



Prediksi Gas Metana, Karbon Dioksida dan Hidrogen Sulfida dalam Sampah Organik di TPA Talangagung Kabupaten Malang

Dinda Prasisca Widyatama*, Saimul Laili, Sama' Iradat Tito

Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Malang, Malang 65144, Jawa Timur, Indonesia

^{*)}Koresponden Penulis : dinda09p@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan menghitung lama TPA Talangagung Kabupaten Malang melakukan *running system* berdasarkan sisa lahan, memprediksi timbunan sampah dan produksi gas metana, karbon dioksida dan hidrogen sulfida yang timbul akibat proses fermentasi anaerob dari TPA Talangagung Kabupaten Malang. Sampah merupakan buangan dari sumber aktivitas manusia atau proses alam yang belum memiliki nilai ekonomi pada aspek lingkungan. Tumpukan sampah semakin menjulang dikarenakan kebutuhan pokok semakin tinggi. Pemanfaatan limbah menjadi biogas yang layak digunakan secara teknis, ekonomis, dan sosial terutama untuk mengatasi masalah energi. Sebagian besar biogas mengandung gas metana (CH_4), karbon dioksida (CO_2), dan kandungan yang jumlahnya yang sangat kecil seperti hidrogen sulfida (H_2S), nitrogen sulfur, dan amonia (NH_3) serta hidrogen (H_2). Biogas dapat digunakan untuk kebutuhan sehari-hari yang ramah lingkungan bagi masyarakat. Penelitian ini menganalisis upaya pencegahan emisi gas rumah kaca melalui pemanfaatan gas metana sebagai biogas. TPA diperkirakan dapat melakukan *running system* sekitar 48-64 tahun kedepan. Untuk mengetahui prediksi timbunan sampah yaitu dengan menggunakan regresi linier dari data tahun 2018-2020, hasil regresi linier diperkirakan 1 tahun kedepan mengalami kenaikan sebesar 6 %. Hasil pengamatan gas pada *landfill* selama 1 bulan yaitu dengan nilai rata-rata 2.793m^3 dan hasil dari LandGEM pada tahun 2021 yang konversikan ke dalam hari yaitu sebesar 2.668m^3 , maka kita dapat memprediksi biogas dengan LandGEM. Prediksi gas metana, karbon dioksida dan hidrogen sulfida dari hasil LandGEM setiap tahunnya mengalami kenaikan terhadap biogas. Di tahun 2022 diperkirakan biogas sebesar $1.115.169\text{m}^3$, tahun 2023 sebesar $1.262.275\text{m}^3$, tahun 2024 sebesar $1.415.166\text{m}^3$, tahun 2025 sebesar $1.573.617\text{m}^3$, tahun 2026 sebesar $1.737.410\text{m}^3$, tahun 2027 sebesar $1.906.335\text{m}^3$, tahun 2028 sebesar $2.080.191\text{m}^3$, dan di tahun 2029 sebesar $2.258.784\text{m}^3$. Banyak faktor yang dapat mempengaruhi naiknya biogas, tetapi komposisi sampah, volume sampah, iklim, dan musim menjadi sangat penting.

Kata kunci: Biogas, emisi gas rumah kaca, sampah

Abstract

This study aims to calculate the length of time for the TPA Talangagung Malang Regency to run a system based on the remaining land, predict the landfill and the production of methane gas, carbon dioxide and hydrogen sulfide arising from the anaerobic fermentation process from the Talangagung TPA Malang Regency. Garbage is waste from sources of human activity or natural processes that do not yet have economic value in environmental aspects. The pile of garbage is getting taller because the basic needs are getting higher. Utilization of waste into biogas that is technically, economically and socially feasible, especially to overcome energy problems. Most of the biogas contains methane gas (CH_4), carbon dioxide (CO_2), and very small amounts of content such as hydrogen sulfide (H_2S), sulfur nitrogen, and ammonia (NH_3) and hydrogen (H_2). Biogas can be used for daily needs which is environmentally friendly for the community. This study analyzes efforts to prevent greenhouse gas emissions through the use of methane gas as biogas. TPA is estimated to be able to run the system in the next 48-64 years. To find out the prediction of the landfill by using linear regression from 2018-2020 data, the linear regression results are estimated to increase by 6% in the next 1 year. The results of observing gas in landfills for 1 month with an average value of $2,793\text{m}^3$ and the results from LandGEM in 2021 which are converted into days, which is $2,668\text{m}^3$, then we can predict biogas with LandGEM. Predictions of methane, carbon dioxide and hydrogen sulfide from LandGEM's results each year increase for biogas. In 2022 it is estimated that biogas will be $1,115,169\text{m}^3$, in 2023 it will be $1,262,275\text{m}^3$, in 2024 it will be $1,415,166\text{m}^3$, in 2025 it will be $1,573,617\text{m}^3$, in 2026 it will be $1,737,410\text{m}^3$, in 2027 it will be $1,906,335\text{m}^3$, in 2026 2028 is $2,080,191\text{m}^3$, and in 2029 it is $2,258,784\text{m}^3$. Many factors can affect the increase in biogas, but the composition of waste, volume of waste, climate, and season are very important.

