

# Turnitin\_Jurnal Ilmu Lingkungan\_Luh Asri

*by Asri Ningsih*

---

**Submission date:** 14-Jun-2024 10:41AM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2389760579

**File name:** N\_UNDIP\_LUH\_ASRI\_NINGSIH\_WIDHI\_NURJAYA\_TANPA\_DAFTAR\_PUSTAKA.docx (335.2K)

**Word count:** 4076

**Character count:** 26090

# Estimasi Emisi Gas dari Kegiatan Landfilling di TPA Bengkala dengan Model LandGEM.

Luh Asri Ningsih Widhi Nurjaya

Program Studi Magister Ilmu Lingkungan, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur; e-mail: [asriningsih022@gmail.com](mailto:asriningsih022@gmail.com)

## ABSTRAK

Pengelolaan sampah di TPA Bengkala, Kabupaten Buleleng, menjadi tantangan utama pemerintah daerah karena peningkatan jumlah penduduk dan aktivitas ekonomi yang meningkatkan volume sampah dan emisi gas. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi emisi gas rumah kaca dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Bengkala di Kabupaten Buleleng menggunakan model LandGEM. Data karakteristik TPA Bengkala, seperti luas lahan, metode landfilling, dan timbunan sampah dikumpulkan untuk digunakan dalam model LandGEM. Pemodelan ini memperkirakan produksi gas berdasarkan data timbunan sampah. Hasil menunjukkan bahwa emisi gas total, metana, CO<sub>2</sub> dan NMOC meningkat secara signifikan dari tahun 2016 hingga mencapai puncaknya pada tahun 2034, sebelum akhirnya menurun. Pada tahun 2034, total emisi gas mencapai 14,2433 Gg/Tahun dengan skenario CAA-Konvensional dan 7,2238 Gg/Tahun dengan inventory default. Gas metana pada skenario CAA-Konvensional mencapai puncaknya sebesar 3,8045 Gg/Tahun pada tahun 2034, sementara inventory default mencapai 1,9296 Gg/Tahun, Gas karbondioksida pada skenario CAA-Konvensional mencapai puncaknya sebesar 10,4387 Gg/Tahun pada tahun 2034, sedangkan untuk inventory default adalah 5,2943 Gg/Tahun, Gas NMOC pada skenario CAA-Konvensional mencapai puncaknya sebesar 0,0245 Gg/Tahun pada tahun 2034, dua kali lipat dibandingkan dengan inventory default yang mencapai 0,0124 Gg/Tahun. Penelitian ini menyimpulkan bahwa pemantauan dan pengelolaan emisi gas dari TPA Bengkala sangat penting untuk mengurangi dampak lingkungan dan memanfaatkan potensi gas metana sebagai sumber energi alternatif. Implementasi strategi mitigasi yang efektif berdasarkan hasil model LandGEM dapat membantu dalam pengembangan pengelolaan limbah yang berkelanjutan dan pengurangan emisi gas rumah kaca.

**Kata kunci:** Emisi Gas, LandGEM, Landfill

## ABSTRACT

Waste management at the Bengkala landfill, Buleleng Regency, is a major challenge for the local government due to the increase in population and economic activity which increases the volume of waste and gas emissions. This research aims to estimate greenhouse gas emissions from the Bengkala Final Disposal Site (TPA) in Buleleng Regency using the LandGEM model. Data on Bengkala landfill characteristics, such as land area, landfilling method, and waste generation were collected for use in the LandGEM model. This modeling estimates gas production based on waste generation data. The results show that total gas emissions, methane, CO<sub>2</sub>, and NMOC increased significantly from 2016 to peak in 2034, before finally decreasing. In 2034, total gas emissions will reach 14.2433 Gg/Year with the CAA-Conventional scenario and 7.2238 Gg/Year with the default inventory. Methane gas in the CAA-Conventional scenario reaches a peak of 3.8045 Gg/Year in 2034, while the default inventory reaches 1.9296 Gg/Year, carbon dioxide gas in the CAA-Conventional scenario reaches a peak of 10.4387 Gg/Year in 2034, while the default inventory is 5.2943 Gg/Year, NMOC Gas in the CAA-Conventional scenario reaches a peak of 0.0245 Gg/Year in 2034, double compared to the default inventory which reaches 0.0124 Gg/Year. This research concludes that monitoring and managing gas emissions from the Bengkala landfill is very important to reduce environmental impacts and utilize the potential of methane gas as an alternative energy source. Implementation of effective mitigation strategies based on LandGEM model results can help in the development of sustainable waste management and reduction of greenhouse gas emissions.

