

POTENSI GAS RUMAH KACA (CH₄ DAN CO₂) DI TEMPAT PEMROSESAN AKHIR (TPA) SAMPAH PIYUNGAN, BANTUL, D.I YOGYAKARTA

(The Potential Of Greenhouse Gasses (CH₄ and CO₂) in Landfill Of Piyungan, Bantul, D.I Yogyakarta)

Irma Persita Damayanti¹, Supriyanto², Qorry Nugrahyu³

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

13513147@students.uui.ac.id¹, supri.yanto@uui.ac.id², qorrynugrahyu91@gmail.com³

Abstract

Solid waste is one of the sector that contribute in generating greenhouse gasses. Solid waste dumped in landfill will decompose and produce gas emission of methan (CH₄) and carbondioxide (CO₂). The purpose of this research is to find out the potential of emission and specific emission factor of gasses of methan (CH₄) and carbondioxide (CO₂) in landfill of Piyungan using the method of IPCC 2006 and provide recommendation in the form of mitigation and adaptation effort based on the amount of greenhouse gasses emission in Piyungan.

The result showed the value of emissions of methane and carbondioxide in 2012 until 2016 increased about 39,465%, while the estimated average value of specific emission factor for methane (CH₄) and carbondioxide (CO₂) for the past 5 years is 5,874 Gg CH₄/ppl and 17,768 Gg CO₂eq/ppl. Mitigation and adaptation measures that can be recommended are socialization techniques of 3R, optimization of composting from source and landfill, and improvement of landfill operation by shortening the time of waste closure and utilizing methane gas that has been collected.

Keywords: Waste, CH₄, CO₂, Landfill of Piyungan

Abstrak

Sampah merupakan salah satu sektor yang berkontribusi dalam menghasilkan gas rumah kaca. Sampah yang ditimbun di TPA akan mengalami dekomposisi dan menghasilkan emisi gas metana (CH₄) dan karbondioksida (CO₂). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi emisi dan faktor emisi spesifik gas metana (CH₄) dan karbondioksida (CO₂) di TPA Piyungan dengan menggunakan metode IPCC tahun 2006 dan memberikan rekomendasi berupa upaya mitigasi dan adaptasi berdasarkan jumlah emisi gas rumah kaca di Piyungan.

Hasil penelitian menunjukkan nilai emisi gas metana (CH₄) dan karbondioksida (CO₂) pada tahun 2012 hingga tahun 2016 mengalami kenaikan sekitar 39,465%, sementara nilai estimasi rata - rata faktor emisi spesifik untuk gas metana (CH₄) dan karbondioksida (CO₂) selama 5 tahun terakhir adalah 5,874 ton CH₄/jiwa dan 17,768 ton CO₂eq/jiwa. Upaya mitigasi dan adaptasi yang dapat direkomendasikan adalah dengan sosialisasi teknik 3R, optimalisasi pengomposan dari sumber maupun TPA, dan peningkatan pengoperasian TPA dengan mempersingkat waktu penutupan sampah dan memanfaatkan gas metana yang telah dikumpulkan.

Kata Kunci: Sampah, CH₄, CO₂, TPA Piyungan

1. Pendahuluan

Sampah organik yang ditampung di TPA akan mengalami proses pembusukan secara alamiah. Apabila sampah/limbah organik terurai secara anaerobik, gas rumah kaca yang dihasilkan berupa CH_4 . Adapun sampah/limbah organik yang terurai secara aerobik akan menghasilkan gas rumah kaca berupa CO_2 .

