

Analisis Produksi Gas Metana (CH₄) dan Karbon Dioksida (CO₂) dari Tempat Pembuangan Akhir Kota Pekanbaru

Herfi Rahmi¹⁾, Aryo Sasmita²⁾, Elvi Yenie³⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan, ^{2,3)}Dosen Teknik Lingkungan Program Studi Teknik Lingkungan S1, Fakultas Teknik Universitas Riau Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km. 12,5 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru 28293
Email : rahmiherfi@gmail.com

ABSTRACT

In 2013, Municipal Solid Waste (MSW) of Pekanbaru was transported to landfill reach 14.631 tonnes/month from 999.031 people with 4,06% population growth rate. The waste in landfill will be decomposed in anaerobic digestion process and produced methane (CH₄) with composition of 45%-60%. Based on Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 03/Prt/M/2013 the operational of the landfill either by controlled landfill or sanitary landfill should be able to control the landfill gas, ensure the worker safety and emergency response and management of flammable threat. This research predicted the production and dispersion of methane gas and carbon dioxide from MSW of Pekanbaru landfill from anaerobic fermentation process. Production of methane gas and carbon dioxide were analyzed with LandGEM. Based on the LandGEM analysis shown that the total landfill gas from Pekanbaru landfill in 2020 will reach 3.147.585 m³/year equalsto 359,313 m³/hour. Total methane generation will reach 1.888.551 m³/year equals to 215,588 m³/hour and 1.259.034 m³/year equals to 143,725 m³/hour for total carbon dioxide.

Keywords : *production, dispersion, methane, carbon dioxide*

1. PENDAHULUAN

Paradigma pengelolaan sampah yang sering digunakan hingga saat ini di Indonesia adalah dengan metode kumpul, angkut, dan buang, dimana andalan utama sebuah kota dalam menyelesaikan masalah persampahannya adalah pemusnahan dengan *landfilling* pada sebuah Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah. TPA akan menerima segala resiko akibat pola pembuangan sampah terutama yang berkaitan dengan kemungkinan terjadinya pencemaran lindi (*leachate*) ke badan air maupun air tanah, pencemaran udara oleh gas, dan efek rumah kaca serta berkembang

biaknya vektor penyakit seperti lalat. Potensi pencemaran *leachate* maupun gas dari suatu *landfill* ke lingkungan sekitarnya cukup besar mengingat proses pembentukan *leachate* dan gas dapat berlangsung dalam waktu yang cukup lama yaitu 20-30 tahun setelah TPA ditutup (Tchobanoglous, 1993).

TPA Muara Fajar merupakan salah satu tempat pembuangan akhir sampah yang berdiri pada tahun 1982 dengan luas lahan sekitar 8,6 hektar berada di Kecamatan Rumbai, Kelurahan Muara Fajar. (Maiyola, 2014). Potensi timbulan sampah yang terangkut ke TPA pada tahun 2013 mencapai 14.631 ton/bulan

pada bulan Desember 2013 dari jumlah penduduk 999.031 jiwa dan disertai laju pertumbuhan penduduk sebesar 4,06% (Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Pekanbaru, 2014 dan Badan Pusat Statistika Kota Pekanbaru, 2014).

TPA sampah yang telah melewati batas perencanaan 20 tahun dalam tahap akhir kapasitas tampung dan letaknya yang berdekatan dengan kawasan pemukiman penduduk mengakibatkan perluasan TPA sulit dilakukan, karena itu perlu disiapkan lokasi baru sebagai TPA pengganti. Pemerintah Kota Pekanbaru saat ini sedang merencanakan pembangunan TPA sampah di lokasi baru yang terletak di Kelurahan Muara Fajar, Kecamatan Rumbai (Natalina, 2016).

