



Analisa Pemanfaatan Gas Metana dari Dekomposisi Sampah Organik pada *Sanitary Landfill* (Studi Kasus: TPA Wonokerto Kabupaten Pasuruan)

**Yuni Rokhmawati^{1*}, Aditya Dandy Firatama², Ipung Wisnu Triono³, Mochammad
Yudha Nur Fawaid⁴**

^{1,3} Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Jl. Raya ITS Surabaya, Jawa Timur, Indonesia

² Universitas Annuqayah, Jl. Bukit Lancaran PP Annuqayah Sumenep, Jawa Timur, Indonesia

⁴ Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9 Malang, Jawa Timur, Indonesia

*Penulis korespondensi, Surel: yunimahesa41@gmail.com

Abstrak

Manajemen pengolahan sampah padat perkotaan (SPP) merupakan masalah lingkungan yang serius di negara berkembang. Penelitian ini menganalisis potensi produksi gas metana (CH₄) di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Wonokerto, Kabupaten Pasuruan, yang menerapkan metode *sanitary landfill*, serta mengeksplorasi peluang dan tantangan implementasi sistem pengumpulan dan pemanfaatannya sebagai sumber energi terbarukan. Perhitungan potensi metana menggunakan metode IPCC Tier 1 menunjukkan bahwa TPA Wonokerto berpotensi menghasilkan sekitar 4.999,97 ton CH₄ per tahun, dengan perkiraan emisi metana ke atmosfer sebesar 1.250 ton CH₄ per tahun setelah mempertimbangkan recovery factor 0,75. Implementasi sistem pengumpulan gas yang efektif, terdiri dari sumur vertikal atau horizontal, pipa berlubang, dan pipa kolektor, diidentifikasi sebagai langkah krusial dalam menangkap gas metana yang dihasilkan dari dekomposisi anaerobik sampah. Analisis peluang pemanfaatan gas metana dari TPA Wonokerto mengungkapkan potensi yang signifikan dalam berbagai aplikasi, termasuk pembangkitan listrik untuk memenuhi kebutuhan internal TPA atau disalurkan ke jaringan listrik, produksi bahan bakar alternatif (RNG/CNG) untuk transportasi, serta pemanfaatan termal untuk pemanas. Perhitungan asuntif mengenai pemanfaatan biogas skala rumah tangga menunjukkan potensi untuk melayani sekitar 5.992 Kepala Keluarga per hari.

Kata kunci: *Gas Collection Unit*; Gas Metana; Keberlanjutan Lingkungan; *Sanitary Landfill*; TPA.

1. Pendahuluan

Salah satu permasalahan yang kerap hadir di perkotaan dan belum mampu diatasi dengan maksimal adalah permasalahan terkait pengelolaan sampah. Sampah yang tidak dikelola dengan baik dapat menyebabkan permasalahan bagi perkembangan suatu kota (Al-Giffari et al., 2023). Lebih parah lagi, hampir semua kota di Indonesia baik kota besar maupun kota kecil, belum memiliki sistem penanganan sampah yang baik (Yusnita et al., 2024). Masalah sampah merupakan masalah yang sangat serius, penambahan jumlah penduduk mengakibatkan pula kenaikan jumlah sampah (Iswati et al., 2025). Permasalahan sampah semakin memburuk tiap tahun akibat pertumbuhan penduduk yang menyebabkan akumulasi sampah dan penggunaan Tempat Pembuangan Sampah (TPA) kota (Nurjaya &

Live and Applied Science, Volume 5

Rachmanto, 2023). Secara garis keberadaan TPA di lingkungan masyarakat memiliki dampak positif serta memiliki dampak negatif. Mulai dari dampak terhadap lingkungan, dampak terhadap kondisi sosial masyarakat serta dampak bagi perekonomian masyarakat. (Hafizah et al., 2023). Sampah merupakan material sisa yang tidak diinginkan setelah berakhirnya suatu proses (Nurhadi et al., 2020). Peningkatan jumlah timbulan sampah yang tidak diantisipasi dengan pengelolaan yang tepat, akan berdampak pada pencemaran lingkungan, seperti timbulnya genangan karena tersumbatnya saluran drainase, banjir yang disebabkan karena bertumpuknya sampah dialiran sungai, maupun dampak langsung pada kesehatan masyarakat seperti gangguan pernafasan, dll (Artiningrum, 2018). Pengelolaan sampah-sampah yang dihasilkan dari berbagai aktivitas manusia, dapat dikelompokkan menjadi enam elemen yakni pengendalian bangkitan (*control of generation*), penyimpanan (*storage*), pengumpulan (*collection*), pemindahan dan pengangkutan (*transfer and transport*), pemrosesan (*processing*), dan pembuangan (*disposal*) (Mulasari et al., 2016).

