



Potensi Emisi Gas Rumah Kaca di Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Cikundul, Kota Sukabumi

Nico Halomoan^{1*}, Annisa Ruana Putri¹

¹Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Bandung, Bandung, Indonesia

*nicohalomoan@itenas.ac.id

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 14-9-2025

Revised: 3-10-2025

Accepted: 11-10-2025

Available online: 25-10-2025

ABSTRAK

Kota Sukabumi termasuk ke dalam kategori kota sedang yang setiap harinya akan menghasilkan sampah dari hasil aktivitas penduduk yang didominasi oleh sampah organik sebesar 46.64%. Terdapat satu Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) di Kota Sukabumi, yaitu TPA Cikundul yang masih menggunakan sistem open dumping. Timbunan sampah organik akan mengalami proses dekomposisi secara anaerobik di tempat pemrosesan akhir yang akan menghasilkan gas berupa gas *landfill*, salah satunya merupakan gas metan (CH_4). Gas yang dihasilkan dari TPA apabila tidak dikelola dengan baik dapat memberikan dampak buruk terhadap lingkungan. Estimasi emisi CH_4 menggunakan IPCC pada tahun 2023 adalah sebesar 0,818 Gg, sementara dengan menggunakan LandGEM sebesar 0,544 Gg, terdapat hasil hitung lebih rendah 33% dibanding metode IPCC. Tercatat total potensi energi listrik yang dihasilkan dari pemanfaatan emisi CH_4 pada tahun puncak 2024-2026 emisi CH_4 sebesar 0,524 MWh. Pemanfaatan LFG di TPA yaitu gas metan merupakan salah satu pendekatan yang baik dari segi penghematan energi dan pengurangan polusi udara akibat LFG yang memberikan dampak terhadap pemanasan global.

KATA KUNCI: gas rumah kaca, emisi, metan (CH_4), landfill

ABSTRACT

Sukabumi City is categorized as a medium-sized city that produces waste daily from the activities of its residents, dominated by organic waste at 46.64%. One Final Processing Site (TPA) in Sukabumi City, namely the Cikundul TPA, still uses an open dumping system. The pile of organic waste will undergo an anaerobic decomposition process at the final processing site, producing landfill gas, one of which is methane gas (CH_4). If not appropriately managed, gas produced from the landfill can negatively impact the environment. The estimated CH_4 emissions using the IPCC in 2023 were 0.818 Gg, while using LandGEM at 0.544 Gg, the calculation result is 33% lower than the IPCC method. It is recorded that the total potential electrical energy generated from the utilization of CH_4 emissions in the peak year of 2024-2026 CH_4 emissions is 0.524 MWh. Using methane gas in landfills is a good approach for energy savings and reducing air pollution caused by LFG, which impacts global warming.

KEYWORDS: greenhouse gases, emissions, methane (CH_4), landfill



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

1. PENDAHULUAN

Kota Sukabumi termasuk dalam kategori kota sedang dengan jumlah penduduk sebesar 346.325 jiwa pada tahun 2020. Aktivitas penduduk di Kota Sukabumi setiap harinya menghasilkan sampah. Sampah yang berasal dari rumah tangga merupakan penyumbang sampah terbesar di Kota Sukabumi yang didominasi oleh sampah organik

berupa sisa makanan sebesar 46.64%. Kota Sukabumi hanya memiliki satu Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) yang masih beroperasi sejak awal didirikannya pada tahun 1994 hingga kini yaitu TPA Cikundul. Sampah di sumber pada umumnya di kumpulkan terlebih dahulu di Tempat Pembuangan Sementara (TPS), yang selanjutnya akan di angkut menuju TPA Cikundul. TPA Cikundul pada mulanya menerapkan sistem *controlled landfill*. Seiring berjalannya waktu dan karena keterbatasan lahan pada saat ini sampah yang masuk ke TPA langsung dituangkan tanpa melalui proses pemadatan dan penutupan sampah dengan menggunakan tanah penutup seperti pada sistem open dumping sehingga menyebabkan terjadinya timbunan sampah.

Timbunan sampah yang berada di TPA terutama sampah organik akan mengalami proses dekomposisi secara anaerobik ketika sampah ditimbun dalam waktu yang lama. Hasil dari dekomposisi secara anaerobik akan menghasilkan gas berupa gas *landfill*, salah satunya merupakan gas metan (CH_4) [1], [2]. Gas CH_4 merupakan salah satu Gas Rumah Kaca (GRK) yang menyebabkan perubahan iklim terbesar kedua setelah CO_2 , dan merupakan satu dari enam gas yang memberikan efek rumah kaca yang terdaftar dalam protokol kyoto. Emisi karbon dioksida (CO_2) merupakan penyumbang utama pemanasan global dimana mitigasi CO_2 diperlukan [3]. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2012) mendefinisikan GRK sebagai gas yang terkandung di atmosfer berasal dari kegiatan manusia (antropogenik) maupun alami yang memiliki fungsi menyerap radiasi dan menentukan suhu di atmosfer dengan radiasi gelombang panjang yang dihasilkan oleh GRK pada lapisan bawah yang dekat dengan permukaan bumi kemudian diserap dan menimbulkan efek panas yang apabila tidak dikelola dengan baik dapat memberikan dampak buruk terhadap lingkungan. Peningkatan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer akan berdampak pada peningkatan suhu bumi yang dapat mempengaruhi perubahan iklim global [4], [5]. Hal ini berpotensi memicu berbagai tantangan lingkungan dan sosial, termasuk bencana alam yang lebih sering dan intens serta ancaman terhadap keamanan pangan dan air. GRK dapat mengakibatkan permasalahan lingkungan dan cuaca ekstrem, seperti terjadinya bencana alam berupa longsor, kekeringan, gagal panen dan kebakaran hutan dan mengancam ekosistem.

