

PEMAKAIAN *GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM* UNTUK PEMETAAN EMISI GAS RUMAH KACA SEKTOR LIMBAH DI KABUPATEN KARANGASEM

Affan Irfan Fauziawan¹⁾ I Made Agus Wirahadi Putra²⁾ Ratna Kartika Wiyati³⁾

Program Studi Sistem Informasi^{1) 2) 3)}

Fakultas Informatika dan Komputer, Institut Teknologi dan Bisnis STIKOM, Bali^{1) 2) 3)}

affanfauziawan@stikom-bali.ac.id¹⁾ aguswirahadi@outlook.com²⁾ ratna@stikom-bali.ac.id³⁾

ABSTRACT

Waste production increases with the increase in population, urbanization rate and people's income. Solid waste is a contributor to greenhouse gas (GHG) emissions which can cause global warming. At the Conference of Parties 25 (COP 25) in Madrid 2019, the Indonesian government is still committed to reducing GHG emissions and working to reduce/limit the increase in temperature below 1.5°C. Karangasem regency is an area located in the eastern part of Bali Island, which administratively is one of the regency in Bali Province. The population of Karangasem regency in 2018 based on results of population registration was 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. 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 emission have been obtained in each sub-district in Karangasem regency. Total GHG emission in 2019 amounted to 11,764 tonnes of CO₂-e. Mapping the area in Karangasem district to determine the amount of waste produced by each district is deemed necessary as a mitigation effort to be implemented. In this study, a mapping of each sub-district was carried out on the basis of Geographical Information System (GIS). It is necessary to carry out a GHG inventory at the district level, to determine how much GHG emission are generated from the waste sector. After the GHG emission is known, a mapping of each sub-district will be made to determine the level of emission produced, so that this GHG emission reduction mitigation action will focus more on the sub-districts that produce the most emission first followed by other sub-districts.

Keywords: Waste, GHG Inventory, First Order Decay, Geographic Information System.

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*). Pada *Conference of Parties 25* (COP 25) di Madrid tahun 2019, pemerintah Indonesia masih berkomitmen untuk dapat menurunkan emisi gas rumah kaca dan berupaya untuk mengurangi/membatasi peningkatan suhu dibawah 1,5°C. 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 2018 berdasarkan hasil registrasi penduduk 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. 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 CO₂-e. Pemetaan wilayah di kabupaten

Karangasem untuk mengetahui jumlah sampah yang dihasilkan tiap kecamatan dipandang perlu dilaksanakan sebagai upaya mitigasi yang akan dilaksanakan. Pada penelitian ini dilaksanakan pemetaan tiap-tiap kecamatan dengan basis Sistem Informasi Geografis (SIG). Inventarisasi GRK di tingkat kabupaten ini perlu dilakukan, untuk mengetahui sampai berapa besar emisi GRK yang dihasilkan dari sektor limbah tersebut. Setelah emisi GRK sudah diketahui, maka akan dibuat sebuah pemetaan tiap-tiap kecamatan untuk mengetahui tingkat emisi yang dihasilkan, sehingga aksi mitigasi penurunan emisi GRK ini akan lebih fokus pada kecamatan-kecamatan yang menghasilkan emisi paling besar terlebih dahulu dilanjutkan dengan kecamatan yang lainnya.

Kata Kunci : Limbah, Inventarisasi GRK, *First Order Decay*, Sistem Informasi Geografis.

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. Pada *Conference of Parties 25 (COP 25)* di Madrid pada bulan Desember tahun 2019, 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. 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 Lingsasana. Setelah dilaksanakan penghitungan emisi GRK sektor limbah, maka selanjutnya akan dilanjutkan dengan pemetaan sampai tingkat kecamatan untuk mengetahui sebaran sampah di tingkat kecamatan. Pemetaan emisi GRK sampai tingkat kecamatan di kabupaten Karangasem secara komputerisasi akan menghasilkan informasi geografi (*Geographic Information*

System) berupa peta digital. Selain itu 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.

