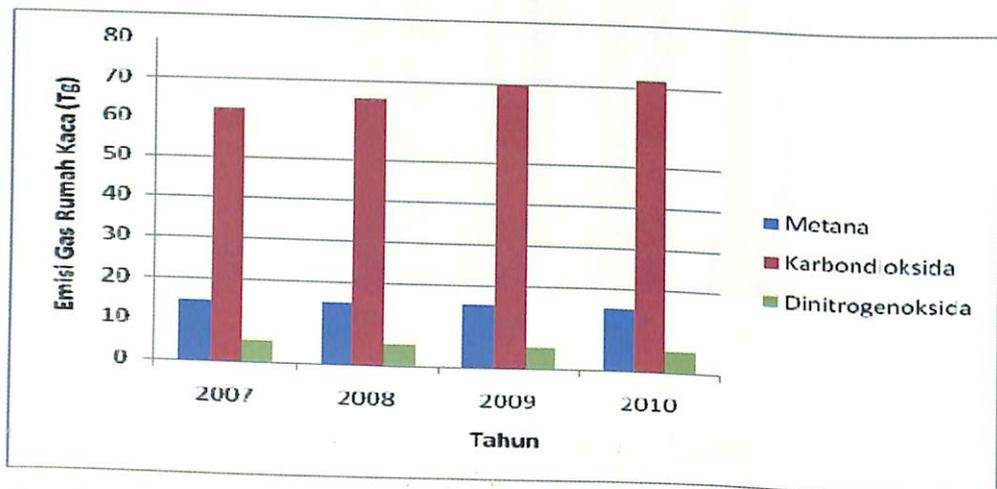
Gambar 4.8 Emisi Gas Rumah Kaca dari Penggunaan Pupuk Urea Pada Sawah Di Pulau Jawa

Gambar 4.8 menunjukkan perbandingan estimasi emisi gas rumah kaca dari sumber penggunaan pupuk pada sawah di pulau Jawa.



Gambar 4.9 Emisi Gas Rumah Kaca dari Penggunaan Pupuk Urea Pada Sawah Di Luar Jawa

Gambar 4.9 menunjukkan hasil estimasi emisi gas rumah kaca dari sumber penggunaan pupuk urea pada sawah di luar pulau Jawa. Gambar 4.10 di bawah ini menunjukkan hasil estimasi emisi gas rumah kaca (CO_2 , N_2O , dan CH_4) untuk Indonesia dari sumber antropogenik penanaman padi.



Gambar 4.10 Emisi Gas Rumah Kaca dari Pertanian Padi di Indonesia

4.2 PEMBAHASAN

Hasil estimasi emisi CH_4 dari sawah irigasi di pulau Jawa selama 4 tahun cenderung meningkat (Gambar 4.1). Hal ini disebabkan luas lahan sawah irigasi yang ditanami padi juga dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Rata-rata emisi CH_4 dari sawah irigasi di pulau Jawa adalah 6,1 Tg (1 Tg = 10^{12} gram). Nilai estimasi emisi CH_4 dari sawah irigasi di pulau Jawa ini lebih besar jika dibandingkan dengan di luar pulau Jawa. Hal ini disebabkan luas lahan sawah irigasi di pulau Jawa lebih besar daripada di luar Jawa. Pada sawah irigasi penanaman padi dapat dilakukan sampai 3 kali dalam setahun. Emisi CH_4 rata-rata di luar pulau Jawa adalah 5,8 Tg.

Emisi CH_4 rata-rata dari sawah tadah hujan di pulau Jawa adalah 0,76 Tg (Gambar 4.2). Sementara di luar pulau Jawa lebih besar yang mencapai angka 2,3 Tg/tahun. Hal ini dikarenakan luas sawah tadah hujan di luar pulau Jawa lebih luas daripada di pulau Jawa. Besarnya emisi CH_4 untuk sawah tadah hujan lebih kecil daripada sawah irigasi. Hal ini disebabkan pada sawah tadah hujan penanaman padi hanya dapat dilakukan 1 sampai 2 kali dalam setahun, yaitu hanya pada bulan-bulan basah (September-April).

