

Ahmad Suriadi

Peneliti Badan Litbang Pertanian pada Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) NTB,
Jalan Raya Peninjauan Narmada Lombok barat, NTB
Email: ahmadsuriadi@litbang.deptan.go.id

Abstrak. Perubahan iklim merupakan proses yang terjadi secara dinamik dan terus menerus. Oleh sebab itu, strategiantisipasi dan penyiapan teknologi adaptasi menjadi salah satu target pembangunan pertanian.dalam upaya pengembangan pertanian yang tahan (*resilience*) terhadap perubahan iklim. Walaupun berkontribusi relatif kecil (sekitar 7%) terhadap emisi GRK nasional, namun sektor pertanian, terutama subsektor tanaman pangan, mengalami dampak yang merugikan (*victim*) terhadap perubahan iklim yang cukup besar. Tujuan kegiatan ini adalah mengidentifikasi dan kuantifikasi kontribusi sektor pertanian terhadap GRK di Provinsi NTB. Data pertanian selama 11 tahun (2000-2010) yang berhubungan dengan GRK dari berbagai sumber diinventarisasi dan diidentifikasi, kemudian emisi dan serapan GRK di hitung dengan mengacu pada IPCC 2006. Hasil perhitungan dianalisis dengan menggunakan metode deskriptif. Hasil analisis menunjukkan bahwa emisi GRK di Provinsi NTB secara umum berasal dari 3 sumber, yaitu: 1) emisi CH₄ akibat penggenangan pada budidaya padi sawah, 2) emisi CO₂ dan non-CO₂ dari pembakaran limbah pertanian terutama jerami padi, dan 3) emisi N₂O dan CO₂ dari pemupukan nitrogen (urea). Secara umum, laju emisi CH₄ dari penggenangan budidaya tanaman padi meningkat setiap tahun sebesar 509 t th⁻¹ atau 12.725 ton CO₂ e/tahun. Emisi CH₄ dari penggenangan budidaya padi sawah pada tahun 2010 di Provinsi NTB sebesar 1.329.200 ton CO₂ equivalen. Emisi GRK dari pembakaran limbah pertanian terutama dari pembakaran jerami di NTB sebesar 262.334ton CO₂ equivalen tahun 2010 dan diperkirakan jumlahnya akan meningkat sebesar 292.553 ton CO₂ equivalen pada tahun 2020. Emisi GRK dari penggunaan pupuk di NTB sebesar 89.622,65 ton CO₂ tahun 2010 dan emisi ini diperkirakan akan meningkat sebesar 292.553 ton CO₂ equivalen pada tahun 2020. Total emisi GRK sektor pertanian di Provinsi NTB sebesar 1.898.461 ton CO₂ equivalen tahun 2010 dan diperkirakan emisi GRK akan meningkat menjadi 1.996. 508 ton CO₂ equivalen pada tahun 2020. Peningkatan emisi GRK untuk sektor pertanian di NTB dapat ditekan melalui aksi mitigasi dan adaptasi yang tepat. Sebagian besar (70 %) emisi GRK berasal dari sistem penggenangan budidaya padi sawah. Prioritas utama aksi mitigasi untuk menurunkan emisi GRK dari sektor pertanian adalah modifikasi sistem penggenangan menjadi sistem basah kering (*alternately wetting and drying*). Hal ini dapat dilakukan dengan menerapkan sistem budidaya padi dengan SRI atau PTT.

Kata kunci: GRK, inventarisasi, penggenang lahan sawah, pembakaran jerami, pemupukan N.

Abstract. *Climate change is a dynamic process that occurs continuously. Therefore, the strategy of anticipation and readiness of adaptation technology is a target of agricultural development in order to develop resistant and resilience agricultural development to climate change. Although the contribution of agricultural sector especially food crops to the national GHG emission relatively small (about 7%), but experiencing adverse impact (victim) caused by climate change. The purpose of this paper was to identify and quantify the contribution agricultural sector on GHGs in the NTB province. Agricultural data for 11 years (2000-2010) relating to the GHG, acquired from various sources (such as Dinas Pertanian Provinsi NTB, Bakorluh, BPS) were inventoried and identified, and emission of GHG were calculated using method by IPCC 2006. Data were analyzed using descriptive methods. The results shown that GHG emissions from agricultur sektor in the NTB Province is generally derived from three sources: 1. CH₄ emissions caused by flooding system in rice cultivation, 2. Emissions of CO₂ and non-CO₂ from the burning of agricultural wastes, especially rice straw, and 3. N₂O and CO₂ emissions of nitrogen fertilizer (urea). In general, the rate of CH₄ emissions from flooding system of rice cultivation increased each year by 509 tons/year or 12,725 tons CO₂eq/year. CH₄ emissions from rice cultivation in 2010 at NTB province was 1,3292,00 tonnes of CO₂ eq. GHG emissions from the burning of agricultural wastes, especially from the burning of straw in NTB was 262,334 tonnes CO₂ eq in 2010 and estimated to be increased by 292 553 tonnes CO₂eq in 2020. GHG emissions from the use of fertilizers in NTB was 89,622.6 tonnes of CO₂ eq in 2010 and was expected to increase by 292,553 tonnes of CO₂ eq in 2020. Total GHG emissions in the agricultural sector of the province of NTB was 1,898,461 tonnes CO₂ eq in 2010 and is estimated to be increased by 1,996,508 tons CO₂ eq in 2020. Increase in GHG emissions for the agricultural sector in the NTB can be reduced through mitigation and adaptation actions. GHG emissions of agricultural sector mainly (70%) from flooding system of rice cultivation. The main priority of mitigation actions to reduce GHG emissions from the agricultural sector is applying irrigation system of alternately wetting and drying. This can be done by applying the SRI or PTT system during paddy cultivation.*