TINJAUAN PUSTAKA

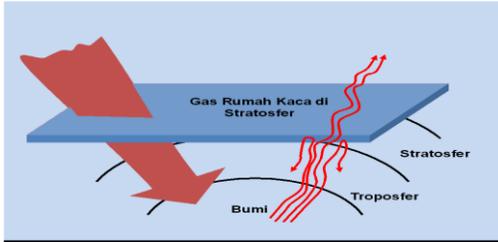
State of The Art

Beberapa penelitian yang relevan dengan penelitian ini dipakai untuk acuan pengembangan sistem, diantaranya adalah : 1. Implementasi Geographic Information System Untuk Pemetaan Lahan Pertanian Kota Denpasar. (N. N Supuwingsih), 2. Peramalan Hasil Produksi Pertanian di Denpasar Timur dengan Metode *Quadratic Trend* Berbasis SIG. Pada penelitian tersebut dihasilkan peta digital pemetaan wilayah pertanian untuk masing-masing kecamatan menggunakan software ArcView.

Gas Rumah Kaca

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.



Gambar 1 Gas Rumah Kaca di Atmosfer

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. 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.

Sistem Informasi Geografis (SIG)

Menurut Prahasta SIG adalah sistem komputer yang digunakan untuk mengumpulkan, memeriksa, mengintegrasikan, dan menganalisa informasi-informasi yang berhubungan dengan permukaan bumi. Pada dasarnya, istilah sistem informasi geografi merupakan gabungan dari tiga unsur pokok yaitu sistem, informasi, dan geografi. Dengan demikian, pengertian terhadap ketiga unsur-unsur pokok ini akan sangat membantu dalam memahami SIG. Dengan melihat unsur-unsur pokoknya, maka jelas SIG merupakan salah satu system informasi. SIG merupakan suatu sistem yang menekankan pada unsur informasi geografi. Istilah “geografis” merupakan bagian dari spasial (keruangan). Kedua istilah ini sering digunakan secara bergantian atau tertukar hingga timbul istilah yang ketiga, geospasial. Ketiga istilah ini mengandung pengertian yang sama di dalam konteks SIG. Penggunaan kata “geografis” mengandung pengertian suatu persoalan mengenai bumi: permukaan dua atau tiga dimensi. Istilah “informasi geografis” mengandung pengertian informasi mengenai tempat-tempat yang terletak di permukaan bumi, pengetahuan mengenai posisi dimana suatu objek terletak di permukaan bumi, dan informasi mengenai keterangan-keterangan (atribut) yang terdapat di permukaan bumi yang posisinya diberikan atau diketahui.

METODE PENELITIAN

Model Konseptual Penelitian

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

$$Emisi\ GRK = Data\ Aktivitas \times Faktor\ Emisi$$

Data Aktivitas: besaran kuantitatif kegiatan manusia (*anthropogenic*) yang melepaskan GRK. Pada pengolahan limbah, AD 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.

Metodologi Perhitungan Emisi GRK Limbah Padat di TPA

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.

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

Dimana:

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).

Emisi CH₄, tahun T = CH₄ yang diemisikan dari Limbah padat di TPA untuk satu tahun. Besarnya CH₄ generated_{x, T} dipengaruhi parameter-parameter sebagai berikut:

