

Estimasi Emisi Gas Karbondioksida (CO₂) Dari Sektor Limbah Padat Di Kabupaten Karangasem Dengan Metode *FIRST ORDER DECAY* (FOD)

Estimated Emissions of Carbon Dioxide (CO₂) from Solid Waste Sector In Kabupaten Karangasem With *FIRST ORDER DECAY* (FOD) Method

Affan Irfan Fauziawan

Program Studi Sistem Komputer, STIMIK STIKOM Bali, Renon, Denpasar Sel., Kota Denpasar, Bali
Email: fauziawan@yahoo.com

Abstract

Climate change has become a global issue and to address it involves various countries and various disciplines. The response made by the Indonesian government in responding to the issue of climate change and global warming is contained in Presidential Regulation No. 61 of 2011 on the National Action Plan for Greenhouse Gas Emission Reduction (RAN-GRK) and Presidential Regulation no. 71 Year 2012 on the Implementation of National GHG Emission Inventory. GHG inventory in the district-level solid wastes sector needs to be done, to determine the estimated GHG emissions generated. This study aims to estimate GHG emissions from the solid waste sector in Karangasem regency, Bali. In this study, using the First Order Decay (FOD) method contained in IPCC 2006 GL. From the research results it is known that TPA in Karangasem district is still open dumping, which has Methane Correction Factor (MCF) of 0.8. The amount of solid waste (solid waste) that goes into landfill in 2010 - 2015 has increased from 37,419 m³ to 43,212 m³. DOC (Degradable Organic Carbon) for the type of garbage entering TPA (heavy fraction) ie food waste 0.38, paper waste 0.44, garden waste 0.49, textile garbage 0.3, wood waste 0.5, garbage leather / rubber 0.47. Based on the calculation, the estimated amount of solid waste GHG emissions generated in Karangasem regency, from year 2011 amounted to 2,918 tons CO₂e and continues to increase each year, until 2015 emissions generated 9.153 tons CO₂e / year.

Keywords: Climate change, CO₂ emissions, solid waste, IPCC, DOC

Abstrak

Perubahan iklim telah menjadi persoalan global dan untuk mengatasinya melibatkan berbagai negara dan berbagai disiplin ilmu. Respon yang dilakukan pemerintah Indonesia di dalam menanggapi isu perubahan iklim dan pemanasan global tertuang dalam Peraturan Presiden Nomor 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RAN-GRK) dan Peraturan Presiden No. 71 Tahun 2012 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Emisi GRK Nasional. Inventarisasi GRK di sektor limbah padat tingkat kabupaten ini perlu dilakukan, untuk mengetahui estimasi emisi GRK yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi emisi GRK dari sektor limbah padat di Kabupaten Karangasem, Bali. Pada penelitian ini, menggunakan metode First Order Decay (FOD) yang terdapat dalam IPCC 2006 GL. Dari hasil penelitian diketahui bahwa TPA di kabupaten Karangasem masih bersifat open dumping, yang memiliki Methane Correction Factor (MCF) sebesar 0,8. Jumlah sampah (limbah padat) yang masuk ke TPA tahun 2010 – 2015 mengalami peningkatan dari 37.419 m³ menjadi 43.212 m³. DOC (Degradable Organic Carbon) untuk jenis sampah yang masuk ke TPA (fraksi berat) yaitu sampah makanan 0,38, sampah kertas 0,44, sampah taman 0,49, sampah kain tekstil 0,3, sampah kayu 0,5, sampah kulit/karet 0,47. Berdasarkan hasil perhitungan, estimasi besarnya emisi GRK sektor limbah padat yang dihasilkan di kabupaten Karangasem, dari tahun 2011 sebesar 2.918 ton CO₂e dan terus meningkat setiap tahunnya, hingga tahun 2015 emisi yang dihasilkan sebesar 9.153 ton CO₂e/tahun.