**Keywords:** Gas Emissions, LandGEM, Landfill

**Citation:** Luh Asri Ningsih Widhi Nurjaya (2024). Estimasi Emisi Gas dari Kegiatan Landfilling di TPA Bengkala dengan Model LandGEM, xx(x), xx-xx, doi:10.14710/jil.xx.x.xxx-xx

## 1. PENDAHULUAN

Pengelolaan limbah padat atau sampah menjadi salah satu tantangan utama bagi pemerintah daerah, khususnya di wilayah Kabupaten Buleleng.

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Bengkala merupakan salah satu lokasi utama penampungan sampah di Kabupaten Buleleng. Seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk dan aktivitas

ekonomi, volume sampah yang masuk ke TPA terus bertambah, yang secara langsung berdampak pada peningkatan emisi gas dari proses degradasi limbah tersebut (Borisova et al., 2023).

Peningkatan populasi dan kegiatan ekonomi secara langsung berkorelasi dengan peningkatan produksi limbah, yang menyebabkan lonjakan sampah yang masuk ke tempat pembuangan sampah seperti TPA (Balogun-Adeleye et al., 2019). Masuknya limbah ini secara signifikan berdampak pada emisi gas dari proses degradasi, terutama metana dan CO<sub>2</sub>, yang merupakan komponen utama emisi gas TPA (Mishra et al., 2020). Tempat pembuangan sampah dikenal sebagai sumber emisi metana yang signifikan, dengan degradasi limbah yang menghasilkan gas yang menimbulkan ancaman bagi kesehatan manusia dan lingkungan (Sasana et al., 2022). Studi telah menunjukkan bahwa dinamika biodegradasi limbah di tempat pembuangan sampah menghasilkan konsentrasi dan tingkat emisi metana dan CO<sub>2</sub> yang bervariasi, dengan emisi yang lebih tinggi diamati selama musim tertentu dan fase TPA tertentu (I et al., 2021). Selain itu, komposisi limbah dan kondisi lokasi memainkan peran penting dalam menentukan emisi metana dari tempat pembuangan sampah, menekankan perlunya model yang akurat untuk memperkirakan potensi pembangkitan gas dan emisi gas rumah kaca (Rafey & Siddiqui, 2023).

Emisi gas dari tempat pembuangan sampah, khususnya metana (CH<sub>4</sub>) dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), memainkan peran penting dalam perubahan iklim global (Pheakdey et al., 2023). Dekomposisi limbah organik di tempat pembuangan sampah juga mengarah pada produksi senyawa organik non-metana (NMOC), berdampak pada kualitas udara dan kesehatan masyarakat (Pérez et al., 2023). Penelitian telah menunjukkan bahwa emisi CH<sub>4</sub> dari tempat pembuangan sampah padat kota dapat menjadi besar, dengan potensi manfaat pemulihan energi dari penangkapan gas ini (BP et al., 2023). Selain itu, penutupan sel TPA telah ditemukan secara signifikan mengurangi emisi CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub>, mengenai pentingnya praktik pengelolaan TPA yang tepat (Balaban et al., 2023). Memperkirakan dan memantau emisi gas dari tempat pembuangan sampah sangat penting untuk mengembangkan strategi mitigasi yang efektif untuk meminimalkan dampak lingkungan dan berkontribusi pada upaya mitigasi perubahan iklim secara keseluruhan.