Keywords: Biogas, greenhouse gas emissions, garbage

Histori Artikel

Submit : 1 Juni 2021

Direvisi : 25 Mei 2026

Diterima : 19 Agustus 2026

DOI : 10.33474/e-jbst.v12i1.434

Sitasi : D. P. Widyatama, S. Laili, S. I. Tito. Prediksi Gas Metana, Karbon Dioksida dan Hidrogen Sulfida dalam Sampah Organik di TPA Talangagung Kabupaten Malang. *Jurnal Ilmiah Biosaintropis (Bioscience-Tropic)*, vol. 12, no. 1, pp. 1-9, Aug. 2026. <https://doi.org/10.33474/ejbst.v12i1.434>



Pendahuluan

Sebagian besar pengolahan sampah di Indonesia menerapkan metode *open dumping* dan *landfill*, namun ada juga yang masih menggunakan metode pembuatan kompos, pemilahan, daur ulang, dan pembakaran [1]. Pada metode *open dumping* dan *landfill* merupakan metode yang paling sederhana tetapi dapat menyebabkan kerusakan pada lingkungan, dikarenakan terjadinya pencemaran pada air tanah dan udara. Pada metode *open dumping*, sampah hanya dibiarkan begitu saja tanpa perlakuan apapun. Sedangkan pada metode *landfill* sampah diratakan dan dipadatkan dengan alat berat dan dilapisi dengan tanah, sehingga dapat menghasilkan biogas dari proses anaerobik [2].

Biogas merupakan jenis energi yang dibuat dari banyak jenis bahan buangan dan bahan sisa, seperti kotoran ternak, jerami, sampah, eceng gondok dan bahan lainnya. Sebagian besar biogas mengandung gas metana (CH_4), karbon dioksida (CO_2), dan kandungan yang jumlahnya yang sangat kecil seperti hidrogen sulfida (H_2S), nitrogen sulfur, dan amonia (NH_3) serta hidrogen (H_2) [3]. Biogas dapat dijadikan pengganti sumber energi fosil yang semakin sedikit jumlahnya. Biogas dapat digunakan untuk kebutuhan sehari-hari yang ramah lingkungan bagi masyarakat [4].

Harga bahan bakar fosil semakin meningkat dan tidak konstannya ketersediaan di pasaran, telah menyebabkan keterbatasan bahan bakar sangat tinggi, sehingga konsekuensinya mencari sumber lain. Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan pemanfaatan limbah menjadi biogas yang layak digunakan secara teknis, ekonomis, dan sosial terutama untuk mengatasi masalah energi [5]. Dengan adanya biogas dari sampah, maka dapat mengurangi emisi gas rumah kaca dan dapat menjadi bahan bakar terbarukan [6]. Tujuan dari penelitian ini yaitu, menghitung umur TPA Talangagung Kabupaten Malang melakukan *running system* berdasarkan perhitungan sisa lahan, memprediksi timbunan sampah yang terdapat di TPA Talangagung Kabupaten Malang dan memprediksi produksi gas metana, karbon dioksida, dan hidrogen sulfida yang timbul akibat proses fermentasi anaerob dari TPA Talangagung Kabupaten Malang.

Material dan Metode

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan yaitu data sampah yang ada di TPA dan *sanitary landfill*. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat PC, MS. Excel 2017, alat tulis, *Softwarespreadsheet* LandGEM (*Landfill GasEmission*) untuk memprediksi produksi biogas, GPS (*Global Positioning System*), kamera, reaktor pemurnian gas, jembatan timbang untuk menghitung jumlah sampah yang masuk ke TPA, meter gas untuk menghitung gas yang dihasilkan di TPA.

Metode

Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari 2021. Pengambilan data lapangan bertempat di TPA Talangagung Kabupaten Malang. Penelitian ini bersifat deskriptif kuantitatif. Deskriptif kuantitatif, yaitu data primer yang meliputi data berat sampah yang masuk setiap hari di TPA dengan menggunakan jembatan timbang, hasil mengukur setiap *landfill* dengan menggunakan meteran, hasil mengukur lahan yang telah digunakan dengan menggunakan meteran, hasil pengamatan pada meter gas dan hasil analisis prediksi gas melalui proses LandGEM.