Kata Kunci: Perubahan iklim, Emisi CO₂, Limbah padat, IPCC, DOC

Diterima: 24 Juli 2016, disetujui: 05 September 2016

Pendahuluan

Perubahan iklim telah menjadi persoalan global dan untuk mengatasinya melibatkan berbagai negara dan berbagai disiplin ilmu. Dampak perubahan iklim mulai dirasakan di berbagai belahan bumi. Peningkatan temperatur udara dan peningkatan permukaan air laut sebagai dampaknya, sudah memberikan ancaman bagi kehidupan, terutama bagi ekosistem pesisir yang beresiko mengalami banjir dan erosi. Perubahan iklim mempengaruhi berbagai aspek kehidupan, antara lain aspek lingkungan, aspek sosial ekonomi, aspek kesehatan, serta aspek lainnya. Gas rumah kaca (GRK) merupakan gas di atmosfer yang berfungsi menyerap radiasi infra merah dan ikut menentukan suhu atmosfer. Adanya berbagai aktivitas manusia, khususnya sejak era pra-industri, menyebabkan emisi GRK ke atmosfer mengalami peningkatan yang sangat tinggi, sehingga meningkatkan konsentrasi GRK di atmosfer. Hal ini menyebabkan timbulnya masalah pemanasan global dan perubahan iklim.

Menurut Konvensi Kerja Perserikatan Bangsa-Bangsa tentang Perubahan Iklim (*United Nation Framework Convention on Climate Change/UNFCCC*), sistem iklim dalam hubungannya dengan perubahan iklim didefinisikan sebagai totalitas atmosfer, hidrosfer, biosfer, dan geosfer dengan interaksinya. Sedangkan perubahan iklim dinyatakan sebagai perubahan iklim yang dipengaruhi langsung atau tidak langsung oleh aktivitas manusia yang mengubah komposisi atmosfer, yang akan memperbesar keragaman iklim teramati pada periode yang cukup panjang. Perubahan iklim terutama disebabkan oleh meningkatnya konsentrasi CO₂ dan GRK lainnya. Meningkatnya konsentrasi CO₂ dan GRK lainnya tersebut diketahui merupakan akibat dari sejumlah aktivitas antropogenik, terutama akibat dari pembakaran bahan bakar fosil dalam produksi energi dan kegiatan alih guna lahan. Jenis/tipe GRK yang keberadaannya di atmosfer berpotensi menyebabkan perubahan iklim global adalah CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, dan SF₆. Dari semua jenis gas tersebut, GRK utama ialah CO₂, CH₄, dan N₂O. Dari ketiga jenis gas ini, yang paling banyak

kandungannya di atmosfer ialah CO₂ sedangkan yang lainnya sangat sedikit sekali.

Pada Konferensi Tingkat Tinggi (KTT) Bumi di Rio de Janeiro tahun 2002, menghasilkan konvensi perubahan iklim dengan tujuan untuk menstabilisasi konsentrasi gas-gas rumah kaca di atmosfer pada tingkat yang tidak membahayakan sistem iklim. Respon yang dilakukan pemerintah Indonesia di dalam menanggapi isu perubahan iklim dan pemanasan global tertuang dalam Peraturan Presiden Nomor 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RAN-GRK). Pada Perpres tersebut terdapat komitmen pemerintah Indonesia untuk menurunkan emisi GRK sebesar 26% dari *Business as Usual* (BaU) pada tahun 2020. RAN-GRK yang diprogramkan oleh pemerintah merupakan gabungan dari RAD-GRK (Rencana Aksi Daerah Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca). Pada Konferensi Tingkat Tinggi (KTT) yang diselenggarakan pada tahun 2015 di Paris (COP 21 Paris), menghasilkan beberapa pokok-pokok Kesepakatan Paris (*Paris Agreement*) diantaranya yaitu adanya kesepakatan dari masing-masing negara peserta untuk membatasi kenaikan suhu global dibawah 2^oC dari tingkat pre-industri dan melakukan upaya untuk membatasinya hingga dibawah 1,5^oC. Selain itu setiap negara didorong untuk mendukung pendekatan kebijakan dan insentif positif untuk aktivitas penurunan emisi.