Keywords: *Greehouse gas, inventarisasi, paddy land flooding, straw burning, N fertilizer.*

PENDAHULUAN

Fenomena perubahan iklim telah menjadi isu global yang semakin mendapat perhatian dari seluruh elemen masyarakat dunia. Baik pemerintah, perguruan tinggi, lembaga penelitian, organisasi non pemerintah serta kelompok masyarakat lain, baik di negara maju maupun di negara berkembang, telah melahirkan berbagai gagasan, kajian, kebijakan bahkan beragam aksi pada skala lokal, regional, nasional dan internasional mengenai perubahan iklim. Karakteristik yang melekat pada iklim telah menyebabkan fenomena perubahan iklim mengakibatkan persoalan yang bersifat lintas wilayah, lintas pemangku kepentingan dan lintas generasi. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC 2009) melaporkan bahwa kenaikan temperature, kekeringan, banjir dan cuaca ekstrim akan memperburuk sektor pertanian, terutama di negara berkembang. Sementara

peningkatan populasi dan perubahan iklim mengancam ketahanan pangan secara umum, beberapa usaha juga telah ada untuk mengatasi bahaya kelaparan akibat dari perubahan iklim tersebut (Jarvis *et al.* 2010).

Industrialisasi juga telah ikut andil dalam peningkatan emisi dan konsentrasi gas rumah kaca (GRK) di atmosfer, karbondioksida (CO₂), dinitro oksida (N₂O), metana (CH₄), sulfur heksaflorida (SF₆), perflorokarbon (PFCs), dan hidrofloro-karbon (HFCs). Tiga jenis GRK yang disebut terdahulu berhubungan erat dengan sektor lahan pertanian (Kementerian Pertanian, 2010). Sektor pertanian sangat tergantung kepada kondisi iklim yang mendukung, dengan demikian maka pertanian merupakan sektor yang saat ini sangat bergantung kepada perubahan iklim (Mertz *et al.* 2009). Sejumlah bukti baru dan kuat yang muncul dari berbagai studi mutakhir memperlihatkan faktor antropogenik, terutama industrialisasi yang berkembang cepat selama 50 tahun terakhir, telah menyebabkan pemanasan global secara signifikan. Sektor pertanian, terutama subsektor tanaman pangan, mengalami dampak (*victim*) perubahan iklim yang cukup besar. Di sisi lain, sektor pertanian berperan penting dalam kehidupan dan perekonomian nasional, terutama sebagai penghasil utama bahan pangan, bahan baku industri dan bioenergi (Kementerian Pertanian 2010).

Walaupun sektor pertanian di Indonesia menyumbangkan emisi GRK yang cukup signifikan (7%) (Kementerian Pertanian 2010), namun secara umum, emisi CH₄ dan N₂O dari sektor pertanian telah meningkat mendekati 17% dari tahun 1990-2005 dengan rata-rata peningkatan emisi tahunan sebesar 60 MtCO₂-eq/tahun (Smith *et al.* 2007). Sejauh mana kontribusi sektor pertanian di Provinsi NTB menyumbangkan emisi GRK, masih perlu dikaji lebih lanjut. Tujuan penelitian ini adalah untuk menginventarisasi dan evaluasi emisi GRK sektor pertanian (kecuali peternakan) di Provinsi NTB. Kegiatan ini sangat berguna untuk menyempurnakan dan sebagai acuan dalam menyusun Rencana Aksi Daerah Penurunan emisi Gas Rumah Kaca (RAD-GRK).