Pemerintah memiliki komitmen dalam penurunan emisi GRK yang di jabarkan pada Peraturan Presiden Nomor 61 Tahun 2011 berdasarkan Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RAN-GRK). Berdasarkan Nationally Determined Contribution (NDC) target penurunan GRK nasional sebesar 29% (unconditional) sampai dengan 41% (conditional) di tahun 2030. Untuk menghitung potensi emisi GRK metana. Metode IPCC (2006) dan LandGEM (*Landfill Gas Emissions Model*) banyak digunakan sebagai alat bantu untuk menghitung potensi gas metana dari *landfill*, pemilihan metode ini adalah ketepatan dan keandalannya dalam memperkirakan emisi gas rumah kaca. Metode IPCC 2006 unggul untuk aplikasi inventarisasi karena pendekatan yang mengintegrasikan data yang lebih komprehensif dan terperinci [6]. LandGEM, yang dikembangkan oleh EPA AS, menawarkan metode otomatis yang efektif untuk memperkirakan laju emisi total dari gas *landfill* yang mencakup metana, karbon dioksida, dan gas lainnya [7]. Keterbatasan data potensi emisi GRK metana TPA Cikundul Sukabumi menjadi celah utama. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan *data dasar* inventarisasi GRK metana yang dihasilkan dari praktik *open dumping* di TPA tersebut, yang mana data ini penting dan dapat digunakan sebagai *rekomendasi* ilmiah yang *praktis* bagi Pemerintah Kota Sukabumi

Penelitian ini memiliki tujuan untuk menghitung besarnya potensi emisi GRK dari sektor limbah padat terhadap parameter CH_4 dengan menggunakan pedoman dari IPCC (2006) pada TPA Cikundul, Kota Sukabumi. Perhitungan dilakukan dengan meninjau timbunan sampah dengan memperhatikan sisa umur TPA berdasarkan perhitungan Detailed Engineering Design (DED) hingga tahun 2023. Hasil perhitungan tersebut kemudian dimodelkan untuk menghitung potensi emisi CH_4 setelah masa operasional TPA Cikundul berakhir dengan menggunakan LandGEM serta perhitungan potensi energi listrik yang dihasilkan dari emisi gas metan di TPA.

2. METODE

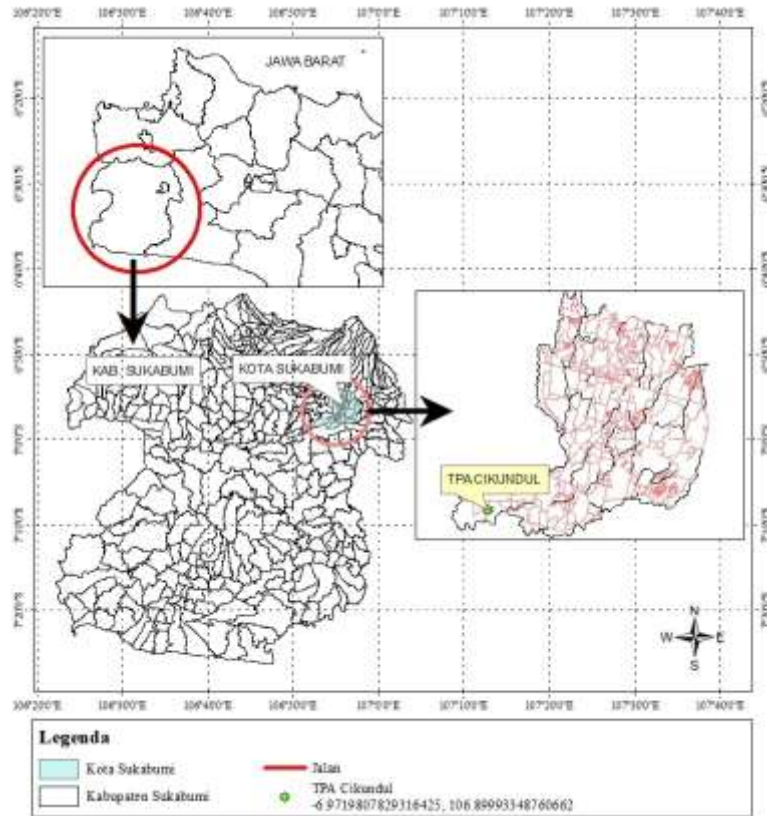
2.1 Lokasi Studi

TPA Cikundul berlokasi di Jl. Cikundul Kampung Saluyu RT 05 RW 07 Kelurahan Situmekar, Kecamatan Lembur Situ, Kota Sukabumi dengan luas lahan 10,71 hektar. Lokasi TPA dapat dilihat pada Gambar 1. Yang didasarkan pada data geospasial Indonesia dan diolah menggunakan aplikasi ArcMap 10.7. TPA Cikundul Kota Sukabumi dibangun sejak tahun 1994. TPA Cikundul pada mulanya menerapkan sistem *Controlled Landfill*, namun kondisi di lokasi TPA saat ini dioperasikan dengan sistem *Open Dumping* dimana sampah yang masuk ke TPA hanya dihamparkan pada lahan terbuka tanpa adanya pengelolaan lebih lanjut seperti penutupan sampah menggunakan tanah penutup.

