



Karakterisasi Sampah Padat Kota Dan Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Bakung Kota Bandarlampung

Characterization of Municipal Solid Waste (MSW) and Estimation of Greenhouse Gas Emissions at Bakung Site Landfill, Bandar Lampung City

Dewi Agustina Iryani^{a,d}, Muhammad Ikromi^b, Dikpride Despa^b, Udin Hasanudin^{c,d}

^aJurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Bandar Lampung, 35145, Indonesia

^bJurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Bandar Lampung, 35145, Indonesia

^cJurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Bandar Lampung, 35145, Indonesia

^dPusat Penelitian dan Pengembangan Biomassa Tropika, Universitas Lampung, Bandar Lampung, 35145, Indonesia

Article Info:

Received: 16 - 10 - 2017

Accepted: 18 - 07 - 2019

Keywords:

Bakung landfill site, waste characteristic, greenhouse gas, methane

Corresponding Author:

Dewi Agustina Iryani
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung;
Email:
dewi.agustina@eng.unila.ac.id

Abstract: Municipal Solid Waste (MSW) which is disposed to unmanaged landfill site generates the large quantities of greenhouse gas (GHG) called landfill gas. This Landfill gas is composed from various type of gases, one of those gases is methane (CH₄) that is 21 times more effective than carbon dioxide (CO₂) which contributes to global warming. The number of methane gas generated from organic waste has different values depending on the waste characteristics. This study is aimed to calculate the GHG of Bakung landfill which is located at Bandar Lampung city by considering about the waste characterization using various analytical testing such as water, ash and carbon content which were then used to calculate Degradable Organic Carbon or DOC (% wet weight). The percentage of DOC and the default data of IPCC Inventory software 2012 ver. 2.11 were then used to estimate emission rates for total landfill gas. The software is based on the 2006 IPCC Guidelines for National Green House Gas inventories. The estimation calculation results showed that the Bakung landfill is able to generate an average of 2 665 m³ Million methane during 2018 – 2032.

How to cite (CSE Style 8th Edition):

Iryani DA, Ikromi M, Despa D, Hasanudin U. 2019. Karakterisasi sampah padat kota dan estimasi emisi gas rumah kaca di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Bakung Kota Bandarlampung. JPSL 9(2): 218-228. <http://dx.doi.org/10.29244/jpsl.9.2.218-228>

PENDAHULUAN

Sampah padat kota yang dibuang ke TPA akan mengalami proses dekomposisi secara anaerobik sehingga menghasilkan gas yang disebut gas landfill (Terraza dan Willumsen 2019). Gas Landfill atau LFG merupakan gas yang dihasilkan oleh mikroba pada saat bahan organik mengalami proses fermentasi dalam suatu keadaan anaerobik (Garcilasso *et al.* 2011). Komponen penyusun gas landfill terlihat pada Tabel 1.

Gas landfill termasuk kedalam kelompok Gas Rumah Kaca (GRK). Gas landfill yang terkumpul dari proses fermentasi anaerobik bahan organik tersebut akan menyebabkan meningkatnya suhu disekitar TPA, menimbulkan bau tidak sedap bahkan dapat memicu terjadinya ledakan (Garcilasso *et al.* 2011). Gas metana yang terkandung pada gas landfill biladikelola dengan baik, dapat memberikan berbagai keuntungan seperti mengurangi efek rumah kaca dan kerusakan lingkungan bahkan dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan bakar alternatif (Garcilasso *et al.* 2011). Berdasarkan potensi gas metana tersebut maka perlu dilakukan perhitungan potensi emisi gas rumah kaca keseluruhan yang dihasilkan dari suatu tempat pembuangan akhir.

Tabel 1 Persentase kandungan gas *landfill* (Rizal 2011)

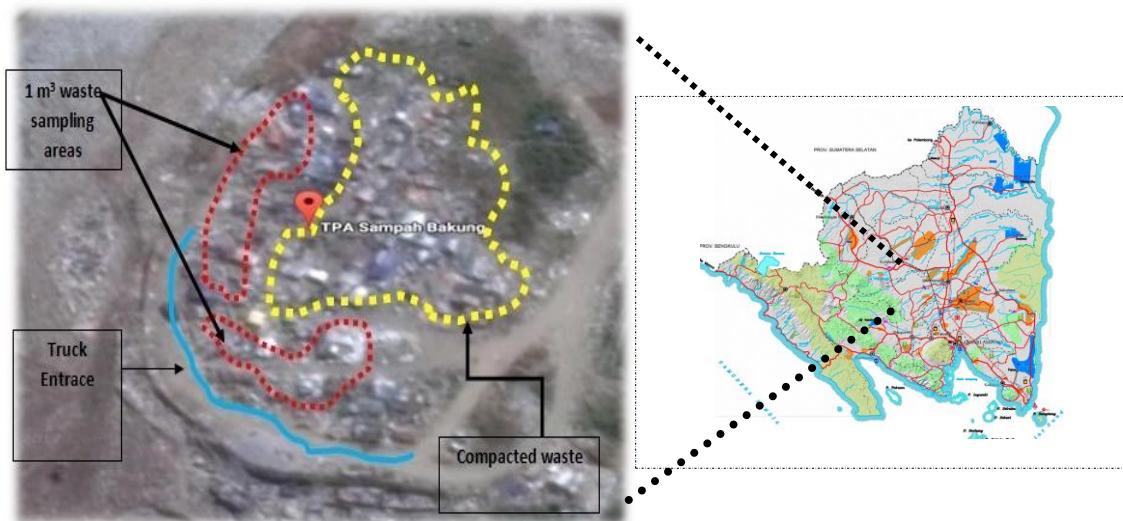
No	Gas Penyusun LFG	Rumus Kimia	Kandungan
1	Metana	CH ₄	40 – 60 %
2	Karbon dioksida	CO ₂	25 -50 %
3	Nitrogen	N ₂	3 – 15 %
4	Oksigen	O ₂	0 – 4 %
5	Hidrogen	H ₂	0 – 1 %
6	Argon	Ar	0 – 0.4 %
7	Hydrogen sulfida	H ₂ S	0 – 200 ppm
8	Clorine	Cl	0 – 200 ppm
9	Fluorine	F	0 – 200 ppm

Emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari timbunan sampah padat kota di TPA akan berbeda-beda jumlahnya tergantung dari jenis dan karakteristik masing-masing sampah (Garcilasso *et al.* 2011). Untuk menghitung nilai emisi Gas Rumah Kaca dari TPA maka komposisi sampah padat kota perlu diketahui. Komposisi ini akan bervariasi tergantung dengan tipe kota (metropolitan, kota besar, atau kota kecil), iklim (kelembaban dan curah hujan) dan perilaku/gaya hidup masyarakat di wilayah tersebut. Idealnya komposisi sampah masuk TPA diukur di masing-masing TPA, mengingat TPA memiliki karakteristik yang berbeda satu dengan yang lainnya (KLHK 2012). Secara umum, komposisi sampah dibagi menjadi 9 jenis antara lain sampah sisa makanan, kertas, disposable *nappies*, kayu, kain dan tekstil, karet/kulit, plastik, logam, gelas dan sampah jenis lain (KLHK 2012).

Saat ini, telah dikembangkan berbagai macam metode perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca dari suatu tempat pembuangan akhir. Mor *et al.* (2006), telah menghitung dan menetapkan karakteristik sampah serta pengaruhnya terhadap emisi gas rumah kaca, namun penelitian ini hanya menitik beratkan pada karakteristik sampah TPA dengan kedalaman tertentu dan belum dapat menentukan karakteristik sampah untuk masing-masing jenis sampah. Sedangkan Purwanta (2009), Abadi dan Herumurti (2013), dan Mavrotas *et al.* (2013) telah melakukan perhitungan emisi gas rumah kaca dengan mengklasifikasikan sampah padat kota menjadi beberapa kategori. Namun, penelitian ini tidak mengkaji secara langsung karakteristik sampah padat kota yang spesifik. Dan, data yang digunakan masih merupakan data karakteristik secara umum yang diperoleh dari data default IPCC 2006, sehingga perhitungan emisi gas rumah kaca yang didapatkan memiliki tingkat akurasi yang rendah.

Untuk menjamin tingkat akurasi dari hasil perhitungan GRK, berbagai penelitian sebelumnya telah mencoba menggunakan software sebagai alat bantu yang presisi. Kumar *et al.* (2014) melakukan perhitungan emisi gas rumah kaca dengan menggunakan software landGEM version 3.02 namun software yang digunakan memiliki kelemahan dikarenakan hanya dapat menghitung emisi GRK dari jumlah penduduk dan jumlah refuse landfill sedangkan dalam perhitungannya, karakteristik sampah padat kota diabaikan, padahal sifat dan karakteristik dari sampah padat kota akan sangat berpengaruh terhadap jumlah GRK yang dihasilkan dari TPA.

Berdasarkan studi pustaka yang telah disebutkan diatas, maka penelitian ini difokuskan pada perhitungan potensi emisi GRK berdasarkan sifat karakteristik sampah padat kota. Data hasil analisis karakteristik sampah selanjutnya digunakan sebagai acuan untuk menghitung jumlah Degradable Organic Carbon (DOC) dari masing-masing jenis sampah padat kota. Data DOC tersebut selanjutnya digunakan sebagai input parameter dalam software IPCC Inventory 2006, sehingga akan didapatkan hasil perhitungan potensi GRK yang sesuai dengan sifat dan karakteristik sampah TPA Bakung Kota Bandar Lampung.



Gambar 1 Peta Provinsi Lampung dan TPA Plotting Area Bakung Kota Bandar Lampung (BAPPEDA Provinsi Lampung 2015)

METODE PENELITIAN

Spesifikasi Lokasi

TPA Bakung merupakan satu-satunya TPA di Kota Bandar Lampung yang telah didirikan sejak Tahun 1994. Luas total lahan yang digunakan sebagai lokasi pembuangan sampah adalah 14 Ha dimana lahan tersebut merupakan jenis lahan dengan permukaan datar dan kedalaman lahan <5m sehingga dikategorikan kedalam TPA jenis dangkal (Shallows) (BAPPEDA Provinsi Lampung 2015).

