

## Inventarisasi Emisi Gas Rumah Kaca Sektor Limbah Dengan *First Order Decay* Di Kabupaten Karangasem

### Inventory of Greenhouse Gas Emissions in the Waste Sector with First Order Decay in Karangasem Regency

Affan Irfan Fauziawan \*

Program Studi Sistem Informasi  
Fakultas Informatika dan Komputer, Institut Teknologi dan Bisnis STIKOM, Bali  
Jl. Raya Puputan No 86 – Renon – Denpasar - Bali

#### Artikel histori :

Diterima 23 Februari 2021  
Diterima dalam revisi 26 April 2021  
Diterima 3 Mei 2021  
Online 3 Mei 2021

**ABSTRAK:** Produksi limbah meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk, tingkat urbanisasi dan pendapatan masyarakat. Sampah merupakan salah satu penyumbang emisi gas rumah kaca (GRK) yang dapat menyebabkan adanya pemanasan global (*global warming*). Pemerintah Indonesia masih berkomitmen untuk dapat menurunkan emisi gas rumah kaca dan berupaya untuk mengurangi/membatasi peningkatan suhu dibawah 1,5 °C. Kabupaten Karangasem, berada di Pulau Bali, dengan jumlah penduduk pada tahun 2018 adalah 414.800 jiwa. Jumlah penduduk tersebut tersebar dalam 8 kecamatan dengan angka pertambahan penduduk di Karangasem rata-rata 0,88% per tahun. Sebaran jumlah penduduk akan berbanding lurus dengan sebaran limbah padat yang dihasilkan. Inventarisasi emisi GRK penting dilakukan untuk mengetahui jumlah emisi yang ada di Kabupaten Karangasem. Metode penghitungan limbah padat kota akan dilakukan dengan menggunakan metode *First Order Decay* yang terdapat pada IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) Guidelines. Dari hasil perhitungan telah didapatkan emisi GRK di tiap-tiap kecamatan yang ada di Kabupaten Karangasem. Total emisi GRK pada tahun 2019 yaitu sebesar 11.764 ton CO<sub>2</sub>-e, dengan penyumbang emisi GRK tertinggi yaitu Kecamatan Karangasem sebesar 2.302 ton CO<sub>2</sub>-e dan yang terendah yaitu kecamatan Sidemen sebesar 894 ton CO<sub>2</sub>-e. Dengan adanya penelitian ini, diharapkan para *stakeholder* mampu membuat usaha (mitigasi) yang dapat menurunkan emisi GRK tersebut.

**Kata Kunci:** Limbah, Emisi, Gas Rumah Kaca, First Order Decay, IPCC.

**ABSTRACT:** Waste production increases with the increase in population, urbanization rate and people's income. Garbage is a contributor to greenhouse gas (GHG) emissions which can cause global warming. The Indonesian government is still committed to reducing greenhouse gas emissions and working to reduce / limit the increase in temperature below 1.50C. Karangasem Regency, is on the island of Bali, with a population in 2018 of 414,800 people. The population is spread across 8 sub-districts with the population growth rate in Karangasem averaging 0.88% per year. The distribution of the population will be directly proportional to the distribution of solid waste produced. It is important to do an inventory of GHG emissions to determine the amount of emissions in Karangasem Regency. The method for calculating municipal solid waste will be carried out using the First Order Decay method contained in the IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) Guidelines. From the calculation results, GHG emissions have been obtained in each sub-district in Karangasem Regency. Total GHG emissions in 2019 amounted to 11,764 tons CO<sub>2</sub>-e, with the highest GHG emission contributor, namely Karangasem District with 2,302 tons CO<sub>2</sub>-e and the lowest being Sidemen District with 894 tons CO<sub>2</sub>-e. With this research, it is hoped that stakeholders will be able to make efforts (mitigation) that can reduce these GHG emissions..