Saat pengangkut sampah masuk TPA terlebih dahulu di timbang pada jembatan timbang lalu mencatat angka hasil timbangan yang ditunjukkan oleh jembatan timbang selama bulan Februari saat pengamatan berlangsung.

Adapun rumus untuk menghitung umur TPA melakukan *running system*, memprediksi timbunan sampah dan memprediksi estimasi biogas menggunakan LandGEM. Umur TPA melakukan *running system* didapat

Rata-rata luas *landfill* = total luas semua *landfill* : jumlah *landfill*

Jumlah *landfill* yang dapat dibuat setelah zona 2 sel 4 = $\frac{\text{Sisa lahan}}{\bar{X} \text{ luas } \textit{landfill}}$

Sisa Lahan = Total luas lahan – luas lahan yang telah digunakan

Memprediksi timbunan sampah menggunakan regresi linier



$$b = \frac{n \cdot \sum xy - \sum x \cdot \sum y}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$a = \frac{\sum y}{n} - b \left(\frac{\sum x}{n} \right)$$

$$Y_n = a + b \cdot x$$

Keterangan : x = Variabel independen

y = Variabel dependen

a = Konstanta

b = Koefisien variable X

Prediksi estimasi biogas pada LandGEM

$$Q_{CH_4} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0.1}^1 kL_0 \left(\frac{M_i}{10} \right) (e^{-kt_{i,j}})$$

QCH₄ = perkiraan produksi gas metan per tahun
(m³/tahun)

I = penambahan waktu setiap tahun

N = jumlah tahun prediksi

j = 0, 1 penambahan tahun

k = konstanta pembentukan gas metan (1/tahun)

L = kapasitas potensial gas metan yang dihasilkan (m³/Megagram)

M_i = massa sampah dalam tahun ke-i (Mg)

t_{i,j} = umur dari massa sampah (di TPA) selama tahun ke-i (awal dibukanya TPA)

k = 0.05 (tahun⁻¹)

L₀ = 170 m³/Megagram

Konsentrasi NMOC = 4000 ppmv *hexane*

Cara Kerja

Pengumpulan Data

Proses pengambilan data sampah diperoleh dari setiap hari sampah yang masuk sekitar 1 bulan pada bulan Februari kemudian diakumulasikan dalam 1 tahun. Data diambil dari jembatan timbang dengan *weightbridge management software*. Data biogas dapat diambil atau diamati dari meteran gas yang terdapat di TPA.

Analisis Pengolahan Data Sampah

Setelah data diketahui pada bulan Februari 2021 dan di tiap tahun (2018-2020) dengan satuan kilogram yang dikonversikan ke satuan ton, selanjutnya pengolahan data dengan menggunakan tabel analisis regresi linier untuk mengetahui prediksi timbunan sampah di tahun berikutnya. Prediksi Emisi Gas Metana, Karbon Dioksida, dan Hidrogen Sulfida. Buka aplikasi LandGEM, Data sampah dengan satuan ton diinput ke Aplikasi LandGEM. Pada determine model parameter pada menu *methane generation rate*, k (year⁻¹) (kategori iklim TPA, yaitu kategori umum, kering atau basah) dipilih Inventory Conventional -0,04 dikarenakan iklim TPA Talangagung masuk ke kategori umum. Untuk menu *potential methane generation capacity*, L₀ (m³/Mg) yang hanya bergantung pada jenis dan komposisi limbah yang ada di TPA. Semakin Tinggi kandungan selulosa limbah maka semakin tinggi pula nilai L₀. Untuk TPA Talangagung dikategorikan daerah umum, maka digunakan standart *inventory* dengan nilai L₀ 100 m³/megagram. Pada menu NMOC *Concentration (ppmv as hexane)* merupakan fungsi dari jenis limbah di TPA dan tingkat reaksi dari dekomposisi senyawa. Pada TPA Talangagung digunakan NMOC tipe inventory no or unknown co-disposal – 600 dimana tidak terdapat bahan buangan



berbahaya atau beracun. Selanjutnya pada menu *select gases/pollutants* dipilih gas mana saja yang akan diprediksi. Pada penelitian ini, menu *select gases/pollutants* diisi gas metana, karbon dioksida dan hidrogen sulfida. Pada aplikasi sudah dapat dilihat hasil prediksi dari LandGEM yaitu pada menu *result*. Analisis perbandingan emisi gas metana, karbon dioksida dan hidrogen sulfida di Tahun 2018-2029. Setelah data diketahui di tiap tahun produksi biogas. Data dianalisis dan dibandingkan data tiap tahun produksi biogas. Untuk mengetahui tidak konstannya hasil produksi biogas