TPA sampah di lokasi baru terletak pada $0^{\circ} 39' 30''$ LU dan $101^{\circ} 26' 36''$ BT. TPA sampah ini berjarak ± 16 km dari titik nol kota Pekanbaru, $\pm 1,6$ km dari jalan umum, dan berada pada ketinggian ± 48 m di atas permukaan laut. TPA Kota Pekanbaru ini memiliki luas lahan 10 ha terdiri dari 6,12 ha lahan sebagai *landfill site*. Operasional TPA sampah direncanakan berlangsung selama 7 hari dalam seminggu dengan jam operasional 06.00-18.00 WIB.

Gas dari TPA dihasilkan terus menerus oleh aksi mikroba pada limbah *biodegradable* dalam kondisi anaerobik (Couth R, 2011 dalam Kalantarifard dan Yang, 2012). Metana dan karbon dioksida adalah konstituen utama dari gas TPA dan memberikan kontribusi pada efek rumah kaca (Rodica C, 2007 dalam Kalantarifard dan Yang, 2012). Meskipun dalam kebanyakan kasus

limbah akan ditutupi oleh 10 sampai 15 cm dari tanah penutup untuk mengurangi gas dan bau difusi, jumlah kecil gas-gas ini terus memancarkan ke atmosfer. (Kalantarifard dan Yang, 2012).

Di antara model-model terintegrasi, pemodelan perangkat lunak LandGEM (*Landfill Gas Emissions Model*) dikembangkan untuk penilaian tempat pembuangan sampah limbah padat lingkungan kota. LandGEM memperkirakan volume dan komposisi gas yang dihasilkan sepanjang waktu sebagai konsekuensi dari degradasi bahan organik di TPA (EPA, 2005 dalam Kalantarifard dan Yang, 2012).

Terdapat beberapa penelitian untuk memperkirakan dan menangkap jumlah gas yang dihasilkan dari tempat pembuangan sampah kota, sejak saat itu banyak model yang telah dikembangkan untuk menghitung timbulan gas TPA, oksidasi dan emisi TPA (Adrian, 2008 dalam Kalantarifard dan Yang, 2012).

Emisi metana telah diprediksi dengan menggunakan model LandGEM untuk tempat pembuangan sampah Tanjung Langsat Malaysia. TPA ini mulai beroperasi pada tahun 2002 dengan tujuan untuk menerima limbah padat yang dihasilkan di daerah sekitarnya hingga tahun 2012. Jumlah metana dari limbah padat terhitung sebesar $4,436 \times 10^2$ Mg/tahun pada tahun 2003, tahun pertama setelah limbah padat diterima oleh TPA, sementara tingkat metana maksimum terjadi selama tahun 2012-2015 yang menunjukkan emisi gas sekitar $4,17 \times 10^3$ Mg/tahun (Kalantarifard dan Yang, 2012).

Produksi gas TPA Jebel Chakir tahunan diprediksi oleh model LandGEM dan dikumpulkan gas TPA selama 38 bulan (akhir 2008-2011), puncak pembentukan LFG (*Landfill Gas*) akan berlangsung satu tahun setelah penutupan TPA (2011) dengan tingkat diperkirakan $2,61 \times 10^7 \text{ m}^3/\text{tahun}$. Tingkat pembentukan gas TPA akan menurun secara eksponensial setelah TPA penutupan sejajar dengan penurunan jumlah sampah terdekomposisi di TPA (Aydi, 2012).

Jumlah emisi dari TPA Sanandaj selama 2000-2100 dihitung menggunakan program perangkat lunak LandGEM. Sebagian besar massa gas yang dipancarkan dari TPA itu diperkirakan terjadi pada tahun 2021. Nilai perkiraan total gas *landfill*, metana dan karbon dioksida, yaitu 23.150,6184 dan 16.970 ton/tahun, masing-masing (Rezaee *et al.*, 2013).