METODOLOGI

Penyusunan *baseline* emisi GRK dari bidang pertanian di NTB dihitung dari sumber-sumber emisi penting dan signifikan yang terkait dengan kegiatan di bidang pertanian. Penetapan sumber emisi tersebut juga dengan mempertimbangkan tersedianya data/informasi dan faktor ketidakpastian (*uncertainty*). Dari hasil observasi untuk saat ini ada 3 sumber emisi untuk dianalisis, yaitu: emisi CH₄ akibat penggenangan pada tanaman padi sawah, emisi CO₂ (juga non-CO₂) dari pembakaran limbah pertanian dan emisi N₂O pemupukan nitrogen dan emisi CO₂ dari pemupukan urea.

Emisi CH₄ akibat penggenangan pada tanaman padi sawah

Rumus untuk menghitung emisi CH₄ dari tanaman padi sawah (dengan sistem penggenangan) adalah (IPCC, 2006):

$$CH_{4\text{rice}} = \sum (EF_{i,j,k} \cdot t_{i,j,k} \cdot A_{i,j,k} \cdot 10^{-3})$$

CH₄ Rice = jumlah metana teremisi pertahun dari padi sawah, ton CH₄ per tahun.

EF_{ijk} = factor emisi harian untuk kondisi *i*, *j*, dan *k*, kg CH₄ per ha per hari. Faktor emisi untuk tanaman padi yang tidak diberi masukan organik dan tidak digenangi selama kurang dari 180 hari (6 bulan) sebelum penanaman padi adalah 1,3 kg CH₄ per ha per hari. Faktor emisi ini dapat disesuaikan tergantung pada keadaan penggenangan (irigasi, tadah hujan), dan lama tidaknya penggenangan lahan sebelum penanaman tanaman padi.

t_{ijk} = lama penanaman padi untuk kondisi *i*, *j*, dan *k*, hari

A_{ijk} = jumlah area pemanenan padi per tahun untuk kondisi *i*, *j*, dan *k*, ha/tahun

i, *j*, dan *k* = mewakili perbedaan ekosistem, kondisi pengairan, tipe dan jumlah input bahan organik dan kondisi lain yang menyebabkan bervariasinya emisi CH₄.

Beberapa data yang diperlukan adalah luas tanaman padi sawah di NTB, termasuk luas yang ditanam 1 kali, ditanam 2 kali dan ditanam 3 kali.

Emisi CO₂ (juga non-CO₂) dari pembakaran limbah pertanian

Rumus untuk menghitung jumlah CO₂ dan non-CO₂ yang terbakar dari limbah pertanian (jerami) adalah sebagai berikut:

$$L_{\text{fire}} = A \cdot M_b \cdot C_f \cdot G_{\text{ef}} \cdot 10^{-3}$$

L_{fire} = Jumlah emisi GHG akibat kebakaran, ton; A = Luas areal yang terbakar, ha

M_b = jumlah biomassa yang terbakar, ton per ha

C_f = faktor pembakaran (*combustion factor*), lihat (IPCC 2006)

G_{ef} = faktor emisi (*emission factor*), g per kg bahan yang dibakar, lihat (IPCC 2006, generic methodologies applicable to multiple landuse categories, Table 2.5)

Beberapa data yang diperlukan adalah jumlah limbah pertanian jerami padi yang dibakar.

Emisi N₂O pemupukan Nitrogen dan Emisi CO₂ dari pemupukan urea

Gas Rumah Kaca yang teremisi dari penggunaan pupuk yang mengandung N dilakukan dengan menghitung jumlah N₂O yang teremisi dari pupuk yang mengandung N dan jumlah CO₂ yang teremisi dari pupuk urea dengan rumus sebagai berikut (IPCC, 2006) :

$$N_2O_{SN} = F_{SN} \cdot EF$$

N₂O-N_{SN} = emisi tahunan N₂O langsung dari lahan yang dikelola, ton N₂O-N /th

F_{SN} = jumlah pupuk N yang diaplikasikan dalam setahun, ton N per tahun.

EF = factor emisi N₂O dari N input, kg N₂O per kg N input (EF= 0.01) (IPCC, 2006).

Jumlah CO₂ yang teremisi akibat pemberian pupuk urea dijumlah dengan rumus :

$$CO_{2Emission} = M \cdot EF$$

CO_{2Emission} = jumlah emisi karbon tahunan dari pupuk Urea, ton C per tahun.

M = jumlah aplikasi urea setahun, ton urea per tahun

EF = faktor emisi, ton C per ton urea, (EF = 0,20); untuk mengkonversi C menjadi CO₂, maka jumlah C dalam ton dikalikan 44/12.