Perubahan iklim telah menjadi persoalan global dan untuk mengatasinya melibatkan berbagai negara dan berbagai disiplin ilmu. Dampak perubahan iklim mulai dirasakan di berbagai belahan bumi. Peningkatan temperatur udara dan peningkatan permukaan air laut sebagai dampaknya, sudah memberikan ancaman bagi kehidupan, terutama bagi ekosistem pesisir yang beresiko mengalami banjir dan erosi. Perubahan iklim mempengaruhi berbagai aspek kehidupan, antara lain aspek lingkungan, aspek sosial ekonomi, aspek kesehatan, serta aspek lainnya. Gas rumah kaca (GRK) merupakan gas di atmosfer yang berfungsi menyerap radiasi infra merah dan ikut menentukan suhu atmosfer. Adanya berbagai aktivitas manusia, khususnya sejak era pra-industri, menyebabkan emisi GRK ke atmosfer mengalami peningkatan yang sangat tinggi,

sehingga meningkatkan konsentrasi GRK di atmosfer. Hal ini menyebabkan timbulnya masalah pemanasan global dan perubahan iklim.

Menurut Konvensi Kerja Perserikatan Bangsa-Bangsa tentang Perubahan Iklim (*United Nation Framework Convention on Climate Change/UNFCCC*), sistem iklim dalam hubungannya dengan perubahan iklim didefinisikan sebagai totalitas atmosfer, hidrosfer, biosfer, dan geosfer dengan interaksinya. Sedangkan perubahan iklim dinyatakan sebagai perubahan iklim yang dipengaruhi langsung atau tidak langsung oleh aktivitas manusia yang mengubah komposisi atmosfer, yang akan memperbesar keragaman iklim teramati pada periode yang cukup panjang. Perubahan iklim terutama disebabkan oleh meningkatnya konsentrasi CO₂ dan GRK lainnya. Meningkatnya konsentrasi CO₂ dan GRK lainnya tersebut diketahui merupakan akibat dari sejumlah aktivitas antropogenik, terutama akibat dari pembakaran bahan bakar fosil dalam produksi energi dan kegiatan alih guna lahan. Jenis/tipe GRK yang keberadaannya di atmosfer berpotensi menyebabkan perubahan iklim global adalah CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, dan SF₆. Dari semua jenis gas tersebut, GRK utama ialah CO₂, CH₄, dan N₂O. Dari ketiga jenis gas ini, yang paling banyak kandungannya di atmosfer ialah CO₂ sedangkan yang lainnya sangat sedikit sekali.

Pada Konferensi Tingkat Tinggi (KTT) Bumi di Rio de Janeiro tahun 2002, menghasilkan konvensi perubahan iklim dengan tujuan untuk menstabilisasi konsentrasi gas-gas rumah kaca di atmosfer pada tingkat yang tidak membahayakan sistem iklim. Respon yang dilakukan pemerintah Indonesia di dalam menanggapi isu perubahan iklim dan pemanasan global tertuang dalam Peraturan Presiden Nomor 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RAN-GRK). Pada Perpres tersebut terdapat komitmen pemerintah Indonesia untuk menurunkan emisi GRK sebesar 26% dari *Business as Usual* (BaU) pada tahun 2020. RAN-GRK yang diprogramkan oleh pemerintah merupakan gabungan dari RAD-GRK (Rencana Aksi Daerah Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca). Pada Konferensi Tingkat Tinggi (KTT) yang diselenggarakan pada tahun 2015 di Paris (COP 21 Paris),

menghasilkan beberapa pokok-pokok Kesepakatan Paris (*Paris Agreement*) diantaranya yaitu adanya kesepakatan dari masing-masing negara peserta untuk membatasi kenaikan suhu global dibawah 2⁰C dari tingkat pre-industri dan melakukan upaya untuk membatasinya hingga dibawah 1,5⁰C. Selain itu setiap negara didorong untuk mendukung pendekatan kebijakan dan insentif positif untuk aktivitas penurunan emisi.

