

Inventarisasi Emisi GRK Lahan Pertanian di Kabupaten Grobogan dan Tanjung Jabung Timur dengan Menggunakan Metode IPCC 2006 dan Modifikasinya

Regional Inventory of Greenhouse Gases Emission from Agriculture Land using Original and Modified IPCC 2006 Guidelines

¹Miranti Ariani, ²M. Ardiansyah, dan ¹Prihasto Setyanto

¹ Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Jl. Raya Jakenan-Jaken Km 5, PO Box 5, Jaken, Pati 59182. Email: miranti_ariani@yahoo.com

² Climate Change Risk and Opportunity Management in South East Asia, Institut Pertanian Bogor, Kampus Baranangsiang, Bogor

Diterima 9 Februari 2015; Direview 4 Maret 2015; Disetujui dimuat 15 Mei 2015

Abstrak. Lahan pertanian menyumbangkan emisi gas rumah kaca (GRK) melalui beberapa proses. Skala global dan nasional, perhitungan besaran emisi GRK telah banyak dilakukan, baik dalam bentuk studi ilmiah maupun laporan nasional terkait status dan emisi di suatu negara. Inventarisasi GRK dalam skala kawasan, mencakup pengumpulan serta pembangunan data aktivitas, penentuan sasaran penurunan emisi pada penyumbang emisi utama serta membandingkan hasil perhitungan metode IPCC 2006 dan metode modifikasinya. Sumber emisi GRK utama berdasarkan jenis gas di dua kabupaten adalah gas CH₄ (pengelolaan lahan sawah, fermentasi enterik dan pengelolaan kotoran ternak) yaitu sebesar > 50% (dalam CO₂e). Total emisi GRK Kabupaten Grobogan dan Tanjung Jabung Timur dari tahun 2006-2011 dengan menggunakan metode IPCC 2006 adalah sebesar 678-758 Gg CO₂e dan 543-659 Gg CO₂e, sedangkan dengan menggunakan metode IPCC 2006 modifikasi adalah sebesar 670-744 Gg CO₂e dan 540-658 Gg CO₂e. Emisi ini diperkirakan akan terus meningkat mencapai angka 898 Gg CO₂e dan 820 Gg CO₂e di tahun 2020 jika tidak ada aksi mitigasi. Total emisi di kedua provinsi dengan menggunakan metode IPCC 2006 asli dan modifikasinya hanya berbeda sebesar 1%. Modifikasi metode yang dilakukan pada perhitungan emisi N₂O langsung dari tanah sawah irigasi bisa digunakan karena lebih mudah dan sederhana dalam pengumpulan data aktivitas dan perhitungannya.

Kata kunci: CH₄ / CO₂ / N₂O / Gas Rumah Kaca / Inventarisasi / Pertanian

Abstract. Agricultural land contributes to greenhouse gas (GHG) emissions through several processes. In global and national scale, GHG emissions have been presented in scientific studies and national reports. Regional inventory mostly gathered and generate activity data, define mitigation action to main emission contributors and to compare original and modified IPCC 2006 Guidelines. CH₄ emissions (rice cultivation, enteric fermentation and manure management) was the main contributor to overall GHG emissions in the two districts with the amount of > 50% (in CO₂e). Overall Grobogan and East Tanjung Jabung GHG emissions from years 2006-2011 using IPCC 2006 was 678-758 Gg CO₂e and 543-659 Gg CO₂e respectively and overall GHG emissions using modified IPCC 2006 was 670-744 Gg CO₂e and 540-658 Gg CO₂e. This emission in Grobogan and East Tanjung Jabung were expected to continue rising and reach the figure of 898 Gg CO₂e and 820 Gg CO₂e in 2020 if no mitigation actions implemented. The result of IPCC 2006 and it's modification method was only 1% different in overall GHG emission in two region. The modification method to direct N₂O emission from irrigated rice could be used because it's simpler and easier both in gathering activity data and the calculation itself.

Keywords : CH₄ / CO₂ / N₂O / Green House Gases / Inventory / Agriculture

PENDAHULUAN

Lahan pertanian menyumbangkan emisi gas rumah kaca (GRK) melalui beberapa proses. Proses-proses tersebut meliputi : (I) emisi CH₄ sebagai hasil dari fermentasi enterik pada ternak, (II) emisi CH₄ dan N₂O dari pengelolaan kotoran ternak, (III) emisi CH₄ dari pengelolaan lahan sawah, (IV) emisi CO₂ akibat pemupukan urea serta (V) emisi N₂O

langsung dan tidak langsung pada tanah yang dikelola sebagai akibat dari input N (IPCC 2006). Laporan komunikasi nasional Indonesia, menyebutkan bahwa sektor pertanian secara keseluruhan menyumbangkan emisi GRK sekitar 5% dari total emisi nasional pada tahun 2000.

Komitmen Indonesia untuk menurunkan emisi GRK sebesar 26% sampai tahun 2020 harus dilaksanakan dengan disahkannya Peraturan Presiden

No 61 tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca dan Peraturan Presiden No. 71 tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional. Pelaksanaan Perpres 61/2011 melibatkan keikutsertaan daerah secara aktif, karena dalam Perpres tersebut tercantum penyusunan Rencana Aksi Daerah Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca. Masing-masing daerah wajib memberikan kontribusi terhadap penurunan emisi secara nasional. Sebelum membuat perencanaan aksi-aksi untuk penurunan emisi GRK, terlebih dahulu harus mengetahui secara pasti besaran emisi dan serapan yang ada saat ini. Sektor pertanian dalam lampiran Perpres No 61/2011 harus menurunkan tingkat emisi GRK sebesar 0,008 Gt CO₂e. Berbagai perencanaan ditingkat nasional telah dilakukan untuk mencapai target tersebut, tetapi partisipasi daerahlah yang sangat menentukan keberhasilan penurunan emisi GRK dari berbagai sumber tersebut.

Perhitungan besaran emisi secara global dan nasional telah banyak dilakukan, baik dalam bentuk studi ilmiah maupun laporan nasional terkait status emisi GRK di suatu negara (Chen *et al.* 2010). Kegiatan inventarisasi di negara China bahkan sudah dimulai sejak tahun 1990-an, hal ini sesuai yang dilaporkan oleh komunikasi Nasional terkait Perubahan Iklim di China (INCCCC 2004 dalam Cao *et al.* 1995 dan Chen *et al.* 2010) bahwa tahun 1994 besaran emisi gas rumah kaca di China hasil inventarisasi adalah 3.650 juta ton CO₂eq. Hasil penelitian Chen *et al.* 2007, total gas rumah kaca di China tahun 2007 adalah sebesar 7.456,12 Mt CO₂eq dengan emisi CH₄ dari lahan padi sawah dan peternakan sebesar 831,45 Mt CO₂eq. Emisi tersebut jauh lebih tinggi dari emisi sektor terkait energi dari beberapa negara maju pada tahun inventarisasi yang sama, yaitu Inggris yang hanya sebesar 523 Mt CO₂eq, Kanada 572,9 Mt CO₂eq, dan Jerman 798,4 Mt CO₂eq.

Kegiatan inventarisasi dalam skala wilayah yang lebih sempit, diharapkan dapat memudahkan perhitungan skala wilayah yang lebih luas (Neufeldt 2006). Inventarisasi GRK, di Indonesia masih menghadapi kendala utama antara lain ketersediaan data aktivitas. Data aktivitas dalam skala kabupaten menjadi kunci dalam penyusunan basis data di tingkat nasional untuk menghasilkan inventarisasi yang baik.