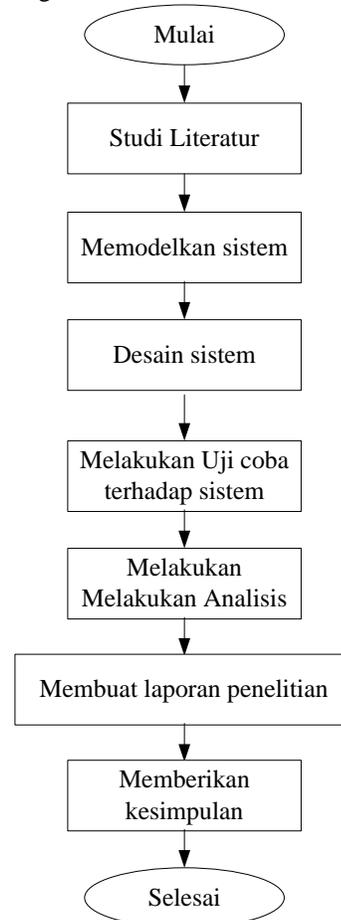
- DOC_i, yaitu besarnya DOC spesifik untuk setiap komponen limbah padat.
- DOC_f, yaitu fraksi DOC yang terdisimilasi dalam kondisi anaerobik.
- Iklim regional lokasi TPA, menentukan waktu paruh (t_{1/2}) dan konstanta laju pembusukan limbah padat (k)
- Waktu paruh(t_{1/2}), yaitu waktu yang diperlukan limbah padat untuk terdekomposisi menjadi CH₄, 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.

Sistematika Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini digambarkan melalui diagram berikut :



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Teknik Pengumpulan Data

Adapun jenis pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Wawancara dan Survey Lapangan
2. Studi Pustaka (*Literature*)

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 (4.6) dan faktor konversi (*bulk density* sampah). Pada tahun 2019, 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.

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 berikut :

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

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). Contoh : Dengan menggunakan data tahun 2014, diketahui volume sampah adalah 42.786 m³.

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

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

Tahun	Volume Sampah (m ³)	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 diatas bisa dilihat bahwa setiap tahun, jumlah sampah yang dihasilkan 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 dasar data aktivitas dan faktor emisi yang sudah dikembangkan di IPCC *Guidelines* menjadi sebuah program/sistem penghitungan Emisi GRK sektor limbah padat.

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 CH₄.

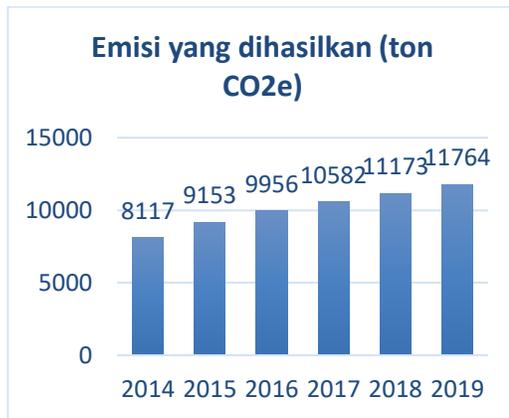
Dengan cara yang sama, maka akan didapatkan hasil sebagai berikut :

Tahun	Emisi GRK yang dihasilkan	Satuan
2014	387	ton CH ₄
2015	436	ton CH ₄
2016	474	ton CH ₄
2017	504	ton CH ₄
2018	532	ton CH ₄
2019	560	ton CH ₄

Kemudian data tersebut dikonversikan menjadi satuan ton CO₂e dimana menurut rekomendasi dari UNFCCC nilai potensi pemanasan global, besarnya 1 *methane* sama dengan 21-25 kali karbondioksida. Dalam penelitian ini diasumsikan nilai 1 CH₄ sama dengan 21 kali nilai CO₂, maka didapatkan emisi GRK sebagai berikut :

Tahun	Emisi GRK yang dihasilkan	Satuan
2014	8.117	ton CO ₂
2015	9.153	ton CO ₂
2016	9.956	ton CO ₂
2017	10.582	ton CO ₂
2018	11.173	ton CO ₂
2019	11.764	ton CO ₂

Grafik Emisi yang dihasilkan TPA Kab. Karangasem adalah sebagai berikut :



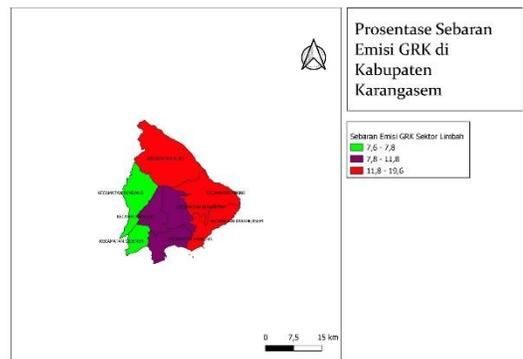
Tahapan berikutnya dari penelitian ini adalah untuk melakukan pemetaan dengan menggunakan metode *Geographic Information System* (GIS). Pada tahapan ini akan dilakukan pemetaan emisi GRK yang dihasilkan di tiap-tiap kecamatan yang ada di Kabupaten Karangasem.

