

Pemanfaatan Gas Metana Sebagai Sumber Energi di TPA Winongo Kota Madiun

Era Dinisiadela Dhalia^{1*}, Raden Kokoh Haryo Putro²

^{1,2}Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”
Jawa Timur, Indonesia

*Koresponden email: radenkokoh.tl@upnjatim.ac.id

Diterima: 2 Juni 2024

Disetujui: 10 Juni 2024

Abstract

The problem of waste, which is getting worse almost every year, is an aspect of special interest in several countries in the world, including Indonesia. The increasing population in a country is the most instrumental aspect in increasing the volume of waste as well as the need for final processing sites or known as (TPA) in the urban area. Winongo Landfill, located in Manguharjo District, Madiun City, is the site to be studied. In Winongo Landfill Madiun City, a controlled landfill is used with a waste system that is filled with soil after the waste looks full, causing more methane gas. This research was conducted by using and calculating the amount of methane gas produced based on the composition and amount of waste expected to enter the Winongo landfill in 2024. The methane gas produced from organic waste ranges from 13,574.812 kg CH₄ to 15,190.861 kg CH₄. It is therefore necessary to make the best use of energy sources from the methane gas produced so that it benefits the surrounding community and does not pollute the environment.

Keywords: *methane gas, organic waste, winongo landfill*

Abstrak

Persoalan mengenai sampah menunjukkan gejala yang buruk hampir tiap tahun merupakan aspek yang mempunyai daya tarik khusus di beberapa negara di dunia, diantaranya negara Indonesia. Meningkatnya populasi di sebuah negara adalah aspek yang paling berperan dalam meningkatkan volume sampah serta kebutuhan akan lokasi pemrosesan akhir atau yang dikenal dengan istilah (TPA) di wilayah kota. Pemrosesan Akhir (TPA) Winongo, yang berlokasi di Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, merupakan tempat yang akan diteliti. Pada TPA Winongo Kota Madiun digunakan controlled landfill dengan sistem sampah yang ditimbun dengan tanah setelah sampah terlihat penuh sehingga menimbulkan lebih banyak gas metana. Penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan serta menghitung jumlah gas metana yang dihasilkan berdasarkan komposisi dan jumlah limbah yang diproyeksikan masuk dalam TPA Winongo tahun 2024. Gas metan yang dihasilkan dari sampah organik mencapai 13.574,812 kg CH₄ hingga 15.190,861 Kg CH₄. Oleh karena itu, diperlukan pemanfaatan yang optimal dalam mengelola sumber energi dari gas metana yang dihasilkan, agar bermanfaat bagi masyarakat sekitar dan tidak mencemari lingkungan

Kata kunci: *gas metan, sampah organik, tpa winongo*

1. Pendahuluan

Persoalan mengenai sampah menunjukkan gejala yang buruk hampir tiap tahun merupakan aspek yang mempunyai daya tarik khusus di beberapa negara di dunia, diantaranya negara Indonesia. diantaranya negara Indonesia [1]. Meningkatnya populasi di sebuah negara adalah aspek yang paling berperan dalam meningkatkan volume sampah serta kebutuhan akan lokasi pemrosesan akhir atau yang dikenal dengan istilah (TPA) di wilayah kota [2]. Bertambahnya jumlah sampah yang tidak berbarengan dengan pengelolaan sampah secara maksimal bisa menyebabkan bermacam persoalan, yang muncul secara langsung ataupun tidak [3]. Permasalahan yang timbul diantaranya yakni tercemarnya lingkungan tempat tinggal, tersebarnya berbagai penyakit, kerusakan perekonomian, serta rusaknya ekosistem. Disebabkan hal tersebut, dibutuhkannya langkah yang tepat untuk menyelesaikan permasalahan ini [4].