2.2 Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan berupa data primer dan sekunder. Data primer terdiri dari kondisi TPA, pengelolaan TPA dan dokumentasi TPA. Data primer diperoleh dengan melakukan survei ke lokasi penelitian yaitu TPA

Cikundul dalam beberapa kali kesempatan pada bulan September tahun 2021 serta wawancara tidak terstruktur yang dilakukan kepada responden pengelola TPA (Staff Dinas Lingkungan Hidup, UPT TPA dan Petugas TPA). Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dengan pengumpulan dokumen terkait data timbulan sampah, data operasional TPA serta komposisi sampah dari laporan milik pemerintah Kota Sukabumi, data standar IPCC dari *Intergovernmental Panel on Climate Change Guidelines* tahun 2006 [8], serta Kota Sukabumi dalam angka tahun 2021 digunakan untuk mendapatkan jumlah penduduk, data curah hujan dan PDRB Kota Sukabumi. Data jumlah penduduk digunakan untuk menghitung proyeksi timbulan sampah dilakukan untuk mengetahui kondisi penduduk dan timbulan sampah Kota Sukabumi pada tahun 2021-2023, data dasar yang digunakan data tahun 2011-2020.



Gambar 1. Lokasi TPA Cikundul

2.3 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan 2 (dua) metode pengolahan data untuk menghitung potensi emisi gas metan (CH_4) yaitu IPCC (2006) dan LandGEM. Perhitungan emisi GRK di TPA diklasifikasikan berdasarkan tingkat ketelitian dalam perhitungan, pada penelitian tugas akhir ini tingkat ketelitian menggunakan *Tier 2* berdasarkan metode *First Order Decay* (FOD), menurut KLHK [9] metode ini digunakan karena memiliki hasil perhitungan emisi tahunan yang lebih akurat dibandingkan dengan metode neraca masa. Pemilihan *Tier 2* didasarkan pada penggunaan beberapa parameter yang didapat dari data lapangan berupa data timbulan sampah, komposisi sampah, curah hujan dan untuk beberapa parameter lainnya menggunakan data IPCC.

Emisi gas metan (CH_4) dari penimbunan sampah di TPA dengan metode IPCC [8] dihitung berdasarkan Persamaan 1.

$$\text{CH}_4\text{Emissions} = \left[\sum_x \text{CH}_4 \text{ generated}_{x,T} - R_T \right] \times (1 - \text{OXT}) \quad (1)$$

Dengan:

- Emisi CH_4 = CH_4 yang diemisikan pada tahun T (Gg)
- T = Tahun persediaan
- X = Kategori atau jenis/bahan sampah
- RT = Recovery CH_4 di tahun T (Gg)
- OXT = Faktor oksidasi dalam tahun T

Dasar dalam penentuan nilai *default* yang terdapat pada Tabel 1. dipilih berdasarkan pertimbangan kondisi TPA saat ini sesuai dengan keadaan di lokasi pada saat dilakukan survei dan kunjungan ke lokasi TPA. Nilai MCF, DOCf, F, OX, dan R diperoleh dari IPCC (2006) disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai default IPCC (2006)

Variabel Perhitungan	Nilai Default IPCC 2006
MCF	0,8
DOCf	0,5
F	0,5
OX	0
R	0

Emisi gas metan (CH_4) dari penimbunan sampah di TPA dengan LandGEM dihitung berdasarkan persamaan laju dekomposisi orde pertama dalam memperkirakan emisi tahunan pada periode waktu yang ditentukan dapat dilihat pada persamaan 2 [10].

$$Q_{\text{CH}_4} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0,1}^1 k L_o \left(\frac{M_i}{10} \right) e^{-kt_{ij}} \quad (2)$$

Dengan:

- Q_{CH_4} = produksi metana tahunan pada tahun perhitungan (m^3/tahun)
 I = selang waktu 1 tahun
 M_i = massa limbah yang diterima pada tahun ke- i (Mg)
 n = menunjukkan (tahun perhitungan) - (tahun awal penerimaan limbah)
 t_{ij} = usia bagian ke- j dari massa limbah M_i yang diterima pada tahun ke- i (tahun desimal)
 j = selang waktu 0,1 tahun
 k = laju pembentukan metana orde pertama (per tahun)
 L_o = kapasitas pembentukan metana potensial (m^3/Mg)

Berikut ini merupakan rekapitulasi parameter model yang digunakan dalam perhitungan emisi dengan LandGEM dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi parameter LandGEM

Parameter Model	
Laju pembentukan metana (k)	<i>Inventory Arid Area</i> - 0.02 (year^{-1})
Potensi produksi metana (L_o)	<i>Inventory Arid Area</i> - 100 (m^3/Mg)
<i>Inventory</i> (NMOC)	<i>Inventory No or Unknown Co-disposal</i> - 600 (ppmv as hexane)
<i>Methane content</i>	CAA - 50% <i>by volume</i>

Pemanfaatan energi listrik dari gas metan merupakan salah satu cara dalam mengurangi jumlah energi listrik yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar fosil yaitu sumber energi yang tidak terbarukan. Besar daya dapat dihitung dengan menggunakan efisiensi konversi listrik menggunakan Persamaan 3 [11].

$$E_{\text{th}} = m_{\text{CH}_4} \times \text{LHV}_{\text{CH}_4} \times R \times \eta_{\text{el}} \quad (3)$$