**Keywords:** : Waste, Emission, Green House Gases, First Order Decay, IPCC

#### 1. Pendahuluan

Perubahan iklim telah menjadi persoalan global dan untuk mengatasinya melibatkan berbagai negara dan berbagai disiplin ilmu. Perubahan iklim mempengaruhi berbagai

aspek kehidupan, antara lain aspek lingkungan, aspek sosial ekonomi, aspek kesehatan, serta aspek lainnya. Perubahan iklim merupakan salah satu dampak dari adanya Gas Rumah Kaca (GRK), dimana dapat menyebabkan presipitasi meningkat sampai 50% bahkan lebih sehingga

\*Corresponding Author:  
Email: fauziawan@yahoo.com

meningkatkan potensi terjadinya banjir. (Elizbarashvili, dkk., 2017). Pemerintah Indonesia terus berkomitmen untuk terus dapat menurunkan emisi GRK. Walaupun secara teknis kenaikan suhu di tingkat 1.5°C dapat dengan mudah dihindari, diperlukan perubahan perilaku dan teknologi secara menyeluruh untuk mencapai pengurangan emisi tersebut. Kabupaten Karangasem, merupakan daerah yang berada di belahan timur Pulau Bali, yang secara administratif merupakan salah satu kabupaten dalam wilayah Provinsi Bali. Jumlah penduduk Kabupaten Karangasem pada tahun 2019 berdasarkan hasil proyeksi sebaran penduduk tiap kecamatan adalah 414.800 jiwa. Angka pertambahan penduduk di Karangasem rata-rata 0,88% per tahun. (Badan Pusat Statistik, 2019). Pertambahan penduduk tersebut membawa konsekuensi logis terhadap meningkatnya jumlah sampah yang dihasilkan. Hal itulah yang melatarbelakangi instansi terkait untuk tetap fokus pada pengelolaan limbah padat (sampah), diantaranya yaitu pengembangan sarana Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah Linggasa. Dengan mengetahui emisi yang dihasilkan, maka tidak tertutup kemungkinan untuk menarik investor dalam pengelolaan emisi tersebut menjadi energi yang bermanfaat bagi masyarakat Karangasem, yaitu dengan mengubah gas penghasil emisi tersebut (*methane*) menjadi energi listrik.

Gas rumah kaca merupakan gas-gas yang ada di atmosfer yang menyebabkan efek rumah kaca, yang dapat ditimbulkan akibat aktivitas manusia. Dalam troposfer terdapat gas-gas rumah kaca yang menyebabkan pemanasan global (*global warming*). Perubahan iklim dapat disebabkan secara langsung ataupun tidak langsung oleh kegiatan manusia yang mengubah komposisi atmosfer sehingga mempengaruhi variabilitas iklim alami yang diamati selama periode tertentu. Istilah gas rumah kaca disampaikan para ahli dalam menggambarkan fungsi atmosfer bumi. Tanpa atmosfer, bumi akan dingin. Hal ini terjadi karena adanya keberadaan gas-gas di atmosfer yang mampu menyerap dan memancarkan kembali radiasi inframerah.

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 CO<sub>2</sub> dan GRK lainnya. Meningkatnya konsentrasi CO<sub>2</sub> 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. Pemerintah daerah juga aktif untuk mensosialisasikan pentingnya menjaga lingkungan seperti tidak membuang sampah sembarangan, membakar sampah sembarangan, dan lain-lain. Penghitungan jumlah sampah yang dihasilkan di tiap daerah penting untuk dilakukan. Hal inilah yang disebut

dengan inventarisasi emisi GRK dari sektor limbah. Dari jumlah sampah yang dihasilkan tiap daerah akan digunakan untuk menghitung emisi GRK yang disebabkan oleh sampah yang masuk ke TPA. Data yang diperoleh digunakan untuk memprediksi tren emisi untuk masa depan. Sehingga dengan melihat tren emisi GRK tersebut, pemerintah daerah akan memperoleh gambaran untuk mengambil langkah-langkah untuk menurunkan emisi GRK dari sektor limbah tersebut. 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).