Hasil analisis LandGEM menunjukkan bahwa total gas yang dihasilkan oleh blok 3 TPA Talangagung (2010-2012) sampai pada tahun 2013 adalah sebesar $137.967,67 \text{ m}^3/\text{tahun}$, atau setara dengan rata-rata harian sebesar $377,99 \text{ m}^3/\text{hari}$. Pada tahun 2013 hasil analisis LandGEM menunjukkan bahwa nilai laju timbulan gas tersebut berada pada titik puncaknya. (Wibowo, 2014).

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian adalah sebagai berikut :

1. Menghitung masa layanan TPA Kota Pekanbaru berdasarkan prediksi sampah masuk TPA (*weight volume analysis*).
2. Memprediksi produksi gas metana (CH_4) dan gas karbon dioksida

(CO_2) sebagai konstituen utama yang timbul akibat proses fermentasi anaerob dari TPA dan memberikan kontribusi pada efek rumah kaca dengan *software* LandGEM.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan Instrumentasi

Alat yang digunakan dalam penelitian ini perangkat keras (*hardware*) berupa seperangkat *personal computer* (PC) dan perangkat lunak (*software*) yang digunakan yaitu *spreadsheet* LandGEM (*Landfill Gas Emission*) dan ALOHA (*Areal Location of Hazardous Atmospheres*) serta GPS (*Global Positioning System*), kamera.

Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di kawasan TPA Muara Fajar dan TPA Kota Pekanbaru.

Metode Pengumpulan Data

A. Data Penelitian

Data yang diperlukan untuk perencanaan ini adalah :

1. Karakteristik sampah (komposisi dan massa jenis sampah)
2. Jumlah sampah masuk TPA Muara Fajar (Data jembatan timbang)
3. Tahun rencana operasi TPA Kota Pekanbaru (tahun pembukaan dan penutupan)
4. Kapasitas desain TPA Kota Pekanbaru
5. Peta TPA Kota Pekanbaru

Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan perhitungan masa layanan TPA Kota Pekanbaru berdasarkan perhitungan dan proyeksi data sampah masuk TPA (*weight volume analysis*) dari

jembatan timbang dengan mempertimbangkan faktor kompaksi dan volume timbulan yang direduksi oleh pemulung di TPA pada masa operasional TPA, dilanjutkan dengan prediksi timbulan gas metana dan gas karbondioksida sebagai *output* dari *spreadsheet* LandGEM (*Landfill Gas Emission*) dengan data *input* berupa data sampah masuk TPA tahunan hingga kapasitas TPA terpenuhi.

Perkiraan volume timbulan sampah tahunan diperlukan untuk perhitungan kecukupan masa layanan TPA Kota Pekanbaru berdasarkan massa jenis sampah Kota Pekanbaru setelah kompaksi dan reduksi oleh pemulung pada masa operasional TPA. Perhitungan masa layanan TPA diperoleh berdasarkan kapasitas TPA terhadap perhitungan data sampah masuk. Data sampah masuk TPA Kota Pekanbaru diperoleh berdasarkan proyeksi dari data rekapitulasi jumlah sampah yang masuk ke TPA (*data jembatan timbang/weight volume analysis*) dengan beberapa asumsi-asumsi untuk perhitungan. Adapun asumsi-asumsi yang digunakan dalam menentukan volume sampah adalah sebagai berikut:

1. Timbulan sampah yang direduksi oleh pemulung di TPA, menurut Damanhuri dan Padmi (2012) TPA di beberapa kota di Indonesia rata-rata memiliki persentase reduksi oleh pemulung sebesar $\pm 5\%$ dari sampah yang tiba di TPA.
2. Tingkat kepadatan (kompaksi) timbulan sampah yang diharapkan pada TPA Kota Pekanbaru berdasarkan *Standard Operating Procedure (SOP) Detail Engineering Design* TPA

Kota Pekanbaru sebesar 600-700 kg/m^3 (0,60-0,70 ton/m^3).