Data yang diperlukan adalah jumlah dan jenis penggunaan pupuk buatan (anorganik) dan pupuk organik. Semua jenis pupuk anorganik (Urea, TSP, KCl, ZA, NPK), dan jenis pupuk organik, termasuk komposisi kimianya. Data tersebut dianalisis emisi dan serapan GRK dengan mengacu pada IPCC (2006). Proyeksi jumlah emisi atau serapan GRK dari sektor pertanian sampai tahun 2020 di peroleh dari data hasil perhitungan tahun sebelumnya (2000-2010). Hasil perhitungan selanjutnya dianalisis dengan menggunakan metode deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sektor pertanian terutama subsektor tanaman pangan, paling rentan terhadap perubahan iklim. Hal ini disebabkan karena tanaman pangan umumnya merupakan tanaman semusim yang relatif sensitif terhadap cekaman, terutama cekaman air (kelebihan dan kekurangan). Namun demikian subsektor tanaman pangan juga berkontribusi terhadap emisi GRK. Pada subsektor perkebuan, kontribusinya terhadap GRK dalam diskusi selanjutnya hanya diperhitungkan jika menggunakan pupuk dalam budidayanya. Demikian juga emisi dari subsektor peternakan tidak dibahas dalam makalah ini mengingat terbatas halaman yang

dialokasikan untuk setiap makalah, sehingga emisi GRK dari sektor peternakan akan dibahas pada makalah yang khusus.

Emisi CH₄ dari pertanaman padi sawah sistem penggenangan

Sistem penanaman padi yang dengan cara tergenang secara terus menerus selama musim tanam dapat menyumbang emisi metana (CH₄) ke atmosfer secara signifikan. Penggenangan mengakibatkan jumlah oksigen menipis sehingga akan tercipta suasana anaerob pada tanah. Dalam suasana anaerob, material organik akan terdekomposisi oleh mikroorganisme anaerob, yang kemudian menghasilkan gas metana. Jumlah gas metana yang teremisi sangat tergantung pada jumlah padi yang ditanam, lama penanaman, keadaan penggenangan (*water regime*) sebelum dan selama penanaman padi, bahan organik dan anorganik yang diberikan. Selain itu, jenis tanah, suhu dan varietas padi yang ditanam juga mempengaruhi jumlah gas metana yang teremisi.

Perhitungan emisi GRK dari lahan padi sawah, dilakukan berdasarkan data luas tanam padi (1 kali dan 2 kali tanam), sedangkan luas 3 kali tanam padi dalam setahun jumlahnya sangat sedikit, sehingga emisi dari tanaman pada musim ketiga tidak dihitung. Dari data tersebut kemudian dihitung jumlah emisi CH₄ pada tahun 2000-2010 di NTB. Emisi GRK padi sawah yang ditanam 1 dan 2 kali setahun di NTB dari tahun 200-2010 dapat dilihat pada Table 1.

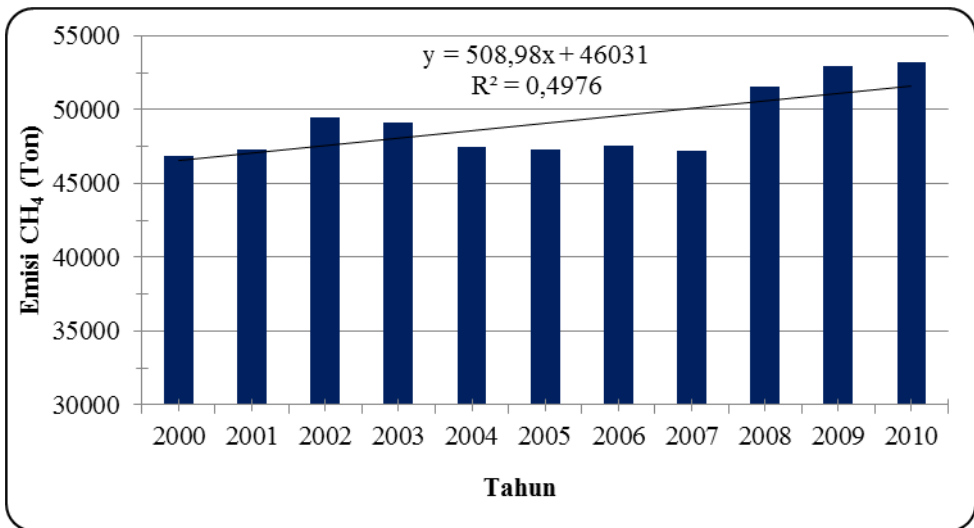
Tabel 1 menunjukkan bahwa ada kecenderungan peningkatan emisi CH₄ dari lahan padi sawah akibat dari meningkatnya luas penanaman padi di NTB. umlah metana yang teremisi pada tahun 2010 sebesar 53.168 ton CH₄, atau sebesar 1.329.200 ton CO₂ eq sedangkan pada tahun 2000 hanya sebesar 1.171.990 ton CO₂ eq. Namun demikian, kecenderungan emisi CH₄ dari tahun 2004 sampai tahun 2007 melandai, disebabkan oleh luas lahan terutama untuk 2 kali tanam tidak bertambah bahkan ada kecenderungan menurun. Trend emisi CH₄ dari tahun 2000 sampai 2010 dapat dilihat pada Gambar 1.