Pemrosesan Akhir (TPA) Winongo, yang berlokasi di Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun merupakan tempat yang akan diteliti. Pada TPA Winongo Kota Madiun digunakan controlled landfill dengan sistem sampah yang ditimbun dengan tanah setelah sampah terlihat penuh sehingga menimbulkan lebih banyak gas metana. Merujuk pada data Dinas Lingkungan Hidup Kota Madiun [5], kemungkinan timbulnya sampah di tahun 2021 dengan total populasi 201.452 jiwa yakni 43.130,151 ton/tahun. Tahun

2022, dengan total populasi 201.760 jiwa, menimbulkan sampah hingga 43.572,601 ton/tahun. Di tahun 2023 dengan total populasi 202.544 jiwa, , menimbulkan sampah hingga 43.572,495 ton/tahun. Seiring berjalannya waktu, peningkatan jumlah penduduk berdampak pada peningkatan timbulan sampah yang terbentuk [6]. Oleh sebab itu, dibutuhkan pemanfaatan yang efektif dalam mengelola gas metana yang dihasilkan agar tidak mencemari lingkungan.

2. Metode Penelitian

Gambar 1 adalah wilayah yang menjadi daerah riset. Penelitian ini dilaksanakan di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Winongo, Kota Madiun, yang mempunyai luas 6,4 hektar. Kota Madiun, adalah sebuah wilayah yang terletak di Provinsi Jawa Timur dilihat dari geografis posisinya pada koordinat 111°29'45" – 111°33'30" BT dan 7°35'45" – 7°40' LS.



Gambar 1. Lokasi Penelitian TPA
Sumber: Google Maps

Analisa Timbulan dan Komposisi Sampah di TPA Winongo

Analisis timbulan sampah di TPA Winongo dilakukan memakai metode Analisis total berat. Data sampah yang diangkut akan langsung diperoleh melalui jembatan timbang. Data timbulan sampah yang diambil di TPA Winongo diperoleh melalui wawancara. Data timbulan sampah dimanfaatkan dalam menjalankan model LandGem mencakup periode tahun 2021 sampai 2024. Data dari tahun 2021 akan dipakai menjadi data awal untuk menghitung potensi gas metana yang akan ditimbulkan.

Pengukuran komposisi sampah di TPA Winongo dilakukan melalui metode SNI 19-3964-1994. Metode ini menjelaskan bahwasanya penggarapan komposisi sampah dilakukan selama 8 hari. Pada Riset ini, pengumpulan data komposisi sampah dilaksanakan selama empat hari di minggu awal serta empat hari di minggu selanjutnya. Pendataan sampah dikerjakan di wilayah unloading di TPA Winongo, Kota Madiun. Sampah yang digunakan ialah sampah yang baru tiba atau sampah yang sedang diuploading oleh mobil pengangkut sampah. Sebanyak 10 kg sampah diperoleh setiap hari dari wilayah tersebut, selanjutnya sampah dibagi menjadi 8 macam agar diketahui komposisinya. Delapan macam sampah ini adalah limbah makanan serta daun, kayu, kertas, plastik, logam, kain tekstil, kaca, dan lainnya [7].

Rumus ini bisa dimanfaatkan dalam menghitung proporsi pada masing-masing komposisi:

$$\% \text{ sampel (jenis sampah)} = \frac{\text{Jumlah sampel (kg)}}{\text{Total jumlah sampel (kg)}} \times 100$$

Analisis Proyeksi Penduduk Kota Madiun

Proyeksi penduduk dikerjakan dengan memanfaatkan tiga metode perhitungan, yaitu aritmatika, geometri serta metode least square. Dari tiga metode ini, ditentukan metode mana yang menggambarkan nilai koefisien relasi (r) yang dekat atau sama dengan angka 1. Hasil perhitungan ini menunjukkan korelasi yang kuat, agar setelahnya akan diperoleh data proyeksi timbulan sampah dari tahun 2021 hingga tahun 2024.