3. Kebutuhan tanah penutup untuk *sanitary landfill* diperkirakan 20% dari sampah yang akan ditimbun (Jaramillo, 2003; Zakaria dan Rahardyan, 2010; Damanhuri, 2010).

Prediksi timbulan gas metana dan karbon dioksida yang lepas dari TPA Kota Pekanbaru diperoleh dari hasil analisa *spreadsheet* LandGEM (*Landfill Gas Emissions Model*) dengan data input berupa data rencana TPA, data sampah masuk TPA hingga masa layanan tercukupi, dan data-data asumsi dasar lainnya. Adapun asumsi-asumsi yang digunakan dalam memprediksi timbulan gas metana dan karbondioksida adalah sebagai berikut:

1. Konstanta tingkat pembentukan metana (*Methane Generation Rate, k*), yaitu $0,04 \text{ year}^{-1}$ (*conventional*).
2. Kapasitas potensial pembentukan metana (*Potential Methane Generation Capacity, L_o*), yaitu $100 \text{ m}^3/\text{Mg}$ (*conventional*).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN Proyeksi Timbulan Sampah Kota Pekanbaru

Proyeksi timbulan sampah dihitung berdasarkan data jembatan timbang (*weight volume analysis*) dari TPA Muara Fajar. Hasil proyeksi timbulan sampah dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Proyeksi Timbunan Sampah Kota Pekanbaru Tahun 2017-2026

Tahun	Timbunan Sampah (kg)
2017	200.031.796,24
2018	220.828.083,81
2019	241.624.371,38
2020	262.420.658,95
2021	283.216.946,52
2022	304.013.234,10
2023	324.809.521,67
2024	345.605.809,24
2025	366.402.096,81
2026	387.198.384,38
Jumlah	2.936.150.903,10

Sehingga berdasarkan perhitungan melalui asumsi-asumsi dasar perhitungan volume timbunan maka diperoleh volume sampah dari tahun 2017 hingga tahun 2026 pada Tabel 2.

Tabel 2. Perkiraan Volume Sampah TPA Kota Pekanbaru Tahun 2017-2026

Tahun	Volume Sampah TPA Kota Pekanbaru (m ³)
2017	271.471,72
2018	299.695,26
2019	327.918,79
2020	356.142,32
2021	384.365,86
2022	412.589,39
2023	440.812,92
2024	469.036,46
2025	497.259,99
2026	525.483,52
Jumlah	3.984.776,23

Perhitungan kapasitas lahan urug (*landfill*) dan masa layanan TPA diperoleh dari perhitungan volume lahan urug yang diperkirakan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 &1. \text{ Kapasitas } Landfill \\
 &= \text{Luas } landfill \times \text{Tinggi} \\
 &\quad \text{Timbunan di zona } landfill \\
 &= 61.200 \text{ m}^2 \times 15 \text{ m} \\
 &= 918.000 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &2. \text{ Volume Tanah Penutup } Landfill \\
 &= 20\% \times \text{Volume Lahan Urug} \\
 &= 20\% \times 918.000 \text{ m}^3 \\
 &= 183.600 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &3. \text{ Kapasitas } Landfill \text{ untuk Sampah} \\
 &= 918.000 \text{ m}^3 - 183.600 \text{ m}^3 \\
 &= 734.400 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Perkiraan masa layanan TPA Kota Pekanbaru diuraikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perkiraan Total Volume Sampah

Tahun	Volume Sampah TPA (m ³)	Total Volume Sampah tahun 2017-2018 (m ³)	Total Volume Sampah tahun 2017-2019 (m ³)
2017	271.471,72	571.166,98	899.085,77
2018	299.695,26		
2019	327.918,79		