Penelitian ini menjadi penting untuk dibahas karena hal tersebut tertuang dalam Peraturan Presiden No. 71 Tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Emisi GRK Nasional. Pada penelitian ini akan dihitung besarnya estimasi emisi GRK dari sektor limbah (sampah). Berdasarkan *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) 2006, sumber emisi GRK pengolahan limbah mencakup:

- i. Tempat Pembuangan Akhir (TPA) limbah padat atau *Solid Waste Disposal Site* (SWDS).
- ii. Unit pengolahan limbah padat secara biologi (pengomposan dan fasilitas biogas).
- iii. Incinerator dan unit pembakaran limbah padat secara terbuka.
- iv. Unit pengolahan limbah *clinical waste* dan *hazardous waste*. (Barrera dan Hooda, 2016).

Pada penelitian ini akan dilakukan inventarisasi GRK sektor limbah padat di TPA. Inventarisasi GRK ini perlu dilakukan, untuk mengetahui besarnya emisi GRK yang dihasilkan dari sektor tersebut. Limbah padat yang umumnya dibuang di TPA/SWDS adalah sampah padat domestik (sampah kota) atau *municipal solid waste* (MSW) dari rumah tangga, komersial, kantor, pasar, industri. MSW *stream* yang bersumber dari kegiatan domestik di Rumah Tangga, perkantoran, pasar, sektor komersial (mall, pertokoan, restoran, hotel, dll), dan industri umumnya dibawa ke TPS lalu ke TPA. Di TPS limbah padat-limbah padat tersebut dapat bercampur satu sama lain sebelum dibawa ke TPA. Sebagian besar adalah sampah organik (50 – 80%) yang didominasi oleh sampah makanan (Meidiana & Gamse, 2010). Sedangkan komponen limbah padat yang memiliki nilai ekonomi tinggi akan diambil oleh pemulung mulai sumbernya maupun di TPS dan di TPA. Beberapa sampah nonorganik yang masih memiliki nilai untuk dijual diantaranya yaitu sampah plastik, logam dan kertas/kardus. Para pengumpul sampah ini kemudian menjual ke tengkulak yang lebih besar. Biasanya komponen sampah ini akan di daur ulang untuk menghasilkan barang yang bisa dipakai kembali. Bahkan untuk komponen sampah jenis logam,

kadang-kadang untuk ekspor, terutama ke Cina (MacRae & Rodic, 2013). Merujuk IPCC 2006, jenis-jenis limbah padat (sampah) yaitu: sampah makanan, sampah kebun/ taman, kayu, kertas dan karton, tekstil, *nappies*, karet dan kulit, plastik, logam, gelas/keramik, lain-lain (abu, debu, dll). Dari jenis-jenis sampah tersebut, yang memiliki nilai DOC (*Degradable Organic Carbon*) di TPA (*landfill*) yaitu jenis sampah makanan, sampah kebun/ taman, kayu, kertas dan karton, tekstil, *nappies*. (Eggleston, H.S., and Tanabe, K., 2006).

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Model Konseptual Penelitian

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

$$\text{Emisi GRK} = \text{Data Aktivitas} \times \text{Faktor Emisi}$$

Data Aktivitas (DA): besaran kuantitatif kegiatan manusia (*anthropogenic*) yang melepaskan GRK. Pada pengolahan limbah, DA adalah masa limbah yang diolah setiap jenis unit pengolahan dan direpresentasikan sebagai *waste generation* (laju pembentukan limbah).

Faktor Emisi: faktor yang menunjukkan intensitas emisi GRK per unit aktivitas yang besarnya bergantung kepada karakteristik limbah dan sistem pengolahan limbah. (Ebie, dkk., 2014).