Kajian inventarisasi GRK dalam skala kawasan (*region*) mencakup pengumpulan dan pembangunan data aktivitas, penentuan sasaran penurunan emisi pada penyumbang emisi utama serta membandingkan hasil perhitungan metode IPCC 2006 dan metode modifikasinya.

KARAKTERISTIK WILAYAH KAJIAN

Kajian dilaksanakan di dua Kabupaten yaitu Kabupaten Grobogan Provinsi Jawa Tengah mewakili ekosistem tanah mineral dan Kabupaten Tanjung Jabung (Tanjabtj) Timur Provinsi Jambi mewakili ekosistem tanah gambut. Provinsi Jawa Tengah dan Provinsi Jambi adalah dua provinsi yang sampai dengan bulan Oktober 2011 telah menerbitkan Peraturan Gubernur mengenai Rencana Aksi Daerah (RAD) GRK (Bappenas 2012). Sedangkan Kabupaten Grobogan dan Tanjung Jabung Timur masing-masing adalah kabupaten dengan areal pertanian terluas di Provinsi Jawa Tengah maupun Jambi.

Kabupaten Grobogan

Kabupaten Grobogan secara geografis terletak di provinsi Jawa Tengah dengan posisi geografis 110°15' BT-111°25' BT dan 7° LS-7°30' LS dengan *landform* berupa daerah pegunungan kapur, perbukitan dan dataran di bagian tengahnya. Ketinggian tempat dari permukaan laut ± 600-700 m.

Berdasarkan letak geografis dan reliefnya, Kabupaten Grobogan merupakan Kabupaten yang tiang penyangga perekonomiannya berada pada sektor pertanian dan merupakan daerah yang cenderung sulit mendapatkan air bersih. Hasil laporan statistik tahunan (BPS 2010) menyebutkan bahwa luas wilayah Kabupaten Grobogan seluruhnya adalah 197.586 ha yang terdiri atas:

1. Tanah sawah : 64.790 ha dimana 20.278 ha adalah sawah tadah hujan.
2. Perkebunan rakyat : 5.190 ha.
3. Hutan nasional : 68.633 ha.
4. Penggunaan lainnya: 58.973 ha.

Kabupaten Tanjung Jabung Timur

Kabupaten Tanjung Jabung Timur secara geografis terletak pada 0°53'-1°41' LS dan 103°23'-104°31' BT dengan luas 5.445 km². Kabupaten Tanjung Jabung Timur mempunyai ketinggian kurang lebih 0-100 m dari permukaan laut. Topografi daerah pada umumnya dataran rendah terdiri atas rawa (rawa mineral dan gambut) dengan permukaan tanah banyak dialiri pasang surut air laut. Kabupaten Tanjung Jabung Timur yang secara topografi kawasan mempunyai kelerengan antara 0-3% (datar). Kawasan ini dapat dikembangkan sebagai kawasan pertanian dengan

syarat adanya input drainase, yang berfungsi juga sebagai saluran irigasi karena adanya pengaruh arus pasang. Menurut laporan statistik tahunan (BPS 2011) luas keseluruhan kabupaten ini adalah sekitar 270.000 ha yang terdiri atas :

1. Tanah sawah : 29.594 ha, dimana 26.160 ha merupakan sawah pasang surut.
2. Perkebunan rakyat : 101.000 ha.
3. Perkebunan besar : 48.514 ha.
4. Penggunaan lainnya: 90.892 ha.

DATA AKTIVITAS YANG DIGUNAKAN UNTUK MENGAJI EMISI GRK

Data aktivitas adalah besaran kuantitatif kegiatan atau aktivitas manusia yang dapat melepaskan dan/atau menyerap GRK. Pengumpulan data dilakukan dengan cara studi literatur terhadap hasil penelitian dan data statistik dari BPS serta laporan tahunan dari Badan Perencanaan Pembangunan Daerah terutama data aktivitas yang berhubungan dengan inventarisasi GRK sektor pertanian dan upaya-upaya mitigasinya. Apabila data aktivitas tidak tersedia, maka survei dan wawancara langsung untuk mendapatkan *expert judgement* bisa dilakukan. Data aktivitas dan sumber-sumber emisi yang telah diperoleh kemudian ditabulasi. Sektor pertanian mencakup beberapa sub sektor yaitu pertanian tanaman pangan, hortikultura, perkebunan dan peternakan.

Perhitungan emisi GRK dengan menggunakan faktor emisi *default value* dalam IPCC 2006 dan faktor emisi lokal Indonesia berdasarkan hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan di Indonesia. Perhitungan emisi GRK menggunakan *tier 1* dan *2* IPCC 2006. Khusus untuk emisi N₂O langsung dari tanah sawah irigasi perhitungan menggunakan metode IPCC 2006 dan IPCC 2006 yang telah dimodifikasi. Perhitungan emisi GRK sektor pertanian meliputi semua sub sektornya, yaitu : (1) sub sektor tanaman pangan (emisi CH₄ dari pengelolaan lahan sawah, emisi N₂O dan CO₂ dari pemupukan, emisi N₂O dari pengelolaan tanah); (2) Subsektor peternakan (emisi CH₄ dari sendawa ternak dan kotoran ternak serta emisi N₂O dari pengelolaan kotoran). Selanjutnya perhitungan emisi setiap sumber di sektor pertanian adalah sebagai berikut:

Metode IPCC 2006

Pengelolaan Lahan Sawah (*Rice Cultivation*)

$$\text{Emisi CH}_4 = \sum (\text{EF}_{\text{rice}} * \text{T} * \text{A} * 10^{-6})$$

Emisi CH₄ = Emisi metan dari pengelolaan lahan sawah (Gg CH₄ th⁻¹)

EF_{rice} = Faktor emisi metana dari lahan sawah (nilai di Indonesia adalah 1,61 kg CH₄ ha⁻¹ hari⁻¹)

A = Luas panen (ha)

T = Umur tanam padi (hari)

Pemupukan Urea

$$\text{Emisi CO}_2 = (\text{M} * \text{EF}) * 44/12$$

Emisi CO₂ = Emisi karbondioksida dari penggunaan urea (ton C ha⁻¹)

M = Jumlah penggunaan urea (t th⁻¹)

EF = Faktor emisi (ton C ton⁻¹ urea)

Emisi N₂O Langsung dari Tanah yang Dikelola (*Direct N₂O from Managed Soil*)

$$\text{Emisi N}_2\text{O langsung} = (((\text{F}_{\text{SN}} + \text{F}_{\text{ON}})_{\text{MS}} * \text{EF}_{\text{IMS}}) + ((\text{F}_{\text{SN}} + \text{F}_{\text{ON}})_{\text{FR}} * \text{EF}_{\text{FR}})) * 44/28$$

Emisi N₂O langsung = Emisi N₂O langsung dari pupuk N anorganik yang diberikan pada tanah dikelola dan lahan sawah irigasi (kg N₂O th⁻¹)

F_{SNMS} = Jumlah pupuk N anorganik yang digunakan pada tanah dikelola (kg N th⁻¹)

F_{ONMS} = Jumlah pupuk organik N yang digunakan pada tanah dikelola (kg N th⁻¹)