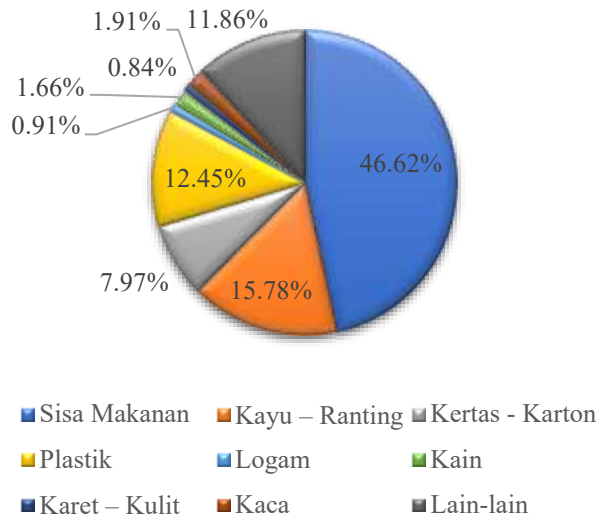
Keterangan :

- E_{th} = Energi Listrik
 m_{CH_4} = Emisi metan (CH_4) (m^3/jam)
 LHV_{CH_4} = Lower heating value of CH_4 (MJ/m^3)
 R = Recovery RateI (%)
 η_{el} = Efisiensi (%)

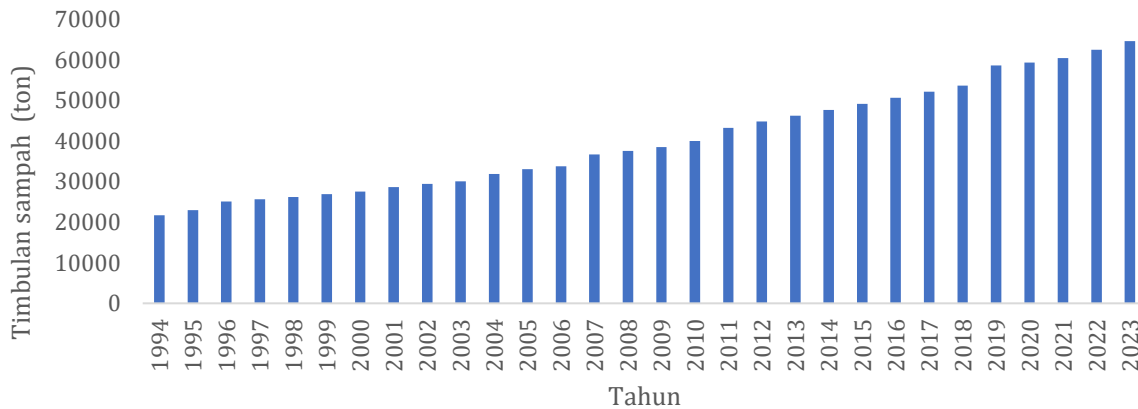
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Timbulan Sampah Kota

Data komposisi sampah Kota Sukabumi dari data sekunder DLH Kota Sukabumi, diketahui terdapat 9 jenis sampah yakni sampah sisa makanan, kayu, kertas/karton, plastik, logam, kain, karet/kulit, kaca dan lain-lain. Data komposisi sampah ditunjukkan pada Gambar 2, dengan sampah sisa makanan, kayu & ranting memiliki komposisi yang paling tinggi yaitu 46,62% dan 15,78%. Proyeksi laju timbulan sampah dihitung berdasarkan data PDRB Kota Sukabumi pada tahun 2010 hingga tahun 2020. Didapatkan rata-rata laju pertumbuhan pendapatan perkapita (C_{qn}) sebesar 3,872%, laju pertumbuhan penduduk (p) sebesar 0,94%, laju pertumbuhan sektor industri (C_i) sebesar 3,89% dan laju pertumbuhan sektor pertanian (C_p) sebesar 1,48%. Laju timbulan sampah Kota Sukabumi pada tahun 2020 sebesar 0,47 kg/org/hari. Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan timbulan sampah tertinggi pada tahun 2023 yaitu sebesar 64.634,74 ton/tahun. Hasil perhitungan timbulan sampah terdapat pada Gambar 3.



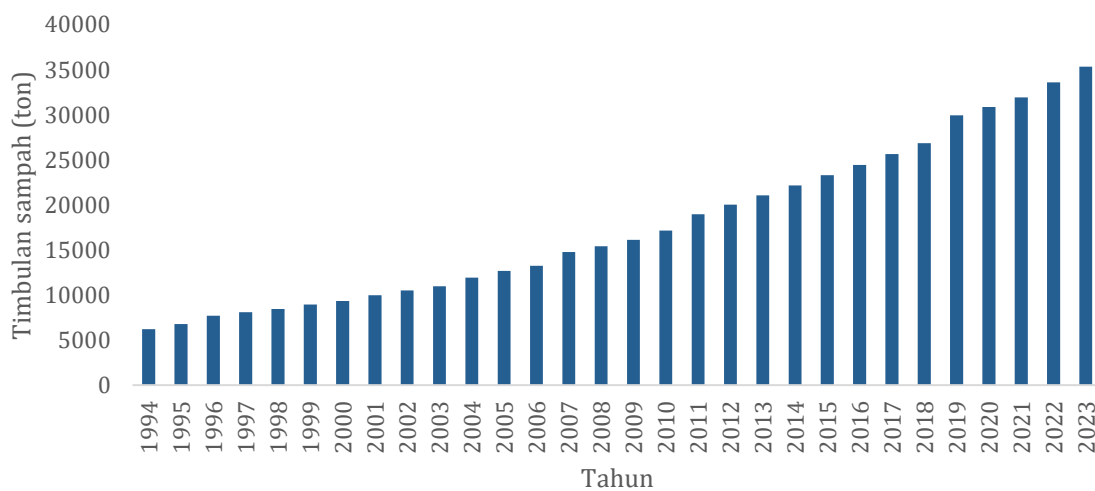
Gambar 2. Komposisi sampah



Gambar 3. Timbulan sampah Kota Sukabumi 1994 – 2023

3.2 Timbulan Sampah yang Masuk ke TPA

Timbulan sampah yang masuk ke TPA di hitung berdasarkan reduksi sampah yang terjadi sebelum masuk ke TPA. Berdasarkan data neraca sampah yang didapat dari DLH Kota Sukabumi, tercatat pada tahun 2020 persentase penduduk yang telah terlayani untuk pengolahan sampah sebesar 81,0%.