Awal mulanya TPA Bakung direncanakan untuk mengadopsi sistem sanitary landfill, namun karena berbagai kendala seperti kurangnya tenaga ahli, sarana, prasarana, serta pendanaan menyebabkan TPA Bakung beralih menjadi sistem open dumping dimana sampah padat kota yang ada hanya dihamparkan pada lahan terbuka tanpa adanya pengelolaan lebih lanjut (BAPPEDA Provinsi Lampung 2015). Adapun peta dan area TPA Bakung Kota Bandar lampung diperlihatkan pada Gambar 1 sebagai berikut:

Tabel 2 Profil TPA Bakung Kota Bandar Lampung

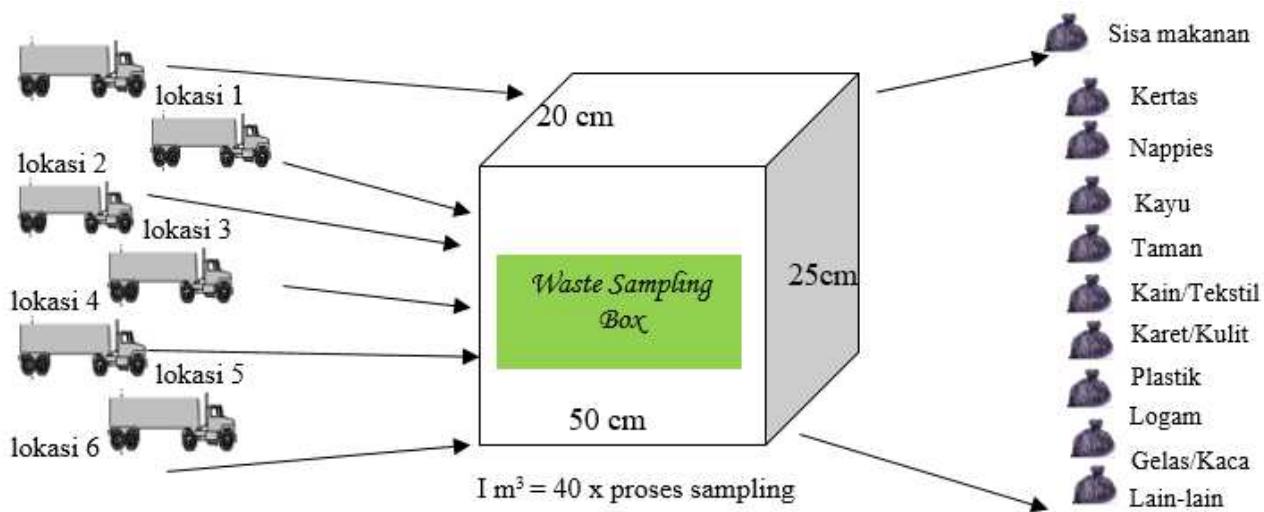
1	Nama TPA	TPA Bakung
2	Lokasi	Kota Bandar Lampung
3	Dinas Pengelola	Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Bandar Lampung
4	Tahun didirikan	1994
5	Tahun penutupan	-
6	Luas Lahan	14 Ha
7	Tipe TPA	<i>Unmanaged (Open Dumping)</i>
8	Tipe kedalaman TPA	< 5 m (<i>ShallowsLandfill</i>)
9	Jumlah karyawan / pengelola	23 orang
10	Jenis dan Jumlah kendaraan angkutan	<ul style="list-style-type: none"> • Dump Truck (67 unit) • Amroll Truck (24 unit) • Mobil Engkel (2 unit)
11	Pengolahan Air Lindi	Tidak ada

Metode Sampling Komposisi Sampah

Komposisi sampah ditentukan berdasarkan standar SNI 19-3964-1994 dimana basis volume sampel sampah yang diambil adalah 1 m³. Sampel diambil secara acak pada 6 area dengan titik warna merah yang ditunjukkan pada Gambar 1. Sampling sampah diambil pada lokasi dimana truk menumpahkan sampah segar yang belum dipisahkan oleh pemulung maupun proses pemadatan yang dilakukan oleh alat berat.

Pengambilan sampah menggunakan kotak berukuran 50 x 20 x 25 cm sebanyak 40 kali pada 6 lokasi berbeda. Selanjutkan, sampah diklasifikasikan menjadi 11 kategori yaitu sampah sisa makanan, taman, kayu, kertas, *nappies*, karet/kulit, kain/tekstil, plastik, logam, gelas/kaca dan sampah jenis lain. Sampah yang telah diklasifikasi tersebut ditimbang beratnya masing-masing dan dihitung persentase komposisinya dengan menggunakan persamaan berikut:

$$W_i = \frac{\text{Berat sampah } i}{\text{Berat total sampah}} \times 100\%$$



Gambar 2 Skema metode sampling karakteristik sampah

Metode Analisis Laboratorium

Uji laboratorium mencangkup uji kadar air, abu serta kandungan decomposable carbon untuk selanjutnya digunakan untuk menghitung nilai Degradable Organic Carbon (% berat basah).

Metode Sampling Komposisi Sampah

Kadar air untuk setiap kategori sampah dihitung dan dianalisis sesuai dengan standar SNI 19-2891-1992. Timbang dan siapkan sekitar 200 gram sampel dari masing-masing kategori sampah, lalu dikeringkan dengan oven selama 2 jam dengan suhu 105°C. Sampel yang sudah dikeringkan kemudian dikeluarkan dari oven dan dimasukan kedalam desikator. Sampel ditimbang kembali dan prosedur diulangi sampai diperoleh bobot konstan. Setelah didapatkan nilai bobot konstan dari setiap kategori sampah maka dilakukan perhitungan kadar air menggunakan persamaan berikut:

$$\% WC_i = \frac{BW_i - BK_i}{BA_i} \times 100\%$$

Dimana:

WC_i = persentase kadar air dalam sampah kategori-i.