Model LandGem adalah alat yang digunakan untuk memprediksi emisi gas TPA dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti jenis limbah, biodegradabilitas, potensi emisi metana, dan

derajat pemisahan (Hosseini et al., 2018). Ini memperkirakan jumlah total gas yang dihasilkan di tempat pembuangan sampah selama periode tertentu, membantu dalam desain sistem pengumpulan gas untuk mengurangi emisi gas rumah kaca (United States Environmental Protection Agency (US EPA), 2005). LandGem telah digunakan dalam berbagai penelitian untuk memperkirakan metana dan tingkat pembangkitan gas total di tempat pembuangan sampah, memberikan wawasan berharga untuk perencanaan produksi energi dan manajemen lingkungan (Rafey & Siddiqui, 2023). Selain itu, ada panduan untuk menawarkan petunjuk langkah demi langkah tentang penggunaan perangkat lunak LandGem, meningkatkan aksesibilitas dan kegunaannya bagi peneliti dan praktisi (United States Environmental Protection Agency (US EPA), 2005). Aplikasi model meluas ke membantu dalam pengembangan strategi untuk produksi energi dan aplikasi lainnya di dalam lokasi TPA, menekankan pentingnya memahami dan memprediksi emisi gas untuk praktik pengelolaan limbah berkelanjutan (Xie et al., 2022).

Model LandGem, yang banyak digunakan untuk memperkirakan emisi gas TPA, digunakan dalam berbagai penelitian untuk menilai kontribusi gas rumah kaca dari tempat pembuangan sampah. Di Bulgaria, sebuah studi di TPA Harmanli mengungkapkan variasi yang signifikan dalam emisi metana (CH<sub>4</sub>) dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), dengan konsentrasi CH<sub>4</sub> yang lebih tinggi dibandingkan dengan CO<sub>2</sub> (Borisova et al., 2023). Demikian pula, sebuah studi di Phnom Penh, Kamboja, menyoroti dampak skenario TPA yang berbeda pada generasi CH<sub>4</sub> dan emisi gas rumah kaca, menekankan potensi untuk mengurangi emisi melalui praktik pengelolaan yang lebih baik (Pheakdey et al., 2023). Selanjutnya, penelitian di India berfokus pada memperkirakan penyimpanan karbon di tempat pembuangan sampah dan mengukur produksi metana, menunjukkan pentingnya mengatasi emisi gas TPA untuk mengurangi perubahan iklim (BP et al., 2023). Selain itu, sebuah studi di Indonesia di TPA Talang Gulo menunjukkan potensi pemanfaatan gas metana sebagai sumber energi, menekankan manfaat ekonomi dan lingkungan dari mengubah gas TPA menjadi listrik (Sinaga et al., 2023).

Total gas landfill adalah campuran gas yang dihasilkan dari degradasi anaerobik bahan organik di tempat pembuangan akhir, terdiri dari metana (CH<sub>4</sub>), karbondioksida (CO<sub>2</sub>), dan senyawa organik non-metana (NMOCs) (Pujotomo & Qosim, 2017). LandGEM (Landfill Gas Emissions Model) digunakan

untuk memperkirakan emisi gas ini berdasarkan data jumlah sampah, komposisi sampah, dan karakteristik operasi TPA (Rahmi et al., 2017). Metana adalah gas yang 19 kali lebih besar daripada CO<sub>2</sub> dalam jangka waktu 100 tahun, sehingga penting untuk mengestimasi emisi metana guna memahami dampak lingkungan dari TPA Bengkala (Ramadhani, 2022). LandGEM menggunakan persamaan matematis yang mempertimbangkan tingkat dekomposisi limbah organik dan faktor koreksi iklim untuk mengestimasi emisi metana tahunan (Rafey & Siddiqui, 2023).

Karbondioksida juga dihasilkan selama proses degradasi limbah organik, baik anaerobik maupun aerobik, dan meskipun CO<sub>2</sub> tidak memiliki potensi pemanasan global yang sebesar metana, pemantauan emisi CO<sub>2</sub> tetap penting karena kontribusinya terhadap total emisi gas rumah kaca (Wahyudi, 2019). NMOCs adalah senyawa organik volatil selain metana yang termasuk hidrokarbon, alkohol, aldehida, dan senyawa organik lainnya yang dapat berdampak negatif terhadap kualitas udara dan kesehatan manusia (Manheim et al., 2021).

Latar belakang penelitian ini didasarkan pada meningkatnya volume sampah dan dampaknya terhadap emisi gas rumah kaca di TPA Bengkala, yang menimbulkan kekhawatiran lingkungan dan kesehatan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengestimasi emisi total gas landfill, metana, karbondioksida, dan senyawa organik non-metana menggunakan model LandGEM, guna memberikan dasar yang kuat bagi pengelolaan limbah yang lebih efektif dan pengembangan strategi mitigasi emisi yang berkelanjutan di TPA Bengkala.