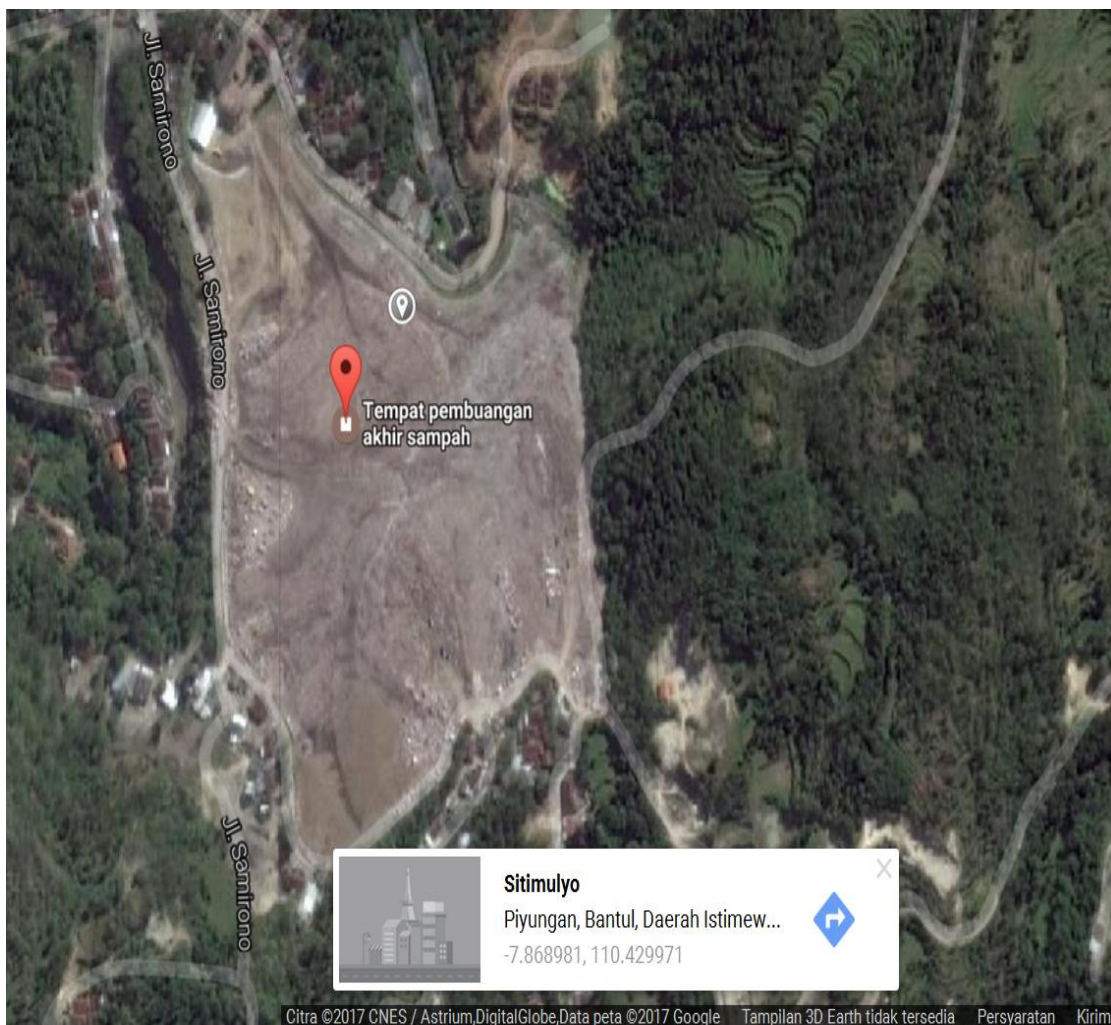
TPA Piyungan adalah tempat terakhir untuk menampung sampah yang berasal dari aktivitas warga di tiga wilayah, yaitu Kabupaten Sleman, Kota Yogyakarta dan Kabupaten Bantul. TPA Piyungan memiliki luas lahan 12,5 ha terletak di Kabupaten Bantul, \pm 16 km sebelah tenggara pusat Kota Yogyakarta, tepatnya di Dusun Ngablak, Desa Sitimulyo, Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul, DI Yogyakarta.

Indonesia, sehari sebelum Konferensi Perubahan Iklim 2009 berakhir di Kopenhagen-Denmark, telah membuat rincian program penurunan emisi gas rumah kaca secara sukarela sebesar 26 % tahun 2020. Sedangkan kalau ada dukungan dana asing penurunan emisi 41 % pada tahun 2020 dapat dilakukan oleh Indonesia.

Untuk menindak lanjuti dalam pencapaian target penurunan emisi gas rumah kaca tersebut pada tahun 2011 telah dikeluarkan Peraturan Presiden No. 61 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi GRK dan Peraturan Presiden No. 71 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk menghitung emisi gas metana (CH_4) dan gas karbondioksida (CO_2) di TPA Piyungan guna mendukung program pemerintah dalam penurunan emisi gas rumah kaca sektor persampahan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui emisi gas metana dan gas karbondioksida dari timbulan sampah, faktor emisi spesifik gas metana dan gas karbondioksida, dan memberikan rekomendasi berupa upaya mitigasi dan adaptasi berdasarkan jumlah emisi gas rumah kaca di TPA Piyungan.

2. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah Piyungan yang terletak di Kabupaten Bantul, \pm 16 km sebelah tenggara pusat Kota Yogyakarta. Tepatnya di Dusun Ngablak, Desa Sitimulyo, Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul, Yogyakarta. Gambar 1 merupakan lokasi Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah Piyungan.



Gambar 1 Lokasi Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah Piyungan

3. Metode Penelitian

Dalam mencapai tujuan dari penelitian ini, maka dilakukan pembuatan kerangka penelitian yang terdiri atas: perumusan ide penelitian, pengumpulan data primer dan data sekunder, penganalisaan data dan pembahasan sehingga dapat ditarik kesimpulan dari penelitian ini. Dalam penelitian ini, pengolahan data menggunakan metode default IPCC 2006 TIER 1 untuk menghitung emisi gas metana (CH_4) dan karbondioksida (CO_2) yang dihasilkan dari timbunan sampah pada tahun 2012 hingga 2016 di TPA Piyungan, dengan rumus perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Emisi CH}_4 = (\text{MSW}_T \times \text{MSW}_F \times \text{MCF} \times \text{DOC} \times \text{DOCF} \times F \times \frac{16}{12} - R) \times (1 - \text{OX}), \dots \dots \dots (3.1)$$

MSW_T = Jumlah penduduk terlayani (jiwa) x timbulan sampah (kg/hari)(3.2)

Emisi CO₂ = emisi CH₄ x ($\frac{1-F}{F}$ + OX) x $\frac{44}{16}$ (3.3)

Keterangan :

- MSWT = Timbulan sampah di TPA (Ton/Tahun)
- Timbulan sampah = Berdasarkan default IPCC 2006 (0,51 kg/jiwa/hari)
- MSWF = Fraksi timbulan sampah yang ditimbun di TPA
- MCF = Faktor koreksi metana (0,4 berdasarkan IPCC)
- DOC = Degradasi organik karbon (Kg C/Kg sampah)
- DOCF = Fraksi dari DOC (0,77 berdasarkan IPCC)
- F = Fraksi dari CH₄ di TPA (0,5 berdasarkan IPCC)
- R = Recovery CH₄ (Ton/Tahun)
- OX = Faktor oksidasi (0,1 berdasarkan IPCC)
- 16/12 = Konversi dari C ke CH₄

Setelah mengetahui nilai emisi gas metana (CH₄) dan karbondioksida (CO₂) selanjutnya melakukan perhitungan faktor emisi spesifik. Persamaan umum untuk perkiraan faktor emisi spesifik yaitu sebagai berikut:

FES = Emisi GRK / AD(3.4)

Keterangan:

- FES = Faktor Emisi Spesifik (ton CO₂eq/jiwa)
- Emisi GRK = Emisi Gas Rumah Kaca (CH₄ dan CO₂)
- AD = Aktivitas Data (Jumlah penduduk yang dilayani TPA)