### 2.2 Metodologi Perhitungan Emisi GRK Limbah Padat di TPA

Berdasarkan metode *First Order Decay*, total emisi gas CH<sub>4</sub> pada tahun T adalah total gas CH<sub>4</sub> yang terbentuk pada tahun T dikoreksi dengan besarnya gas CH<sub>4</sub> yang di-*recovery* untuk dimanfaatkan atau dibakar untuk keamanan. (Zurbrugg C dkk, 2012)

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

Di mana:

T = tahun inventarisasi

X = tipe atau jenis limbah

R<sub>T</sub> = CH<sub>4</sub> yang di-*recovery* untuk dimanfaatkan atau dibakar pada tahun T, Ggram

OX<sub>T</sub> = faktor oksidasi pada tahun T, fraksi

CH<sub>4</sub> generated<sub>x,T</sub> = CH<sub>4</sub> yang terbentuk pada tahun T hasil dekomposisi komponen organik jenis tertentu (x) yang tersimpan di dalam limbah padat (*Degradable Organic Carbon/DOC*).

Emisi CH<sub>4</sub>, tahun T = CH<sub>4</sub> yang diemisikan dari limbah padat di TPA untuk satu tahun. Besarnya CH<sub>4</sub> generated<sub>x,T</sub> dipengaruhi parameter-parameter sebagai berikut:

- DOC<sub>i</sub>, yaitu besarnya DOC spesifik untuk setiap komponen limbah padat.
- DOC<sub>f</sub>, yaitu fraksi DOC yang terdisimilasi dalam kondisi anaerobik.

- Iklim regional lokasi TPA, menentukan waktu paruh (t<sub>1/2</sub>) dan konstanta laju pembusukan limbah padat (k)
- Waktu paruh(t<sub>1/2</sub>), yaitu waktu yang diperlukan limbah padat untuk terdekomposisi menjadi CH<sub>4</sub>, yang tergantung pada jenis iklim suatu wilayah dan tiap jenis komponen limbah padat
- Konstanta laju pembusukan limbah padat atau laju pembentukan gas metana, yaitu:

$$k = \ln(2)/t_{1/2}$$

- OX, yaitu faktor oksidasi.
- Waktu *delay*, yaitu waktu tenggat sebelum dimulainya reaksi pembusukan limbah padat.

### 2.3 Teknik Pengumpulan Data

Jenis data yang didapat dari hasil survey langsung ke lapangan yaitu jumlah sampah yang masuk ke TPA Linggasana. 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 dan faktor konversi (*bulk density* sampah).

$$\text{Bulk Density} = (\text{hasil rata-rata berat sampah} : \text{volume sampah yang masuk TPA})$$

Pada awal tahun 2020, jembatan timbang untuk menimbang jumlah sampah yang masuk ke TPA selesai dibuat. Akan tetapi data yang dipakai pada penelitian ini belum memakai data jembatan timbangan, karena baru beroperasi.

### 2.4 Geographic Information System (GIS)

Sistem Informasi Geografis merupakan sebuah konsep yang terdiri dari sistem informasi yang didapatkan dari pengolahan data studi tentang geografis (permukaan bumi). Konsep ini selanjutnya mengimplementasikan sistem informasi geografis dalam bentuk peta digital. Sistem Informasi Geografis juga dapat didefinisikan sebagai sistem informasi yang dapat menganalisis, menyimpan, memperbaharui, mengintegrasikan dan menampilkan segala bentuk informasi yang berkaitan dengan permukaan bumi. Dengan adanya sistem informasi geografis ini diharapkan dapat mengelola data yang kompleks dan terstruktur dengan baik, sehingga membantu para *stakeholder* dalam mengambil keputusan. (Supuwingsih, dkk. 2018).

## 3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil survey yang dilakukan ke Dinas Lingkungan Hidup dan Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat 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 2014 sampai dengan tahun 2019 dapat dilihat pada **Tabel 1**:

**Tabel. 1** Volume sampah terangkut ke TPA

Tahun	Volume Sampah (m <sup>3</sup> )
2014	42.786
2015	43.212
2016	43.467
2017	44.885
2018	46.637
2019	47.536

(Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Karangasem., 2019)

Untuk perhitungan inventarisasi emisi GRK, data volume tersebut akan dikonversikan terlebih dahulu menjadi satuan berat (ton). Diketahui, untuk densitas sampah nasional adalah 347 kg/m<sup>3</sup>. (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012).