$$\begin{aligned}
 &4. \text{ Perhitungan sisa lahan setelah} \\
 &\quad \text{tahun 2018} \\
 &= \text{Kapasitas } landfill \text{ untuk sampah} \\
 &\quad - \text{Total volume sampah 2017} \\
 &\quad \text{s.d 2018} \\
 &= 734.400 \text{ m}^3 - 571.166,98 \text{ m}^3 \\
 &= 163.233,02 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &5. \text{ Perhitungan masa layanan pada} \\
 &\quad \text{tahun 2019} \\
 &= \frac{\text{Sisa lahan setelah tahun 2018}}{\text{Volume sampah perbulan pada 2020}} \\
 &= \frac{163.233,02 \text{ m}^3}{27.326,57 \text{ m}^3/\text{bulan}} \\
 &= 5,97 \text{ bulan} \\
 &= 6 \text{ bulan}
 \end{aligned}$$

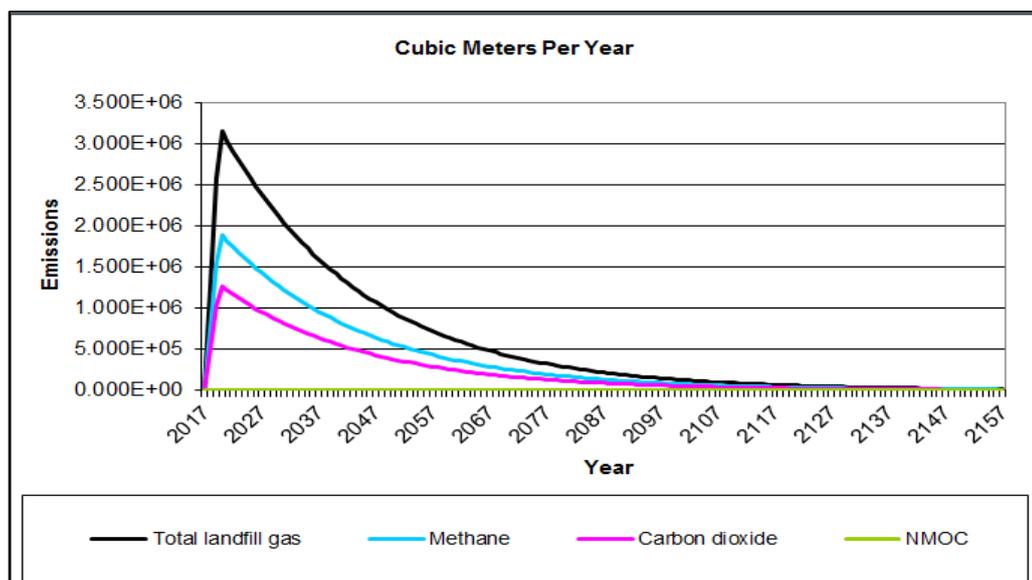
Maka secara keseluruhan kapasitas TPA dapat menampung sampah selama 2 tahun 6 bulan.

Analisis Produksi Metana dan Karbon Dioksida TPA Kota Pekanbaru

Analisis produksi metana dan karbon dioksida dilakukan pada keseluruhan area *landfill* TPA Kota Pekanbaru berdasarkan total sampah masuk per tahun selama tahun 2017-2019. Identifikasi laju timbulan emisi gas metana dan karbondioksida di area TPA Kota Pekanbaru dianalisa dengan *spreadsheet* LandGEM untuk keperluan analisis produksi gas.

Hasil analisis total gas *landfill* LandGEM yang dihasilkan oleh TPA

Kota Pekanbaru untuk masa operasional 2017 sampai 2020 menunjukkan nilai total timbulan gas berada pada titik puncaknya pada tahun 2020 yaitu satu tahun setelah berakhirnya operasional TPA, sebesar 3.147.585 m³/tahun setara dengan 359,313 m³/jam, total timbulan gas metana 1.888.551 m³/tahun setara dengan 215,588 m³/jam, dan total timbulan gas karbon dioksida 1.259.034 m³/tahun setara dengan 143,725 m³/jam. Grafik gas yang dihasilkan TPA Kota Pekanbaru ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Timbulan Gas TPA Kota Pekanbaru (m³/tahun)

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Timbulan sampah Kota Pekanbaru berdasarkan hasil proyeksi data jembatan timbang dalam kurun waktu perencanaan 10 tahun (2017-2026) sebanyak 2.936.150,903 ton, dengan luas

lahan urug TPA Kota Pekanbaru seluas 6,12 ha hanya dapat menampung sampah selama 2 tahun 6 bulan.