4. Hasil dan Pembahasan

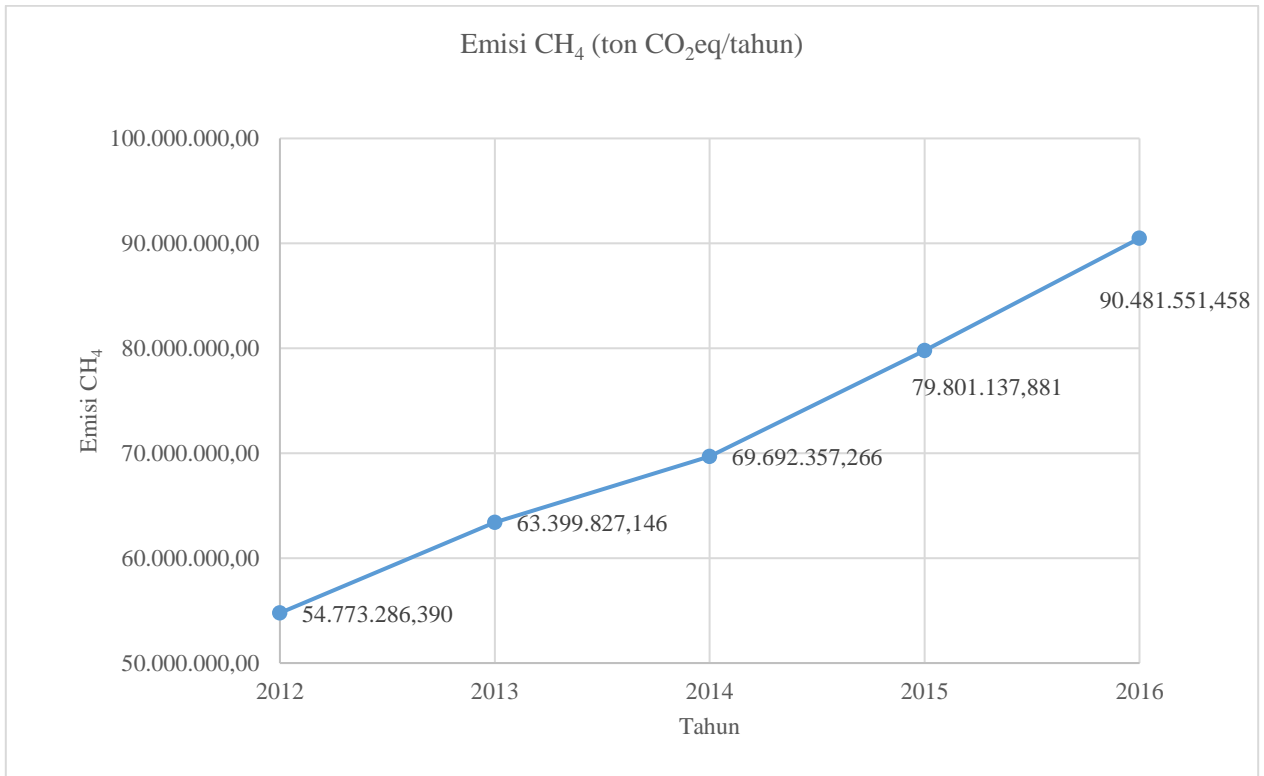
Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah Piyungan mengelola sampah menggunakan sistem *sanitary landfill*, dimana sampah dibuang/ditumpuk ke suatu lokasi, kemudian menutupnya dengan tanah. Penutupan sampah dengan tanah dilakukan sekitar 1 – 2 minggu sekali dikarenakan ketersediaan tanah penutup yang minim sehingga biaya operasional menjadi sangat tinggi.

Perhitungan emisi gas metana (CH_4) dan gas karbondioksida (CO_2) pada sektor persampahan menggunakan metode default Tier 1 yang diuraikan oleh IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*). Pada Tier 1 estimasi tingkat emisi gas rumah kaca menggunakan sebagian besar data parameter default IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) 2006. Untuk perhitungan faktor emisi spesifik, data aktivitas menggunakan jumlah penduduk yang dilayani oleh TPA Piyungan. Jumlah penduduk yang dilayani oleh TPA Piyungan dari tahun 2012 hingga tahun 2016 dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Jumlah Penduduk Yang Dilayani Oleh TPA Piyungan