BA_i = berat awal sampel sampah-i sebelum dikeringkan.

BK_i = bobot konstan sampel sampah-i.

Perhitungan Kadar Abu (Ash Content) Sampah Padat Kota

Prosedur dan metode analisis kadar abu dilakukan berdasarkan standar SNI 0442:2009. Cawan porselein kosong dipanaskan kedalam tanur selama 30 menit dengan suhu 525°C. Cawan tersebut kemudian didinginkan kedalam desikator dan ditimbang sampai diperoleh berat konstan (A).

Sampel untuk masing-masing kategori sampah dimasukan kedalam cawan porselein yang sudah diketahui bobot kontannya, lalu ditimbang menggunakan neraca analitik (B). Cawan yang berisi sampel tersebut kemudian dimasukan kedalam tanur selama 3 jam dengan suhu 525°C. Setelah selesai, dinginkan cawan berisi abu kedalam desikator dan ulangi prosedur sampai didapatkan berat konstan (C).

Setelah didapatkan nilai bobot konstan, maka persentase kadar abu untuk masing-masing kategori sampah dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\% AC_i = \frac{C_i - A}{B_i} \times 100\%$$

Dimana:

AC_i = persentase kadar abu dalam sampah kategori-i.

C_i = berat cawan dan abu pada kategori sampel sampah-i.

A_i = berat cawan kosong

B_i = berat awal sampel sampah-i dalam cawan.

Setelah didapatkan persentase kadar abu dan kadar air, maka persentase berat kering untuk masing-masing kategori sampah padat kota TPA Bakung dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\% DC_i = 100\% - (WC_i + AC_i)$$

Perhitungan Degradable Organic Carbon (DOC) Sampah

DOC merupakan karakteristik yang berperan besar dalam menentukan emisi gas metana yang terbentuk dari proses degradasi sampah. Dalam penelitian ini, DOC dihitung menggunakan Elementer Analysis Vario El Cube: <0.1% abs. 0.2 – 200 mg sample volume capacity. 1200°C, 20 mg 150 s method. Proses DOCi-berat kering yang dilakukan hanyalah pada sampah organik jenis sisa makanan, sampah taman dan sampah kain/tekstil, sedangkan untuk DOCi-berat kering sampah lainnya menggunakan data default IPCC 2006.

Hal ini dikarenakan sampah taman, kain/tekstil dan sampah sisa makanan merupakan sampel yang menunjukkan identitas TPA Bakung sehingga DOCi-berat kering nya tidak dapat disamakan dengan DOCi standar IPCC.

Setelah didapatkan persen kandungan DOCi-berat kering untuk masing-masing sampel, maka DOCi-beratbasah dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$DOC_{i-wet\ basis} = DOC_{i-wet\ basis} \times Dry\ Content_i$$

Metode Proyeksi Pertumbuhan Penduduk Kota

Perhitungan potensi gas *landfill* dan metana dilakukan pada rentang tahun 2017 – 2032. Terraza dan Willumsen (2019) yang menyebutkan bahwa suatu TPA akan terus mengemisikan gas *landfill* dalam waktu kurang lebih 15 tahun. Oleh sebab itu penelitian ini akan memproyeksikan potensi emisi GRK TPA Bakung terhitung dari tahun 2017 sampai dengan 2032 dimana proyeksi populasi penduduk dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P_t = P_0 e^{rt}$$

Dimana P₀ merupakan jumlah penduduk tahun dasar sesuai dengan data terakhir yang dilakukan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Lampung, r adalah laju pertumbuhan penduduk dan t merupakan rentan waktu antara tahun dasar sampai dengan tahun ke-t.

Metode Estimasi Timbunan Sampah Padat Kota

Jumlah sampah yang dibuang oleh satu orang penduduk kota Bandar Lampung adalah berdasarkan data IPCC 2012 yang menyatakan bahwa untuk kota sedang, jumlah sampah yang dibuang satu orang penduduk adalah sebesar 0,2 ton/tahun. Namun, nilai tersebut dianggap belum mendekati kondisi aktual sehingga jumlah sampah yang dibuang untuk satu orang penduduk kota dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{laju timbulan} = \text{Default IPCC} \times 80\% \text{ Ton}$$

$$= 0,2 \times 80\% \text{ Ton}$$

$$\text{laju timbulan} = 0,16 \text{ Ton/Individu}$$

Maka Jumlah sampah yang dibuang dalam satu hari/penduduk kota dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$\text{laju timbulan} = \frac{\text{Default IPCC} \times 1\,000}{365} \times 80\% \text{ Kg}$$

$$\text{laju timbulan} = \frac{0.2 \times 1\,000}{365} \times 80\% \text{ Kg}$$

$$\text{laju timbulan} = 0.43 \text{ Kg/individu}$$

Maka besarnya volume sampah Kota Bandar Lampung untuk tahun-k dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$W_k = \text{Populasi}_{\text{tahun}-k} \times \text{laju timbulan}$$

Setiap penduduk Kota Bandar Lampung menghasilkan sampah sebesar 0.16 ton pertahun atau 0.43 kg perhari sehingga dengan menggunakan asumsi ini volume sampah dapat dihitung dalam jangka waktu satu tahun ataupun satu hari.