Hasil dan Diskusi

Hasil Penelitian

Masa Layanan TPA Talangagung Kabupaten Malang: Menghitung masa layanan di TPA Talangagung Kabupaten Malang di dapat data berikut pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Lahan

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Lahan			
<i>Landfill</i>	Zona 1	Sel 1	968 m ²
		Sel 2	1.232 m ²
	Zona 2	Sel 1	1.035 m ²
		Sel 2	1.575 m ²
		Sel 3	3.780 m ²
		Sel 4	11.235 m ²
Jalan untuk lalu lalang truk / pickup pengangkut sampah			3.490 m ²
Kantor, taman dll			10.860 m ²
TOTAL			34.175 m ²

Jumlah *landfill* yang dapat dibuat setelah zona 2 sel 4 yaitu berjumlah 16. Jumlah *landfill* tersebut berdasarkan perhitungan sisa lahan dibagi dengan rata-rata luas *landfill*. Dari perhitungan diatas bernilai 16,89 setara dengan 16

Prediksi Timbunan Sampah di TPA Talangagung Kabupaten Malang: Proyeksi timbunan sampah berdasarkan data jembatan timbang (*weight volume analysis*) dari TPA Talangagung Kabupaten Malang selama pengamatan berlangsung di bulan Februari 2021. Hasil Proyeksi timbunan sampah dapat dilihat pada Tabel 2. Data sampah perhari yang telah diketahui selama 1 bulan kemudian diakumulasikan dalam 1 tahun. Berikut merupakan data sampah selama pengamatan selama 1 bulan per hari yang diakumulasikan selama 1 tahun. Total timbunan sampah selama 1 tahun maka didapat : $2.511.848 \times 12 = 30.142.176$ Kg (= 30.142 Ton). Hasil pengamatan pada meter gas yaitu data yang didapat saat mengamati angka yang ditunjukkan pada meter gas pada pukul 12.00 setiap harinya selama 1 bulan di bulan Februari 2021. Meter gas yang dimiliki TPA yaitu, meter gas yang mengukur total gas pada *landfill* dan meter gas untuk mengukur gas metana. Regresi linier untuk memprediksi timbunan sampah, perhitungan rata-rata luas *landfill* dan perhitungan jumlah *landfill* yang dapat dibuat setelah zona 2 sel 4.

Tabel 2. Data Sampah Selama 1 Bulan (Februari 2021)

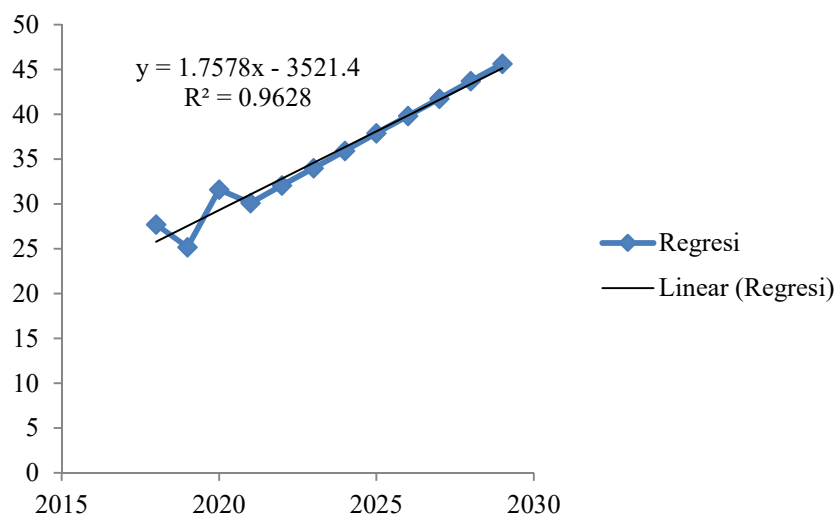
Hari ke	Berat Sampah (Kg)	Hari ke	Berat Sampah (Kg)
1	101.115	13	109.222
2	120.542	14	99.725
3	95.265	15	135.139
4	86.236	16	81.267
5	103.593	17	103.586



6	119.365	18	94.287
7	109.110	19	135.379
8	95.264	20	144.347
9	127.325	21	109.001
10	89.251	22	140.589
11	112.255	23	111.189
12	98.796		

Total timbunan sampah selama 1 bulan yaitu 2.511.848 Kg. Jika diakumulasikan selama 1 tahun maka didapat : $2.511.848 \times 12 = 30.142.176$ Kg atau 30.142 Ton

Hasil akumulasi selama 1 tahun (2021) yaitu 30.142 ton. Selain data selama 1 bulan, adapun proyeksi timbunan sampah berdasarkan data jembatan timbang (*weight volume analysis*) dari TPA Talangagung Kabupaten Malang selama 3 tahun kebelakang yaitu tahun 2018: 27,729; tahun 2019: 25,185 ton dan tahun 2020: 31,611 ton untuk dapat memprediksi 9 tahun kedepan dengan menggunakan regresi linier (Gambar 1).