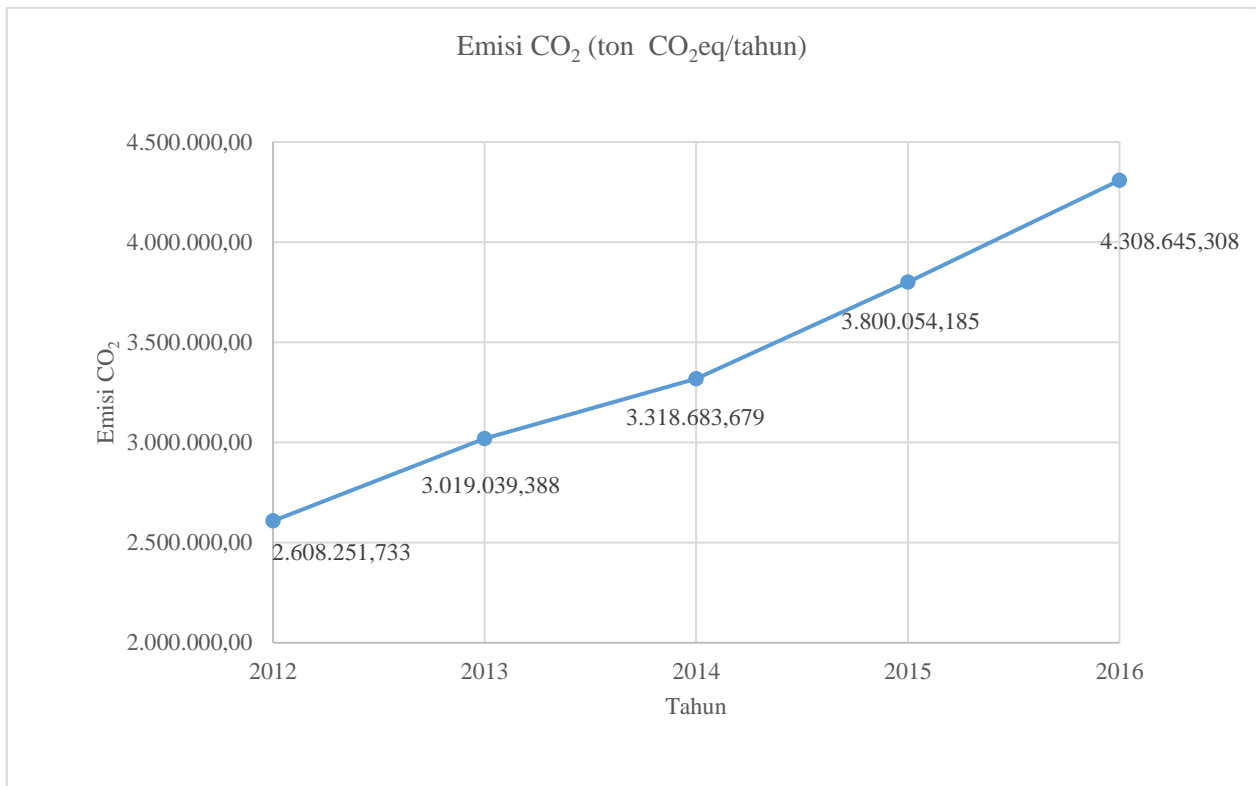
Tahun	Jumlah Penduduk Yang Dilayani TPA Piyungan (Jiwa)			Total Penduduk (Jiwa)
	Kota Yogyakarta	Kab. Sleman	Kab. Bantul	
2012	270.364	165.503	70.007	505.874
2013	288.801	166.807	88.646	544.255
2014	315.127	160.129	95.369	570.625
2015	313.325	191.000	106.283	610.608
2016	321.536	218.324	110.327	650.187

Setelah mengetahui jumlah penduduk Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman dan Kabupaten Bantul yang dilayani TPA Piyungan dan timbulan sampah untuk tiap orang per harinya, selanjutnya melakukan perhitungan total timbulan sampah (MSW_T). Timbulan sampah yang dihasilkan setiap orang akan bervariasi dari satu negara ke negara lain. Timbulan sampah di Indonesia menurut data default IPCC 2006 adalah 0,51 (kg/jiwa/hari). Gambar 1 menunjukkan grafik hasil perhitungan emisi CH_4 di TPA Piyungan selama 5 tahun terakhir.



**Gambar 1 Grafik Hasil Perhitungan Emisi CH₄ Di TPA Piyungan
Pada Tahun 2012 Hingga 2016**

Setelah mengetahui emisi gas metana (CH₄) selanjutnya dilakukan perhitungan emisi gas karbondioksida (CO₂). Perhitungan emisi gas karbondioksida (CO₂) menggunakan data *default* IPCC untuk nilai *Fraction of CH₄ di gas landfill (F)* dan *Oxidation Factor (OX)*. Gambar 2 menunjukkan grafik hasil perhitungan emisi gas CO₂ di TPA Piyungan.



**Gambar 2 Grafik Hasil Perhitungan Emisi Gas CO₂ Di TPA Piyungan
Pada Tahun 2012 Hingga 2016**

Nilai emisi CH₄ dan CO₂ yang terbentuk dari sektor persampahan di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah Piyungan selama 5 tahun terakhir terus mengalami kenaikan. Nilai emisi yang semakin tinggi setiap tahunnya disebabkan terus meningkatnya jumlah penduduk yang mengakibatkan bertambahnya jumlah timbunan sampah di TPA Piyungan. Selain itu kondisi Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah Piyungan menggunakan sistem *sanitary landfill*, dimana penutupan limbah padat dilakukam setiap 1 – 2 minggu sekali. Sementara sampah yang perlu ditimbun sebanyak 400 – 500 ton setiap harinya. Sampah yang belum ditutup tanah hanya diratakan dan dibiarkan terbuka sehingga menghasilkan gas CH₄ yang cukup tinggi, yang merupakan produk gas dominan pada proses pengelolaan limbah domestik.