Metode Penelitian

Penentuan Metodologi

Terdapat 2 (dua) metode untuk penentuan emisi methane (CH₄) dari TPA, yaitu:

1. Metode Neraca Massa
2. Metode *First Order Decay* (FOD).

Penghitungan emisi GRK dengan Metode Neraca Massa dapat dilakukan, tetapi hasil yang diperoleh tidak seakurat dengan metode FOD. Sehingga, merujuk IPCC 2006 GL, penghitungan emisi GRK dari pengolahan limbah padat di TPA menggunakan metode FOD. Metode neraca massa tidak digunakan karena hasil dari metode neraca massa tidak dapat dibandingkan dengan metode FOD yang mempunyai hasil penghitungan emisi tahunan yang lebih akurat. Metode penghitungan FOD ini lebih akurat karena bisa sampai menghitung *Methane Recovery*, dimana methane yang dihasilkan oleh limbah padat di TPA bisa dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik yang ramah lingkungan. (Zurbrugg C dkk, 2012)

Berdasarkan metode FOD, total emisi gas CH₄ pada tahun T adalah total gas CH₄ yang terbentuk pada tahun T dikoreksi dengan besarnya gas CH₄ yang di-*recovery* untuk dimanfaatkan atau dibakar untuk keamanan.

$$\text{Emisi CH}_4 \text{ tahun T, Ggram} = \left[\sum_x \text{CH}_4 \text{ generated}_{x, T} - R_T \right] \cdot (1 - OX_T)$$

Keterangan: T: tahun inventarisasi, X: tipe atau jenis limbah, R_T: CH₄ yang di-*recovery* untuk dimanfaatkan atau di bakar pada tahun T, Ggram, OX_T: faktor oksidasi pada tahun T, fraksi, CH₄ generated_{x, T}: CH₄ yang terbentuk pada tahun T hasil dekomposisi komponen organik jenis tertentu (x) yang tersimpan di dalam limbah padat (DDOC).

Metodologi perhitungan inventarisasi limbah padat mengacu pada IPCC 2006 dengan menggunakan Tier 2. Data aktivitas yang digunakan dalam perhitungan inventarisasi berasal dari angka default IPCC 2006 dan parameter lokal lainnya yang merupakan hasil survey di daerah tersebut.

Salah satu karakteristik limbah padat yang menentukan laju pembentukan emisi gas metana adalah DOC. DOC adalah karakteristik yang menentukan besarnya gas CH₄ yang dapat terbentuk pada proses degradasi komponen (karbon) organik yang ada pada limbah. Pada limbah padat kota, DOC limbah padat *bulk* diperkirakan berdasarkan komposisi (% berat) limbah padat dan DOC masing-masing komponen limbah padat.

$$DOC = \sum_i(DOC_i * W_i) \quad (2)$$

Keterangan: DOC: fraksi degradable organic carbon pada limbah padat bulk, Ggram/Gram Limbah padat, DOC_i: fraksi degradable organic karbon pada komponen limbah padat I (basis berat basah), W_i: fraksi komponen limbah padat jenis i (basis berat basah), i = komponen limbah padat (misal limbah padat makanan, kertas, kayu, dan lain-lain).

Komponen/komposisi limbah padat kota umumnya bervariasi bergantung jenis kota (metropolitan, kota besar, atau kota kecil), iklim (kelembaban dan curah hujan) dan perilaku/gaya hidup masyarakat di wilayah. Berdasarkan hasil survey komposisi sampah yang dilakukan dalam Pilot Project antara KLH – JICA – ITB – BLH Sumatra Utara – BLH Sumatra Selatan, maka komposisi sampah seperti pada Tabel 1.