F_{SNFR} = Jumlah pupuk N anorganik yang digunakan pada tanah sawah irigasi (kg N th⁻¹),

F_{ONFR} = Jumlah pupuk N organik yang digunakan pada tanah sawah irigasi (kg N th⁻¹)

EF_{IMS} = Faktor emisi N₂O dari N yang digunakan pada tanah dikelola (kg N₂O-N kg⁻¹ N input)

EF_{IFR} = Faktor emisi N₂O dari N yang digunakan pada tanah sawah irigasi (kg N₂O-N kg⁻¹ N input)

Emisi N₂O Tidak Langsung dari Tanah yang Dikelola (*Indirect N₂O from Managed Soil*)

$$\text{Emisi N}_2\text{O tidak langsung} = ((\text{F}_{\text{SN}} * \text{Frac}_{\text{GASF}}) + (\text{F}_{\text{ON}} * \text{Frac}_{\text{GASM}})) * \text{EF}_4 * 44/28$$

Emisi N₂O tidak langsung = Emisi N₂O dari deposisi N yang divolatilisasi dari tanah (kg N₂O th⁻¹)

F_{SN} = Jumlah pupuk N anorganik yang diberikan ke tanah (kg N th⁻¹)

Frac_{GASF} = Fraksi pupuk N anorganik yang divolatilisasi menjadi NH₃ dan Nox

F_{ON} = Jumlah pupuk kandang yang diberikan ke tanah (kg N th⁻¹)

- Frac_{GASM} = Fraksi pupuk N organik yang divolatilisasi menjadi NH₃ dan Nox
 EF₄ = Faktor emisi N₂O dari N atmosferik tanah dan permukaan air
 Frac_{GASF} = 0,10
 Frac_{GASM} = 0,20

Emisi GRK dari Kegiatan Peternakan

- Emisi CH₄ fermentasi enterik = $EF_{(T)} \times N_{(T)} \times 10^{-3}$
 CH₄ enteric = Emisi metana dari fermentasi enterik (t CH₄ th⁻¹)
 EF_(T) = Faktor emisi fermentasi enterik dari jenis ternak tertentu (kg CH₄ ekor⁻¹ th⁻¹)
 N_(T) = Jumlah populasi ternak tertentu di suatu wilayah

 Emisi CH₄ pengelolaan kotoran = $EF_{(T)} \times N_{(T)} \times 10^{-3}$
 CH₄ pengelolaan kotoran = Emisi metana dari pengelolaan kotoran (t CH₄ th⁻¹)
 EF_(T) = Faktor emisi pengelolaan kotoran dari jenis ternak tertentu (kg CH₄ ekor⁻¹ th⁻¹)
 N_(T) = Jumlah populasi ternak tertentu di suatu wilayah

 Emisi N₂O pengelolaan kotoran = $[\sum_S [\sum_T (N_{(T)} \times Nex_{(T)} \times MS_{(T,S)})] \times EF_{3(S)}] \times 44/28$
 N₂O pengelolaan kotoran = Emisi N₂O dari pengelolaan kotoran di suatu wilayah (kg N₂O th⁻¹)
 N_(T) = Jumlah populasi ternak tertentu di suatu wilayah
 Nex_(T) = Jumlah kotoran ternak ternak per jenis ternak di suatu wilayah (kg N ekor⁻¹ th⁻¹)
 MS_(T,S) = Fraksi dari ootoran ternak yang disimpan dengan cara tertentu di suatu wilayah
 EF = Faktor emisi N₂O dari cara pengelolaan kotoran tertentu (kg N₂O-N kg⁻¹ N pada cara pengelolaan tertentu)

Modifikasi Metode IPCC 2006

Perhitungan emisi N₂O langsung dari sawah irigasi bisa didekati dengan cara yang sama untuk perhitungan emisi CH₄ dari lahan sawah, yaitu dengan menggunakan data aktivitas berupa luas lahan sawah, umur tanam rata-rata dan dikalikan dengan faktor emisinya. Faktor emisi N₂O langsung diperoleh dengan cara yang sama dengan faktor emisi CH₄ dari lahan sawah, yaitu dengan menggunakan kompilasi berbagai

data hasil penelitian emisi N₂O dari tanah sawah irigasi di Indonesia pada berbagai cara budidaya dan kemudian mencari reratanya. Selanjutnya hasil perhitungan dengan metode ini, dibandingkan dengan hasil perhitungan menggunakan IPCC 2006. Formula dari persamaan tersebut adalah sebagai berikut:

$$\text{Emisi N}_2\text{O langsung dari tanah dikelola} = ((F_{SN} + F_{ON})_{MS} \times EF_{1MS} \times 44/28) + (A \times EF_{N_2O})$$

- F_{SNMS} = Jumlah pupuk N anorganik yang digunakan pada tanah dikelola (kg N th⁻¹)
 F_{ONMS} = Jumlah pupuk organik N yang digunakan pada tanah dikelola (kg N th⁻¹)
 A = Luas panen sawah irigasi (ha)
 EF N₂O = Faktor emisi N₂O dari tanah sawah irigasi (0,0027 kg N₂O ha⁻¹ hari⁻¹ atau sama dengan 0,297 kg N₂O ha⁻¹ musim⁻¹ dengan asumsi rerata umur tanam adalah 110 hari)

Uji t pada taraf p = 0,05 menggunakan perangkat lunak microsoft excel 2010, digunakan untuk menentukan perbedaan masing-masing nilai tengah dari hasil perhitungan dua metode.

Total Emisi Gas Rumah Kaca (GRK)

Data aktivitas yang digunakan berasal dari data dinas terkait di daerah yang dikombinasikan dengan data dari BPS dan beberapa dari *expert judgement*. Beberapa asumsi juga digunakan dalam pembangkitan data aktivitas karena keterbatasan data. Emisi dari tahun 2006-2011 yang kemudian diproyeksikan sampai tahun 2020 digunakan sebagai gambaran BAU (*business as usual*) *baseline*. Emisi dinyatakan dalam satuan jenis gas (Gg CH₄, Gg N₂O, Gg CO₂, dan Gg CO₂e per tahun). Konversi ke dalam CO₂-equivalen dengan menggunakan nilai *Global Warming Potential* (GWP) yaitu 21 untuk CH₄ dan 310 untuk N₂O (SAR IPCC 1996; ISO 14064).

DATA AKTIVITAS PENYUMBANG EMISI GRK UTAMA

Lahan pertanian menyumbangkan emisi gas rumah kaca melalui beberapa proses (Meijede *et al.* 2009). Inventarisasi GRK memerlukan ketersediaan data aktivitas yang kompleks. Sistem basisdata Indonesia, tidak mendokumentasikan data aktivitas yang diperlukan dengan baik, karena itu untuk membangkitkan data aktivitas, memerlukan asumsi-asumsi. Dalam penelitian ini pengumpulan data

aktivitas dilakukan dengan cara survey ke dinas-dinas terkait, BPS dan juga wawancara langsung dengan petani. Tabel 1, 2, dan 3 menyajikan data aktivitas yang digunakan dalam perhitungan emisi di Kabupaten Grobogan dan Tanjung Jabung Timur.