Pengelolaan sampah di sebagian besar kota/kabupaten di Indonesia masih menerapkan paradigma lama yaitu kumpul-angkut-buang, dengan persentase sampah dibuang di TPA (Tempat Pemrosesan Akhir) sebesar 60% (Prahastining et al., 2023). Salah satu kesadaran akan pentingnya menjaga lingkungan hidup yang termasuk di dalamnya lingkungan sosial adalah menjaga agar tetap terjadi keberlanjutan (Effendi et al., 2018). Kesadaran lingkungan juga melibatkan pengakuan terhadap hubungan timbal balik antara manusia dan lingkungan, serta kesadaran akan tanggung jawab kita untuk bertindak secara berkelanjutan untuk menjaga keberlanjutan lingkungan bagi generasi masa depan (Miterianifa & Mawarni, 2024). Pengelolaan sampah padat merupakan isu lingkungan global yang krusial, terutama di negara berkembang seperti Indonesia, di mana pertumbuhan populasi dan urbanisasi yang pesat meningkatkan volume timbulan sampah secara signifikan. Kabupaten Pasuruan, yang terletak di Provinsi Jawa Timur, juga menghadapi tantangan serupa dalam pengelolaan limbah padatnya. Dengan jumlah penduduk yang diperkirakan mencapai 1,64 juta jiwa pada tahun 2024, kebutuhan akan sistem pengelolaan sampah yang efektif dan berkelanjutan menjadi semakin mendesak.

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Wonokerto di Kecamatan Sukorejo menjadi fasilitas utama penampungan sampah di Kabupaten Pasuruan sejak tahun 2020. Meskipun memiliki kapasitas desain hingga 1.152 ton per hari, TPA ini menerima sekitar 275 ton sampah per hari pada tahun 2024, dengan kapasitas pengolahan yang jauh lebih rendah, yaitu sekitar 65 ton per hari. Sistem pengelolaan limbah yang tidak efektif dan efisien akan berdampak pada akumulasi limbah di lokasi pemrosesan akhir (Harjanti & Anggraini, 2020). Penerapan metode *sanitary landfill* di TPA Wonokerto bertujuan untuk meminimalkan dampak lingkungan melalui penimbunan dan penutupan sampah secara berkala. Sistem *sanitary landfill* adalah pengolahan sampah dengan mendesain agar air yang terkandung pada sampah (air lindi) tidak sampai ke dalam tanah (Kusuma et al., 2020). Namun, proses dekomposisi anaerobik material organik dalam landfill ini menghasilkan gas metana (CH₄) sebagai produk samping utama. Sistem *sanitary landfill* adalah sistem operasi TPA yang dilakukan dengan cara memadatkan sampah secara berlapis, dimana periode operasi terpendeknya adalah selama satu hari. Berdasarkan kepada Undang-

Undang No 18 Tahun 2008, Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 3 Tahun 2013, Peraturan Pemerintah No 16 Tahun 2005, dan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 21 Tahun 2006, dinyatakan bahwa TPA di kota besar dan metropolitan harus direncanakan sesuai metode lahan urug saniter (*sanitary landfill*) (Samin et al., 2018). Keunggulan sistem *sanitary landfill* antara lain penanganan bersifat fleksibel walaupun terjadi fluktuasi timbunan sampah, dapat menampung berbagai jenis sampah, tidak menimbulkan permasalahan estetika, terdapat penanganan lindi dan gas, serta kebutuhan lahan yang relatif lebih kecil (Arinda et al., 2023).

Gas metana memiliki potensi ganda. Di satu sisi, dengan perkiraan produksi mencapai 16.500 m³ per hari berdasarkan asumsi konservatif, gas ini merupakan sumber energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan, seperti yang telah diterapkan di TPA Wonokerto untuk keperluan memasak. Gas metana yang tidak dimanfaatkan dengan baik dapat meledak dan berpotensi terjadinya kebakaran pada *landfill* (Khamil et al., 2023). Potensi konversi menjadi listrik melalui teknologi *Landfill Gas to Energy* juga terbuka lebar. Di sisi lain, metana adalah gas rumah kaca yang jauh lebih potensi pemanasan globalnya lebih dari 25 kali lipat dibandingkan karbon dioksida dalam kurun waktu 100 tahun, sehingga emisi yang tidak terkontrol dapat berkontribusi signifikan terhadap perubahan iklim.

Oleh karena itu, pengelolaan gas metana yang efektif dari TPA *sanitary landfill* seperti Wonokerto menjadi sangat penting. Sistem pengumpulan gas (*gas collection system*) yang terdiri dari sumur vertikal (*vertical wells*) atau kolektor horizontal (*horizontal collectors*) dengan pipa-pipa perforasi berperan krusial dalam menangkap gas yang terbentuk di dalam timbunan sampah. Gas yang terkumpul kemudian dialirkan melalui pipa kolektor (*header pipes*) menuju sistem pengolahan (*gas treatment system*) untuk menghilangkan kontaminan sebelum dimanfaatkan atau dibakar secara terkendali melalui sistem flare jika pemanfaatan belum memungkinkan.

Berdasarkan permasalahan diatas sehingga dilakukan penelitian yang bertujuan untuk menganalisis potensi produksi gas metana di TPA Wonokerto, Kabupaten Pasuruan, berdasarkan karakteristik timbunan sampah dan metode *sanitary landfill* yang diterapkan. Selain itu, studi ini juga akan mengeksplorasi peluang dan tantangan dalam implementasi sistem pengumpulan dan pemanfaatan gas metana sebagai sumber energi terbarukan, serta implikasinya terhadap pengurangan emisi gas rumah kaca dan pengelolaan lingkungan yang lebih berkelanjutan di Kabupaten Pasuruan.