Analisis Proyeksi Timbulan Sampah di TPA Winongo

Proyeksi timbulan sampah dalam penelitian ini dimulai tahun 2024. Perhitungan proyeksi ini merujuk pada perolehan proyeksi populasi dan standar besaran timbulan sampah didasari pengelompokan kota. Berdasarkan SNI 19-3983-1995, Kota Madiun masuk kedalam kategori kota kecil yang mempunyai

besaran timbulan sampah sebesar 1,5 – 2 L/orang/hari. Dalam penelitian ini, satuan yang dipilih adalah 0,6 kg/orang/hari, Pemrosesan sampah yang didapatkan terus bertambah bersamaan dengan bertambahnya total populasi sebuah kota.

3. Hasil Dan Pembahasan

Timbulan dan Komposisi Sampah di TPA Winongo

Teknik analisa data awal yang dilakukan yaitu menghitung timbunan dan komposisi limbah di TPA Winongo Kota Madiun. Pada tahap ini, pengambilan sampel sampah dilakukan selama 8 hari, yaitu 4 hari di minggu awal serta 4 hari pada minggu selanjutnya. Pendataan samping dilaksanakan pada wilayah unloading di TPA Winongo oleh truk sampah. Data **Tabel 1** memperlihatkan data sampah masuk di TPA Winongo setiap harinya selama 8 hari. Didapatkan bahwa data rata-rata sampah masuk di TPA setiap harinya yaitu sebesar 119,47 ton/hari.



Gambar 2. Jembatan Penimbangan Sampah 2024
 Sumber: Peneliti, 2024

Tabel 1. Data Sampah Masuk 8 Hari

Data Sampah Masuk Selama 8 Hari		
Hari	Sampah Masuk (ton/hari)	
	Minggu ke 1	Minggu Ke 2
Senin	133,90	103,80
Selasa	143,94	145,45
Rabu	130,95	87,29
Kamis	112,23	98,20
Rata Rata	130,26	108,69
	119,47	

Sumber: Hasil Analisis, 2024

Timbulan sampah di TPA Winongo didapatkan dari data berat sampah yang ada pada ke TPA Winongo selama tahun 2021 sampai 2023. Data berat bersih yang masuk dan diangkut oleh tiap-tiap mobil pengangkut sampah saat melewati jembatan timbang dipaparkan pada **Tabel 2**. Berdasarkan **Tabel 2** terlihat bahwasanya berat bersih sampah yang masuk ke TPA Winongo terjadi peningkatan dari tahun 2021 sampai 2023. Keadaan ini sama dengan bertambahnya jumlah populasi yang tercatat BPS Kota Madiun.

Tabel 2. Data Berat Bersih Sampah

Tahun	Timbulan Sampah (ton/tahun)
2021	43.130,151
2022	43.572,601
2023	43.572,495

Sumber: TPA Winongo, 2024



Gambar 3. Tumpukan sampah di TPA Winongo Tahun 2024
Sumber: Peneliti, 2024

Berdasarkan data komposisi sampah TPA Winongo, terdapat delapan jenis sampah, yaitu limbah makanan dan daun, kayu, kertas, plastik, logam, kain tekstil, kaca, dan lainnya. **Tabel 3** menunjukkan hasil perhitungan komposisi sampah selama 8 hari. Selama periode ini, limbah makanan dan daun merupakan jenis limbah yang paling banyak daripada sampah lainnya. Dari hasil ini, dapat ditarik kesimpulan bahwasanya sampah organik yaitu sisa makanan dan daun, dan plastik adalah penghasil sampah terbesar di TPA Winongo.