Luas panen padi sawah dalam suatu musim tanam lahan sawah dihitung dengan menjumlahkan luas tanam dan realisasi luas panen pada setiap sistem irigasinya. Masing-masing luas tanam padi sawah, bersumber dari beberapa jenis pengairan (irigasi teknis, setengah teknis, sederhana, tadah hujan maupun pasang surut (khusus di Tanjung Jabung Timur). Luas panen padi sawah Kabupaten Grobogan hampir tiga kali lipat Kabupaten Tanjung Jabung Timur (Tabel 1). Hampir 80% luas panen padi Tanjung Jabung Timur adalah di lahan pasang surut yang sebagian besar didominasi oleh tanah gambut. Selain luas panen padi sawah dan jenis pengairan, data aktivitas yang dikumpulkan juga penggunaan varietas padi yang ditanam. Di Kabupaten Grobogan, tahun 2006 varietas padi yang dominan dibudidayakan yaitu IR64 (57%) dan Ciherang (41%) dengan 2% adalah varietas lain. Mulai tahun 2010, Ciherang menjadi yang paling dominan yaitu sebesar 87%, sedangkan IR 64 hanya 7% dan varietas lain 6%. Di Kabupaten Tanjung Jabung Timur, tahun 2006, varietas yang dominan adalah IR 42 (hampir 80%) dan 20% adalah varietas lain. Mulai tahun 2010, varietas padi Batanghari menjadi yang paling dominan ditanam di Kabupaten Tanjung Jabung Timur.

Penggunaan pupuk N di lahan basah dan lahan kering diestimasi dengan cara mengalikan luasan masing-masing pertanaman dengan dosis pupuk rekomendasinya. Hal ini dilakukan karena data mengenai penggunaan pupuk di lahan basah maupun kering tidak terdokumentasikan, yang tercatat hanyalah data penyaluran pupuk bersubsidi untuk tanaman pangan. Lahan basah adalah lahan padi sawah dan lahan kering adalah lahan pertanaman hortikultura,

perkebunan maupun palawija (IPCC 2006). Input pupuk N anorganik didapatkan dari penggunaan pupuk N baik dalam bentuk tunggal maupun majemuk (urea, ZA, NPK). Perhitungan emisi N_2O langsung dari tanah yang dikelola, melibatkan semua jenis tanaman, yaitu padi sawah irigasi dan semua pertanaman pada lahan yang dikelola (palawija, hortikultura, dan perkebunan). Penggunaan pupuk N di Kabupaten Tanjung Jabung Timur menunjukkan kenaikan yang cukup signifikan dari tahun ke tahun (Tabel 1).

Populasi ternak ruminansia sangat mempengaruhi pada besaran emisi GRK dari sendawanya. Kabupaten Grobogan mempunyai populasi ternak ruminansia hampir 10 kali lipat dari Kabupaten Tanjung Jabung Timur (Tabel 2 dan 3).

FAKTOR EMISI GRK

Faktor emisi untuk perhitungan emisi GRK dari pengelolaan lahan sawah, menggunakan angka hasil berbagai penelitian mengenai emisi CH_4 di Indonesia yaitu $160,9 \text{ kg } CH_4 \text{ ha}^{-1} \text{ musim}^{-1}$ (KLH 2010). Selain faktor emisi, pada perhitungan emisi ini juga digunakan faktor skala untuk rejim pengairan dan faktor koreksi untuk jenis tanah dan varietas (Tabel 4). Jenis pengairan di Kabupaten Grobogan yaitu irigasi terus-menerus (faktor skala = 1), irigasi berselang (faktor skala = 0,46), tadah hujan (faktor skala = 0,49), sedangkan Kabupaten Tanjung Jabung Timur hanya ada tadah hujan dan pasang surut (faktor skala = 0,6). Jenis tanah sawah di Kabupaten Grobogan adalah termasuk dalam jenis tanah entisol (jenis tanah sawah umumnya di Indonesia-*Second Natcom*) dengan faktor koreksi sebesar 1,02 (Setyanto *et al.* 2002). Kabupaten Tanjung Jabung Timur, jenis tanah sawah termasuk dalam kategori histosol yaitu tanah dengan kandungan bahan organik yang tinggi (tanah gambut) dengan faktor koreksi sebesar 2,39 (Setyanto *et al.* 2002). Faktor koreksi ini diperoleh berdasarkan emisi CH_4 rata-rata yang dihasilkan oleh masing-masing jenis tanah.

Tabel 1. Data aktivitas sub sektor pertanian

Table 1. Activity data for agricultural sub sector

Tahun	Luas panen padi sawah		Pupuk N di lahan sawah		Pupuk N di lahan kering		Pupuk urea	
	Grobogan	Tanjabtim	Grobogan	Tanjabtim	Grobogan	Tanjabtim	Grobogan	Tanjabtim
 ha t N th ⁻¹ t th ⁻¹	
2006	100.707	32.775	11.653	3.675	31.746	24.514	80.102	55.322
2007	99.933	34.043	11.895	3.740	34.980	28.508	77.842	62.354
2008	101.475	33.769	12.964	3.848	39.969	27.465	79.930	60.424
2009	102.675	32.571	13.553	3.788	34.908	33.968	84.042	73.780
2010	107.915	29.848	14.640	3.566	27.607	36.896	74.233	79.215
2011	108.915	29.594	16.627	3.419	30.799	42.584	78.408	91.017

Tabel 2. Data aktivitas sub sektor peternakan Kabupaten Grobogan

Tabel 2. Activity data for livestock sub sector in Grobogan

Jenis ternak	Populasi ternak					
	2006	2007	2008	2009	2010	2011
 ekor					
Sapi perah	388	332	335	335	336	426
Sapi potong	105.154	105.549	137.322	137.843	160.838	212.409
Kerbau	1.937	1.206	2.476	2.545	2.536	2.581
Kuda	722	589	488	494	489	484
Kambing	99.969	111.928	105.252	104.703	115.394	111.839
Babi	-	-	215	215	125	139
Domba	15.625	16.634	15.422	14.936	18.938	29.528
Ayam buras	940.531	1.420.824	1.204.524	1.146.639	1115.794	985.995
Ayam ras (petelur)	36.450	42.000	42.000	52.800	52.800	40.466
Ayam ras (pedaging)	1.064.800	300.000	264.500	278.000	297.097	200.965
Itik	94.872	102.102	64.617	103.041	102.945	83.412
Itik	84.489	92.697	64.617	92.650	92.650	83.412
Itik manila	10.383	9.405		10.391	10.295	
Angsa	2.312	5.317	4.785	5.331	5.462	2.775
Burung puyuh	69.608	48.377	57.173	55.483	59.233	47.596
Kelinci	10.869	12.901	12.587	15.170	15.236	12.776

Tabel 3. Data aktivitas sub sektor peternakan Kabupaten Tanjung Jabung Timur

Tabel 3. Activity data for livestock sub sector in East Tanjung Jabung

Jenis ternak	Populasi ternak					
	2006	2007	2008	2009	2010	2011
 ekor					
Sapi	8.746	9.742	10.225	11.458	13.327	13.627
Kerbau	449	451	458	530	178	197
Kambing	13.497	14.444	15.142	24.080	24.156	32.378
Domba	118	99	123	118	104	115
Ayam kampung/buras	237.136	237.942	239.798	387.270	416.146	621.988
Ayam broiler	56.980	58.360	22.480	33.050	127.931	112.161
Itik	27.737	30.186	31.460	28.303	29.744	32.860