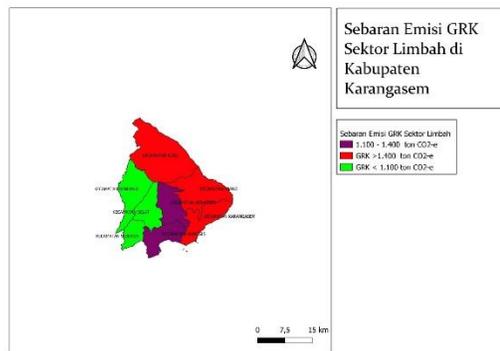
Dari data emisi GRK yang dihasilkan tiap tahun, kecenderungannya adalah semakin naik. Untuk membuat pemetaan akan digunakan data terakhir yaitu data tahun 2019. Dari hasil perhitungan diperoleh untuk emisi GRK dari

sektor limbah di Kabupaten Karangasem sebesar 11.764 ton CO₂-e. Dengan persentase jumlah timbulan per kecamatan sudah didapatkan, maka emisi GRK per kecamatan pada tahun 2019 adalah sebagai berikut :

No	Kecamatan	Timbulan Sampah (m ³ /hari)	%	Emisi GRK (ton CO ₂ -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
Total		954,7	100	11.763,6

Dari hasil perhitungan emisi GRK sektor limbah di kabupaten Karangasem 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 berikut :





Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa estimasi emisi GRK yang paling tinggi ada di kecamatan Karangasem yaitu sebesar 2.302 ton CO₂-e (warna merah), sedangkan estimasi emisi GRK paling rendah ada di kecamatan Sidemen yaitu sebesar 894 ton CO₂-e (warna hijau).

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 ditengah kota Karangasem, juga sebagai Ibukotanya 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. Menurut Rachmawati (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.

SIMPULAN

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. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa emisi GRK di Kabupaten

Karangasem sebesar 11.763 ton CO₂-e, dimana daerah yang paling tinggi ada di kecamatan Karangasem yaitu sebesar 2.302 ton CO₂-e, sedangkan emisi GRK paling rendah ada di kecamatan Sidemen yaitu sebesar 894 ton CO₂-e. 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.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik (2019). Karangasem Dalam Angka 2018. Proyeksi Kependudukan.
- [2] Supuwingsih, N.N., 2016. *Implementasi Geographic Information System Untuk Pemetaan Lahan Pertanian Kota Denpasar*. Jurnal Sistem dan Informatika. Vol. 11. No.1.
- [3] Supuwingsih, N.N., 2017. *Peramalan Hasil Produksi Pertanian di Denpasar Timur dengan Metode Quadratic Trend Berbasis SIG*. Konferensi Nasional Sistem & Informatika.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] Zhang, C., Feng, H., and Chen, S., 2019. *Greenhouse Gas Emission from Landfills : A Review and Bibliometric Analysis*. Journal Sustainability. Vol 11.
- [7] 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.
- [8] Yakub, 2012. *Pengantar Sistem Informasi*, Yogyakarta : Graha Ilmu.
- [9] Jogyanto H.M., 2010. *Analisis & Desain*

Sistem Informasi, Yogyakarta : ANDI.

- [10] Sutabri, T., 2012. *Analisis Sistem Informasi*, Jakarta : ANDI.
- [11] Rosa, A.S, dan Shalahuddin, M., 2014. *“Sistem Informasi” Rekayasa Perangkat Lunak Terstruktur dan Berorientasi Objek*, Bandung: Informatika Bandung, 8-10
- [12] Kementerian Lingkungan Hidup. 2012. *Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional*. Vol. 4.