Gambar 4. Timbulan sampah yang masuk ke TPA 1994 – 2023

Terjadi reduksi sampah sebelum masuk ke TPA diantaranya pembatasan sampah pada tahun 2020 sebesar 14,75%. Selain itu terdapat pemanfaatan sampah yang dilakukan oleh masyarakat, tercatat pada tahun 2020 sebesar 0,1%. Terdapat pendaur ulangan pada tahun 2020 sebesar 8,11%. Selain itu berdasarkan data yang diperoleh dari UPT Pengelolaan Sampah TPA Cikundul, terdapat reduksi sampah di TPA yang dilakukan oleh pemulung, reduksi yang dilakukan oleh pemulung sebesar $\pm 3,2$ ton/hari. Berdasarkan hasil perhitungan, volume sampah TPA Cikundul tertinggi pada tahun 2023 sebesar 35.334,2 ton/tahun. Timbulan sampah yang masuk ke TPA Cikundul dapat dilihat pada Gambar 4.

3.3 Timbulan Sampah yang Masuk ke TPA

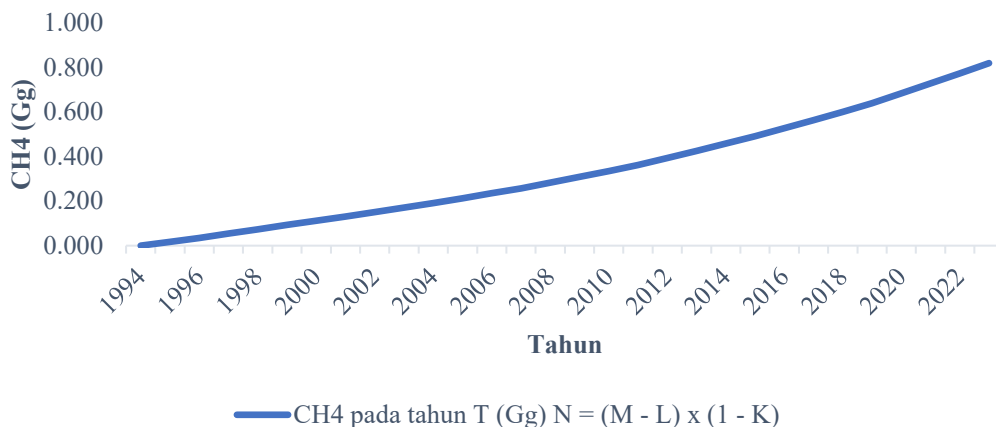
Komposisi sampah diperlukan untuk menentukan nilai *Degradable Organic Carbon* (DOC) yang akan berpengaruh pada tingkat emisi CH_4 yang dihasilkan sampah di TPA. Tabel 3 menunjukkan hasil perhitungan DOC dari komposisi sampah yang dihasilkan. Nilai DOC total sebesar 0,173 menunjukkan proporsi karbon organik yang berpotensi terdekomposisi secara anaerobik dan diubah menjadi gas CH_4 di TPA Cikundul. Nilai ini merupakan hasil agregat dari seluruh fraksi sampah organik yang mudah terurai. Tingginya nilai DOC ini sangat dipengaruhi oleh dominasi sampah organik, terutama sisa makanan, dalam komposisi sampah Kota Sukabumi yang mencapai sekitar 46,64%. Sampah sisa makanan memiliki kadar air yang tinggi dan merupakan biomassa yang paling mudah terurai, sehingga memberikan kontribusi DOC yang signifikan dibandingkan fraksi sampah organik lainnya. Nilai ini berada dalam kisaran yang wajar untuk TPA di negara berkembang atau TPA yang didominasi oleh sampah organik. Sebagai perbandingan, nilai DOC *default* untuk sampah kota (MSW) menurut pedoman IPCC 2006 [8] berkisar antara 0,15 hingga 0,20. Temuan ini menegaskan bahwa potensi emisi CH_4 dari TPA Cikundul berada di tingkat yang cukup tinggi dan memerlukan perhatian serius dalam konteks inventarisasi dan mitigasi GRK.

Tabel 3. Perhitungan nilai *Degradable Organic Carbon* (DOC)

Komposisi	DOC_i	Wi	DOC
Sampah makanan	0.15	46.62%	0.0699
Sampah kebun dan Tanaman	0.2	0.00%	0.0000
Kayu	0.43	15.78%	0.0679
Kertas Karton	0.40	7.97%	0.0319
Tekstil	0.24	0.00%	0.0000
Nappies (<i>disposable diapers</i>)	0.24	0.00%	0.0000
Karet dan kulit	0.39	0.84%	0.0033
Plastik	0.00	12.45%	0.0000
Logam	0.00	0.91%	0.0000
Gelas (keramik dan tembikar)	0.00	1.91%	0.0000
Total			0.173