EMISI GRK DI KABUPATEN GROBOGAN

Emisi gas rumah kaca memiliki variabilitas spasial dan temporal yang tinggi, terutama dari lahan pertanian. Emisi CH₄ dari budidaya padi di Grobogan tahun 2006-2011 menunjukkan penurunan dari 235,9 Gg CO₂eq th⁻¹ pada tahun 2006 menjadi 220,8 Gg CO₂eq th⁻¹ pada tahun 2011 (Tabel 5). Jika dilihat kecenderungan tiap tahunnya, emisi CH₄ mengalami peningkatan selama 2006-2008 tetapi menurun pada 2008-2011, hal ini terjadi karena adanya pengenalan sistem budidaya tanaman yang lebih baik dan mampu mengurangi emisi, diantaranya yaitu penggunaan varietas padi rendah emisi (peningkatan penanaman varietas ciherang pada hampir 80% lahan sawah) dan

menerapkan sistem pengairan berselang, dengan cara melakukan pengeringan dua kali setiap musim tanam masing-masing selama satu minggu. Dekomposisi anaerobik dari bahan organik tanah pada lahan sawah tergenang menghasilkan metana (CH₄), yang dilepaskan ke atmosfer terutama melalui jaringan aerenkima tanaman. Jumlah gas CH₄ yang dipancarkan ke atmosfer dari daerah sawah irigasi dipengaruhi oleh usia tanaman, tata air sebelum dan selama penanaman, input bahan organik dan anorganik, jenis tanah, suhu dan varietas (Cao *et al.* 1995).

Emisi CO₂ dari penggunaan pupuk urea di Grobogan dari tahun 2006-2011 menunjukkan kecenderungan yang relatif konstan dalam rentang antara 54,4-61,6 Gg CO₂ th⁻¹ (Tabel 5). Ada sedikit

penurunan di tahun 2009-2010 dikarenakan adanya penurunan konsumsi urea. Sumber emisi ini tergantung pada jumlah penggunaan pupuk urea baik dilahan basah maupun kering.

Emisi N₂O langsung dari tanah yang dikelola di Grobogan menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan dari 2006-2008 yaitu sebesar 171 menjadi 213 Gg CO₂e th⁻¹, hal ini disebabkan karena meningkatnya pupuk N yang diaplikasikan pada tanah. Tapi emisi ini cenderung menurun pada tahun 2008-2011 dengan jumlah 213-174 Gg CO₂e th⁻¹ (Tabel 5), hal ini disebabkan terjadi penurunan yang signifikan pada areal perkebunan menurut catatan BPS (dari 16,118 ha di 2008 menjadi 7,748 ha pada tahun 2009) dan terus menurun sampai tahun 2011.

Perhitungan emisi N₂O tidak langsung dari tanah yang dikelola, didasarkan pada data aktivitas yang sama dengan perhitungan emisi N₂O yang langsung, yaitu penggunaan pupuk N sintetis. Hanya saja pada perhitungannya tidak membedakan antara tanah sawah irigasi maupun tanah yang dikelola. Fraksi N yang ter volatilisasi menggunakan nilai standar dalam IPCC 2006 yaitu sebesar 0,1 yang berarti bahwa untuk setiap aplikasi pupuk N 100% pada tanah, hanya 1% yang ter volatilisasi (Mosier 1999) dan faktor emisi N karena penguapan dan redeposisi adalah 0,01. Hasilnya menunjukkan emisi N₂O tidak langsung di Grobogan untuk tahun 2006-2011 adalah berkisar 21,9-25,8 Gg CO₂e th⁻¹ (Tabel 5).

Emisi GRK dari pengelolaan ternak berasal dari tiga sumber yaitu emisi CH₄ dari fermentasi enterik, CH₄ dan N₂O dari pengelolaan kotoran ternak (Chadwick *et al.* 1999, Weiss *et al.* 2012). CH₄ yang dihasilkan oleh herbivora sebagai produk sampingan dari fermentasi yang terjadi di dalam tubuh, dimana pada proses pencernaan, karbohidrat akan dipecah menjadi molekul yang dapat diserap oleh mikroorganisme dalam aliran darah (Chadwick *et al.* 1999, Liang *et al.* 2013, Freibauer 2003). Komposisi jenis ternak akan menentukan jenis emisi yang dihasilkan (Merino 2011). Perhitungan emisi CH₄ dari fermentasi enterik menggunakan data jenis dan jumlah populasi ternak di setiap kabupaten, berat rata-rata dari setiap jenis ternak dan faktor emisi CH₄ dari setiap jenis hewan menggunakan nilai default IPCC 2006. Hasilnya menunjukkan emisi CH₄ dari fermentasi enterik dan pengelolaan kotoran di Grobogan untuk tahun 2006-2011 menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan (Tabel 5), hal ini disebabkan karena adanya peningkatan populasi sapi potong yang signifikan.

Emisi N₂O dari pengelolaan kotoran ternak dapat dijelaskan sebagai emisi yang dilepaskan selama

penyimpanan dan perawatan kotoran baik berupa padat atau cair, sebelum itu diterapkan sebagai pupuk di lahan pertanian. Hasilnya menunjukkan besarnya emisi N₂O dari pengelolaan kotoran ternak di Grobogan pada tahun 2006-2011 cenderung meningkat setiap tahun dari jumlah 49 menjadi 69 Gg CO₂e th⁻¹ (Tabel 5). Peningkatan ini disebabkan karena meningkatnya populasi sapi, kambing dan juga unggas.

EMISI GRK DI KABUPATEN TANJUNG JABUNG TIMUR

Emisi CH₄ di Tanjung Jabung Timur mengalami penurunan yang disebabkan oleh penurunan areal pertaniannya. Sebagian besar sawah di Tanjung Jabung adalah lahan gambut, itulah sebabnya emisi CH₄ dari budidaya padi di Tanjung Jabung lebih tinggi daripada di Grobogan, karena emisi CH₄ tanah gambut lebih tinggi dari tanah mineral. Sementara itu, emisi CO₂ dari penggunaan pupuk urea di Tanjung Jabung Timur menunjukkan peningkatan secara signifikan dari 40,6 Gg CO₂ tahun 2006 menjadi 66,8 Gg CO₂ tahun 2011 (Tabel 6), hal ini disebabkan oleh karena adanya peningkatan signifikan areal perkebunan yang menggunakan urea dalam jumlah tinggi. Emisi N₂O langsung di Tanjung Jabung Timur menunjukkan peningkatan yang signifikan 2006-2011 sebesar 124-212 Gg CO₂e th⁻¹ (Tabel 6). Hal ini karena peningkatan yang signifikan dari areal perkebunan dari 98,435 ha di 2006 menjadi 150,172 ha pada tahun 2011. Kenaikan ini signifikan terutama di perkebunan sawit, baik oleh perusahaan swasta atau petani (BPS 2011). Perkebunan kelapa sawit mengaplikasikan pupuk N yang tinggi. Penggunaan urea dan pupuk lain yang mengandung N juga berkontribusi terhadap emisi N₂O. N₂O merupakan gas yang diproduksi secara alami dalam tanah melalui proses nitrifikasi dan denitrifikasi (Bouwman 1996; Jones *et al.* 2007). Emisi N₂O tidak langsung juga menunjukkan tren yang sama dengan emisi langsung yaitu meningkat secara signifikan dari sebesar 13 menjadi 22,5 Gg CO₂e (Tabel 6).