Gambar 1. Proyeksi berdasar Tahun 2018, 2019 dan 2020

Tabel 3. Prediksi Timbunan Sampah 9 Tahun Kedepan di TPA Talangagung dengan Menggunakan Regresi Linier

Tahun	Ton	Tahun	Ton
2018	27.729	2024	35.939
2019	25.185	2025	37.880
2020	31.611	2026	39.821
2021	30.142	2027	41.762
2022	32.057	2028	43.703
2023	33.998	2029	45.644

Perbandingan Laju Produksi dan Prediksi Gas Metana, Karbon Dioksida dan Hidrogen Sulfida yang Timbul Akibat Proses Fermentasi Anaerob Selama Tahun 2018-2029 dari TPA Talangagung Kabupaten Malang: Selama bulan Februari 2021 saat melakukan pengamatan di lapangan TPA Talangagung Kabupaten Malang. Data Gas pada *landfill* diambil saat pengamatan berlangsung setiap jam 12.00 pada meter gas yang dipasang pada pipa. Langkah saat melakukan pengambilan data yaitu, mencatat angka yang ditunjukkan oleh meteran gas. Berikut merupakan data yang didapat dari pengamatan secara langsung pada Tabel 4.

Prediksi gas metana, karbon dioksida, dan hidrogen sulfida dilakukan berdasarkan total sampah masuk per tahun selama tahun 2018 sampai 2029. Untuk mengidentifikasi laju timbunan prediksi gas metana,



karbon dioksida dan hidrogen sulfida di area TPA Talangagung Kabupaten Malang dianalisis dengan *spreadsheet* LandGEM yang bertujuan untuk menganalisis produksi gas yang dihasilkan oleh sampah organik. Hasil yang didapat dari *spreadsheet* LandGEM, dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 4. Hasil Pengamatan Pada Gas *Landfill* (Februari 2021)

Hari ke	Gas <i>Landfill</i> (m ³)	Gas Metana (m ³)
1	2786	1661
2	2788	1663
3	2791	1666
4	2793	1668
5	2795	1670
6	2794	1669
7	2792	1667
8	2793	1668
9	2795	1670
10	2792	1667
11	2793	1668
12	2796	1671
13	2795	1670
14	2795	1670
15	2794	1669
16	2794	1669
17	2794	1669
18	2793	1668
19	2793	1668
20	2792	1667
21	2795	1670
22	2797	1672
23	2799	1675
Rata-rata	2793	1668

Tabel 5. Prediksi Biogas Pada Sampah dari Aplikasi LandGEM Per Tahun

Tahun	Jumlah Sampah (Ton)	Total <i>Landfill</i> gas (m ³)	Metana (m ³)	Karbon dioksida (m ³)	Hidrogen sulfida (m ³)
2018	27729	551897	331138	220759	19
2019	25185	695325	417195	278130	25
2020	31611	817984	490790	327193	29
2021	30116	974087	584452	389634	35
2022	32057	1115169	669101	446067	40
2023	33998	1262275	757365	504910	45
2024	35939	1415166	849100	566066	50
Tahun	Jumlah Sampah (Ton)	Total <i>Landfill</i> gas (m ³)	Metana (m ³)	Karbon dioksida (m ³)	Hidrogen sulfida (m ³)
2025	37880	1573617	944170	629447	56
2026	39821	1737410	1042446	694964	62
2027	41762	1906335	1143801	762534	68
2028	43703	2080191	1248114	832076	74
2029	45644	2258784	1355270	903513	81



Pembahasan

Masa Layanan TPA

Jumlah *landfill* yang dapat dibuat setelah zona 2 sel 4 yaitu berjumlah 16. Jumlah *landfill* tersebut berdasarkan perhitungan sisa lahan dibagi dengan rata-rata luas *landfill*. Dari perhitungan diatas bernilai 16,89 setara dengan 16.