Gambar 1 menunjukkan secara umum emisi CH₄ meningkat pada kurun waktu 10 tahun dengan laju peningkatan sebesar 508,98 ton/tahun atau sebesar 1,1% walaupun korelasinya cukup rendah. Korelasi yang rendah ini disebabkan oleh emisi CH₄ yang menurun pada periode 2004-2007. Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan formula dari Gambar 1, maka diperkirakan emisi CH₄ pada tahun 2020 sebesar 56.720 ton CH₄ atau sama dengan 1.417.898 ton CO₂ eq atau sebesar 6,25% terhadap tahun 2010.

Tabel 1. Emisi CH₄ dari lahan padi sawah (penggenangan) di NTB Tahun 2000-2010, serta konversi emisi CH₄ ke CO₂ equivalen.

Tahun	Luas 1 x tanam*	Luas 2 x tanam*	Emisi CH ₄ dari 1 x tanam	Emisi CH ₄ dari 2x tanam	Total emisi CH ₄ 1xtanam + 2xtanam	Konversi CH ₄ ke CO ₂ eq
2000	114,906	99335	17178.447	29701.165	46879.612	1171990
2001	98,819	108860	14773.4405	32549.14	47322.5805	1183065
2002	98,742	116188	14761.929	34740.212	49502.141	1237554
2003	121458	103568	18157.971	30966.832	49124.803	1228120
2004	123,121	97316	18406.5895	29097.484	47504.0735	1187602
2005	135,279	90577	20224.2105	27082.523	47306.7335	1182668
2006	134,499	91646	20107.6005	27402.154	47509.7545	1187744
2007	122,965	96269	18383.2675	28784.431	47167.6985	1179192
2008	117,161	113825	17515.5695	34033.675	51549.2445	1288731
2009	118,995	117425	17789.7525	35110.075	52899.8275	1322496
2010	121,594	117025	18178.303	34990.475	53168.778	1329219

Ket: *Data luas diperoleh dari NTB dalam angka. Faktor Emisi (EF) 1,3 kg CH₄ per ha per hari dengan asumsi tanaman padi tidak diberikan masukan pupukorganikdan tidak digenangi selama kurang dari 180 hari (6 bulan) sebelum penanaman padi dan lama hari penanaman adalah 115 hari. 25 adalah GWP CH₄ dalam kurun waktu 100 tahun.



Gambar 1. Emisi CH₄ dari tanaman padi sawah (penggenangan) dari tahun 2000-2010 di provinsi NTB

Emisi CO₂ (juga non-CO₂) dari pembakaran limbah pertanian.

Pembakaran limbah pertanian tidak hanya menyebabkan emisi CO₂, tetapi juga non-CO₂ (seperti CH₄, CO, NO_x dan N₂O). Untuk bidang pertanian di NTB, kasus

pembakaran limbah pertanian terutama dilakukan dengan pembakaran jerami biasanya pada panen padi musim tanam I (musim hujan), dengan tujuan untuk mengejar pengolahan tanah dan penanaman berikutnya, pada musim tanam II. Jumlah pembakaran jerami padi hasil panen musim tanam II umumnya lebih sedikit, karena biasanya jerami digunakan untuk keperluan lain seperti untuk mulsa. Terdapat kecenderungan pembakaran jerami yang semakin berkurang akibat semakin meningkatnya kebutuhan jerami padi yang selain untuk mulsa, juga untuk pakan ternak, bahan baku pupuk organik, dan juga dimanfaatkan untuk pengemasan gerabah (walaupun jumlah ini sedikit). Pembakaran lahan untuk persiapan tanam khususnya pada lahan pertanian tidak banyak dijumpai di NTB, seperti yang dilakukan di Kalimantan ataupun Sumatera ketika petani membuka lahan-lahan baru untuk pertanian.

Data resmi jumlah pembakaran jerami di NTB masih belum tersedia. Data yang disajikan berikut ini adalah data perkiraan yang diperoleh dari data luas panen padi, dikalikan dengan rata-rata produksi jerami per ha, dikalikan dengan angka 20% perkiraan jerami yang dibakar (luas panen padi $\times 10 \text{ t ha}^{-1} \times 20\%$). Angka luas panen padi diambil dari NTB dalam angka dari tahun 2000 sampai tahun 2010. Angka 10 ton jerami padi diambil dari angka yang minimum untuk produksi jerami kering per hektar yaitu antara 10 sampai 14 ton. Hasil perhitungan emisi GRK dari pembakaran jerami padi sawah dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Emisi gas rumah kaca akibat pembakaran jerami padi tahun 2000-2010 di NTB