Metode Estimasi Timbunan Sampah Padat Kota

Emisi GRK yang dihasilkan dari suatu TPA dihitung menggunakan persamaan first order decay yang ditetapkan oleh software IPCC Inventory 2006. Adapun parameter perhitungan GRK yang dibutuhkan antara lain jumlah DOC sampah, fraksi DOC dalam keadaan anaerobik (DOC_f), faktor koreksi gas metana (MCF), fraksi metana dalam gas landfill (f) serta konstanta reaksi pembentukan metana (k) sehingga jumlah masa sampah yang memberikan kontribusi terhadap emisi GRK dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$WA_k = \text{DOC} \times \text{DOC}_f \times \text{MCF} \times W_k$$

Dimana W_k merupakan jumlah sampah padat kota pada tahun ke-k. Sehingga jumlah gas metana yang diemisikan dari suatu TPA dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} MTH_k &= WA_k \times (1 - e^{-k}) \times \frac{16}{12} \times f \\ &= W_k \times \left[[\text{DOC} \times \text{DOC}_f \times \text{MCF} \times (1 - e^{-k}) \times \frac{16}{12} \times f] \right] \end{aligned}$$

Sehingga dengan persamaan diatas besarnya gas metana yang dibangkitkan dari TPA yang dinyatakan dalam banyaknya laju timbunan sampah pada tahun-k adalah:

$$MTH_k = W_k \times d$$

Dimana

$$d = \text{DOC} \times \text{DOC}_f \times \text{MCF} \times (1 - e^{-k}) \times \frac{16}{12} \times f$$

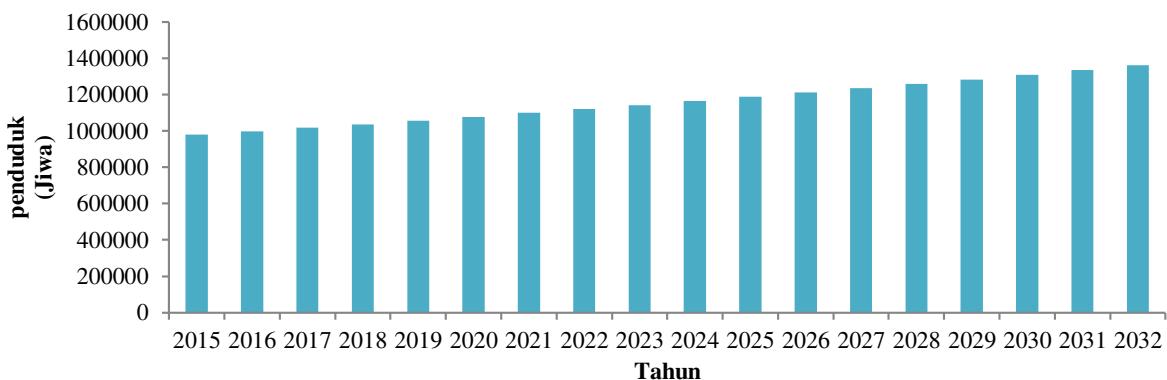
HASIL DAN PEMBAHASAN

Proyeksi jumlah penduduk

Tahun 2015 digunakan sebagai tahun dasar dalam memproyeksi jumlah penduduk Kota Bandar Lampung sesuai dengan hasil sensus penduduk terbaru yang dikeluarkan oleh BPS Provinsi Lampung.

Laju pertumbuhan penduduk kota bandar lampung adalah sebesar 1.94% pertahun, sehingga dengan mengetahui bahwa jumlah penduduk pada tahun 2015 adalah 979 287 jiwa maka jumlah penduduk kota Bandar Lampung sampai dengan tahun 2032 diperlihatkan pada Gambar 3.

Gambar 3 menunjukan jumlah penduduk Kota Bandar Lampung pada tahun 2032 mencapai nilai 1 361 885 jiwa. Hal ini berarti bahwa dari tahun 2017 – 2032 Kota Bandar Lampung akan mengalami peningkatan jumlah penduduk sebesar 382 598 jiwa. Hal ini sesuai dengan BAPPENAS (2017) yang menyatakan bahwa pertumbuhan penduduk kota Bandar Lampung akan meningkat dengan cukup signifikan sebagai dampak dari pembangunan kota, perkembangan ekonomi penduduk serta peran Kota Bandar Lampung sebagai kota metropolitan dan sekaligus jalur hubung antara pulau sumatra – jawa.