Tabel 3. Perhitungan Komposisi Sampah

Hasil Sampling Komposisi Sampah (%)									Rata Rata
Jenis Sampah	Minggu ke 1				Minggu ke 2				
	Hari ke 1	Hari ke 2	Hari ke 3	Hari ke 4	Hari ke 5	Hari ke 6	Hari ke 7	Hari ke 8	
Sisa Makanan dan Daun	52%	50%	55%	55%	50%	56%	44%	50%	51%
Kayu	11%	11%	6%	3%	2%	4%	11%	6%	7%
Kertas	15%	16%	15%	16%	18%	15%	16%	14%	16%
Plastik	15%	14%	13%	17%	19%	18%	17%	18%	17%
Logam	2%	5%	7%	6%	5%	4%	4%	3%	4%
Kain Tekstil	5%	1%	2%	3%	3%	4%	7%	6%	4%
Kaca	1%	3%	3%	0%	1%	0%	1%	2%	1%
Lainnya	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Sumber: Hasil Analisis, 2024

Data komposisi sampah rata-rata selama 8 hari di TPA Winongo sampah paling banyak yaitu sampah sisa makanan dan daun yaitu sebesar 51%, diikuti oleh sampah plastik sebesar 17%, kertas sebesar 16%, kayu sebesar 7%, logam sebesar 4%, kain tekstil sebesar 4% dan kaca sebesar 1%. Besarnya jumlah limbah sisa makanan disebabkan beberapa aspek, termasuk tingkat ekonomi dan pendapatan masyarakat perkotaan. Penduduk kota dengan tingkat perekonomian menengah menimbulkan jumlah sampah yang lebih banyak dari sisa makanan (77%) jika dikomparasikan dengan masyarakat perekonomian keatas (64.07%) dan ekonomi bawah sebesar (64.38%) [8].

Analisis Proyeksi Penduduk Kota Madiun

Data populasi yang diperlukan dalam riset ini yaitu proyeksi populasi penduduk pada tahun 2024. Pada tahun 2021 dipandang menjadi tahun pertama perhitungan proyeksi penduduk, yang relevan dengan data dari BPS Kota Madiun. Proyeksi populasi penduduk dilaksanakan dengan tiga metode perhitungan, aritmetika, geometri dan metode least square. Berdasarkan ketiga metode ini, ditentukan metode yang mendapatkan nilai koefisien relasi (r) yang mendekati atau sama dengan angka 1. Berdasarkan perhitungan, metode geometri ditentukan sebagai metode proyeksi penduduk tahun 2024.

Tabel 4. Perbandingan Nilai Koefisien Relasi (r)

Perbandingan Koefisien Korelasi(r)	
Metode	r
Least Square	0,969761276
Aritmatika	0,122781826
Geometri	0,969906305

Sumber: Hasil Analisis, 2024

Hasil proyeksi pertumbuhan jumlah penduduk Kota Madiun selama satu tahun kedepan, mulai dari tahun 2023 hingga 2024, menunjukkan peningkatan setiap tahunnya, seperti terlihat pada **Tabel 5**. Hal ini sering dengan bertambahnya waktu.

Tabel 5. Proyeksi Penduduk Kota Madiun

Tahun	Penduduk Jiwa
2021	201.452
2022	201.760
2023	202.544
2024	203.091

Sumber: Hasil Analisis, 2024

Analisis Proyeksi Timbulan Sampah di TPA Winongo

Proyeksi timbulan sampah dalam riset ini bermula pada tahun 2024. Perhitungan proyeksi ini berpedoman pada hasil proyeksi populasi dan standar besaran timbulan sampah didasarkan pengelompokan kota. Mengacu pada SNI 19-3983-1995, Kota Madiun masuk dalam kategori kota kecil yang mempunyai besaran timbulan sampah sebesar 1,5 – 2 L/orang/hari. Dalam penelitian ini, dipilih satuan 0,6 kg/orang/hari. Pemrosesan sampah yang dihasilkan akan bertambah sejalan dengan total populasi, Seperti tampak pada **Tabel 6**, timbulan sampah tiap tahun mengalami peningkatan, relevan dengan peningkatan jumlah penduduk. Proyeksi ini menunjukkan bahwa pada tahun 2021 timbulan sampah sebanyak 43.130,151 ton/tahun, pada tahun 2022 sebanyak 43.572,601, pada tahun 2023 sebanyak 43.572,495 ton/tahun, dan pada tahun 2024 sebanyak 45.677,004 ton/tahun.