Tahun	Emisi akibat pembakaran jerami			Total emisi Ton CO ₂ eq
	Emisi CO ₂ (ton)	Emisi CH ₄ (ton)	Emisi N ₂ O (ton)	
2000	163.622	2.916	7,6	238,787
2001	162.006	2.887	7,5	236,416
2002	149.851	2.671	6,9	218,682
2003	152.041	2.710	7,0	221,877
2004	151.322	2.697	7,0	220,833
2005	143.116	2.551	6,6	208,858
2006	160.127	2.854	7,4	233,682
2007	157.883	2.814	7,3	230,408
2008	167.042	2.977	7,7	243,762
2009	172.412	3.073	8,0	251,621
2010	179.761	3.204	8,3	262,334

Ket: GWP CH₄ = 25; GWP N₂O = 298 untuk kurun waktu 100 tahun; Faktor pembakaran limbah jerami = 0,8

Tabel 2 menunjukkan bahwa emisi CO₂ dari pembakaran jerami secara umum meningkat. Namun demikian pada tahun 2000 sampai tahun 2005, emisi CO₂ menurun yang disebabkan oleh menurunnya luas baku lahan sawah akibat alih guna lahan. Keadaan ini berbalik dimana emisi CO₂ meningkat terus sampai tahun 2010. Fluktuasi emisi CO₂ ini terjadi pada emisi CH₄, dan N₂O.

Perkiraan emisi GRK (CO₂, CH₄, dan N₂O) dari hasil pembakaran jerami di NTB pada tahun 2020 juga dihitung dengan menggunakan formula yang sama berdasarkan

trend regresi GRK dari tahun 2000-2010. Jumlah jerami padi yang dibakar dihitung dari perkiraan luas panen padi tahun 2020. Perkiraan luas ini dihitung dari total tambahan pencetakan sawah baru di NTB dengan rata-rata untuk 3 tahun terakhir yaitu 3800 ha th⁻¹ (Diperta, 2011). Jadi untuk 10 tahun mendatang akan ada tambahan 38.000 ha luas panen padi di NTB. Data inilah kemudian dijumlahkan dengan data luas panen terakhir pada tahun 2010, sehingga diperoleh luas panen sebesar 367.594 ha pada tahun 2020. Berdasarkan hasil perhitungan dapat diketahui bahwa akan terjadi peningkatan emisi GRK dari hasil pembakaran jerami yang jumlahnya 262.334 ton CO₂ eq pada tahun 2010 menjadi 292.553 ton CO₂ eq pada tahun 2020

Emisi N₂O dari pemupukan N dan emisi CO₂ dari pupuk N

Pemberian pupuk yang mengandung nitrogen (N) dapat menyebabkan emisi N₂O ke udara. Terbentuknya N₂O akibat dari proses nitrifikasi dan denitrifikasi (Martens, 2001; 2005). Nitrifikasi adalah proses perubahan dari ammonium ke nitrat akibat dari hasil kerja oksidasi bakteri aerob (Stevenson and Cole, 1999). Sementara denitrifikasi adalah perubahan dari nitrat ke nitrit sebagai hasil dari proses reduksi bakteri anaerob (Heinen, 2006; Ashby *et al.* 1998). Gas N₂O merupakan gas antara yang dihasilkan pada rangkaian proses nitrifikasi. Gas ini juga merupakan hasil ikutan dari proses nitrifikasi yang keluar dari sel mikrobia ke dalam tanah dan akhirnya ke udara (Haynes 1986).

Emisi CO₂ dari pemberian pupuk urea berasal dari adanya unsur C pada urea, CO(NH₂)₂ yang berubah menjadi CO₂ yang kemudian menguap ke udara. Urea dalam tanah akan berubah menjadi ion amonium (NH₄⁺), ion hidroksil (OH⁻) dan ion bikarbonat (HCO₃⁻) dengan kehadiran air dan enzim urease. Perubahan tahap berikutnya dari bikarbonat akan menghasilkan CO₂. Semakin banyak urea yang diberikan ke tanah semakin banyak CO₂ yang menguap ke udara (Stevenson and Cole 1999).

Jumlah pupuk buatan yang digunakan dan emisi yang dihasilkan di NTB dari tahun 2008 sampai 2010 dapat dilihat pada Tabel 3. Tabel tersebut menunjukkan bahwa realisasi pupuk urea cenderung menurun, sementara pupuk NPK majemuk meningkat. Tetapi jika dilihat dari trend penggunaan pupuk N (setelah konversi dari urea, ZA, NPK ke kandungan N), terlihat bahwa penggunaan pupuk N cenderung menurun pada 3 tahun terakhir.