3.4 Potensi Emisi Gas Metan dengan Metode IPCC (2006)

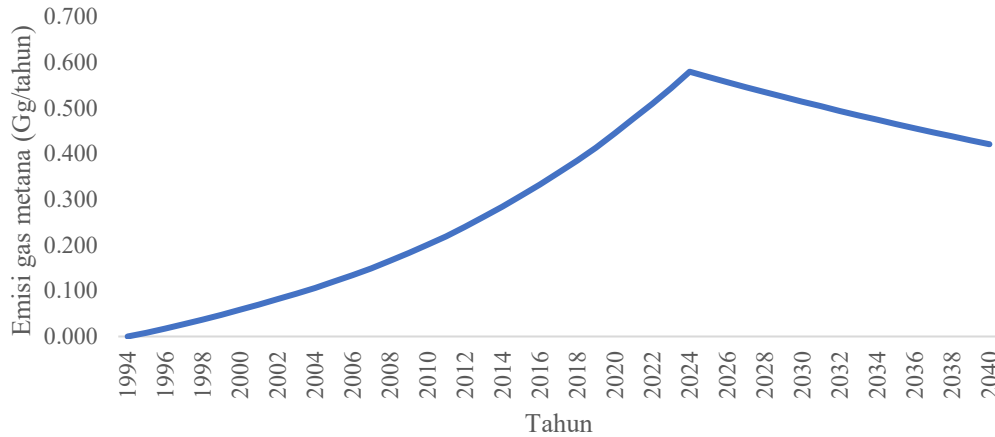
Potensi emisi GRK yang dihasilkan dengan metode IPCC (2006) dilakukan sampai dengan tahun rencana penutupan operasional TPA hingga tahun 2023, dapat dilihat bahwa emisi gas metan tertinggi terdapat pada tahun 2023 yaitu sebesar 0,818 Gg/tahun, jumlah emisi gas metan akan mengalami peningkatan seiring dengan jumlah timbulan yang masuk ke TPA dan jumlah gas akan meluruh secara perlahan. Potensi emisi gas metan yang dihasilkan pada tahun 1994 memiliki nilai 0 (nol) terjadi karena pada awal operasional TPA proses dekomposisi yang terjadi pada sampah belum berlangsung secara sempurna, sehingga potensi emisi gas metan pada tahun tersebut belum terbentuk dan akan terakumulasi pada tahun berikutnya. Berikut ini merupakan data kenaikan gas metan di TPA Cikundul berdasarkan perhitungan dapat dilihat pada grafik yang terdapat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik estimasi potensi emisi CH_4 per tahun pada periode 1994 – 2023 (IPCC 2006)

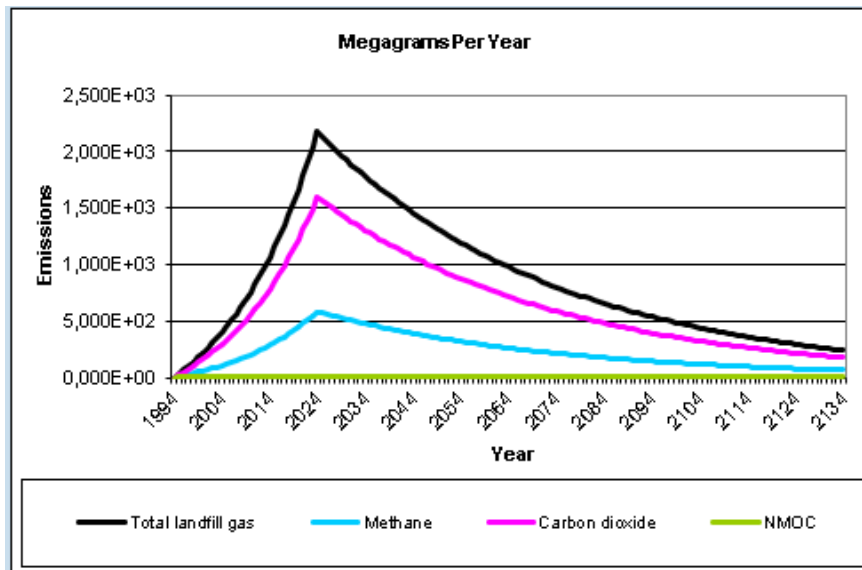
3.5 Potensi Emisi Gas Metan dengan LandGEM

Berdasarkan hasil perhitungan sebagaimana yang tersaji pada Gambar 6, dapat dilihat bahwa potensi emisi GRK yang dihasilkan dengan LandGEM, puncak produksi emisi gas CH₄ terjadi pada tahun 2024 dengan perkiraan sebesar 0,580 Gg per tahun yaitu terjadi setelah masa operasional TPA berakhir. Setelah tahun 2024, pembentukan gas metan mulai menurun secara bertahap pada setiap tahunnya setelah masa operasional TPA berakhir, hal ini dikarenakan tidak ada sampah baru yang masuk ke TPA.



Gambar 6. Grafik estimasi potensi emisi CH₄ per tahun pada periode 1994 – 2040 (LandGEM V.302)

Gas metan yang dihasilkan dari proses dekomposisi anaerobik di *landfill*, dipengaruhi oleh jumlah sampah yang masuk atau sampah yang diterima oleh TPA. Kadar gas metan akan menurun seiring berkurangnya materi organik di TPA. Jumlah sampah organik di dalam tempat pembuangan sampah menentukan jumlah gas yang dihasilkan, dimana konsentrasi bahan organik yang lebih tinggi menghasilkan konsentrasi gas metan yang lebih tinggi [12]. Sebagai perbandingan Emisi gas metana yang dihasilkan di TPA Sarimukti melalui Pedoman IPCC 2006 dan metode LandGEM pada tahun 2025, masing-masing adalah 11462,66 Mg/tahun dan 14810,41 Mg/tahun [13].