Contoh: Dengan menggunakan data tahun 2014, diketahui volume sampah adalah 42.786 m<sup>3</sup>.

$$W \text{ (ton)} = \frac{42786 \text{ m}^3 \times 347 \text{ kg/m}^3}{1000} = 14.847 \text{ ton}$$

Dengan cara yang sama, maka didapatkan data berat sampah yang masuk ke TPA Kab. Karangasem sebagaimana ditunjukkan pada **Tabel 2**:

**Tabel. 2** Berat sampah yang masuk ke TPA

Tahun	Volume Sampah (m <sup>3</sup> )	Berat (ton)
2014	42.786	14.847
2015	43.212	14.995
2016	43.467	15.083
2017	44.885	15.575
2018	46.637	16.183
2019	47.536	16.495

Dari **Tabel 2** di atas bisa dilihat bahwa setiap tahun, jumlah sampah yang dihasilkan semakin meningkat.

MSW activity data  
Help and default regional values are given in the 2006 IPCC Guidelines.

Data komposisi sampah dari pilot project SP3 JICA (Manual JICA bahasa 19 okt)

Composition of waste going to solid waste disposal sites										
Year	Total MSW	% to SWDS	Food Waste	Paper/ cardboard	Nappies	Garden/ park	Wood	Textiles	Rubber and Leather	Total
	Gg	%	%	%	%	%	%	%	%	(=100%)
2014	15	100.0%	56.89%	9.92%	5.63%	7.81%	0.40%	2.64%	0.35%	100%
2015	15	100.0%	56.89%	9.92%	5.63%	7.81%	0.40%	2.64%	0.35%	100%
2016	15	100.0%	56.89%	9.92%	5.63%	7.81%	0.40%	2.64%	0.35%	100%
2017	16	100.0%	56.89%	9.92%	5.63%	7.81%	0.40%	2.64%	0.35%	100%
2018	16	100.0%	56.89%	9.92%	5.63%	7.81%	0.40%	2.64%	0.35%	100%
2019	16	100.0%	56.89%	9.92%	5.63%	7.81%	0.40%	2.64%	0.35%	100%

**Gambar 1.** Activity Program Penghitungan Emisi GRK

Faktor-faktor yang berpengaruh dalam penghitungan inventarisasi GRK di antaranya 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 dasar data aktivitas dan faktor emisi yang sudah dikembangkan di IPCC *Guidelines* sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 1**, menjadi sebuah program/sistem penghitungan Emisi GRK sektor limbah padat (**Gambar 2**).

**Results**

City  
**Karangasem**

Enter starting year, industrial waste disposal data and methane recovery into the yellow cells. MSW activity data is entered on MSW sheet

**Dry Basis**

Year	Methane generated			Methane recovery	Methane emission M = (K-L)*(1-OX) Gg
	Food Waste	Paper /cardboard	Total		
	A Gg	B Gg	K Gg		
2010	0	0	0	0	0.0000
2011	0	0	0	0	0.1390
2012	0	0	0	0	0.2447
2013	0	0	0	0	0.3245
2014	0	0	0	0	0.3865
2015	0	0	0	0	0.4359
2016	0	0	0	0	0.4741
2017	0	0	1	0	0.5039
2018	0	0	1	0	0.5320
2019	0	0	1	0	1

**Gambar 2.** Results Penghitungan Emisi GRK

Contoh: Tahun 2014

Dari hasil perhitungan didapatkan emisi GRK (Gigagram Methana) yang dihasilkan adalah sebesar 0,3870 Gg. Satuan Gigagram (Gg) kemudian di konversikan menjadi = (0,3870) Gg x 1000 = 387 ton CH<sub>4</sub>.