Tabel 3. Realisasi penggunaan pupuk buatan mengandung N di NTB tahun 2008-2010

No	Jenis Pupuk	Kandungan (%N)	Realisasi (Th)		
			2008 (ton)	2009 (ton)	2010 (ton)
1.	Urea,	46,6	132.113,35 urea	126.839,55 urea	122.212,70 urea
	CO(NH ₂) ₂		61.564,82 N	59.107,23 N	56.951,12 N
2.	ZA,	21,2	11.456,60 ZA	10.030,00 ZA	12.332,50 ZA
	(NH ₄) ₂ SO ₄		2.428,80 N	2.126,36 N	2.614,49 N

3.	NPK	18.944,58 NPK	21.934,60 NPK	27.060,35 NPK
	15,0	2.841,7 N	3.290,19 N	4.059,05 N
	Total N semua pupuk	66835.31 N	64523.78 N	63624.66 N
	Emisi N ₂ O	1050.3	1013.9	999.8
	Emisi CO ₂	9688.3	9301.6	8962.3
	Total emisi CO ₂ eq	322.669	311.457	306.907

Total emisi GRK dari pemupukan N ada kecenderungan untuk berkurang setiap tahun. Hal ini karena terjadi penurunan penggunaan pupuk urea walaupun pupuk NPK meningkat. Jika trend penggunaan pupuk terus terjadi seperti 3 tahun terakhir (2008-2010) maka akan terjadi penurunan emisi N₂O yang pada tahun 2010 emisinya sebesar 999,8 ton, turun menjadi 769,1 ton pada tahun 2020. Demikian pula halnya dengan emisi CO₂, dari 8.962,3 ton pada tahun 2010 turun menjadi 5.687,2 ton tahun 2020.

Jumlah emisi yang dihasilkan dari sektor pertanian di NTB dari tahun 2000-2010 dapat dilihat pada Tabel 4. Secara umum, total emisi GRK dari tahun ke tahun untuk 3 tahun terakhir terus meningkat. Hasil analisis regresi menunjukkan bahwa rata-rata peningkatan emisi setiap tahun sebesar 21.650 ton CO₂-eq. Kontribusi emisi GRK yang terbanyak diperoleh pada sistem penggenangan sawah kemudian diikuti oleh penggunaan pupuk buatan dan yang paling sedikit dari pembakaran jerami, yaitu masing-masing sebesar 70%, 16% dan 14%. Ini menunjukkan bahwa emisi GRK yang paling dominan berasal dari sistem penggenangan sawah pada budidaya tanaman padi. Oleh karena itu untuk menekan jumlah emisi GRK dari sektor pertanian, maka upaya yang paling penting untuk dilakukan adalah menurunkan emisi yang terjadi dari budidaya sawah dengan sistem penggenangan tersebut melalui aksi mitigasi.

Tabel 4. Jumlah emisi GRK sektor pertanian di NTB tahun 2000-2010

Tahun	Penggenangan sawah (ton CO ₂ eq)	Pembakaran jerami (ton CO ₂ eq)	Pemupukan N (ton CO ₂ eq)	Total emisi (ton CO ₂ eq)
2000	1171990	238,787		
2001	1183065	236,416		
2002	1237554	218,682		
2003	1228120	221,877		
2004	1187602	220,833		
2005	1182668	208,858		
2006	1187744	233,682		
2007	1179192	230,408		
2008	1288731	243,762	322.669	1,855,161
2009	1322496	251,621	311.457	1,885,574
2010	1329219	262,334	306.907	1,898,461

Usulan aksi mitigasi dalam bidang pertanian pada prinsipnya adalah untuk mengurangi emisi gas rumah kaca (CH₄, N₂O dan CO₂) yang keluar dari lahan pertanian, dan memperbanyak jumlah serapan (*sequestration*) dan cadangan karbon dalam tubuh tanaman dan dalam tanah. Dengan melihat prioritas aksi mitigasi, maka ada beberapa teknologi yang bisa diaplikasikan yaitu sistem budidaya padi basah kering (*alternately*

wetting and drying) baik dengan sistem SRI (*system rice intensification*) maupun dengan Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT) padi.

Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi emisi CH_4 dari sistem penanaman padi akibat metode penggenangan. Pada metode penggenangan, jumlah oksigen pada tanah sawah sangat terbatas. Kondisi yang demikian mengakibatkan jumlah mikrobia aerob tertekan, dan mikrobia anaerob berkembang. Keadaan (suasana anaerob) ini mengakibatkan dekomposisi bahan organik menghasilkan gas CH_4 . Secara global tanah tergenang (*wetland*) menghasilkan emisi CH_4 sebesar 55-150 Tg CH_4 per tahun (Smith, *et al.* 2007).