2. Metode

2.1. Sanitary Landfill

TPA Wonokerto menggunakan metode *sanitary landfill*, di mana sampah ditimbun dan ditutup secara berkala dengan lapisan tanah untuk mengurangi dampak lingkungan. TPA Wonokerto dirancang untuk menampung hingga 1.152 ton sampah per hari. Meskipun memiliki kapasitas timbunan yang besar, fasilitas pengelolaan sampah di TPA ini hanya mampu menangani sekitar 65 ton per hari. Gas metana (CH₄) adalah salah satu produk utama dari dekomposisi sampah organik dalam sistem *sanitary*

Live and Applied Science, Volume 5

landfill. Proses ini terjadi secara *anaerobic* (tanpa oksigen) di lapisan dalam timbunan sampah.

2.2. Komponen

Gas yang dihasilkan oleh dekomposisi sampah organik di sanitary landfill merupakan gas metana (CH_4). Sistem pengumpulan gas metana (*Gas Collection System*) merupakan infrastruktur krusial dalam upaya memanfaatkan potensi energi sekaligus memitigasi dampak pencemaran lingkungan (pencemaran tanah) yang mungkin mengakibatkan terjadinya ledakan dalam tanah akibat penumpukan gas metana dalam tanah. Sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama yang bekerja secara terintegrasi untuk menangkap dan menyalurkan gas metana dari dalam timbunan sampah. Komponen tersebut meliputi *Vertical wells* (sumur vertikal) atau *horizontal trenches*, *Perforated pipes* (pipa berlubang) untuk menangkap gas, dan *Header pipe* (pipa utama) yang menghubungkan ke semua sumur.

2.3. Proses Pembentukan Gas Metana



Gambar 1. Proses Pembentukan CH_4

- Fase Hidrolisis
Mikroorganisme menguraikan bahan organik kompleks menjadi senyawa sederhana seperti asam amino, gula, dan asam lemak.
- Fase Asidogenesis
Senyawa sederhana tadi dikonversi menjadi asam-asam volatil, karbon dioksida (CO_2), hidrogen (H_2), dan alkohol.
- Fase Asetogenesis
Asam-asam volatil diubah menjadi asam asetat, CO_2 , dan H_2 .
- Fase Metanogenesis

Live and Applied Science, Volume 5

Bakteri metanogenik mengubah asam asetat dan gas lain menjadi metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2).

2.4. Faktor-Faktor Penyebab Pemanfaatan Gas Metana

1. Mencegah Bahaya Ledakan

Metana merupakan suatu alkana yang mempunyai sifat sukar bereaksi (memiliki afinitas kecil) sehingga biasa disebut sebagai parafin. Sifat lain dari alkana adalah mudah mengalami reaksi pembakaran sempurna dengan oksigen menghasilkan gas karbon dioksida (CO_2) dan uap air (H_2O) (Asrul et al., 2018). Penumpukan gas metana yang tidak terkontrol di dalam atau di sekitar landfill dapat menimbulkan risiko kebakaran dan ledakan yang serius. Sistem pengumpulan dan pemanfaatan gas secara aktif mengeluarkan metana dari landfill, sehingga mengurangi risiko ini secara signifikan.

2. Mengurangi Dampak Gas Rumah Kaca

Timbunan sampah menghasilkan gas metana (CH_4) yang merupakan salah satu gas rumah kaca. Sampah organik merupakan penghasil emisi gas metana terbesar pada proses penimbunan sampah di TPA (Anifah et al., 2021). Emisi metana dari *landfill* yang tidak terkontrol berkontribusi signifikan terhadap perubahan iklim. Dengan menangkap dan memanfaatkan metana (atau membakarnya secara terkendali melalui *flaring*), emisi gas rumah kaca dapat dikurangi secara substansial. Pembakaran metana mengubahnya menjadi karbon dioksida dan air, yang memiliki dampak pemanasan global yang jauh lebih rendah.

3. Pengendalian Bau

Gas *landfill* mengandung berbagai senyawa organik volatil (VOCs) yang dapat menyebabkan bau tidak sedap di sekitar area landfill. Sistem pengumpulan gas, diikuti dengan pemanfaatan atau pembakaran, membantu menghilangkan senyawa-senyawa ini dan mengurangi keluhan dari masyarakat sekitar terkait masalah bau.

Sistem *flaring* di TPA merupakan cara membakar gas metana (CH_4) dan gas lain yang dihasilkan dari pembusukan sampah secara terkendali. Ini dilakukan terutama jika gas tersebut belum bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi

2.5. Pemanfaatan Gas Metana pada *Sanitary Landfill*

Pemanfaatan gas metana dari *sanitary landfill* sangat penting karena gas ini merupakan sumber energi terbarukan sekaligus gas rumah kaca yang kuat. Berikut adalah beberapa pemanfaatan utamanya:

1. Pembangkit Listrik

Metana dikumpulkan, dimurnikan, lalu dibakar dalam mesin generator atau turbin. Hasilnya menjadi Listrik yang dapat digunakan untuk keperluan internal (misalnya penerangan area TPA) atau dijual ke jaringan listrik.