Emisi CH_4 rata-rata total untuk pulau Jawa (dari sawah irigasi dan tadah hujan) adalah 6,8 Tg (Gambar 4.3). Sementara untuk luar pulau Jawa adalah lebih besar yaitu 8,2 Tg.

Emisi CO_2 rata-rata dari pembakaran sisa panen padi untuk Indonesia adalah 64,75 Tg (Gambar 4.5). Emisi N_2O rata-rata untuk sumber yang sama adalah sebesar 0,39 Tg. Besarnya emisi CO_2 daripada emisi N_2O disebabkan sebagian besar sisa panen banyak mengandung unsur karbon daripada nitrogen. Unsur nitrogen banyak terdapat pada bagian biji padi.

Emisi CO_2 rata-rata dari penggunaan pupuk urea pada sawah irigasi di Jawa adalah 0,825 Tg/tahun (Gambar 4.6). Sementara di luar pulau Jawa hanya 0,8 Tg. Untuk emisi N_2O di Jawa lebih besar yaitu 1,6 Tg dan di luar Jawa 1,55 Tg.

Emisi CO₂ rata-rata dari penggunaan pupuk urea pada sawah tadah hujan di Jawa adalah 0,17 Tg dan luar Jawa sebesar 0,525 Tg. Emisi N₂O dari penggunaan pupuk urea untuk sumber sawah yang sama di Jawa 0,34 Tg dan luar Jawa 1,05 Tg (Gambar 4.8).

Besarnya emisi CO₂ dan N₂O untuk sawah irigasi daripada sawah tadah hujan baik di Jawa atau luar Jawa disebabkan sawah irigasi mendapatkan pemupukan pupuk urea sebanyak 3 kali dalam setahun. Sawah tadah hujan hanya mendapatkan pemupukan pupuk urea 1 sampai 2 kali dalam setahun.

Secara keseluruhan (sawah irigasi dan sawah tadah hujan) emisi CO₂ dan N₂O rata-rata dari penggunaan pupuk urea di pulau Jawa berturut-turut adalah sama yaitu 1 Tg. Emisi untuk sumber yang sama dengan lokasi di luar pulau Jawa berturut-turut adalah 1,3 Tg CO₂ dan 2,6 Tg N₂O. Emisi N₂O selalu lebih besar daripada emisi CO₂ untuk kondisi yang sama. Hal ini dikarenakan kandungan nitrogen dalam pupuk urea mencapai 47% sementara kadar karbon hanya 20% saja dan sifat dari unsur nitrogen yang cepat larut.

Emisi CH₄ rata-rata (selama 4 tahun 2007-2010) dari lahan pertanian padi sawah untuk Indonesia adalah 15 Tg/tahun. Hasil estimasi emisi CH₄ ini jika dibandingkan dengan penelitian dari Lelieveld, *et al* (1998) yang menyatakan rata-rata peningkatan emisi CH₄ di dunia sebesar 20 Tg/tahun adalah agak mendekati. Untuk Indonesia rata-rata peningkatan emisi CH₄ per tahun adalah 0,1 Tg. Nilai estimasi ini adalah mungkin mendekati kebenaran. Hal ini dikarenakan Indonesia termasuk dalam produsen padi dunia sehingga luas pertanian padi sawah dominan menyuplai emisi CH₄. Jika dibandingkan dengan penelitian dari Pschorn, *et al* (1986) yang menyatakan bahwa rata-rata emisi CH₄ yang dihasilkan oleh lahan sawah ditanami padi adalah 16 mg/m²/jam. Jika nilai tersebut dikonversi ke dalam satuan ha (hektar are) dan tahun, maka akan dihasilkan emisi CH₄ seperti dalam tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 Perbandingan Emisi CH₄ (Tg)

Tahun	Estimasi (Tg)	Pschorn, <i>et al</i> (1986)
2007	14,82	11,04
2008	15,08	11,23
2009	15,21	11,29
2010	15,14	11,21

Keterangan: hasil estimasi adalah hasil perhitungan peneliti menurut formulasi IPCC (1994).