DOC_i dalam basis berat basah dapat dihitung dari DOC_i dalam basis berat kering dikalikan dengan kandungan bahan kering sebagaimana pada persamaan berikut :

$$DOC_{i(wet)} = DOC_{i(dry)} \times \text{kandungan bahan kering komponen } i \quad (3)$$

Selain DOC sampah, hal yang harus diketahui untuk menghitung emisi GRK adalah *Dry Matter Content* (Kandungan Bahan Kering) sampah. Kandungan bahan kering adalah fraksi (%) berat kering suatu komponen sampah basah,

yang dihitung berdasarkan rasio berat kering terhadap berat basah komponen sampah. Kandungan bahan kering ditentukan dengan pendekatan gravimetry (penimbangan berat sampel yang representatif) dan dilakukan untuk setiap jenis komponen sampah yang dianggap memiliki kandungan air. Tidak semua komponen memiliki kandungan air, berdasarkan IPCC2006 GL data default *dry matter content* sampah plastik, gelas, logam adalah 100%. Berikut adalah DOC dan *dry matter content* dari berbagai jenis sampah menurut IPCC 2006.

Apabila data jumlah sampah yang masuk ke TPA bukan dalam satuan massa (misal dalam satuan volume, m³), maka perlu dikalikan dengan faktor konversi *bulk density* sampah (kg/m³).

$$Vs [m^3/\text{tahun}] * BD [kg/m^3] * 10^{-6} \quad (4)$$

Keterangan: Vs = Volume sampah masuk TPA (dari logbook TPA)

Metode untuk menentukan *bulk density* sampah yaitu :

- Menimbang kendaraan berisi sampah yang masuk ke TPA
- Menimbang berat kendaraan kosong (keluar TPA)
- Mengukur volume bak/*container* kendaraan sampah
- Memperkirakan volume sampah aktual berdasarkan pengamatan visual (prosen volume sampah dalam bak)

Bulk Density = hasil rata-rata berat sampah : volume sampah yang masuk TPA

Penghitungan emisi GRK untuk inventarisasi GRK, pada dasarnya merujuk pendekatan umum sebagaimana disampaikan pada persamaan berikut:

$$\text{Tingkat Emisi} = \text{Data Aktifitas (AD)} \times \text{Faktor Emisi (EF)} \quad (5)$$

Keterangan: AD: besaran kuantitatif kegiatan manusia (*anthropogenic*) yang melepaskan GRK., EF: faktor yang menunjukkan intensitas emisi GRK per unit aktivitas yang besarnya bergantung kepada karakteristik limbah dan sistem pengolahan limbah.

Faktor emisi merupakan salah satu komponen penting dalam penghitungan besarnya emisi yang dihasilkan. Faktor emisi untuk penghitungan emisi GRK sektor limbah ini

masih menggunakan angka *default* IPCC. Karena untuk mencari faktor emisi di daerah, harus melakukan *waste stream survey* terlebih dahulu.

Tabel 1. Komposisi Sampah yang masuk masing-masing TPA

Komponen Sampah	Komposisi Sampah, % Berat Basah			
	*Sumatera Selatan	*Sumatera Utara	Rata-Rata	IPCC 2006 Guidelines (*) (South East Asia Region)
a. Makanan	59%	54%	54%	43,5%
b. Kertas + Karton + Nappies	15%	13%	14%	12,9%
c. Kayu	3%	14%	9%	9,9%
d. Kain+ Produk Tekstil	2%	3%	2%	2,7%
e. Karet dan kulit	0%	1%	0%	0,9%
f. Plastik	19%	10%	15%	7,2%
g. Logam	0%	0%	0%	3,3%
h. Gelas	1%	1%	1%	4,0%
i. Lain-lain	7%	7%	3%	16,3%
TOTAL	100%	100%	100%	100%

Sumber: Manual survey komposisi sampah dan dry matter content (Pilot Project JICA-KLH-ITB-BLH Sumatera Utara, BLH Sumatera Selatan), diolah dari 4th Technical training on the Pilot Project- Waste Sector (Palembang, 19 Desember 2011 dan Medan, 15 Desember 2011).

Tabel 2. Data DOC dan *dry matter content* sampah kota.