Faktor emisi spesifik merupakan nilai rata-rata emisi gas rumah kaca yang dikeluarkan dari sumber / aktivitas tertentu. Faktor emisi spesifik digunakan untuk melakukan pendugaan emisi gas rumah kaca pada suatu wilayah yang memiliki ketersediaan data yang terbatas dan memiliki karakteristik yang sama. Sehingga wilayah dengan ketersediaan data yang terbatas tetap dapat melakukan inventarisasi emisi gas

rumah kaca menggunakan faktor emisi spesifik yang telah ada untuk menetapkan strategi atau kebijakan terkait dengan program pemerintah dalam upaya pencapaian target penurunan emisi gas rumah kaca. Tabel 2 menunjukkan hasil perhitungan faktor emisi spesifik gas rumah kaca sektor persampahan di TPA Piyungan selama 5 tahun terakhir.

**Tabel 2 Hasil Perhitungan Faktor Emisi Spesifik (CH₄) dan (CO₂)
Di TPA Piyungan Selama 5 Tahun Terakhir**

Tahun	Aktivitas Data (Jiwa)	Emisi CH ₄ (ton CH ₄)	Emisi CO ₂ (CO ₂ eq/ton)	FES CH ₄ (ton CH ₄ /jiwa)	FES CO ₂ (ton CO ₂ eq/jiwa)
2012	505.874	2.608.251,733	7.889.961,492	5,156	15,597
2013	544.255	3.019.039,388	9.132.594,148	5,547	16,780
2014	570.625	3.318.683,679	10.039.018,130	5,816	17,593
2015	610.608	3.800.054,185	11.495.163,909	6,223	18,826
2016	650.187	4.308.645,308	13.033.652,055	6,627	20,046
Estimasi rata - rata FES				5,874	17,768

Nilai faktor emisi spesifik berbanding lurus dengan jumlah penduduk dan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan. Semakin tinggi jumlah penduduk maka semakin tinggi timbunan sampah di TPA yang mengakibatkan semakin tingginya emisi gas rumah kaca di TPA sehingga faktor emisi spesifik yang dihasilkan semakin tinggi. Faktor emisi spesifik selama 5 tahun dirata-rata kan untuk mendapatkan nilai estimasi faktor emisi spesifik sehingga faktor emisi spesifik dapat digunakan untuk perhitungan emisi metana dan karbon dioksida selanjutnya.

Strategi mitigasi dan adaptasi penurunan emisi gas rumah kaca di TPA Piyungan secara umum tidak dapat dipisahkan dari upaya mitigasi dan adaptasi secara nasional. Mitigasi merupakan upaya menurunkan emisi gas rumah kaca sebagai respon isu – isu perubahan iklim. Tujuan mitigasi sektor persampahan adalah untuk mengurangi volume sampah dan mereduksi emisi gas rumah kaca terutama konsentrasi CO₂ dan CH₄ sehingga mengurangi pemicu perubahan iklim.

Truk sampah yang masuk ke TPA akan di timbang untuk proses pendataan, kemudian sampah tersebut dibuang ke suatu lokasi tanpa dilakukan pemisahan antara sampah organik dan anorganik. Pemilahan sampah – sampah tersebut hanya dilakukan para pemulung di sekitar TPA. Sampah yang dipilah adalah sampah yang memiliki nilai ekonomi atau bisa dijual kembali. Jika sudah tidak memiliki nilai ekonomis, sampah – sampah tersebut menjadi makanan untuk ratusan ekor sapi milik penduduk setempat yang digembala di sekitar lokasi TPA Piyungan. Pemanfaatan sampah organik yang dikomposkan hanya sekitar 5% dari sampah yang masuk ke TPA.

Berdasarkan uraian tersebut, rekomendasi upaya mitigasi yang dapat dilakukan di TPA Piyungan adalah perlunya diadakan sosialisasi mengenai teknik 3R (*reduce, reuse dan recycle*) guna mengurangi volume sampah yang dibuang ke TPA dan optimalisasi kegiatan pengomposan baik di sumber maupun di TPA.