Dengan cara yang sama, maka akan didapatkan hasil yang ditunjukkan pada **Tabel 3**:

**Tabel. 3** Emisi yang dihasilkan (ton CH<sub>4</sub>)

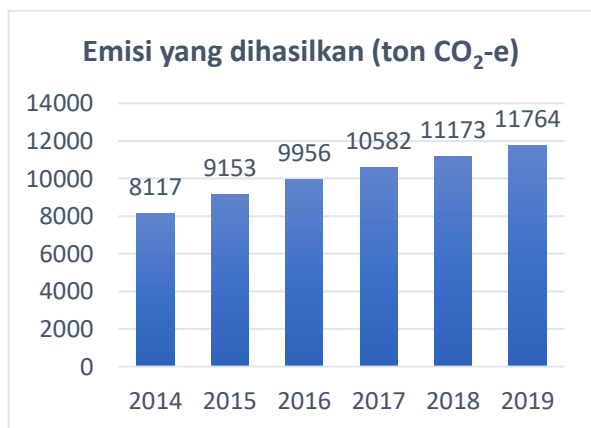
Tahun	Emisi GRK yang dihasilkan (ton CH <sub>4</sub> )
2014	387
2015	436
2016	474
2017	504
2018	532
2019	560

Kemudian data tersebut dikonversikan menjadi satuan ton CO<sub>2</sub>-e di mana menurut rekomendasi dari UNFCCC nilai potensi pemanasan global, besarnya 1 *methane* sama dengan 21-25 kali karbondioksida. Dalam penelitian ini diasumsikan nilai 1 CH<sub>4</sub> sama dengan 21 kali nilai CO<sub>2</sub>, maka didapatkan emisi GRK sebagaimana ditunjukkan pada **Tabel 4**

**Tabel. 4** Emisi yang dihasilkan (ton CO<sub>2</sub>-e)

Tahun	Emisi GRK yang dihasilkan (ton CO <sub>2</sub> -e)
2014	8.117
2015	9.153
2016	9.956
2017	10.582
2018	11.173
2019	11.764

Grafik emisi yang dihasilkan TPA Kab. Karangasem ditunjukkan pada **Gambar 3**:



**Gambar 3.** Grafik emisi yang dihasilkan TPA Karangasem

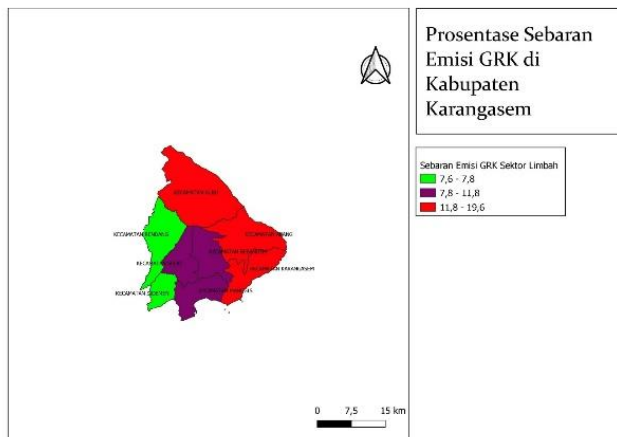
Tahapan berikutnya dari penelitian ini adalah untuk melakukan pemetaan dengan menggunakan metode *Geographic Information System* (GIS). Pada tahapan ini akan dilakukan pemetaan emisi GRK yang dihasilkan di tiap-tiap kecamatan yang ada di Kabupaten Karangasem. Dari data emisi GRK yang dihasilkan tiap tahun, kecenderungannya adalah semakin naik. Untuk membuat pemetaan akan digunakan data terakhir yaitu data tahun 2019. Dari hasil perhitungan diperoleh untuk emisi GRK dari sektor limbah di Kabupaten Karangasem sebesar 11.764 ton CO<sub>2</sub>-e. Dengan persentase jumlah timbulan per kecamatan sudah didapatkan, maka emisi GRK per kecamatan pada tahun 2019 adalah sebagai berikut: (Supuwingsih, N.N., 2016)