Gambar 7. Grafik estimasi emisi CH₄ (LandGEM)

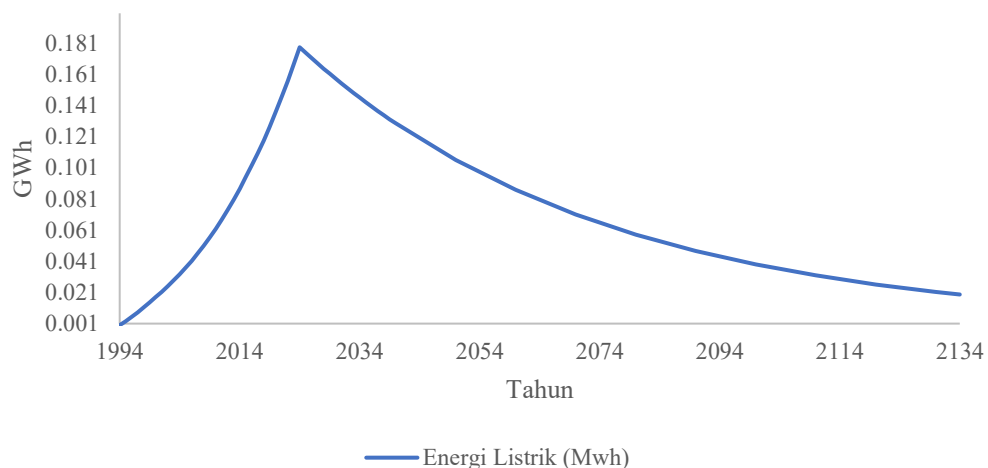
Berdasarkan Gambar 7, terlihat bahwa terjadi penurunan emisi gas CH₄ pada setiap tahunnya setelah masa operasional TPA berakhir, hal ini terjadi karena tidak semua sampah yang masuk pada tahun 2023 terdekomposisi secara sempurna pada tahun tersebut melainkan masih terdapat massa komponen organik dalam sampah tersebut yang terdekomposisi pada tahun berikutnya karena DOC (*Degradable Organic Carbon*) memiliki waktu paruh atau lamanya DOC terdekomposisi menjadi setengah jumlah awal. Proses dekomposisi akan terus terjadi setelah masa operasional TPA berakhir atau ketika sudah tidak ada sampah yang masuk ke TPA berdasarkan timbunan sampah yang telah di timbun pada tahun-tahun sebelumnya. Penurunan emisi gas metan terjadi mulai pada tahun 2025,

hal ini terjadi karena puncak pembentukan gas metan telah terjadi pada tahun 2024, tahun 2024 merupakan satu tahun setelah penerimaan sampah yang masuk ke TPA.

Tempat pemrosesan akhir sampah tanpa sistem pengumpulan gas cenderung mengeluarkan sejumlah besar gas metan ke atmosfer, dengan ekspektasi variabilitas spasial dan musiman yang besar [14]. Estimasi potensi emisi gas CH_4 hasil dari proses *landfilling* bergantung pada banyaknya dan jenis bahan organik yang terkandung di dalam sampah. Gas metan yang dihasilkan dari proses penimbunan sampah dihitung berdasarkan jumlah dan komposisi sampah yang dibuang atau ditimbun ke dalam TPA, emisi GRK dapat dikurangi potensi masalahnya dapat dilakukan dengan menerapkan skenario untuk meningkatkan kapasitas daur ulang sebelum sampah masuk ke TPA [15].

3.6 Potensi Listrik

Potensi produksi potensi listrik yang digunakan pada perhitungan ini menggunakan hasil perhitungan emisi dari metode LandGEM. Hasil perhitungan emisi CH_4 dengan menggunakan metode LandGEM dipilih karena pada metode ini potensi emisi yang dapat dihitung tidak hanya pada tahun inventarisasi saja melainkan pada tahun setelah penutupan operasional TPA pun masih di dapatkan potensinya [16]. Berikut ini merupakan perolehan potensi daya listrik berdasarkan hasil perhitungan yang dihasilkan dari emisi gas CH_4 hasil dari kegiatan penimbunan sampah di TPA Cikundul yang dapat dilihat pada Gambar 8. Perhitungan yang dilakukan untuk tahun selanjutnya menggunakan persamaan yang sama hanya berbeda dari jumlah produksi emisi gas CH_4 di setiap tahunnya. Hasil penelitian menunjukkan pada tahun 2023 potensi energi listrik dari gas metan yang dihasilkan sebesar 0,167 MWh. Hasil ini, meskipun signifikan ada penurunan jika tidak ada tambahan sampah atau perubahan rencana sampai 2134. Potensi energi listrik ini relatif kecil untuk skala suplai listrik kota atau interkoneksi langsung ke jaringan listrik utama PLN. Jumlah ini jika akan dimanfaatkan sebatas pada pemakaian lokal di lokasi TPA atau jalan sekitar TPA. Namun jika tidak dimanfaatkan atau dikelola, bisa berpotensi menjadi emisi metana, gas rumah kaca yang sangat kuat dengan potensi pemanasan global dibandingkan CO_2 dalam periode 100 tahun, sehingga memerlukan upaya mitigasi yang berkelanjutan [17].