Adaptasi merupakan upaya penyesuaian terhadap dampak perubahan iklim. Tujuan adaptasi sektor persampahan adalah merencanakan pengelolaan sampah yang lebih baik dengan mempertimbangkan kondisi perubahan iklim. Selain mengimplementasikan sistem 3R dan mengoptimalkan pengomposan, diharapkan TPA Piyungan dapat memperbaiki sistem penutupan sampah dengan mempersingkat waktu penutupan sampah menggunakan tanah dan mengolah gas metana yang keluar dari timbunan sampah menjadi sumber energi baru.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai potensi gas rumah kaca di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah Piyungan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Jumlah emisi gas metana (CH_4) dan gas karbondioksida (CO_2) dari timbulan sampah di TPA Piyungan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta pada tahun 2012, 2013, 2014, 2015 dan 2016 secara berturut – turut adalah sebesar 54.773.286,390; 63.399.827,146; 69.692.357,266; 79.801.137,881; 90.481.551,458 dan 7.889.961,492; 9.132.594,148; 10.039.018,130; 11.495.163,909; 13.033.652,055 $\text{CO}_2\text{eq/ton}$.
2. Nilai estimasi rata - rata faktor emisi spesifik untuk gas metana (CH_4) dan karbondioksida (CO_2) di TPA Piyungan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta selama 5 tahun terakhir adalah 5,874 ton CH_4 /jiwa dan 17,768 ton $\text{CO}_2\text{eq/jiwa}$.
3. Upaya mitigasi dan adaptasi yang dapat direkomendasikan berdasarkan jumlah emisi gas metana (CH_4) dan gas karbondioksida (CO_2) di TPA Piyungan, Bantul, Daerah Istimewa

Yogyakarta adalah sosialisasi teknik 3R, optimalisasi pengomposan dari sumber maupun TPA, dan peningkatan pengoperasian TPA dengan mempersingkat waktu penutupan sampah dan memanfaatkan gas metana yang telah dikumpulkan.

6. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan, berikut saran yang dapat diberikan:

1. Penyempurnaan data dengan melakukan penelitian untuk parameter – parameter lokal sehingga tidak perlu menggunakan data default IPCC 2006 untuk melakukan inventarisasi emisi GRK agar hasil perhitungan emisi lebih mendekati kondisi di lapangan.
2. Untuk penelitian yang sama terkait potensi gas rumah kaca, diperlukan adanya keterlibatan semua instansi teknis sektor persampahan untuk melakukan inventarisasi gas rumah kaca agar penurunan emisi gas rumah kaca dapat dilaksanakan secara optimal.
3. Untuk penelitian lebih lanjut perlu dilakukan kajian dari berbagai aspek secara menyeluruh agar tepat dalam memberikan rekomendasi upaya mitigasi dan adaptasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abadi, B.A, Herumurti, Welly. 2013. **Perhitungan Emisi Karbon Pengolahan Sampah Kota Probolinggo**. *Jurnal Teknik Pomits*. Volume 2. 2301-9271. ISSN: 2337-3539.
- Allen, A.R., G. Brito, P. Caetano, C. Costa, V.A. Cummins, J. Donnelly, C. Fernandes, K. Koukoulas, V.A. O'Donnell, C. Robalo and D. Vendas. 2001. **The Development of a GIS Model for the Location of Landfill Sites in Ireland and Portugal**. *3rd BGA Geoenvironmental Engineering Conference*. Edinburgh. In Press.
- Amos, Noelaka. (2008). **Kesadaran Lingkungan**. Jakarta: PT Rinika Cipta. (67)
- Anggita Dhiny Rarastry, Drs. Tri Bangun L Sony. 2016. **Kontribusi Sampah Terhadap Pemanasan Global**. Pusat Pengendalian Pembangunan Ekoregion Kalimantan. Kementerian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan. Balikpapan. (3)
- Bangun Ismansyah. 2010. **Tempat Pembuangan Akhir**. Diakses dari <http://www.scribd.com/doc/1739102/KRITERIA-TEKNIS-TPASAMPAH> pada tanggal 9 Februari 2012, Jam 10.02 WIB.