2. Bahan Bakar Alternatif

Metana dimurnikan menjadi RNG (*Renewable Natural Gas*) sehingga dapat digunakan sebagai Bahan bakar kendaraan (CNG/LNG) dan pengganti gas alam untuk industri atau rumah tangga.

Live and Applied Science, Volume 5

3. Pemanas (*Heating*)

Gas metana digunakan sebagai bahan bakar untuk pemanas ruang, pemanas air, atau proses industri.

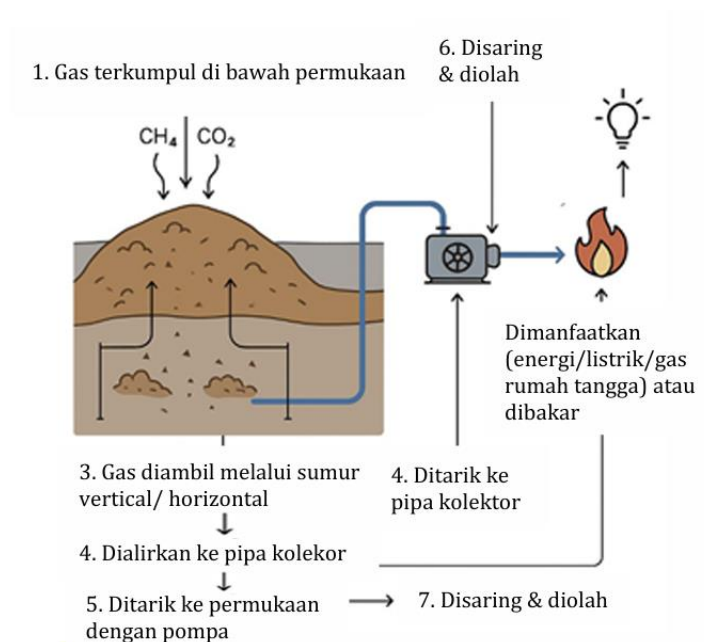
4. *Flare* (Pembakaran Terkendali)

Jika tidak dimanfaatkan secara ekonomis, metana dibakar dalam sistem flare dengan tujuan untuk mengurangi emisi metana langsung ke atmosfer lalu mengubahnya menjadi CO_2 (yang efek rumah kacanya lebih rendah).

5. Pengurangan Dampak Lingkungan

Mengontrol dan memanfaatkan gas metana membantu untuk Mencegah ledakan akibat akumulasi gas, Mengurangi bau dan polusi udara, dan Mengurangi emisi gas rumah kaca

2.6. Alur Sistem Kerja



Gambar 2. Proses alur pemanfaatan CH_4

- 1) Sampah membusuk (terdapat pada *sanitary landfill*) → menghasilkan gas (CH_4 dan CO_2)
- 2) Gas terkumpul di bawah permukaan
- 3) Gas diambil melalui sumur vertikal/horizontal
- 4) Dialirkan ke pipa kolektor
- 5) Ditarik ke permukaan dengan pompa/blower
- 6) Disaring & diolah
- 7) Dimanfaatkan (energi/listrik/gas rumah tangga) atau dibakar

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Perhitungan Kapasitas *Landfill* TPA Wonokerto

TPA Wonokerto melayani pembuangan akhir pada daerah Sukorejo, Kabupaten Pasuruan. Jumlah penduduk Kecamatan Sukorejo, Kabupaten Pasuruan, pada tahun 2024 adalah sekitar 88.336 jiwa.

Live and Applied Science, Volume 5

Diketahui:

- Luas lahan TPA Wonokerto: ± 5 hektar = 50.000m^2
- Volume sampah masuk harian = $\pm 400\text{ m}^3/\text{hari}$ Atau sekitar 200-275 ton/hari
- Perkiraan tinggi/lapisan penimbunan sampah = ~ 10 meter (asumsi umum untuk landfill regional)
- Efisiensi pemadatan sampah = $\sim 0,75$ (asumsi konservatif; 75% dari volume digunakan untuk sampah)

a) Perhitungan Volume Kapasitas TPA:

Volume Kapasitas:

= Luas x Tinggi x Efisiensi pemadatan

= $50.000\text{ m}^2 \times 10\text{ m} \times 0,75$

= 375.000 m^3

b) Perhitungan Lama Pelayanan Berdasarkan Timbunan Harian:

Durasi pelayanan (hari):

$$= \frac{375.000\text{ m}^3}{400\text{ m}^3}$$

= 937,5 hari

= Durasi pelayanan $\rightarrow 2,6$ tahun

Dari hasil perhitungan didapatkan sebagai berikut:

- Total kapasitas TPA Wonokerto: $\pm 375.000\text{ m}^3$
- Daya tampung terhadap sampah harian ($400\text{ m}^3/\text{hari}$): sekitar 2,6 tahun

Prinsip Utama *Sanitary Landfill*:

- Penimbunan berlapis: Sampah dikompaksi (dipadatkan) dalam lapisan 0,5–2 meter.
- Daily cover: Lapisan tanah ± 15 –30 cm ditambahkan setiap hari.
- Sel landfill: Area dibagi ke dalam beberapa sel untuk pengelolaan bertahap.
- Sistem drainase: Menangani lindi (*leachate*) agar tidak mencemari lingkungan.
- Gas venting atau gas *recovery*: Untuk mengelola gas metana yang terbentuk.