Emisi CH₄ hasil dari fermentasi enterik dan pengelolaan kotoran di Tanjung Jabung Timur untuk tahun 2006-2011 menunjukkan peningkatan yang signifikan yaitu sebesar 13 menjadi 22 Gg CO₂e th⁻¹ (Tabel 6), karena adanya peningkatan signifikan pada populasi sapi potong. Emisi N₂O dari pengelolaan kotoran ternak juga menunjukkan peningkatan yang signifikan dari jumlah 4,8 menjadi 9,1 Gg CO₂e th⁻¹, dan hal ini disebabkan peningkatan sapi potong dan populasi unggas.

Tabel 4. Faktor emisi gas rumah kaca sektor pertanian

Table 4. GHG emission factor from agricultural sector

Variabel	Faktor emisi	Faktor skala	Faktor koreksi
CH ₄ lahan sawah	160,9 kg ha ⁻¹ musim ⁻¹ *		
Varietas padi			IR 64 = 1* Ciherang = 0,57* Batanghari = 2,2* IR 42 = 1,33*
Rejim air		Irigasi terus-menerus = 1 Irigasi berselang = 0,46* Tadah hujan = 0,49* Pasang-surut = 0,6**	
Jenis tanah			Entisol = 1,02* Histosol = 2,39*
Emisi N ₂ O langsung (lahan kering)	0,01 kg N ₂ O-N**		
Emisi N ₂ O langsung (lahan sawah) IPCC 2006	0,003 kg N ₂ O-N**		
Emisi N ₂ O (lahan sawah) modifikasi IPCC 2006	0,297 kg ha ⁻¹ musim ⁻¹ *		
Emisi N ₂ O tidak langsung	0,01 kg N ₂ O-N**		

* Hasil penelitian di Indonesia

** Default value IPCC 2006

Tabel 5. Emisi GRK di Kabupaten Grobogan

Table 5. Overall GHG emission in Grobogan

Sumber emisi	2006	2007	2008	2009	2010	2011
 Gg CO ₂ e th ⁻¹					
N ₂ O langsung dari tanah dikelola	171,7	187,8	213,7	189,9	180,2	174,3
N ₂ O tidak langsung dari tanah dikelola	21,9	25,9	21,1	25,8	22,4	25,8
CO ₂ pemupukan urea	58,7	57,1	58,6	61,6	54,4	57,5
Pengelolaan lahan sawah	235,9	234,6	237,0	237,0	230,0	220,8
CH ₄ fermentasi enterik dan pengelolaan kotoran	140,5	141,9	142,8	181,2	182,0	211,1
N ₂ O pengelolaan kotoran	49,3	49,7	51,4	60,2	60,3	69,3
Total	678,1	697,0	724,6	755,7	729,4	758,9

Tabel 6. Emisi GRK di Kabupaten Tanjung Jabung Timur

Table 6. Overall GHG emission in East Tanjung Jabung

Sumber emisi	2006	2007	2008	2009	2010	2011
 Gg CO ₂ e th ⁻¹					
N ₂ O Langsung dari tanah dikelola	124,8	144,3	139,4	171,0	184,9	212,4
N ₂ O tidak langsung dari tanah dikelola	13,8	15,7	15,3	18,4	19,8	22,5
CO ₂ pemupukan urea	40,57	45,73	44,31	54,11	58,09	66,75
Pengelolaan lahan sawah	346,9	361,5	357,4	345,0	317,0	328,7
CH ₄ fermentasi enterik dan pengelolaan kotoran	12,5	13,8	14,5	17,0	18,8	20,1
N ₂ O pengelolaan kotoran	4,8	5,3	5,5	7,2	7,3	9,1
Total	543,4	586,3	576,4	612,8	606,3	650,7

TOTAL EMISI GRK

Kabupaten Grobogan dengan luas lahan sawah hampir dua kali lebih besar dari Kabupaten Tanjung Jabung Timur, memiliki emisi CH₄ yang lebih rendah,

hal ini karena sekitar 1/3 dari total luas lahan sawah di Grobogan adalah sawah tadah hujan, di mana sumber air irigasi tergantung curah hujan sehingga tidak selalu dalam kondisi tergenang dan bahkan cenderung kering. Sementara itu di Kabupaten Tanjung Jabung

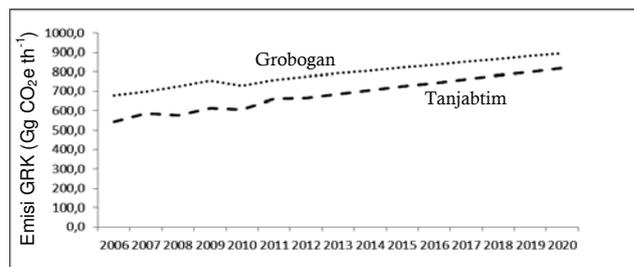
Timur, sekitar 98% dari lahan sawah adalah sawah pasang surut dengan jenis tanah gambut, di mana besarnya emisi CH_4 adalah dua kali lipat lebih besar.

Emisi N_2O langsung di Kabupaten Grobogan lebih tinggi daripada di Kabupaten Tanjung Jabung Timur pada tahun 2006-2009, tetapi pada 2009-2011 adalah sebaliknya. Begitu juga untuk emisi tidak langsungnya. Emisi CH_4 dari fermentasi enterik dan pengelolaan kotoran hewan di Kabupaten Grobogan adalah 10 kali lebih tinggi dari Tanjung Jabung Timur, hal ini disebabkan perbedaan populasi ternak ruminansia, begitu juga untuk emisi N_2O dari pengelolaan kotoran hewan.

Pada total emisi gas rumah kaca di Grobogan, menunjukkan kontribusi dari masing-masing sumber emisinya. Penyumbang emisi tertinggi sampai terkecil adalah emisi CH_4 dari budidaya padi, emisi N_2O langsung, emisi CH_4 dari fermentasi enterik dan pengelolaan kotoran hewan, emisi CO_2 dari penggunaan pupuk urea, emisi N_2O pengelolaan kotoran hewan dan emisi N_2O tidak langsung dari tanah yang dikelola. Sementara di Tanjung Jabung Timur adalah emisi CH_4 dari budidaya padi, emisi N_2O langsung, emisi CO_2 dari penggunaan pupuk urea, emisi N_2O tidak langsung, emisi CH_4 fermentasi enterik dan pengelolaan kotoran hewan dan terkecil adalah emisi N_2O pengelolaan kotoran hewan.

Emisi gas rumah kaca dari dua kabupaten berdasarkan berbagai sumber emisi kemudian dihitung dengan nilai GWP-nya sehingga diperoleh hasil total emisi. Perhitungan ini diperlukan untuk menentukan tingkat emisi tahunan. Emisi Kabupaten Grobogan dari tahun 2006-2009 cenderung meningkat dari tahun ke tahun, meskipun peningkatannya sangat kecil ($\pm 3-4\%$). Namun sejak tahun 2010 menunjukkan penurunan, hal ini dikarenakan emisi dari masing-masing sumber juga menurun, dan meningkat pada 2011 karena peningkatan yang signifikan dalam populasi ternak. Jumlah emisi untuk kabupaten Tanjung Jabung Timur menunjukkan trend fluktuatif, dengan rata-rata kenaikan atau penurunan sebesar 5-6% per tahun.