Dari hasil wawancara, setiap *landfill* dapat menampung sampah selama 3-4 tahun. Sesuai dengan perhitungan diatas TPA masih bisa membuat 16 *landfill* lagi setelah *landfill* di zona 2 sel 4. Masa layanan di TPA Talangagung tersisa 48-64 tahun. Tetapi TPA Talangagung memakai metode buka - tutup *landfill* (*Running system*) agar dapat memaksimalkan menampung sampah dengan waktu yang sangat lama. Sehingga, jika lahan di TPA sudah tidak dapat membuat *landfill*, maka *landfill* yang lama akan dibuka kembali untuk menampung sampah yang baru. *Landfill* yang telah dibuka menghasilkan humus yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk dan sampah yang tidak dapat terurai. Sampah yang tidak dapat terurai dipilah-pilah, jika sampah yang tidak dapat terurai masih layak untuk didaur ulang. Maka masa layanan TPA tidak dapat diprediksi.

TPA Talangagung Kabupaten Malang menggunakan 2 sistem. Sistem pertama yaitu menggunakan sistem sirkulasi air lindi, dengan menggunakan sistem tersebut maka gas metana maksimum dan terkendali, karbon dioksida terkendali, fermentasi maksimal, proses degradasi cepat sehingga dapat menghemat lahan TPA. Sistem kedua yaitu menggunakan operasional *running system*. *Running system* yaitu membongkar kembali sel yang lama, diambil plastik-plastiknya untuk di daur ulang, untuk yang kompos dapat digunakan pupuk atau bisa digunakan sebagai penutup *landfill*. Tempat yang sudah dibersihkan atau refitalisasi dapat diisi ulang sampah lagi.

Prediksi Timbunan Sampah

Pada hasil pengamatan di bulan Februari 2021 timbunan sampah setiap harinya berbeda-beda. Terdapat lonjakan di hari ke19 sebesar 30,35 %. Sedangkan terjadi penurunan yang tajam di hari ke 16 sebesar 39,86 %. Pada grafik tersebut memperlihatkan tidak adanya signifikan pada laju timbunan sampah di bulan Februari 2021. Pada grafik Gambar 1 diatas didapat persamaan yang berada pada garis linier $Y = 1,757 X - 3521$ dengan nilai koefisien korelasi $R = 0,962$, maka nilai koefisien korelasi hubungan nilai x dan y berada diantara 0,80-1,000 yang artinya sangat kuat. Sehingga metode regresi linier mendekati hasil kebenaran untuk perhitungan prediksi timbunan sampah.

Pada grafik Gambar 2, menunjukkan bahwa timbunan sampah tersebut terdapat lonjakan yang sangat tinggi di tahun 2020, dikarenakan terjadinya pandemi yang mempengaruhi kebutuhan manusia semakin tinggi. Sebagai contoh, kebutuhan masker dan kebutuhan pangan. Untuk kebutuhan pangan biasanya masyarakat jarang mengkonsumsi buah-buahan dan sayuran, sejak adanya pandemic ini kebutuhan buah-buahan dan sayuran semakin meningkat untuk menjaga kesehatan tubuh mereka. Jumlah timbunan sampah setiap tahunnya berbeda-beda dikarenakan terdapat beberapa faktor lain, yaitu kepadatan penduduk, jumlah penduduk, iklim, musim, letak geografis dan topografi, tingkat aktifitas. Faktor musim sangat berpengaruh terhadap berat sampah, sebagai contoh di negara beriklim tropis. Musim yang dimaksud bukan berarti hanya musim kemarau dan hujan, tetapi musim buah-buahan tertentu. Faktor sosial dan budaya juga mempengaruhi berat sampah [2].

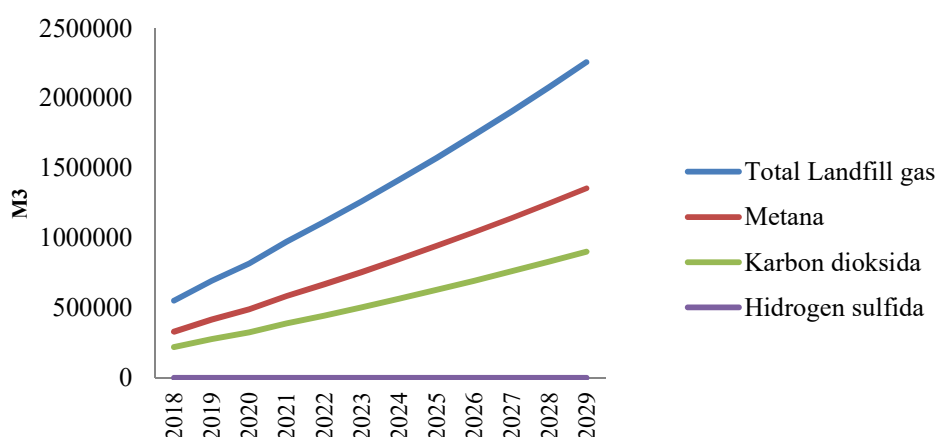
Di tahun 2018-2019 terjadi penurunan sebesar 9,17 %. Di tahun 2019-2020 terjadi kenaikan 20 %. Untuk tahun 2020-2021 terjadi penurunan sebesar 4 % dan di tahun 2021-2022 terjadi lonjakan sebesar 6 %. Di tahun 2021 mendapat dampak dari tahun 2020 dikarenakan sampah dari pemukiman tidak langsung menuju ke TPA (Tempat Pembuangan Akhir) tetapi diangkut ke TPS (Tempat Pembuangan Sementara) terlebih dahulu. Sehingga laju timbunan sampah tidak signifikan.