Komponen Sampah	Dry matter content (% berat basah)	DOC (% berat basah)		DOC content in % of dry waste		Total carbon in % of dry weight		Fossils carbon Fraction in % of total carbon	
		Default	Range	Default	Range	Default	Range	Default	Range
Kertas/Karton	90	40	36-45	44	40-50	46	42-50	1	0-5
Tekstil	80	24	20-40	30	25-50	40	25-50	20	0-50
Limbah makanan	40	15	8-20	38	20-50	38	20-50	-	-
Limbah kayu	85	43	39-46	50	46-54	50	46-54	-	-
Limbah taman/kebun	40	20	18-22	49	45-55	49	45-55	0	0
Napies	40	24	18-22	60	44-80	70	54-90	10	10
Karet dan Kulit	84	(39)	(39)	(39)	(39)	67	67	20	20
Plastik	100	-	-	-	-	75	67-85	100	95-100
Logam	100	-	-	-	-	NA	NA	NA	NA
Gelas	100	-	-	-	-	NA	NA	NA	NA
Lain-lain (inert waste)	90	-	-	-	-	3	8-5	100	50-100

Hasil dan Pembahasan

Pengolahan limbah padat (sampah) di TPA Kab. Karangasem merupakan TPA tipe *open dumping*. TPA Kab. Karangasem juga tidak memiliki jembatan timbang, sehingga data kendaraan yang berisikan sampah dan sumber sampah perlu dicatat. Basis perhitungan volume adalah kapasitas (volume) kendaraan (berdasarkan spesifikasi) dan persentase volume aktual berdasarkan pengamatan visual (misal : 75% dari kapasitas, 125% dari kapasitas). Konversi data volume menjadi data berat sampah menggunakan persamaan (4) dan faktor konversi (*bulk density* sampah).

Berdasarkan hasil survey yang dilakukan ke Dinas Lingkungan Hidup dan Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kabupaten Karangasem, diperoleh hasil bahwa masyarakat Kabupaten Karangasem tidak semuanya membuang sampah di TPS ataupun ke TPA. Ada perilaku masyarakat yang membuang sampah dengan cara dibakar, ditimbun dan dibuang pada tempat tertentu. Sedangkan jumlah sampah yang terangkut ke TPA dari tahun 2010 sampai dengan tahun 2015 dapat dilihat pada Tabel 3.

Contoh :

Menggunakan data tahun 2010, diketahui volume sampah adalah 37.419 m³. Untuk perhitungan inventarisasi emisi GRK, data volume tersebut akan dikonversikan terlebih dahulu menjadi satuan berat (ton). Diketahui, untuk densitas sampah nasional adalah 347 kg/m³ (Pedoman Inventarisasi GRK KLH, 2012). Menggunakan persamaan (4), maka penyelesaiannya adalah sebagai berikut :

$$W \text{ (ton)} = \frac{37419 \text{ m}^3 \times 347 \text{ kg/m}^3}{1000} = 12.984 \text{ ton}$$

Dengan cara yang sama, maka didapatkan data berat sampah yang masuk ke TPA Kab. Karangasem.

Peningkatan volume sampah yang terangkut/dihasilkan berbanding lurus dengan jumlah penduduk Kab. Karangasem dari tahun

2010 sampai dengan tahun 2015. Hal tersebut terlihat dari Tabel 4.

Dari Tabel 5 bisa dilihat bahwa setiap tahun, jumlah penduduk di Kab. Karangasem selalu mengalami kenaikan, sehingga sampah yang dihasilkan juga semakin meningkat. Faktor-faktor yang berpengaruh dalam penghitungan inventarisasi GRK diantaranya adalah komposisi limbah padat dan kandungan bahan kering (*dry matter content*). Pada penelitian ini data komposisi limbah padat dan kandungan bahan kering (*dry matter content*) menggunakan angka *default* IPCC2006 dan angka hasil survey pada *pilot project* Kementerian Lingkungan Hidup.

Perhitungan emisi GRK menggunakan persamaan (1).