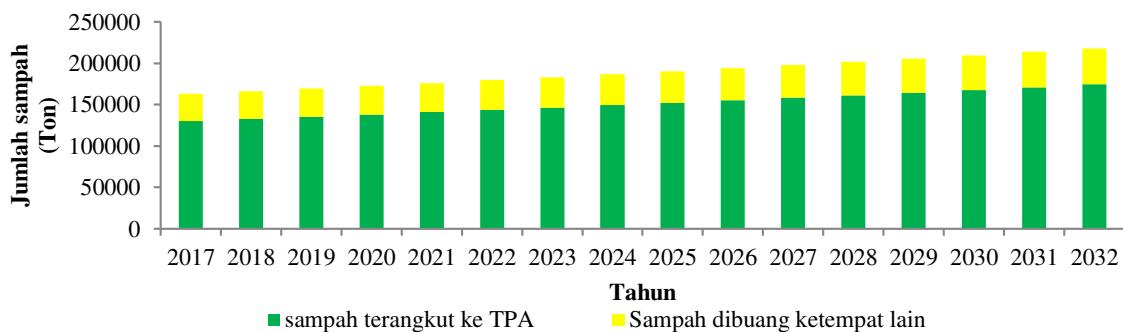


Gambar 3 Proyeksi penduduk Bandar Lampung 2015 – 2032

Laju Timbulan Sampah TPA Bakung

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya apabila setiap penduduk menghasilkan 0.16 Ton sampah setiap tahun dan hanya 80 % dari jumlah tersebut yang dibuang ke TPA, maka dengan menggunakan Persamaan diatas, besarnya volume sampah padat kota yang dibuang ke TPA Bakung dari tahun 2017 – 2032 diperlihatkan pada Gambar 4.

Terlihat dari Gambar 4 bahwa masih cukup banyak sampah padat kota yang tidak terangkut ke TPA Bakung. Hal ini disebabkan karena sebagian penduduk Kota Bandar Lampung lebih cenderung membuang, membakar ataupun memusnahkan sampah ke lahan kosong dihalaman rumah atau disekitar area pemukiman. Selain itu, sebagian penduduk masih membuang sampah pada tepat-tempat yang tidak semestinya seperti sungai, sehingga menyebabkan jumlah sampah yang terangkut ke TPA Bakung menjadi berkurang.



Gambar 4 Proyeksi perbandingan jumlah sampah terangkut ke TPA Bakung dan jumlah sampah yang dikelola dengan cara lain

Karakteristik sampah TPA Bakung

Komposisi sampah TPA Bakung Kota Bandar Lampung dibedakan menjadi 9 jenis yaitu sampah sisa makanan, sampah taman, kertas/karton, *nappies*, kayu, tekstil, karet dan kulit, plastik logam, gelas dan sampah jenis lain namun sampah plastik, logam dan gelas adalah jenis sampah anorganik yang tidak dapat terdekomposisi. Data karakteristik sampah untuk TPA Bakung Kota Bandar Lampung ditunjukkan pada Tabel 3. Terlihat dari Tabel 3 bahwa sampah sisa makanan, *nappies* dan sampah taman memiliki kandungan kadar air yang tinggi yaitu 53%, 54% dan 69.2%. Hal ini disebabkan karena mayoritas sampah yang ditemukan di TPA Bakung adalah berupa sayuran, buah, sisa pangan, sampah daun, rumput serta tanaman yang memiliki kadar air tinggi. Demikian juga untuk kategori sampah *nappies*, dominasi sampah yang ditemukan adalah berupa diapers dan tissue yang bersifat menyerap air. Keadaan TPA Bakung yang lembab dan pengaruh musim penghujan pada saat pengambilan sampel juga menyebabkan tingginya kandungan air pada beberapa kategori sampah.

Tabel 3 Data karakteristik sampah TPA Bakung Bandar Lampung

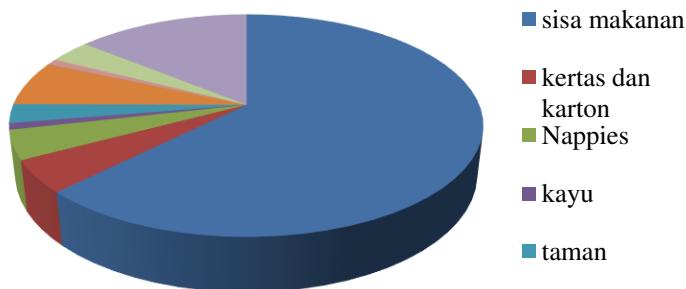
Jenis sampah	Komposisi Berat Basah (%)	kadar air (%)	kadar abu (%)	kandungan berat kering (%)	DOC _i (% dalam berat kering)	DOC _i (% dalam berat basah)
Sisa makanan	61.96	53.50	11.77	34.73	32.26	0.11
Kertas /karton	4.65	35.36	3.06	61.58	44.00	0.27
<i>Nappies</i>	4.19	54.16	2.03	43.81	60.00	0.26
Sampah taman	2.81	69.23	1.23	29.54	23.94	0.07
Kayu	0.94	11.66	5.2	83.14	50.00	0.41
Karet & Kulit	0.07	40.00	-	60	39.00	0.23
Kain/Tekstil	6.77	13.33	0.34	86.36	29.30	0.25
Plastik	14.47	-	-	-	-	-
Logam	0.78	-	-	-	-	-
Gelas/kaca	3.36	-	-	-	-	-
Lain-lain	-	-	-	-	-	-

Berdasarkan uji laboratorium menggunakan Ultimate Analyzer Value maka didapatkan data komposisi kimia untuk sampah kategori sisa makanan, taman dan kain/tekstil dari TPA Bakung seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4. Sedangkan data dan persentase komposisi untuk 11 kategori sampah tersebut ditampilkan pada Gambar 5.