Pada kondisi tergenang sebenarnya terjadi juga emisi CO_2 dan N_2O , tetapi jumlahnya jauh lebih kecil dibanding CH_4 . Akan tetapi sebaliknya, jika tanah tergenang dikeringkan, emisi CH_4 akan menurun, dan akan meningkatkan emisi CO_2 dan N_2O . Menariknya, emisi CO_2 dan N_2O pada tanah yang tidak tergenang dapat ditekan berturut-turut misalnya dengan mengurangi pengolahan tanah untuk menekan emisi CO_2 dan memberikan pupuk nitrogen yang secukupnya (tidak berlebihan) untuk menekan emisi N_2O . Sehingga penanaman padi dengan sistem tanpa/sedikit tergenang dapat menjadi pilihan dalam menekan emisi gas rumah kaca (CH_4) dari sektor pertanian.

KESIMPULAN

Emisi GRK di Provinsi NTB secara umum berasal dari 3 sumber, yaitu 1) emisi CH_4 akibat penggenangan pada budidaya padi sawah, 2) emisi CO_2 dan non- CO_2 dari pembakaran limbah pertanian terutama jerami padi dan 3) emisi N_2O dan CO_2 dari pemupukan nitrogen (urea). Secara umum, laju emisi CH_4 dari penggenangan budidaya tanaman padi meningkat setiap tahun sebesar 509 t th^{-1} atau $12.725 \text{ ton CO}_2\text{e/tahun}$. Emisi CH_4 dari penggenangan budidaya padi sawah pada tahun 2010 di Provinsi NTB sebesar $1.329.219 \text{ ton CO}_2$ equivalen. Emisi GRK dari pembakaran limbah pertanian terutama dari pembakaran jerami di NTB sebesar 262.334 ton CO_2 equivalen tahun 2010 dan diperkirakan jumlahnya akan meningkat sebesar 292.553 ton CO_2 equivalen pada tahun 2020. Emisi GRK dari penggunaan pupuk di NTB sebesar 306.907 ton CO_2 tahun 2010 dan emisi ini diperkirakan akan meningkat sebesar 392.553 ton CO_2 equivalen pada tahun 2020. Sebagian besar (70%) emisi GRK berasal dari sistem penggenangan budidaya padi sawah. Dengan demikian prioritas utama yang perlu dilakukan untuk aksi mitigasi dalam rangka menurunkan emisi GRK dari dari sektor pertanian adalah modifikasi sistem penggenangan menjadi sistem basah kering (*alternately wetting and drying*). Hal ini dapat dilakukan dengan menerapkan sistem budidaya padi dengan SRI atau PTT.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashby, J.A., Bowden, W.B. and Murdoch, P.S. (1998). Controls on denitrification in riparian soils in headwater catchments of a hardwood forest in the Catskill Mountains, USA. *Soil Biology & Biochemistry*, 30, 853-864.
- Jarvis, Andy, Julian Ramirez, Ben Anderson, Christoph Leibling and Pramod Aggarwal. 2010. Scenarios of Climate Change Within the Context of Agriculture. In *Climate Change and Crop Production* (edited: Matthew P. Reynolds). CABI, London, UK.
- Haynes, R.J. (1986). Mineral nitrogen in the plant-soil system. Academic, Orlando, Florida, USA.
- Heinen, M. (2006). Simplified denitrification models: overview and properties. *Geoderma*, 133, 444-463.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2009). The Intergovernmental Panel on Climate Change. Available at: <http://www.ipcc.ch> (accessed 20 May 2013).
- Kementerian Pertanian. 2010. Road map Strategi Sektor Pertanian Menghadapi Perubahan Iklim. Kementerian Pertanian. Jakarta.
- Martens, D.A. (2001). Nitrogen cycling under different soil management systems. *Advances in Agronomy*, 70, 143-192.
- Martens, D. A. (2005). Denitrification. In: Hillel, D. (ed.). *Encyclopaedia of soils in the environment*. pp 378-382. Academic Press, New York, USA.
- Martin, R.E., Scholes, M.C., Mosier, A.R., Pjima, D.S., Holland, E.A. and Parton, W.J. (1998). Control on annual emissions of nitrite oxide from soils of the Colorado shortgrass steppe. *Global Biogeochemistry Cycles*, 12, 81-91.
- Mertz, O., Halsnaes, K., Olesen, J.E. and Rasmussen, K. (2009) Adaptation to climate change in developing countries. *Environmental Management* 43, 743-752.
- Smith, P., D. Martino, Z. Cai, D. Gwary, H. Janzen, P. Kumar, B. McCarl, S. Ogle, F. O'Mara, C. Rice, B. Scholes, O. Sirotenko, 2007: Agriculture. In *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Stevenson, F. J. and Cole, M. A. (1999). *Cycles of Soil: Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Micronutrients*. Second Edition. John Wiley & Sons, Inc., New York.