Contoh : Tahun 2011

Dari hasil perhitungan didapatkan emisi GRK yang dihasilkan adalah sebesar 0,1390 Gg. Kemudian di konversikan menjadi = (0,1390) Gg x 1000 = 139 ton CH₄.

Tahun 2010 (Tabel 6) belum terhitung untuk emisi yang dihasilkan, ini karena pada tahun 2010 baru mulai adanya pencatatan secara berkala oleh TPA Kab. Karangasem (Tabel 7. dan Gambar 1). Kemudian data tersebut dikonversikan menjadi satuan ton CO₂ dimana menurut rekomendasi dari UNFCCC nilai potensi pemanasan global, besarnya 1 methane sama dengan 21-25 kali karbondioksida, maka didapatkan emisi GRK.

Dari Gambar 1, dapat disimpulkan bahwa setiap tahun, di Kabupaten Karangasem tren emisi yang dihasilkan dari aktifitas di TPA semakin meningkat. Hal ini juga dipengaruhi oleh jumlah penduduk Kabupaten Karangasem yang semakin meningkat dari tahun 2010 sampai tahun 2015. Dengan mengetahui inventarisasi emisi GRK ini, maka diharapkan para *stakeholder* dapat mengambil langkah nyata untuk mengurangi emisi GRK tersebut. Hal ini dikarenakan semakin besar emisi GRK yang dihasilkan, maka hal tersebut dapat memicu terjadinya pemanasan global (*global warming*).

Tabel 3. Volume sampah yang terangkut ke TPA Kab. Karangasem

Tahun	Volume Sampah (m ³)
2010	37.419
2011	39.454
2012	40.601
2013	41.745
2014	42.786
2015	43.212

Tabel 4. Berat Sampah yang masuk ke TPA

Tahun	Volume Sampah (m ³)	Berat (ton)
2010	37.419	12.984
2011	39.454	13.691
2012	40.601	14.089
2013	41.745	14.486
2014	42.786	14.847
2015	43.212	14.995

Tabel 5. Jumlah Penduduk Kab. Karangasem

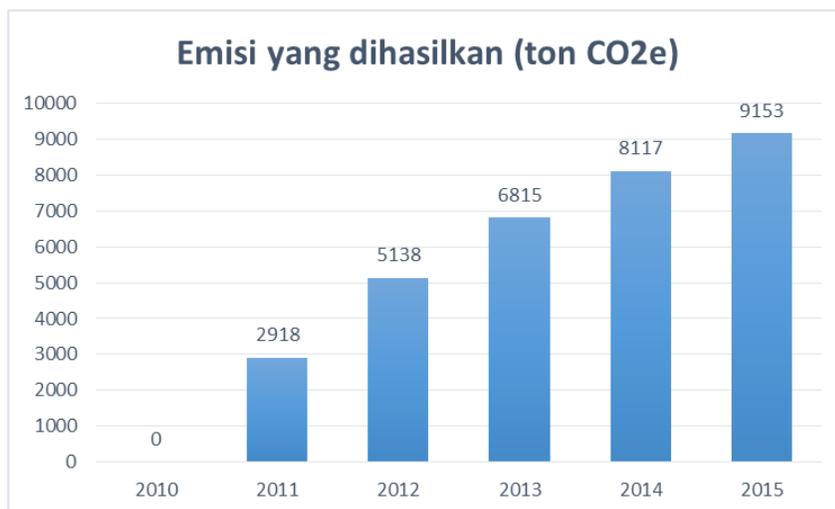
Tahun	Jumlah Penduduk
2010	432.791
2011	438.475
2012	448.537
2013	457.204
2014	468.096
2015	471.820

Tabel 6. Emisi yang dihasilkan (ton CH₄)

Tahun	Emisi GRK yang dihasilkan	Satuan
2010	0	ton CH ₄
2011	139	ton CH ₄
2012	245	ton CH ₄
2013	325	ton CH ₄
2014	387	ton CH ₄
2015	436	ton CH ₄