Gambar 8. Grafik potensi energi listrik pada tahun 1994 - 2134

4. KESIMPULAN

Estimasi emisi CH_4 yang dihasilkan TPA Cikundul pada tahun penutupan operasional TPA berdasarkan metode perhitungan dengan menggunakan IPCC (2006) yaitu pada tahun 2023 adalah sebesar 0,818 Gg sedangkan untuk metode perhitungan dengan menggunakan LandGEM diketahui bahwa emisi CH_4 yang dihasilkan pada tahun 2023 adalah sebesar 0,544 Gg. Tahun puncak emisi CH_4 terjadi berdasarkan perhitungan dengan menggunakan LandGEM terjadi pada tahun 2024 dengan besar emisi CH_4 adalah sebesar 0,580 Gg dan menurun secara bertahap hingga tahun 2034 sebesar 0,064 Gg. Tingginya emisi CH_4 yang dihasilkan dipengaruhi salah satunya oleh tingginya konsentrasi dari komposisi sampah organik sebesar 46,62%. Semakin tinggi sampah yang berasal dari sampah organik maka akan semakin besar emisi CH_4 yang terbentuk. Maka energi listrik yang di hasilkan akan semakin besar. Tercatat total potensi energi listrik yang di hasilkan dari pemanfaatan emisi CH_4 pada tahun puncak emisi CH_4 pada tahun 2024-2026 adalah sebesar 0,524 MWh. Jumlah ini dapat dimanfaatkan untuk kegiatan lokal di TPA. Pemanfaatan LFG di TPA yaitu gas metan merupakan salah satu pendekatan yang baik dari segi penghematan energi dan pengurangan polusi udara akibat LFG yang memberikan dampak terhadap pemanasan global.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. A. da Silva *et al.*, "Landfill methane emission: a case study using inversion methods, satellite and CRDS-based observations," *Frontiers in Earth Science*, vol. 13, p. 1549385, 2025.
- [2] J. J. Sandoval-Cobo *et al.*, "Methane potential and degradation kinetics of fresh and excavated municipal solid waste from a tropical landfill in Colombia," *Sustainable Environment Research*, vol. 30, no. 1, p. 7, 2020.
- [3] A. Rinanti, K. Dewi, D. I. Astuti, and N. Halomoan, "Preliminary Study on Biomitigation Green House Gas Carbon Dioxide in Closed System Bubble Photobioreactor: Relationship Among the Mass Transfer Rate and CO₂ Removal Efficiency in High Level of CO₂," *Jurnal Teknologi*, vol. 69, no. 6, 2014.
- [4] D. V. Pheakdey, V. Noudeng, and T. D. Xuan, "Landfill biogas recovery and its contribution to greenhouse gas mitigation," *Energies*, vol. 16, no. 12, p. 4689, 2023.
- [5] A. Setiawan, D. M. Mentari, D. F. Hakam, and R. Saraswani, "From Climate Risks to Resilient Energy Systems: Addressing the Implications of Climate Change on Indonesia's Energy Policy," *Energies*, vol. 18, no. 9, p. 2389, 2025.
- [6] E. Mohareb, H. L. MacLean, and C. Kennedy, "Greenhouse Gas Emissions From Waste Management—Assessment of Quantification Methods," *Journal of the Air & Waste Management Association*, vol. 61, no. 5, pp. 480–493, 2011, doi: 10.3155/1047-3289.61.5.480.
- [7] K. M. S. Bhuiya *et al.*, "Quantifying Methane Emissions and Energy Recovery Potential From Landfill Sites: Insights From Statistical Machine Learning and Predictive Models," *Environmental Quality Management*, vol. 35, no. 1, 2025, doi: 10.1002/tqem.70179.
- [8] H. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, and K. Tanabe, "2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories," 2006.
- [9] K. L. Hidup, "Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional [Buku I Pedoman Umum]," *KLH, Jakarta*, 2012.
- [10] O. D. El Bouzaidi and K. Ouazzani, "Bibliographical review on assessment methodologies to evaluate the electrical energy recovered from biomass conversion technologies," presented at the E3S Web of Conferences, EDP Sciences, 2023, p. 00103.
- [11] D. Surroop and R. Mohee, "Power generation from landfill gas," presented at the 2nd International Conference on Environmental Engineering and Applications IPCBEE, 2011.
- [12] A. Kumar and M. Sharma, "Estimation of GHG emission and energy recovery potential from MSW landfill sites," *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, vol. 5, pp. 50–61, 2014.
- [13] S. P. Wijaya, S. Ainun, and D. A. Permadi, "Methane Emission Estimation and Dispersion Modeling for a Landfill in West Java, Indonesia," presented at the Journal of the Civil Engineering Forum, 2021, pp. 239–252.
- [14] J. E. Bogner, K. A. Spokas, and J. P. Chanton, "Seasonal greenhouse gas emissions (methane, carbon dioxide, nitrous oxide) from engineered landfills: Daily, intermediate, and final California cover soils," *Journal of environmental quality*, vol. 40, no. 3, pp. 1010–1020, 2011.
- [15] S. Sunarto, P. Purwanto, and S. P. Hadi, "Quantification of greenhouse gas emissions from municipal solid waste recycling and disposal in Malang city Indonesia," *Journal of Ecological Engineering*, vol. 18, no. 3, 2017.
- [16] M. Y. Saltykov and S. Trifonov, "Analysis of greenhouse gas generation models at household waste landfills for ecosystem applications," presented at the E3S Web of Conferences, EDP Sciences, 2023, p. 02048.
- [17] M. A. Rudd, M. Jones, D. Sechrest, D. Batten, and D. Porter, "An integrated landfill gas-to-energy and Bitcoin mining framework," *Journal of Cleaner Production*, vol. 472, p. 143516, 2024.