3.2. Perhitungan Jumlah Gas Metan Yang dihasilkan oleh dekomposisi Landfill

1. Data Asumsi (berdasarkan informasi sebelumnya):

Tabel 1. Data Asumsi Untuk Menghitung Jumlah Gas Metana

| Parameter | Nilai |
|-----------------------------------|--|
| Volume sampah masuk harian | $400\text{ m}^3/\text{hari}$ |
| Densitas sampah | $\pm 500\text{ kg}/\text{m}^3$ (asumsi konservatif) |
| Komposisi sampah organik | 60% dari total sampah |
| Potensi pembentukan CH_4 | $\pm 100\text{ m}^3\text{ CH}_4/\text{ton}$ sampah organik |
| Waktu akumulasi | 1 tahun |

2. Perhitungan Bertahap

- Berat sampah masuk harian

$$400\text{m}^3 \times 500\text{ kg}/\text{m}^3 = 200.000\text{kg} = 200\text{ ton}/\text{hari}$$

Live and Applied Science, Volume 5

- Sampah organik
 $200 \text{ ton} \times 60\% = 120 \text{ ton organik/hari}$
 - Produksi Metana Harian (Perkiraan)
 $120 \text{ ton/hari} \times 100 \text{ m}^3/\text{ton} = 12.000 \text{ m}^3\text{CH/hari}$
3. Produksi Tahunan
- $120 \text{ ton/hari} \times 100 \text{ m}^3/\text{ton}$
 $= 12.000 \text{ m}^3\text{CH/hari}$

Untuk menghitung produksi gas metana (CH_4) di TPA Kabupaten Pasuruan TPA Wonokerto, kamu bisa menggunakan metode IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) yang umum digunakan untuk estimasi gas rumah kaca dari limbah padat.

- Rumus IPCC Tier 1

$$\text{CH}_{\text{emisi}} = \text{MSW} \times \text{DOC} \times \text{DOC}_f \times \text{MCF} \times \text{F} \times 16/12 \times \text{R}$$

Diketahui:

| | |
|---------------|--|
| Jumlah sampah | = 275 ton/hari |
| MSW | = $275 \times 365 = 100.375 \text{ ton / tahun}$ |
| DOC | = 0,15 |
| DOC_f | = 0,5 |
| MCF | = 1 |
| F | = 0,5 |
| R | = 0,75 |
| 16/12 | = 1,33 |

Hasil Perhitungan :

$$\begin{aligned}\text{CH} &= \text{MSW} \times \text{DOC} \times \text{DOC}_f \times \text{MCF} \times \text{F} \times 16/12 \times \text{R} \\ \text{CH} &= 100.375 \times 0,15 \times 0,5 \times 1 \times 0,5 \times 1,33 \times (1-0,75) \\ \text{CH} &= 100.375 \times 0,15 \times 0,5 \times 0,5 \times 1,33 \times 0,25 \\ \text{CH} &= 100.375 \times 0,012471.251 \text{ ton CH/tahun}\end{aligned}$$

- Langkah 1: Hitung potensi metana tanpa mempertimbangkan *recovery*.

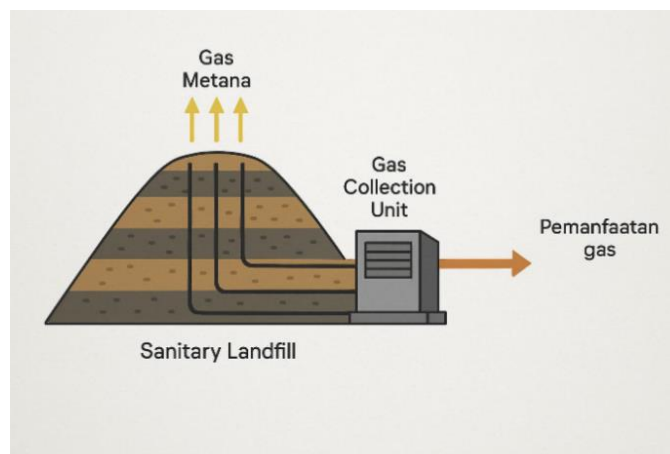
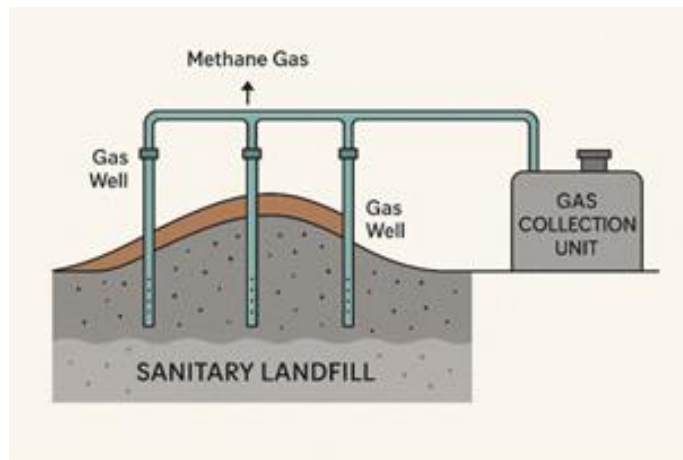
$$\begin{aligned}\text{Potensi CH}_4 &= \text{MSW} \times \text{DOC} \times \text{DOC}_f \times \text{MCF} \times \text{F} \times 16/12 \\ &= 100.375 \times 0,15 \times 0,5 \times 1 \times 0,5 \times 1,33 \\ &= 100.375 \times 0,049875 \\ &= 4.999,96875 \text{ ton CH}_4/\text{tahun}\end{aligned}$$

- Langkah 2: Hitung metana yang dilepaskan ke atmosfer setelah mempertimbangkan *recovery*.