Tabel 7. Emisi yang dihasilkan dari TPA Kab.Karangasem

Tahun	Emisi GRK yang dihasilkan	Satuan
2010	0	ton CO ₂
2011	2.918	ton CO ₂
2012	5.138	ton CO ₂
2013	6.815	ton CO ₂
2014	8.117	ton CO ₂
2015	9.153	ton CO ₂



Gambar 1. Grafik emisi yang dihasilkan TPA Kab. Karangasem

Simpulan dan Saran

Simpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa emisi karbondioksida (CO₂) yang dihasilkan di Kabupaten Karangasem dari sektor limbah padat perkotaan mengalami peningkatan setiap tahunnya. Emisi yang dihasilkan pada tahun 2011 sebesar 2.918 ton CO₂e dan pada tahun 2015 meningkat menjadi 9.153 ton CO₂e. Hal ini disebabkan karena jumlah sampah yang masuk ke TPA Kabupaten Karangasem juga semakin meningkat dari tahun 2011 sebesar 39.454 m³ menjadi 43.212 m³ di tahun 2015. Peningkatan jumlah sampah di TPA ini juga dipengaruhi oleh jumlah penduduk yang semakin meningkat dari 438.475 jiwa pada tahun 2011 menjadi 471.820 jiwa di tahun 2015.

Saran

Faktor yang mempengaruhi pada perhitungan estimasi emisi GRK diantaranya yaitu komposisi sampah dan kandungan bahan kering (*dry matter content*). Pada penelitian ini, data keduanya masih menggunakan data *default* IPCC2006, dikarenakan belum adanya penelitian atau survey tentang komposisi sampah dan kandungan bahan kering tersebut di Kabupaten Karangasem. Seiring dengan Perpres No 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi GRK dan Perpres No 71 Tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi

Emisi GRK Nasional, maka diharapkan untuk selanjutnya diadakan penelitian/survey tentang komposisi sampah dan kandungan bahan kering di TPA Kabupaten Karangasem, sehingga proses pelaporan perhitungan emisi GRK kabupaten ini akan naik dari Tier 1 menjadi Tier 2 bahkan bisa ke Tier 3.

Daftar Pustaka

- Badan Pusat Statistik Kabupaten Karangasem. Karangasem Dalam Angka 2015. <https://karangasemkab.bps.go.id>.
- Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Karangasem. Status Lingkungan Hidup Daerah 2015. Pemerintah Provinsi Bali. Bali.
- Ebie, Y. dan Kobayashi, T. 2014. Development of Emissions Factor for the Decentralized Domestic Wastewater Treatment for the National Greenhouse Gas Inventory. *Journal of Water and Environment Technology*, 12 (1): 33-41.
- Eggleston, H.S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T. dan Tanabe, K. 2006. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 5- Waste*, National Greenhouse Gas Inventories Programme. Japan: IGES.
- Eggleston, H.S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T. dan Tanabe, K. 2008. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - A primer*. National Greenhouse Gas Inventories Programme. Japan: IGES.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2012. *Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional*. Vol. 4.

- MacRae, G. dan Rodic, L. 2015. The Weak Link in Waste Management in Tropical Asia? Solid Waste Collection in Bali. *Journal of Habitat International*, 50: 310-316
- Meidiana, C. dan Gamse, T. 2010. Development of Waste Management Practices in Indonesia. *European Journal of Scientific Research*, 40. EuroJournals Publishing, Inc. 40(2):pp199-210.
- Salsabili, A., Aghajani, M., Saheri, S. dan Ahmad Basri, N.E. 2010. *Comprehensive Characteristics of Municipal Solid Waste Generated in the Faculty of Engineering, UKM*. World Academy of Science, Engineering and Technology. 70. 2010.
- Zurbrugg, C., Gfrerer, M., Ashadi, H., Brenner, W. dan Kuper, D. 2012. Determinants of Sustainability in Solid Waste Management – The Gianyar Waste Recovery Project in Indonesia. *Journal of Waste Management*, 32: 2126-2133.