Tabel 4 Komposisi kimia sampah TPA Bakung

Jenis sampah	N (%)	C (%)	H (%)	O (%)	C/N ratio	C/H ratio
Sisa Makanan	2.52	32.26	0.76	64.46	13.10	44.10
Taman	0.73	23.94	0.46	25.13	32.49	52.06
Kain/Tekstil	0.48	29.30	0.53	69.69	61.11	54.88

Sampah sisa makanan adalah sampah dengan persentase terbanyak yaitu 61.96%. Sedangkan 38.1% sisanya terbagi atas sampah taman 2.81%, kayu 0.94%, tekstil 6.77%, *nappies* dan kertas masing-masing 4.65% dan 4.19% serta sampah anorganik seperti plastik, kaca/gelas dan logam dengan total persentase sebesar 18.61%. Banyaknya sampah sisa makanan disebabkan oleh berbagai faktor seperti tingkat perekonomian dan pendapatan penduduk kota. Masyarakat dengan tingkat ekonomi menengah akan lebih banyak menghasilkan sampah sisa makanan (77%) dibandingkan dengan masyarakat ekonomi atas (64.07%) dan masyarakat ekonomi bawah (64.38%) (KLHK 2012). Jumlah total pertahun masing-masing kategori sampah yang dibuang ke TPA Bakung Bandar Lampung ditunjukkan pada Tabel 5.



Gambar 5 Persentase komposisi sampah spesifik TPA Bakung

Tabel 5 Data estimasi jumlah sampah TPA Bakung berdasarkan komposisi

Tahun	Komposisi Sampah (Ton)						
	Sisa makanan	Taman	Kertas	Kayu	Tekstil	Nappies	Total
2017	80.66	3.66	6.06	1.22	8.82	5.46	130.31
2018	82.24	3.73	6.18	1.25	9.00	5.57	132.86
2019	83.85	3.81	6.30	1.27	9.17	5.67	135.46
2020	85.49	3.88	6.42	1.30	9.35	5.78	138.12
2021	87.17	3.96	6.55	1.32	9.53	5.90	140.82
2022	88.87	4.03	6.67	1.35	9.72	6.02	143.58
2023	90.62	4.11	6.81	1.37	9.91	6.13	146.39
2024	92.39	4.19	6.94	1.40	10.11	6.25	149.26
2025	94.20	4.27	7.08	1.43	10.30	6.38	152.18
2026	96.05	4.36	7.21	1.46	10.51	6.50	155.16
2027	97.93	4.44	7.36	1.49	10.71	6.63	158.20
2028	99.85	4.53	7.50	1.52	10.92	6.76	161.30
2029	101.80	4.62	7.65	1.55	11.13	6.89	164.46
2030	103.78	4.71	7.80	1.58	11.35	7.03	167.68
2031	105.83	4.80	7.95	1.61	11.57	7.16	170.97
2032	107.90	4.90	8.10	1.64	11.80	7.30	174.32

Emisi GRK TPA Bakung

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan Persamaan diatas, serta dengan memperhatikan sifat dan karakteristik masing-masing kategori sampah padat kota TPA Bakung maka didapatkan potensi emisi gas metana yang dinyatakan dalam satuan kg. Sehingga, untuk menghitung jumlah emisi gas metana dalam satuan volumetrik (m^3) digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Diketahui bahwa masa jenis gas metana $\rho = 0.656 \text{ kg/m}^3$. Hal ini menunjukan bahwa 1 m^3 gas metana adalah setara dengan 0.656 kg. sehingga proses konversi satuan kg menjadi m^3 dilakukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} 0.656 &= \frac{m}{V} \\ V &= \frac{m}{0.656} \end{aligned}$$

Dimana:

$$\begin{aligned}
 V &= \text{volume gas metana (m}^3\text{)} \\
 \rho &= \text{massa jenis gas metana (kg/m}^3\text{)} \\
 m &= \text{masa gas metana (kg)}
 \end{aligned}$$

maka besarnya gas metana yang dibangkitkan dari tahun 2017 – 2032 dalam satuan kg dan m³ diperlihatkan pada Tabel 6 sebagai berikut:

Tabel 6 Data estimasi emisi gas rumah kaca TPA Bakung.

Tahun	Gas Metana (Kg)	Gas Metana (m ³)
2017	0	0
2018	517 193	788 404
2019	889 406	1 355 801
2020	1 163 883	1 774 212
2021	1 372 366	2 092 021
2022	1 536 194	2 341 759
2023	1 669 734	2 545 326
2024	1 782 670	2 717 484
2025	1 881 542	2 868 205
2026	1 970 784	3 004 244
2027	2 053 408	3 130 195
2028	2 131 474	3 249 199
2029	2 206 401	3 363 416
2030	2 279 174	3 474 350
2031	2 350 484	3 583 055
2032	2 420 833	3 690 295

Gambar 6 memperlihatkan potensi gas metana yang dibangkitkan dari TPA Bakung untuk setiap tahunnya memiliki nilai yang cukup besar dan jumlahnya terus bertambah setiap tahun. Volume gas metana yang terkumpul pada tahun 2018 saja mencapai nilai 788 404 m³ dan terus meningkat setiap tahunnya. namun, apabila diperhatikan terlihat bahwa peningkatan volume gas metana yang paling signifikan terjadi pada tahun 2018 sampai dengan tahun 2019 dimana terjadi penambahan volume gas metana sebesar 567 397 m³ dari tahun sebelumnya. sedangkan pada tahun 2020 penambahan produksi gas hanya sebesar 418 411 m³ dari tahun 2019. Penambahan volume gas metana untuk tahun-tahun berikutnya terlihat tidak terlalu signifikan. Hal ini sesuai dengan penelitian Raissa *et al.* (2015) yang menyatakan bahwa peningkatan emisi gas metana yang dibangkitkan dari TPA akan berkurang. Hal ini disebabkan karena sampah di TPA akan memasuki fase maturasi sehingga kecepatan pembentukan gas akan berkurang, menipisnya materi organik serta terjadinya reduksi materi organik oleh air lindi (leachate).