- CH_4 emisi = Potensi $\text{CH}_4 \times (1-R)$
 $= 4.999,96875 \times (1-0,75)$
 $= 4.999,96875 \times 0,25$
 $= 1.249,9921875 \text{ ton CH}_4/\text{tahun}$

Jadi, hasil akhirnya adalah sekitar 1.250 ton CH_4 /tahun

3.3. Skema Pengumpulan Gas Metana



Gambar 3. Proses Pengumpulan Gas Metana

Struktur Utama Sistem Pengumpulan Gas Metana:

1. *Sanitary Landfill*

Metode pengelolaan sampah yang dirancang untuk meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat. Sampah dibuang dan ditumpuk di area yang telah disiapkan (seringkali berupa cekungan), kemudian dipadatkan dan ditutup dengan lapisan tanah atau material lain secara berkala. Sistem ini sering dilengkapi dengan lapisan dasar kedap air (liner), sistem pengumpul lindi, dan sistem pengumpul gas metana.

2. *Gas Wells* (Sumur Gas Vertikal)

Pipa-pipa berlubang yang dipasang secara vertikal ke dalam timbunan sampah di sanitary landfill. Fungsinya adalah untuk menangkap gas metana yang dihasilkan oleh dekomposisi anaerobik sampah di berbagai kedalaman. Sumur-sumur ini biasanya terhubung ke sistem jaringan pipa untuk mengalirkan gas ke unit pengumpul.

3. *Horizontal Piping Network*

Live and Applied Science, Volume 5

Sistem pipa yang dipasang secara mendatar di antara lapisan-lapisan timbunan sampah dalam *sanitary landfill*. Pipa-pipa ini juga berlubang untuk mengumpulkan gas metana dan sering digunakan sebagai tambahan atau alternatif dari sumur vertikal, terutama pada saat landfill masih aktif ditimbun. Jaringan pipa horizontal ini kemudian juga terhubung ke pipa kolektor utama.

4. *Gas Collection Unit* (Unit Pengumpul Gas)

Fasilitas atau sistem terpusat yang berfungsi untuk mengumpulkan gas metana yang diekstrak dari landfill melalui sumur vertikal dan/atau jaringan pipa horizontal. Unit ini biasanya mencakup blower atau pompa vakum untuk menarik gas, serta sistem pemantauan tekanan dan aliran gas. Dari unit pengumpul ini, gas akan dialirkan untuk proses selanjutnya, seperti penyaringan, pengolahan, pemanfaatan, atau pembakaran (*flaring*).

Pengumpulan Gas (Gas Collection)

➤ Komponen:

- Vertical wells* (sumur vertikal) atau horizontal trenches
- Perforated pipes* (pipa berlubang) untuk menangkap gas
- Header pipe* (pipa utama) yang menghubungkan ke semua sumur

➤ Proses:

- Gas yang dihasilkan oleh dekomposisi anaerobik ditarik oleh sistem vakum blower.
- Pipa-pipa ini biasanya tertanam di dalam timbunan sampah.

Tabel 2. Tahapan Permurnian Gas Metana

| Tahap | Tujuan | Teknologi Umum |
|---|---|----------------------|
| Moisture removal | Menghilangkan uap air | Kondensor, pendingin |
| Particulate removal | Menyaring debu dan | Filter, siklon |
| Sulfur removal | Menghilangkan H ₂ S (hidrogen sulfida) | Activated carbon, |
| Siloxane removal | Mencegah kerusakan engine | Filter karbon khusus |
| CO ₂ separation (jika akan jadi bio-CNG) | Meningkatkan kadar CH ₄ | Membrane Separation |

Gas metana (CH₄) dari TPA bisa terkontaminasi oleh amonia (NH₃), terutama karena proses dekomposisi limbah organik di TPA menghasilkan beragam gas, termasuk amonia. Beberapa dampak jika gas metana terkontaminasi amonia, antara lain:

- Korosif: Amonia bersifat korosif dapat mengakibatkan merusak pipa logam, mesin, dan system distribusi gas.
- Bau menyengat: NH₃ memiliki bau tajam menyengat sehingga mengakibatkan penurunan kualitas udara.
- Masalah pembakaran: Amonia dapat mengganggu efisiensi pembakaran metana dalam kompor atau engine.
- Toksik: Dalam konsentrasi tinggi, NH₃, berbahaya untuk saluran pernafasan manusia

Live and Applied Science, Volume 5

3.4. Pemanfaatan Gas Metana

Semua tabel dan gambar yang anda masukkan dalam dokumen harus disesuaikan dengan urutan dan harus disebutkan di paragraf sebelum gambar atau tabel tersebut dituliskan.