- Conant, J., Fadem, P., 2008. **Panduan Masyarakat Untuk Kesehatan Lingkungan** (Terjemahan Rini Sulaiman, Inca Wurangan, dan Bachtarun Gunawan). Cetakan Pertama, Palangka raya: The Eksyezet.
- Dogan, E., Sebri, M., Turkekul, B., 2016. **Exploring The Relationship Between Agricultural Electricity Consumption And Output: New Evidence From Turkish Regional Data.** *Energy Policy. Volume 95.* 370–377.
- EPA, 2010. **Methane and Nitrous Oxide Emissions from Natural Sources.** U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, USA.
- Fan, M., Shao, S., Yang, L., 2015. **Combining Global Malmquist–Luenberger Index And Generalized Method Of Moments To Investigate Industrial Total Factor CO₂ Emission Performance: A Case Of Shanghai (China).** *Energy Policy. Volume 79.* 189–201.
- Hapsari, Chrismalia, Wilujeng, S.A. 2010. **Studi Emisi Karbondioksida (CO₂) Dan Metana (CH₄) Dari Kegiatan Reduksi Sampah Di Wilayah Surabaya Bagian Selatan.** Skripsi. Jurusan Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Khatulistiwa, M.R, Jati, D.R, Fitria, L. 2015. **Inventarisasi Emisi CH₄ Di Tpa Batu Layang Kota Pontianak Provinsi Kalimantan Barat.** Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura. Pontianak.
- Kiswandayani, A.T, Susanawati, I.d, Wirosodarmo, Ruslan. 2016. **Komposisi Sampah dan Potensi Emisi Gas Rumah Kaca pada Pengelolaan Sampah Domestik: Studi Kasus TPA Winongo Kota Madiun.** *Jurnal Sumber Daya Alam Dan Lingkungan.* Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya.
- Loureiro, S.M., Rovere, E.L.L, Mahler, C.F. 2013. **Analysis Of Potential For Reducing Emission Of Greenhouse Gases In Municipal Solid Waste In Brazil, In The StateAnd City Of Rio De Janeiro.** *Waste Management. Volume 33.* 1302-1312.
- Mckinney, M.L., Schoch, R.M., 1996. **Environmental Science: Systems And Solution.** United States of America: West Publishing Company.
- Mizwar Andy. 2012. **Penentuan Lokasi Tempat Pengolahan Akhir (Tpa) Sampah Kota Banjarbaru Menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG).** *EnviroScienteeae 8.* ISSN 1978-8096.
- Newman E. I. 1993. **Applied Ecology.** Cambridge: Blockwell Science Ltd.
- Purwanta, Wahyu. 2009. **Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Dari Sektor Sampah Perkotaan Di Indonesia.** *J. Tek. Ling. Volume 10.* 01-08.

- Rovere, E.L.L., Dubeux, C.B.S., Oliveira, L.B., Wills, W., et al., 2007. **Emission Inventory of Greenhouse Gases in the State of Rio de Janeiro. Project Research SEA-RJ. Department of Environment of the State of RJ.** CENTROCLIMA (Center for Integrated Studies on Climate Change and the Environment), PPE/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brazil, 307 p.
- Shao, S., Yang, L., Gan, C., Cao, J., Geng, Y., Guan, D., 2016a. **Using an extended LMDI model to explore techno-economic drivers of energy-related industrial CO₂ emission changes: a case study for Shanghai (China).** *Renew. Sustain. Energy Rev.* **Volume 55**, 516–536.
- Slamet, Juli Soemirat. 2009. **Kesehatan Lingkungan.** Cetakan Kedelapan. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. (153).
- Sodiq, Moch. 2013. **Pemanasan Global.** Yogyakarta: Graha Ilmu. (1, 42).
- Soedomo, Moestikahadi. 2001. **Pencemaran Udara.** Penerbit ITB. Bandung. (14-15, 20-21).
- Suryati, Teti. 2009. **Bijak Dan Cerdas Mengolah Sampah.** Jakarta: Agromedia Pustaka. (11).
- Tchobanoglous, G., Thiesen, H., & Vigil, S. A. 1993. **Integrated Solid Waste Management.** Singapore; McGraw-Hill Inc.
- Tyler H. D. dan Ensminger M. E. 2006. **Dairy Cattle Science: Fourth Edition.** New Jersey: Pearson Education Inc.
- Wardhana, Wisnu Arya. 2010. **Dampak Pemanasan Global.** Yogyakarta: Andi (48, 59-60, 72).
- Winayanti, Irma. 2009. **Studi Produksi Gas Metan (CH₄) dan Karbondioksida (CO₂) dari Timbunan Sampah.** Tugas Akhir – PL 1603. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS. Surabaya.
- Ziyang Lou, Bo-Feng Cai, Nanwen Zhu, Youcai Zhao, Yong Geng. 2017. **Greenhouse Gas Emission Inventories From Waste Sector In China During 1949-2013 And Its Mitigation Potential.** *Journal Of Cleaner Production.* **Volume 157.** 118-124.
- Zulkifli, Arif. 2014. **Pengelolaan Limbah Berkelanjutan.** Yogyakarta: Graha Ilmu. (19, 25-29).