Prediksi Laju Produksi dan Prediksi Gas Metana, Karbon Dioksida dan Hidrogen Sulfida yang Timbul Akibat Proses Fermentasi Anaerob Selama Tahun 2018 – 2029

Selama bulan Februari 2021 saat melakukan pengamatan di lapangan TPA Talangagung Kabupaten Malang. Data Gas pada *landfill* diambil saat pengamatan berlangsung setiap jam 12.00 pada meter gas yang dipasang pada pipa. Langkah saat melakukan pengambilan data yaitu, mencatat angka yang ditunjukkan oleh meteran gas.

Dari tabel 5, jumlah gas pada *Landfill* dan gas metana yang didapat dari meteran gas pada jam 12.00 yang dilakukan selama 1 bulan di bulan Februari yaitu berbeda-beda. Hasil perhitungan konsentrasi gas metana di TPA sekitar 60-65 % setelah dimurnikan selebihnya unsur lain yang terkandung dalam biogas. Kenaikan dan penurunan yang sangat sedikit setiap harinya berkisar 0,06 % - 0,1 %.

Hasil analisis total gas *Landfill* pada aplikasi LandGEM yang dihasilkan oleh TPA Talangagung Kabupaten Malang untuk masa operasional tahun 2018 sampai tahun 2029 yang terdapat pada tabel 5. Dengan menggunakan *spreadsheet* LandGEM dapat memprediksi timbulan emisi biogas yang terdapat pada *landfill*. Hasil dari prediksi *spreadsheet* LandGEM menyatakan konsentrasi gas metana sebesar 60 % dari total gas *landfill*, untuk konsentrasi karbon dioksida sebesar 39,7%, sedangkan untuk hidrogen sulfida konsentrasinya sebesar 0,3 %.



Gambar 2. Prediksi Gas hingga Tahun 2029

Pada grafik laju produksi biogas dapat dilihat bahwa terjadinya peningkatan setiap tahunnya, yang artinya laju produksi biogas yang dihasilkan pada *landfill* tidak signifikan. Di tahun 2018-2019 biogas mengalami kenaikan sebesar 20,6 %. Untuk di tahun 2019-2020 mengalami kenaikan sebesar 14,9 %. Di tahun 2020-2021 mengalami kenaikan sebesar 16 %.

Perbandingan dari hasil pengamatan selama penelitian pada bulan Februari dengan hasil LandGEM yang sudah diubah menjadi perhari yaitu hasil prediksi LandGEM mendekati hasil yang sebenarnya, dimana rata-rata gas pada *landfill* selama pengamatan yaitu 2.793 m³ dan untuk gas metana sebesar 1.668 m³. Sedangkan hasil prediksi dari LandGEM pada tahun 2021 total gas pada *landfill* perhari sebesar 2.668 dan untuk gas metana sebesar 1.601. Data pengamatan pada meteran gas selama 1 bulan pada bulan Februari 2021 angkanya lebih besar daripada hasil prediksi LandGEM yang terjadi kemungkinan besar yaitu dari faktor biotik.

Tabel 6. Konversi Biogas dan Penggunaannya

Penggunaan	Energi 1 m ³ Biogas
Penerangan	Lampu 60 – 100 watt selama 6 jam
Memasak	Memasak 3 jenis makanan untuk 5 - 6 orang
Tenaga	Menjalankan motor 1 hp selama 2 jam
Listrik	4,7 kWh energi listrik

Sumber : Suriawiria (2005) dan Suhendra (2008) dalam Hanif (nd) [7]