1. Pembangkit Listrik (*Electricity Generation*)

Pembangkit listrik dengan proses gas metana ditangkap → disaring → dibakar dalam generator gas atau turbin gas → dihasilkan energi listrik. Dengan output yaitu setiap 1 m³ CH₄ dapat menghasilkan sekitar 10 kWh listrik dan cocok untuk memenuhi kebutuhan listrik TPA.

2. Bahan Bakar Kendaraan

Bahan bakar kendaraan dengan proses gas metana dimurnikan menjadi *Renewable Natural Gas* (RNG), dikompresi menjadi *Compressed Natural Gas* (CNG), dan digunakan sebagai bahan bakar armada pengangkut sampah atau kendaraan umum

3. Pemanas (*Thermal Utilization*)

Metana digunakan untuk pemanas air, pemanas ruangan, dan proses industri

4. Biogas untuk Rumah Tangga (Skala Kecil)

Dalam sistem landfill terdesentralisasi atau TPS 3R skala desa, gas metana dapat digunakan untuk Kompor gas dan Lampu gas. Namun, ini lebih umum pada digester anaerobik rumahan daripada sanitary landfill besar seperti Wonokerto.

5. *Flare* (Pembakaran Terkendali)

Bila belum tersedia sistem pemanfaatan, gas metana dibakar di flare. Berfungsi untuk mengurangi dampak gas rumah kaca (CH₄ jauh lebih kuat daripada CO₂) dan menghindari risiko ledakan.

Dalam Kasus Ini gas metan yang dihasilkan oleh TPA Wonokerto sebanyak 1.250 ton CH₄ per tahun atau 3,424 ton CH₄ per hari. Untuk pemanfaatan Energi pada kasus ini di asumsikan untuk mensuplai biogas untuk keperluan rumah tangga. Didapatkan perhitungan sebagai berikut:

Diketahui :

- a. Jumlah gas yang dibutuhkan untuk keperluan Rumah tangga 0,557 m³ gas CH₄ /hari = 0,0004 ton gas CH₄/hari.

Maka jumlah KK yang di distribusikan:

Pengambilan kapasitas gas metana di ambil 70% untuk spare ke efektifan Pipa dan Spare untuk Gas collection unit.

- b. Kapasitas distribusi gas metana
= 70% x 3,424 ton CH₄/hari
= 2,397 ton CH₄/hari
- c. Kapasitas Rumah untuk distribusi gas adalah
= 2,397 / 0,0004 ton CH₄ perhari
= 5,992 KK per Hari

4. Kesimpulan

Kesimpulan penelitian ini dengan menganalisis potensi produksi gas metana di TPA Wonokerto, Kabupaten Pasuruan, serta peluang dan tantangan dalam implementasi sistem pengumpulan dan pemanfaatannya sebagai berikut:

1. Berdasarkan perhitungan dengan metode IPCC Tier 1, TPA Wonokerto berpotensi menghasilkan sekitar 4.999,97 ton CH₄ per tahun, dengan emisi metana ke atmosfer setelah mempertimbangkan *recovery factor* (R=0,75) diperkirakan sebesar 1.250 ton CH₄ per tahun. Angka ini menggaris bawahi potensi signifikan gas metana sebagai sumber energi terbarukan sekaligus ancaman emisi gas rumah kaca jika tidak dikelola dengan baik.
2. Implementasi sistem pengumpulan gas metana yang efektif, terdiri dari sumur vertikal atau horizontal, pipa berlubang, dan pipa kolektor, menjadi langkah krusial untuk menangkap gas yang dihasilkan dari dekomposisi anaerobik sampah.
3. Pemanfaatan gas metana dari TPA Wonokerto menawarkan berbagai peluang, mulai dari pembangkitan listrik untuk keperluan internal TPA maupun jaringan listrik, produksi bahan bakar alternatif (RNG/CNG), hingga pemanfaatan termal untuk pemanas. Dengan asumsi pemanfaatan sebesar 70% dari potensi gas metana harian (3,424 ton CH₄), diperkirakan dapat mendistribusikan biogas untuk keperluan sekitar 5.992 Kepala Keluarga (KK) per hari dengan kebutuhan rata-rata 0,0004 ton CH₄ per KK per hari.

Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Universitas Annuqayah, Politeknik Negeri Malang yang sudah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian serta semua pihak yang terlibat pada penelitian ini.