**Tabel. 5** Emisi GRK tiap kecamatan tahun 2019

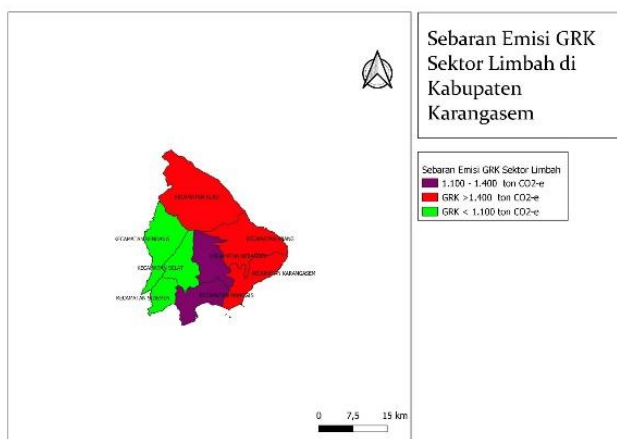
No	Kecamatan	Timbulan Sampah (m <sup>3</sup> /hari)	%	Emisi GRK (ton CO <sub>2</sub> -e)
1	Rendang	74,44	7,80	917,24
2	Sidemen	72,57	7,60	894,20
3	Manggis	112,56	11,79	1.386,95
4	Karangasem	186,84	19,57	2.302,21
5	Abang	156,55	16,40	1.928,99
6	Bebandem	107,84	11,30	1.328,79
7	Selat	83,43	8,74	1.028,01
8	Kubu	160,47	16,81	1.977,29
<b>Total</b>		954,7	100	11.763,6

Dari hasil perhitungan emisi GRK sektor limbah di kabupaten Karangasem pada **Tabel 5** tersebut, selanjutnya dilakukan analisa data spasial dan non spasial untuk

mendapatkan pemetaan penghasil emisi GRK per kecamatan di kabupaten Karangasem. Dengan menggunakan ArcView untuk *Information Geographic System*, pemetaan prosentase sebaran emisi GRK dan sebaran kecamatan penghasil emisi GRK sektor limbah di kabupaten Karangasem adalah seperti ditampilkan pada **Gambar 4** dan **5**.



**Gambar 4.** Pemetaan Prosentase Sebaran Emisi GRK Kab. Karangasem



**Gambar 5.** Pemetaan Sebaran Emisi GRK Sektor Limbah Kab. Karangasem

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa estimasi emisi GRK yang paling tinggi ada di kecamatan Karangasem yaitu sebesar 2.302 ton CO<sub>2</sub>-e (warna merah), sedangkan estimasi emisi GRK paling rendah ada di kecamatan Sidemen yaitu sebesar 894 ton CO<sub>2</sub>-e (warna hijau).

Menurut Rahmawati., (2015), tingkat emisi yang dihasilkan sebanding dengan tingkat laju pertumbuhan penduduk. Dengan penambahan penduduk, maka akan meningkatkan jumlah (sampah) limbah yang dihasilkan, sehingga emisi GRK pun semakin meningkat. Emisi GRK yang dihasilkan dari sektor limbah ini dapat dilihat dari jumlah penduduk dan pertumbuhan ekonomi dan pendapatan dari masing-masing kecamatan. Kecamatan Karangasem merupakan kecamatan yang terletak di tengah kota Karangasem, juga sebagai ibukota Kabupaten Karangasem mempunyai jumlah penduduk paling banyak

dibandingkan dengan kecamatan lainnya. Dari segi pertumbuhan ekonomi dan pendapatan juga termasuk yang paling tinggi dibandingkan dengan kecamatan lainnya. Jumlah penduduk Kecamatan Karangasem mencapai 23% persen dari jumlah populasi penduduk di Kabupaten Karangasem, sedangkan kecamatan Sidemen jumlah penduduknya hanya 8% dari jumlah penduduk Kabupaten Karangasem.