Pada tahun 2021 biogas berkisar 2.793 m³ perhari. Penerangan untuk 1 rumah membutuhkan 450 watt, 900 watt, dan 1.300 watt, tergantung dengan kebutuhan rumah. Jika 1 m³ biogas bernilai 60-100 watt,



maka untuk penerangan TPA Talangagung bisa menghasilkan 167.580-279.300 watt. Jadi TPA Talangagung bisa mendistribusikan biogas sebagai penerangan sebanyak 128-214 rumah. Pada 1 m³ biogas digunakan untuk memasak sekitar 5-6 orang (Tabel 6). Jika 1 rumah diperkirakan berisi 5-6 orang, maka TPA Talangagung bisa mendistribusikan sebanyak 2.793 rumah untuk 3 jenis masakan. Jika biogas untuk listrik maka diperlukan 1 m³ biogas untuk 4,7 kWh. 1 rumah diperkirakan 15,9 kWh. Maka TPA Talangagung bisa mendistribusikan listrik sebanyak 825 rumah. TPA Talangagung sendiri mendistribusikan biogas sebanyak 360 rumah. Diharapkan TPA Talangagung menambah jumlah penerima biogas yang ada di kecamatan kepanten.

Kesimpulan

Saat ini diperkirakan TPA masih dapat membuat 16 *landfill* lagi di lahan yang masih tersedia. 1 *landfill* diperkirakan dapat menampung sampah selama 3-4 tahun. Jadi, TPA dapat melakukan *running system* 48-64 tahun kedepan. Timbunan sampah setelah tahun 2020 di TPA Talangagung Kabupaten Malang didapat melalui hitungan regresi linier dari data timbunan sampah tahun 2018 – 2020. Dari hasil prediksi timbunan sampah, jumlah sampah semakin tinggi yang menunjukkan tidak adanya signifikan pada laju pertumbuhan timbunan sampah. Jumlah timbunan sampah setiap tahunnya berbeda-beda dikarenakan terdapat beberapa faktor, yaitu kepadatan penduduk, jumlah penduduk, iklim, musim, letak geografis dan topografi, tingkat aktivitas. Semakin tinggi jumlah penduduk maka semakin tinggi pula laju pertumbuhan timbunan sampah. Laju gas metana, karbon dioksida dan hidrogen sulfida tidak signifikan, dikarenakan setiap tahun terjadi kenaikan terhadap biogas. Data biogas selama pengamatan satu bulan dengan hasil LandGEM angkanya tidak jauh berbeda seperti pada hasil pengamatan gas pada *landfill* selama 1 bulan yaitu dengan nilai rata-rata 2.793 m³ dan hasil dari LandGEM pada tahun 2021 yang konversikan ke dalam hari yaitu sebesar 2.668 m³, maka kita dapat memprediksi biogas dengan LandGEM. Banyak faktor yang dapat mempengaruhi naiknya laju biogas, seperti komposisi sampah, pH, suhu, iklim, musim dll. Diantara semua itu yang paling memengaruhi laju biogas yaitu, kepadatan penduduk dan komposisi sampah. Jika semakin tinggi kepadatan penduduk maka semakin tinggi pula laju produksi biogas.

Daftar Pustaka

- [1] D. Winahyu, S. Hartono, and Y. Syaikat, "Strategi pengelolaan sampah pada tempat pembuangan akhir Bantargebang, Bekasi," Jurnal Manajemen Pembangunan Daerah, vol. 5, no. 2, pp. 1–17, 2013.
- [2] W. Purwanta, "Penghitungan emisi gas rumah kaca (GRK) dari sektor sampah perkotaan di Indonesia," Jurnal Teknik Lingkungan, vol. 10, no. 1, pp. 1–8, 2009.
- [3] Armi and D. Mandasari, "Pengolahan sampah organik menjadi gas metana," Serambi Saintia, vol. 5, no. 1, 2017.
- [4] S. A. Felix, P. Salim, and D. Ikhsan, "Pembuatan biogas dari sampah sayuran," Jurnal Teknologi Kimia dan Industri, vol. 1, no. 1, pp. 103–108, 2012.
- [5] I. M. Mara, "Analisis penyerapan gas karbondioksida (CO₂) dengan larutan NaOH terhadap kualitas biogas kotoran sapi," Dinamika Teknik Mesin: Jurnal Keilmuan dan Terapan Teknik Mesin, vol. 2, no. 1, 2017.
- [6] A. Syauqi, Mikrobiologi Lingkungan: Peranan Mikroorganisme dalam Kehidupan. Yogyakarta, Indonesia: Andi-Unisma, 2017.
- [7] A. Hanif, Studi Pemanfaatan Biogas sebagai Pembangkit Listrik 10 kW Kelompok Tani Mekarsari Desa Daunder Bojonegoro Menuju Desa Mandiri Energi. Surabaya, Indonesia: Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2010.