Daftar Rujukan

- Al-Giffari, M. H., Yudana, G., & Suminar, L. (2023). Dukungan Kinerja Pengelolaan Sampah terhadap Kesesuaian Penerapan Konsep Keberlanjutan Lingkungan di Kota Mataram. *Desa-Kota*, 5(1), 118–132. <https://doi.org/10.20961/desa-kota.v5i1.68925.118-132>
- Anifah, E. M., Rini, I. D. W. S., Hidayat, R., & Ridho, M. (2021). Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca (Grk) Kegiatan Pengelolaan Sampah Di Kelurahan Karang Joang, Balikpapan. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 13(1), 17–33. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol13.iss1.art2>
- Arinda, E., Sitogasa, P. S. A., Fadilah, K., & Lukita, C. W. (2023). Perencanaan Pembangunan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Juata Kerikil Dengan Sistem Sanitary Landfill Di Kota Tarakan Kalimantan Utara. *Environmental Engineering Journal ITATS*, 3(1), 29–38. <https://doi.org/10.31284/j.envitats.2023.v3i1.3791>
- Artiningrum, T. (2018). Potensi Emisi Metana (Ch 4) Dari Timbulan Sampah. *Geoplanart*, 1(1), 36–44.
- Asrul, J., Anwar, S., Efendi, E., & Putra, M. D. (2018). Rancang Bangun Alat Monitoring Gas Metan Di Dalam Tambang Batu Bara Berbasis Android. *Jurnal Teknik Elektro ITP*, 7(1), 20–28. <https://doi.org/10.21063/jte.2018.3133704>
- Effendi, R., Salsabila, H., & Malik, A. (2018). Pemahaman Tentang Lingkungan Berkelanjutan. *Modul*, 18(2), 75–82. <https://doi.org/10.14710/mdl.18.2.2018.75-82>
- Hafizah, A., Pratiwi, D. A., Nuzlan, D. N. R., & Hasibuan, A. (2023). Analisis Dampak Sistem Pengelolaan Sampah Tpa Terjun Di Kota Medan. *Zahra: Journal of Health and Medical Research*, 3(3), 320–329.
- Harjanti, I. M., & Anggraini, P. (2020). Pengelolaan Sampah Di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Jatibarang, Kota Semarang. *Jurnal Planologi*, 17(2), 185–197.

Live and Applied Science, Volume 5

<https://doi.org/10.30659/jpsa.v17i2.9943>

- Iswati, I., Yuniar, N., & Kamrin. (2025). Analisis Sistem Pengelolaan Sampah Di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Puluwat Kota Kendari. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 6(1), 43–55.
- Khamil, A. I., Valensyah, A. Z., Muharja, M., Waji, D. I. S., Fitria, N. L. I., Pramudya, A. N., Shelli, P., Adrian, F., Zahiyah, Z. A., Mahendra, M. D., Syah, M. Z., Darmayanti, R. F., Mumtazah, Z., & Zikrillah, M. (2023). Recycle Home: Inovasi Pemanfaatan Sampah Organik menjadi Biogas Terintegrasi Aplikasi Mobile Recycle App sebagai Upaya Peningkatan Kesejahteraan Masyarakat Sekitar TPA Pakusari, Kabupaten Jember. *Sewagati*, 7(4), 602–613. <https://doi.org/10.12962/j26139960.v7i4.563>
- Kusuma, V. A., Hasanah, B., & Slamet, S. (2020). Forecasting Potensi Energi Gas Metana menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLT_{Sa}) pada TPA Manggar kota Balikpapan. *JEECAE (Journal of Electrical, Electronics, Control, and Automotive Engineering)*, 5(2), 16–22. <https://doi.org/10.32486/jeecae.v5i2.533>
- Miterianifa, M., & Mawarni, M. F. (2024). Penerapan Model Pembelajaran Literasi Lingkungan dalam Meningkatkan Pengetahuan dan Kesadaran Lingkungan. *Jurnal Sains Dan Edukasi Sains*, 7(1), 68–73. <https://doi.org/10.24246/juses.v7i1p68-73>
- Mulasari, A., Husodo, A. H., & Muhadjir, N. (2016). Analisis Situasi Permasalahan Sampah Kota Yogyakarta Dan Kebijakan Penanggulangannya. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 11(2), 96–106. <https://doi.org/10.15294/kemas.v11i2.3989>
- Nurhadi, N., Windarta, J., Ginting, D., Sinuraya, E. W., & Pasaribu, G. M. (2020). Evaluasi Pemanfaatan Gas TPA Menjadi Listrik, Studi Kasus TPA Jatibarang Kota Semarang. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 1(1), 20–27. <https://doi.org/10.14710/jebt.2020.8134>
- Nurjaya, L. A. N. W., & Rachmanto, T. A. (2023). Potensi Produksi Gas Metana (CH₄) dari Kegiatan Landfilling di TPA Bengkala Kabupaten Buleleng dengan Kombinasi Permodelan LandGEM, IPCC, dan LCA. *Jurnal Envirotek*, 15(2), 114–123. <https://doi.org/10.33005/envirotek.v15i2.262>
- Prahastining, R. P. D. C., Dhokhikah, Y., & Rohman, A. (2023). Evaluasi Pemanfaatan Gas Metana dari Tempat Pemrosesan Akhir Studi Kasus TPA Pakusari Kabupaten Jember. *Proteksi: Jurnal Lingkungan Berkelanjutan*, 3(1), 1–12.
- Samin, S., Sunarto, S., & Rijalurrahman, M. (2018). Perencanaan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Dengan Menggunakan Metode Sanitary Landfill. *Jurnal Media Teknik Sipil*, 15(2), 118–125. <https://doi.org/10.22219/jmts.v15i2.5020>
- Yusnita, Y., Ditasman, D., Putra, M. B. E., Al Hidayat, R., & Novrianda, H. (2024). Peningkatan Pengetahuan Masyarakat Desa Penembang Kecamatan Merigi Kelindang Kabupaten Bengkulu Tengah Tentang Manajemen Pembuangan Sampah Yang Baik. *Jurnal Semarak Mengabdi*, 3(1), 1–6. <https://doi.org/10.56135/jsm.v3i1.142>