Jumlah rata-rata gas landfill adalah sebesar 2 731 827.7 Kg/tahun dengan kandungan gas metana yang dihasilkan dari TPA Bakung selama tahun 2017-2032 adalah sebesar 1 639 096.62 kg.



Gambar 6 Potensi gas metana TPA Bakung

SIMPULAN

Data potensi emisi gas rumah kaca telah berhasil didapatkan berdasarkan data karakteristik sampah yang terdapat di TPA Bakung Kota Bandar Lampung. Data karakteristik sampah menunjukkan bahwa sisa makanan adalah sampah dengan persentase terbanyak yaitu 61.96%. Sedangkan 38.1% sisanya terbagi atas sampah taman 2.81%, kayu 0.94%, tekstil 6.77%, *nappies* dan 4.19% serta sampah anorganik seperti plastik, kaca/gelas dan logam dengan total persentase sebesar 18.61% kertas masing-masing 4.65% dan 4.19% serta sampah anorganik seperti plastik, kaca/gelas dan logam dengan total persentase sebesar 18.61%.

Potensi emisi gas metana yang dihasilkan TPA Bakung Kota Bandar Lampung setiap tahunnya memiliki nilai yang cukup besar dan jumlahnya terus bertambah setiap tahun. Besarnya potensi gas metana yang dihasilkan TPA Bakung Kota Bandar Lampung adalah sebesar 517 193 Kg dan 2 420.8 kg pada Tahun 2032. Volume gas metan rata-rata yang dihasilkan adalah pada rentang tahun 2018-2032 adalah sebesar 2 665 000 m³. Kenaikan data emisi tersebut didasarkan atas kenaikan jumlah penduduk dari tahun ke tahun. Berdasarkan data potensi emisi gas metana tersebut, maka perlu dilakukan kajian kelayakan secara ekonomi mengenai energi listrik yang dapat dibangkitkan dari TPA Bakung sebagai alternatif pembangkit listrik ramah lingkungan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih penulis diberikan kepada Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Lampung, Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Bandar Lampung dan Laboratorium Pengolahan Limbah Agroindustri Jurusan Teknologi Hasil KLHK (THP), serta Laboratorium Kimia Terapan Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung yang telah memfasilitasi penelitian ini sehingga dapat berjalan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [BPS] Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung. 2017. Tersedia pada: <http://lampung.bps.go.id/> [diakses pada 22 Februari].
- [KLHK] Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. 2012. *Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca. Metodologi Penghitungan Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca, Pengelolaan Limbah Nasional.* 4:19-61.
- Abadi BA, Herumurti W. 2013. Perhitungan emisi karbon pengelahan sampah Kota Probolinggo. *Jurnal Teknik POMITS.* 2(1).
- BAPPEDA Provinsi Lampung. 2015. *Buku Putih Strategi Sanitasi Kota Bandar Lampung.* Bappeda Provinsi Lampung: Lampung.
- Garcilasso VP, Velázquez SMSG, Coelho ST, and Silva LS. 2011. Electric energy generation from landfill biogas - Case study and barriers. *ICECE 2011 - Proc.* 5250–5253.
- Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional. 2017. Tersedia pada: <http://bappenas.go.id/> [diakses pada 22 januari 2017].
- Kumar A, and Sharma MP. 2014. GHG emission and carbon sequestration potential from MSW of Indian metro cities. *Urban climate.* 8:1-12.
- Mavrotas G, Skoulaxinou S, Gakis N, Katsouros V, Georgopoulou E. 2013. A multi-objective programming model for assessment the GHG emission in MSW management. *Waste Management.* 33(9):1934- 1940.
- Mor S, Ravindra K, De Visscher A, Dahiya RP, Chandra A. 2006. Municipal solid waste characterization and its assessment for potential methane generation: A case study. *Science of the Total Environment.* 371(1-3):1-10.
- Purwanta, Wahyu. 2009. Perhitungan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dari sektor sampah perkotaan diindonesia. *Jurnal Teknologi Lingkungan.* 10(1):1-8.
- Raiissa S.M, Gabriel SB, Kristanto A, Novita E. 2014. Pengaruh pemandatan terhadap profil konsentrasi gas metana pada kolom reaktor dengan media kompos dalam fungsinya sebagai biocover di Landfill. Naskah Singkat Skripsi. Fakultas Teknik Sipil, Universitas Indonesia.hlm. 1-20.
- Terraza H, Willumsen H. 2009. *Guidance note on LFG capture and utilization.* Inter-American Development Bank, USA, capture and utilization. Inter-American Development Bank: USA.