Pada tabel 4.1 dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan antara hasil estimasi emisi CH₄ dari metode IPCC (1994) dengan Pschorn, *et al* (1986), walaupun orde magnitudo satuannya sama yaitu Teragram (Tg). Perbedaannya sekitar 3 Tg. Perbedaan ini mungkin disebabkan waktu dan lokasi pengukuran yang berbeda.

Posisi emisi gas rumah kaca terbesar ditempati oleh CO₂ (Gambar 4.10). Emisi CO₂ rata-rata untuk Indonesia dari sumber pertanian lahan sawah adalah 67,25 Tg. Emisi terendah dari lahan pertanian padi sawah ditempati N₂O dengan rata-rata emisi sebesar 5 Tg. Emisi N₂O ini jika dibandingkan dengan penelitian lain yang menyebutkan bahwa tanah sawah berkontribusi terhadap emisi N₂O sebesar 0,2-2,1 Tg (Wihardjaka, 2010) adalah mendekati yaitu sama-sama memiliki orde magnitudo emisi N₂O yang sama.

Walaupun emisi N₂O dari lahan pertanian padi sawah paling rendah jika dibandingkan dengan emisi CH₄ dan CO₂. Tetapi N₂O memiliki nilai GWP (*Global warming potential*) yang paling besar diantara CO₂ dan CH₄ yaitu 156-296 kali daripada GWP emisi CO₂ atau 13-22 kali daripada GWP CH₄. *Life time* di atmosfer (waktu tinggal) N₂O juga relatif lebih lama jika dibandingkan dengan CH₄ yang hanya 12 tahun, sementara N₂O bisa mencapai 114 tahun.

Jika dilihat dari bobot molekul ke 6 gas rumah kaca, yaitu CO₂, CH₄, N₂O, HFCs (kelompok hidrofluorocarbon), PFCs (kelompok perfluorocarbon), dan SF₆ maka bobot molekul dari gas-gas rumah kaca tersebut tersaji pada tabel berikut.

Tabel 4.2 Bobot Molekul (BM) Gas Rumah Kaca

No	Jenis GRK	BM	No	Jenis GRK	BM
1.	CO ₂	44	9.	C ₅ H ₂ F ₁₀	252
2.	CH ₄	16	10.	C ₂ HF ₅	120
3.	N ₂ O	44	11.	CH ₂ FCF ₃	102
4.	SF ₆	146	12.	C ₂ H ₃ F ₃	84
5.	CF ₄	88	13.	C ₂ H ₄ F ₂	64
6.	C ₂ F ₆	138	14.	C ₃ H ₄ F ₇	170
7.	CHF ₃	70	15.	C ₃ H ₂ F ₆	152
8.	CH ₂ F ₂	52	16.	C ₃ H ₃ F ₅	134

Dari Tabel 4.2 dapat diketahui bahwa CH₄ yang memiliki bobot molekul paling kecil sehingga memiliki potensi terapung atau terlepas ke atmosfer paling besar jika dibandingkan dengan gas rumah kaca lainnya. Pada posisi ke dua ditempati oleh gas CO₂ dan N₂O yang memiliki bobot molekul yang sama yaitu 44. Walaupun dari banyak studi dinyatakan bahwa kelompok HFCs, kelompok PFCs, dan SF₆ yang memiliki nilai GWP relatif tinggi jika dibandingkan dengan CH₄, CO₂, dan N₂O, tetapi jika melihat bobot molekulnya yang lebih besar daripada gas CH₄, CO₂, dan N₂O. Menurut peneliti gas-gas yang memiliki bobot molekul lebih besar akan memiliki daya terapung atau daya terlepas ke atmosfer yang lebih kecil daripada gas-gas dengan bobot molekul yang lebih besar. Gas CH₄, CO₂, dan N₂O memiliki bobot molekul yang lebih kecil daripada kelompok HFCs, kelompok PFCs, dan SF₆ sehingga memungkinkan gas dengan bobot molekul kecil dapat jauh memasuki atmosfer dan menurut peneliti memiliki potensi besar terhadap pemanasan global.