Tabel 6. Proyeksi Timbulan Sampah TPA Winongo

Tahun	Proyeksi Penduduk (Jiwa)	Proyeksi Timbulan Sampah (ton/tahun)	Proyeksi Timbulan Sampah (kg/tahun)	Proyeksi Timbulan Sampah (ton/hari)	Proyeksi Timbulan Sampah (kg/hari)
2021	201.452	43.130,151	43.130.151,00	118,16	118.164,80
2022	201.760	43.572,601	43.572.601,00	119,38	119.376,99
2023	202.544	43.572,495	43.572.495,00	119,38	119.376,70
2024	203.091	43.677,004	43.677.004,01	119,66	119.663,02

Sumber: Hasil Analisis, 2024

Menilai Emisi Gas Metana dan Landfill Gas sebagai Sumber Energi

Di TPA Winongo, komposisi sampah paling banyak yakni sampah organik sebesar 74%. Sampah. Limbah organik ini dikalikan dengan timbulan sampah tahun 2023 sebanyak 43.572,495 kg, menghasilkan 32.243,646 kg sampah organik. Menurut [9] [10], limbah organik mempunyai aspek emisi CH₄ sebesar 0,42-0,47 kg CH₄ per berat sampah organik yang tertimbun. Oleh karena itu, total gas metana yang dihasilkan TPA Winongo di tahun 2023 yakni anatar 13.542,331 kg CH₄ hingga 15.154,513 kg CH₄. Pada tahun 2024 dengan timbulan sampah sebanyak 43.677,004 kg, menghasilkan sebesar 32.320,982 kg sampah organik dan diperkirakan menghasilkan gas metana sebesar 13.574,812 kg CH₄ hingga 15.190,861. Kg CH₄

Adapun masyarakat yang tinggal disekitar TPA Winongo terdiri dari 121 KK yang tersebar di dua kampung, yaitu desa Gembel dan desa Pelet, Kelurahan Winongo. Jika diasumsikan kebutuhan rata rata per bulan adalah tiga tabung LPG per KK, maka masyarakat daerah tersebut dapat menggunakan jaringan pipa gas metana yang sudah tersedia di Desa Gembel dan Desa Pelet sebagai alternatif untuk memenuhi

kebutuhan memasak sehari-hari. Berikut **Tabel 9** perbandingan sebelum memanfaatkan gas metana dan setelah memanfaatkan gas metana pada TPA Winongo Kota Madiun.

Tabel 9. Perbandingan Penggunaan Gas

Ket	Tabung	KK (Rumah)	Berat LPG	Rata-Rata Penggunaan Gas Per bulan	Rata-Rata Penggunaan Gas Tahun	Biaya yang dikeluarkan (Rp)	Persen biaya yang dihemat (%)
Sebelum Menggunakan Gas Metana	3	1	3	9	108	60.000	66,67%
	3	121	3	1089	13068	65.340.000	
Sesudah Menggunakan Gas Metana	1	1	3	3	36	20.000	
	1	121	3	363	4356	21.780.000	

Sumber: Hasil Analisis, 2024

Berdasarkan asumsi bahwa satu tabung gas LPG seharga Rp 20.000, masyarakat kelurahan Winongo sebelum menggunakan gas metan memerlukan tiga tabung LPG (3 kg) untuk 121 KK. Hal ini menyebabkan ongkos yang diperlukan senilai Rp 65.340.000. Namun, apabila masyarakat memanfaatkan gas metan, ongkos yang diperlukan berkurang Rp 21.780.000, oleh sebab itu ongkos yang dihemat sebesar 66,67%. Penggunaan gas metana untuk mencukupi keperluan keluarga lebih aman, ramah lingkungan, praktis dan tidak dipungut biaya. Berdasarkan melihat hasil tersebut, TPA Winongo seharusnya mampu mencukupi kebutuhan energi untuk memasak bagi masyarakat sekitar serta cakupan yang lebih luas.