Dengan adanya penelitian ini, manfaat yang dapat diambil oleh para *stakeholder* untuk mencari usaha-usaha yang dapat menurunkan emisi GRK (mitigasi). Usaha yang dilakukan agar emisi GRK dapat diturunkan diantaranya yaitu memilah dan memilih sampah-sampah organik dan anorganik. Sampah organik dapat diolah kembali menjadi sesuatu yang bermanfaat seperti pupuk organik, yang dapat dipakai untuk menyuburkan tanaman. Selain itu juga memberikan edukasi kepada masyarakat tentang pengelolaan sampah dengan baik, efek GRK terhadap kehidupan, dan menggalakkan adanya bank sampah dengan program 3R yaitu *Reduce, Reuse & Recycle*.

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian didapatkan bahwa inventarisasi emisi GRK di Kabupaten Karangasem sebesar 11.763 ton CO<sub>2</sub>-e, di mana daerah dengan emisi GRK paling tinggi ada di kecamatan Karangasem yaitu sebesar 2.302 ton CO<sub>2</sub>-e, sedangkan emisi GRK paling rendah ada di kecamatan Sidemen yaitu sebesar 894 ton CO<sub>2</sub>-e. Dari hasil penelitian yang dilakukan ini dapat diambil kesimpulan bahwa emisi GRK yang dihasilkan dari sektor limbah suatu daerah yang padat penduduknya dapat menghasilkan emisi GRK yang lebih besar dibandingkan dengan yang jumlah penduduknya lebih sedikit. Hal ini dikarenakan timbulan sampah yang ada di daerah yang padat penduduknya lebih besar dibandingkan dengan yang jumlah penduduknya lebih sedikit. Pemetaan daerah penghasil emisi GRK sektor limbah dengan menggunakan ArcView untuk *Information Geographic System* sangat efektif dilakukan. Dengan adanya pemetaan digital tersebut, diharapkan untuk penanganan/mitigasi dari emisi GRK ini tepat sasaran.

#### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada ITB STIKOM Bali yang telah memberikan dana penelitian sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

#### Daftar Pustaka

Badan Pusat Statistik, 2019. Karangasem Dalam Angka 2018. Proyeksi Kependudukan.

- Barrera, B. and Hooda, P.S., 2016. Greenhouse Gas Emission of Waste Management Processes and Options: A case Study. *Waste Management & Research*. Vol. 34(7). 658-665.
- Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Karangasem, 2019. Status Lingkungan Hidup Daerah 2019.
- Ebie, Y. and 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*. Vol.12. 33-41.
- Eggleston, H.S., and Tanabe, K., 2006. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 5- Waste*, National Greenhouse Gas Inventories Programme. Japan: IGES.
- Elizbarashvili, M., Elizbarashvili, E., Tatishvili, M., Meskhia, R., Kutaladze, N., King, L., Keggenhoff, I., 2017. *Georgian Climate Change Under Global Warning Conditions*. Annals of Agrarian Science 1-9.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2012. Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional. Vol. 4.
- MacRae G., 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. and Gamse T., 2010. *Development of Waste Management Practices in Indonesia*. European Journal of Scientific Research, Vol 40. EuroJournals Publishing, Inc.
- Rachmawaty, V., 2015. *Penentuan Faktor Emisi Spesifik Untuk Estimasi Tapak Karbon Dan Pemetaannya Dari Penggunaan Bahan Bakar Di Kabupaten Sidoarjo*. Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XXII. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh November.
- Supuwingsih, N.N., 2016. *Implementasi Geographic Information System Untuk Pemetaan Lahan Pertanian Kota Denpasar*. Jurnal Sistem dan Informatika. Vol. 11. No.1.
- Supuwingsih, N.N., Santosa, A., Januhari, U and Wirahadi, A., 2018. *Geographic Information System of Higher Education Mapping in Bali Island Using ArcView*. International Journal of Engineering Technologies and Management Research. Vol.5. 167-178
- Zurbrugg C., Gfrerer M., Ashadi H., Brenner W., Kuper D., 2012. *Determinants of Sustainability in Solid Waste Management – The Gianyar Waste Recovery Project in Indonesia*. Journal of Waste Management. 32. 2126-2133.