Penyusunan rencana aksi mitigasi, memerlukan informasi tentang status emisi terkini serta perkiraan tingkat emisi sampai periode tertentu berdasarkan pada kondisi emisi sebelum dilakukan kegiatan mitigasi. Hal ini penting untuk menentukan target emisi yang harus diturunkan. Proyeksi ke depan ini sering disebut sebagai BAU (*Business as Usual*) *baseline*, yang memperkirakan tingkat emisi didasarkan pada asumsi jika tidak ada kegiatan mitigasi dilakukan (IPCC 2006).



Gambar 1. BAU baseline emisi GRK pertanian

Figure 1. BAU baseline GHG emission from agriculture

Emisi N_2O Langsung dari Tanah yang Dikelola dengan Perhitungan Berdasarkan Metode Modifikasi IPCC 2006

Perencanaan kegiatan aksi mitigasi, harus difokuskan pada sumber nitrifikasi. Menambahkan dolomit atau batu kapur ke dalam tanah gambut juga dapat mengurangi emisi. Teknologi pemberian dolomit di lahan gambut ini juga dapat diterapkan pada areal perkebunan yang emisinya cenderung meningkat setiap tahunnya.

Misalnya metode A di Kabupaten Grobogan, Metode B di Kabupaten Tanjung Jabung Timur. Metode ini (metode A+B) terutama untuk menghitung emisi dari tanah sawah tergenang. Menggunakan pendekatan yang sama dengan perhitungan emisi CH_4 dari budidaya padi dengan data aktivitas yang sama tetapi faktor emisi yang berbeda. Faktor emisi berasal dari beberapa penelitian tentang emisi N_2O dari lahan padi sawah dengan berbagai cara budidaya di Indonesia. Perhitungan emisi N_2O dari lahan yang dikelola masih sama seperti sebelumnya. Emisi N_2O langsung dari tanah yang dikelola adalah jumlah dari dua sumber emisi ini. Hasil untuk emisi ini menggunakan metode modifikasi IPCC 2006 adalah sekitar 4-6% lebih rendah dibandingkan dengan metode IPCC 2006.

Perhitungan Emisi N_2O Langsung dari Tanah yang Dikelola dengan Metode IPCC 2006 yang Dimodifikasi dengan IPCC Asli

menggunakan input N anorganik dan organik sebagai data aktivitas untuk menghitung emisi ini baik dari tanah yang dikelola maupun sawah irigasi, tapi karena jenis data aktivitas ini kadang-kadang sulit untuk mendapatkannya dan perhitungan yang rumit, sehingga dilakukan modifikasi pada perhitungan metode IPCC 2006. Metode yang dimodifikasi ini, sementara hanya untuk perhitungan emisi dari tanah sawah, dengan menggunakan pendekatan yang sama

dengan perhitungan untuk CH₄ dari budidaya padi, mengingat emisi N₂O adalah proses yang terjadi dalam tanah dengan kehadiran tanaman dan pupuk, hampir sama dengan emisi CH₄. Selain itu, perhitungan dengan faktor skala jenis tanah dan rezim air mungkin bisa ditambahkan juga seperti halnya pada emisi CH₄, tentunya berdasarkan pada hasil-hasil penelitian yang akurat. Untuk penelitian lebih lanjut, modifikasi juga dapat digunakan untuk menghitung emisi dari tanah yang dikelola dengan pendekatan yang sama, yaitu luasan pertanaman dikalikan dengan faktor emisinya. Emisi gas rumah kaca secara keseluruhan menggunakan metode IPCC 2006 yang dimodifikasi adalah sekitar 1% lebih rendah dari hasil perhitungan menggunakan metode asli. Hasil uji t pada p = 0,05 tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan terhadap emisi N₂O langsung dari tanah yang dikelola maupun emisi

GRK total dengan menggunakan dua metode yang berbeda (Tabel 7).

PROGRAM ADAPTASI PADA SEKTOR TANAMAN PANGAN DALAM UPAYA MEMANTAPKAN KETAHANAN DAN KEMANDIRIAN PANGAN

Menyikapi perubahan iklim, sesuai yang tercantum dalam pedoman umum adaptasi dan mitigasi perubahan iklim Badan Litbang Pertanian (2011) kebijakan pembangunan pertanian secara umum adalah menekan dampak negatif perubahan iklim agar empat target utama dapat dicapai. Kebijakan diarahkan untuk meningkatkan peran sektor pertanian dalam mitigasi dan adaptasi terhadap perubahan iklim. Upaya mitigasi lebih diarahkan terutama pada subsektor perkebunan dan subsektor pertanian di lahan gambut, dalam menurunkan emisi GRK. Upaya adaptasi diarahkan

Tabel 7. Emisi N₂O langsung dari tanah yang dikelola dengan metode IPCC 2006 dan modifikasinya

Table 7. N₂O emissions from land that managed with IPCC 2006 method and the modified

Tahun	Emisi N ₂ O langsung			
	IPCC		IPCC Modified	
	Grobogan*	Tanjabtjm**	Grobogan*	Tanjabtjm**
 Gg CO ₂ e			
2006	171,7	124,8	163,9	120,9
2007	187,8	144,3	179,6	142,6
2008	213,7	139,4	204,1	136,4
2009	189,9	171,0	179,4	167,4
2010	180,2	184,9	168,8	182,9
2011	174,3	212,4	160,0	210,8

* Tidak berbeda nyata pada taraf uji t, p = 0,05

** Tidak berbeda nyata pada taraf uji t, p = 0,05

Tabel 8. Perbandingan total emisi GRK Grobogan dan Tanjabtjm dengan dua metode

Table 8. Overall GHG emission comparing two different method

Tahun	Total GHG Emission (Gg CO ₂ e)			
	IPCC		IPCC Modified	
	Grobogan*	Tanjabtjm**	Grobogan*	Tanjabtjm**
 Gg CO ₂ e			
2006	678,1	543,4	670,4	539,5
2007	697,0	586,3	688,8	584,6
2008	724,6	576,4	715,0	573,4
2009	755,7	612,8	745,3	609,1
2010	729,4	606,3	717,9	604,3
2011	758,9	659,6	744,5	657,9

* Tidak berbeda nyata pada taraf uji t, p = 0,05

** Tidak berbeda nyata pada taraf uji t, p = 0,05

untuk meningkatkan selang toleransi (*coping range*) sektor pertanian terhadap dampak perubahan iklim. Pengarusutamaan (*mainstreaming*) program sektor pertanian terkait dengan dampak perubahan iklim secara sinergis merupakan bagian integral strategi pembangunan pertanian. Mengacu pada visi dan misi pembangunan pertanian dan mempertimbangkan kondisi objektif di lapangan maka penanggulangan dampak perubahan iklim pada sektor pertanian difokuskan pada:

1. Program antisipasi perubahan iklim dengan meningkatkan kemampuan (*capacity building*) pemerintah dan masyarakat.
2. Program aksi mitigasi pada sub-sektor perkebunan melalui pengembangan teknologi ramah lingkungan dan penurunan emisi GRK.
3. Program aksi adaptasi pada sub-sektor tanaman pangan dalam upaya melestarikan dan memantapkan ketahanan pangan nasional.
4. Program adaptasi iklim mencakup fasilitasi pemerintah untuk aplikasi teknologi budidaya pertanian yang adaptif terhadap perubahan iklim (penyediaan varietas adaptif, fasilitasi penerapan teknik pengelolaan lahan dan air), peningkatan indeks panen, penurunan risiko gagal panen, peningkatan produktivitas dan kapasitas irigasi. Mitigasi GRK mencakup ekstensifikasi perkebunan pada lahan terlantar, pengelolaan lahan gambut secara berkelanjutan, dan aplikasi teknologi rendah emisi seperti penyiapan lahan tanpa bakar, pengembangan biofuel, penggunaan bahan organik dan pakan ternak rendah emisi (ICCSR 2010).
4. Pengembangan sistem perlindungan usahatani akibat kejadian iklim ekstrim melalui Asuransi Indeks Iklim (*Weather Index Insurance*).
5. Pengembangan Pertanian Perdesaan Melalui Inovasi (M-P3MI), yaitu suatu modus kegiatan diseminasi melalui peragaan inovasi teknologi yang melibatkan petani.
6. Pengembangan Kawasan Rumah Pangan Lestari (KRPL) untuk mewujudkan kemandirian pangan melalui pemanfaatan pekarangan dan diversifikasi pangan berbasis sumber daya lokal.
7. Penerapan sistem kalender tanam terpadu sebagai antisipasi perubahan iklim.

KESIMPULAN

Emisi GRK dominan di Kabupaten Grobogan dan Tanjung Jabung Timur adalah emisi CH₄ yang bersumber dari pengelolaan lahan sawah, sendawa ternak (*enteric fermentation*) dan pengelolaan kotoran ternak, karena itu fokus penerapan aksi mitigasi sebaiknya pada sumber-sumber tersebut.

Total emisi GRK sektor pertanian di Kabupaten Grobogan dan Tanjung Jabung Timur tahun 2006-2011 dengan menggunakan metode IPCC 2006 berturut-turut adalah 678-758 Gg CO₂e th⁻¹ dan 543-659 Gg CO₂e th⁻¹.

Emisi GRK sektor pertanian di Kabupaten Grobogan dan Tanjung Jabung Timur tahun 2006-2011 dengan menggunakan metode modifikasi IPCC 2006 berturut-turut adalah 670-744 Gg CO₂e th⁻¹ dan 540-658 Gg CO₂e th⁻¹.

Hasil perhitungan total emisi GRK dengan metode IPCC 2006 dan modifikasi IPCC 2006 adalah hampir sama (berbeda sekitar 1%) atau tidak berbeda nyata dengan uji t pada taraf p = 0,05.

ARAH DAN STRATEGI ADAPTASI PERUBAHAN IKLIM TANAMAN PANGAN DAN HORTIKULTURA

1. Pengembangan jenis dan varietas tanaman yang toleran terhadap cekaman lingkungan seperti kenaikan suhu udara, kekeringan, banjir/genangan, dan salinitas.
2. Pengembangan teknologi pengelolaan tanah dan tanaman untuk meningkatkan daya adaptasi tanaman.
3. Pengembangan teknologi pengelolaan air yang adaptif terhadap perubahan iklim (teknologi hemat air seperti irigasi kendi, irigasi tetes, irigasi berselang, dan sistem gilir giring).

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Litbang Pertanian. 2011. Pedoman Umum Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim Sektor Pertanian.
- Bouwman, A.F., 1996. Direct emission of nitrous oxide from agricultural soils. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 46:53-70.
- BPS. 2010. Jambi Province in Figures 2010.
- BPS. 2011. Central Java in Figures 2011.
- Cao, M., J.B. Dent, and O.W. Heal. 1995. Methane emissions from China's paddyland. *Journal of Agriculture, Ecosystems and Environment* 55(2):129-137.

- Chadwick, D.R., R.W. Sneath, V.R. Phillips, and B.F. Pain. 1999. A UK inventory of nitrous oxide emissions from farmed livestock. *Atmospheric Environment* 33: 3345-3354.
- Chen, G.Q. and Bo Zhang. 2010. Greenhouse gas emissions in China 2007: Inventory and input-output analysis. *Journal of Energy Policy* 38:6180-6193.
- Freibauer, A. 2003. Regionalised inventory of biogenic greenhouse gas emissions from European agriculture. *Europ. J. Agronomy* 19:135-160.
- Indonesia Climate Change Sectoral Roadmap (ICCSR). 2010. Agriculture Sector. Bappenas.
- IPCC. 1996. Second Assessment Report. Intergovernmental Panel on climate Change, Geneva.
- IPCC. 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by The National Greenhouse Gas Inventories Programme. Eggleton H.S., L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, and K. Tanabe. (Eds.). publisher IGES Jepang.
- IPCC. 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Historical Overview of Climate Change Sciences. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva.
- IPCC. 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva.
- Jones, S.K., R.M. Rees, D. Kosmas, and U.M. Skiba. 2007. Influence of organic and mineral N fertilizer on N₂O fluxes from a temperate grassland. *Journal of Agriculture, Ecosystem and Environment* 121:74-73.
- Liang, L., R. Lal, D. Zhangliu, W. Wu, and F. Meng. 2013. Estimation of nitrous oxide and methane emission from livestock of urban agriculture in Beijing. *Journal of Agriculture, Ecosystem and Environment* 170:28-35. Doi: 10.1016/j.agee.2013.02.005.
- Peraturan Presiden 61/2011. National Action Plan for Reducing GHG Emission. Pemerintah Republik Indonesia.
- Peraturan Presiden 71. 2011. National and regional GHG Inventory. Pemerintah Republik Indonesia.
- Meijede, A., L. Garcia-Torres, A. Arce, and A. Vallejo. 2009. Nitrogen oxide emissions affected by organic fertilization in a non-irrigated Mediterranean barley field. *Journal of Agriculture, Ecosystem and Environment* 132:106-115. Doi:10.1016/j.agee.2009.03.005.
- Merino, P., E. Ramirez-Fanlo, H. Arriaga, O. del Hierro, A. Artetxe, and M. Viguria. 2011. Regional inventory of methane and nitrous oxide emission from ruminant livestock in the Basque Country. *Journal of Animal Feed Science and Technology* 166:628-640. Doi:10.1016/j.anfeedsci.2011.04.081
- Mosier, A., C. Kroeze, C. Nevison, O. Oenema, S. Seitzinger, and O. van Cleemput. 1999. An overview of the revised 1996 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventory methodology for nitrous oxide from agriculture. *Env Sci & Pol* 2(3):325-333.
- Neufeldt, N., M. Schafer, E. Angenendt, C. Li, M. Kaltschmitt, and J. Zeddies. 2006. Disaggregated greenhouse gas emission inventories from agriculture via a coupled economic-ecosystem model. *Journal of Agriculture, Ecosystems, and Environment* 112:233-240.
- Setyanto, P. 2002. Influence of soil properties on CH₄ emission from rice field. *Indonesian Journal of Agricultural Science*.
- SNI ISO 14064. 2009. Gas Rumah Kaca-Bagian 1: Spesifikasi dengan Panduan pada Level Organisasi untuk Kuantifikasi dan Pelaporan Emisi dan Penghilangan Gas Rumah Kaca. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Weiss, F. and A. Leip. 2012. Greenhouse gas emissions from the EU livestock sector. *Journal of Agriculture, Ecosystems and Environment* 149:124-134.