5 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil estimasi emisi CH₄ rata-rata dari sawah irigasi (11,94 Tg) lebih besar dibandingkan dengan sawah tadah hujan di Indonesia (3,1 Tg). Emisi CH₄ dari sawah irigasi di pulau Jawa (6,1 Tg) lebih besar daripada sawah tadah hujan (0,7 Tg). Di luar pulau Jawa, emisi CH₄ banyak dihasilkan dari sawah tadah hujan (2,3 Tg) daripada sawah irigasi (5,8 Tg). Secara umum emisi

CH₄ lebih besar dihasilkan di luar pulau Jawa (8,1 Tg) daripada di Jawa (6,8 Tg).

Hasil yang sama untuk emisi CO₂ dan N₂O dari penggunaan pupuk urea. Emisi CO₂ rata-rata dari sawah irigasi (1,6 Tg) lebih besar dibandingkan dengan sawah tadah hujan di Indonesia (0,7 Tg). Emisi N₂O rata-rata dari sawah irigasi (3,2 Tg) lebih besar dibandingkan dengan sawah tadah hujan di Indonesia (0,7 Tg).

Di luar pulau Jawa, emisi CO₂ rata-rata banyak dihasilkan dari sawah irigasi (0,75 Tg) daripada sawah tadah hujan (0,55 Tg). Di pulau Jawa, emisi CO₂ banyak dihasilkan dari sawah irigasi (0,8 Tg) daripada sawah tadah hujan (0,17 Tg). Di luar pulau Jawa, emisi N₂O banyak dihasilkan dari sawah irigasi (1,55 Tg) daripada sawah tadah hujan (1,0 Tg). Di pulau Jawa, emisi N₂O banyak dihasilkan dari sawah irigasi (0,8 Tg) daripada sawah tadah hujan (0,17 Tg). Secara umum emisi CO₂ dan N₂O lebih besar dihasilkan dari sawah irigasi di luar pulau Jawa.

Emisi CO₂ rata-rata dari pembakaran sisa panen padi lebih besar (64,75 Tg) jika dibandingkan dengan emisi N₂O (0,35 Tg).

Berdasarkan bobot molekul (BM) gas rumah kaca, maka gas rumah kaca yang memiliki bobot molekul lebih kecil adalah CH₄ (BM = 16). Perlu diadakan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh dari bobot molekul terhadap daya apung di atmosfer dan potensi pemanasannya.

DAFTAR RUJUKAN

- Badan Pusat Statistik, *Statistik Lingkungan Hidup Indonesia, 2007-2010*, BPS, Jakarta.
- Dewan Nasional Perubahan Iklim, 2010, *Kurva Biaya (Cost Curve) Pengurangan Gas Rumah Kaca di Indonesia*.
- IPCC, 1994, *Greenhouse Gas Inventory Workbook, Vol. 2*, US EPA.
- Lelieveld J, Paul J. Crutzen, Frank J. Dentenre, 1998, *Changing Concentration, Lifetime and Climate Forcing of Atmospheric methane*, *Jurnal Tellus B*, Vol. 50, 128-150.
- Pschorn, A. H, W. Seiler, 1986, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 91, No. 11.

- Salim, E, 2007, *Perubahan Iklim dalam Proseding Seminar Nasional Perubahan dan Pemanasan Global*, November 2007, Bandung, LAPAN.
- Sutejo, M. M, 1995, *Pupuk dan Cara Pemupukan*, Rineka Cipta, Jakarta.
- Wihardjaka, A, 2010, *Emisi Gas Dinitrogen Oksida dari Tanah Sawah Tadah Hujan yang diberi Jerami Padi dan Bahan Penghambat Nitrifikasi*, *Jurnal Biologi Indonesia*, Vol. 6, No. 2, 211-224.