4. Kesimpulan

Timbulan sampah di TPA Winongo kerap kali mengalami peningkatan volume tiap tahunnya berbarengan meningkatnya total populasi di kota. Pada tahun 2024, TPA Winongo menerima sampah sebanyak 45.677,004 ton/tahun. Jenis sampah di TPA Winongo sangat mempengaruhi jumlah gas yang dihasilkan. Komposisi sampah di TPA Winongo paling banyak yakni sampah organik sebesar 78% yang menghasilkan gas metan sebesar 13.574,812 kg CH₄ hingga 15.190,861. Kg CH₄. Kondisi anaerobik di TPA menguraikan bahan organik dan menghasilkan metana. Oleh karena itu, pengelolaan sampah organik, seperti daur ulang, kompos, atau pengolahan biogas, menjadi penting untuk mengurangi dan memanfaatkan emisi metana sebagai sumber energi.

5. Daftar Pustaka

- [1] Febijanto, I. (2018). Optimalisasi Pemanfaatan Gas Metana: Sebagai Sumber Energi di Pabrik Kelapa Sawit sebagai Antisipasi Harga Jual Listrik Berdasarkan Biaya Pokok Penyediaan (BPP) Pembangunan. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 19(1), 49-60.
- [2] Maziya, F. B. (2017). Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Karbon Dioksida (CO₂) Kegiatan Pengelolaan Sampah Kecamatan Genteng Kota Surabaya. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 3(2), 1–9.
- [3] Yulianto, A., Adi, A. N., & Priyambodo, H. L. (2010). Studi Potensi Pemanfaatan Biogas Sebagai Pembangkit Energi Listrik di Dusun Kaliurang Timur, Kelurahan Hargobinangun, Pakem, Sleman, Yogyakarta. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 2(2), 83-89.
- [4] Haryadi, H., Krisnaresanti, A., Naufalin, L. R., & Iskandar, D. (2018). Pemberdayaan Tim Penggerak Pkk Melalui Pembentukan Bank Sampah Di Desa Susukan Kecamatan Sumbang Kabupaten Banyumas. *Jurnal Dedikasi Masyarakat*, 2(1)
- [5] Dinas Lingkungan Hidup Kota Madiun. (2021). Rencana Strategis (RENSTRA) Dinas Lingkungan Hidup Kota Madiun 2019-2024. Madiun: DLH Kota Madiun
- [6] Anzani, S. (2014). Pemanfaatan Potensi Biogas sebagai Sumber Energi Alternatif di Desa Talangagung (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya).
- [7] Soebagia, H., Notosudjono, D., & BAEHAKI, K. (2021). Analisis Peningkatan Gas Metana (Ch₄) Pada Digester Portabel Dengan Kotoran Sapi Sebagai Sumber Energi Biogas Berbasis Internet Of Things (IoT). *Jurnal Teknik| Majalah Ilmiah Fakultas Teknik UNPAK*, 22(1).
- [8] [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.

-
- [9] Kustiasih, T., Setyawati, L. M., Anggraeni, F., Darwati, S., and Aryenti, A. (2014). Faktor Penentu Emisi Gas Rumah Kaca dalam Pengelolaan Sampah Perkotaan. *Jurnal Permukiman*, 9(2) : 78–90.
- [10] Kiswadayani, A. V., Susanawati, L. D., & Wirosodarmo, R. (2016). Komposisi sampah dan potensi emisi gas rumah kaca pada pengelolaan sampah domestik: Studi Kasus TPA Winongo Kota Madiun. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 2(3), 9-17.