2. Hasil analisis total gas *landfill* dari *software* LandGEM, titik puncak total produksi gas TPA Kota Pekanbaru terjadi pada tahun

2020 mencapai 3.147.585 m³/tahun setara dengan 359,313 m³/jam. Total produksi gas metana mencapai 1.888.551 m³/tahun setara dengan 215,588 m³/jam. Total produksi gas karbon dioksida 1.259.034 m³/tahun setara dengan 143,725 m³/jam.

DAFTAR PUSTAKA

- Aydi, Abdelwaheb. 2012. Energy Recovery from a Municipal Solid Waste (MSW) Landfill Gas : A Tunisian Case Study. *Hydrol Current Res. ISSN: 2157-7587 HYCR, an open access journal. Volume 3 Issue 4. Moncef Zairi Laboratoire Eau, Energie et Environnement, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Sfax, Tunisia.*
- Badan Pusat Statistik Kota Pekanbaru. 2014. *Pekanbaru dalam Angka 2014*. BPS Kota Pekanbaru.
- Damanhuri, E., dan Padmi, T. 2010. *Diktat Pengelolaan Sampah TL-3104*. Bandung : Penerbit ITB
- Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Pekanbaru, 2008. *Laporan Penyusunan Buku Produksi dan Karakteristik Sampah Permukiman Kota Pekanbaru*. DKP. Pekanbaru.
- Jaramillo, J., 2003. *Guidelines for The Design, Construction and Operation Manual Sanitary Landfill*. Pan American Center for Sanitary Engineering and Environmental Sciences, Peru.
- Kalantarifard, Amin dan Yang, Go Su. 2012. Estimation of Methane Production by LANDGEM Simulation Model from Tanjung Langsat Municipal Solid Waste Landfill, Malaysia. *International Journal of Science and Technology Volume 1 No. 9*. Department of Environmental Engineering, Chonbuk National University, Jeonju, 561-756, South Korea.
- Natalina, R. 2016. *Kajian Kelayakan Rencana Lokasi Baru Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah di Kelurahan Muara Fajar-Kota Pekanbaru*. Skripsi. Universitas Riau.
- PT. Holistika Primagrahita. 2015. *Laporan Akhir DED TPA Kota Pekanbaru*. Pekanbaru
- PT. Holistika Primagrahita. 2015. *Standard Operationg Procedure TPA Kota Pekanbaru*. Pekanbaru
- Rezaee, R., Nasser, S., Mahvi, A.H., Jafari, A., Mazloomi, S., Gavami, A., & Yaghmaeian, K. 2014. Estimation of gas emission released from a municipal solid waste landfill site through a modeling approach: A case study, Sanandaj, Iran. *Journal of Advances in Environtal Health Reserarch, Vol. 2, No. 1*. Iran
- Tchobanoglous, Theisen, & Vigil. 1993. *Integrated solid waste management*, McGraw Hill, Inc, USA.
- Wibowo, Imam. 2014. *Analisis Spasial Dispersi Karbon Dioksida TPA Talangagung Menggunakan Model Gaussian Dan Aplikasi Sistem Informasi Geografis*. Tesis. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

Zakaria R., & Rahardyan B., 2010.
Analisis perubahan sikap dalam
mereduksi penyebab penolakan
terhadap Penerapan Teknologi
Pengolahan Akhir Sampah.

*Jurnal Program Studi Teknik
Lingkungan.* Fakultas Teknik
Sipil dan Lingkungan, Institut
Teknologi Bandung. Bandung.