## 2. METODE

Metode penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi emisi gas dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Bengkala di Kabupaten Buleleng menggunakan model LandGEM. Tahapan penelitian mencakup penentuan lokasi, pengumpulan data, dan pemodelan menggunakan LandGEM. Penentuan lokasi dan pengumpulan data dilakukan untuk mengidentifikasi karakteristik TPA Bengkala yang relevan, sedangkan pemodelan menggunakan LandGEM digunakan untuk menganalisis dan memperkirakan laju pembentukan emisi gas di kawasan TPA ini. Detail dari masing-masing tahapan metode penelitian ini dijelaskan sebagai berikut:

### 2.1 Penentuan Lokasi dan Pengumpulan Data

#### 2.1.1 Lokasi Penelitian:

Penelitian ini akan dilakukan di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Bengkala, yang terletak di Desa Bengkala, Kecamatan Kubutambahan, Kabupaten Buleleng, Bali. TPA Bengkala merupakan

TPA terbesar di Kabupaten Buleleng dan menjadi fokus utama dalam pengelolaan sampah di wilayah tersebut.

### 2.2.2 Pengumpulan Data dan Informasi:

Langkah awal penelitian ini adalah mengumpulkan data dan informasi yang relevan terkait TPA Bengkala. Data yang dikumpulkan meliputi:

- Karakteristik TPA berupa Luas lahan, tahun pembukaan, metode landfilling yang digunakan, dan estimasi timbunan sampah.
- Emisi Gas berupa Total emisi gas metana (CH<sub>4</sub>), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), dan Non Methane Organic Compounds (NMOC) yang dihasilkan dari TPA. Data dan informasi ini akan diperoleh melalui berbagai sumber, seperti:
- Catatan dan dokumentasi resmi dari Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Buleleng.
- Pengukuran langsung
- Wawancara dengan petugas TPA dan masyarakat sekitar.

Informasi yang lengkap dan akurat tentang TPA Bengkala sangat penting untuk memahami kondisi pengelolaan sampah di wilayah tersebut dan merumuskan strategi yang tepat untuk meningkatkan pengelolaan TPA dan meminimalisir dampak lingkungannya.

### 2.2 Pemodelan Menggunakan LandGEM

Berdasarkan perkiraan jumlah sampah yang masuk setiap tahun, penelitian ini menganalisis timbulan Emisi Gas berupa Total emisi gas metana (CH<sub>4</sub>), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), dan Non Methane Organic Compounds (NMOC) yang dihasilkan dari TPA di TPA Bengkala, Kabupaten Buleleng, selama masa operasionalnya hingga ditutup. Model LandGEM digunakan untuk menghitung laju pembentukan emisi gas di TPA.

Model LandGEM menggunakan parameter standar sebagai acuan awal untuk analisis, dan kemudian disesuaikan dengan kondisi di lokasi penelitian. Persamaan Laju Dekomposisi Orde Pertama digunakan untuk menghitung produksi metana tahunan (QCH<sub>4</sub>) dengan mempertimbangkan beberapa faktor, seperti:

- Selisih waktu (i): Selisih waktu antara tahun perhitungan dan tahun sebelumnya.
- Tahun perhitungan (n): Selisih antara tahun perhitungan dan tahun pertama penerimaan sampah.
- Kenaikan waktu (j): Kenaikan waktu 0,1 tahun.
- Laju pembentukan metana (k): Kecepatan pembentukan metana per tahun.
- Potensi kapasitas pembangkitan metana (L<sub>0</sub>): Jumlah metana yang dapat dihasilkan per satuan massa sampah.

- Massa sampah yang diterima ( $M_i$ ): Jumlah sampah yang diterima pada tahun ke- $i$ .
- Umur bagian sampah ( $t_{ij}$ ): Lama waktu sampah yang diterima pada tahun ke- $i$  terpapar di TPA.

Persamaan Laju Dekomposisi Orde Pertama :

$$Q_{CH_4} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0,1}^1 K L_0 \left(\frac{M_i}{10}\right) e^{-kt_{ij}}$$

Parameter model  $k$  dan  $L_0$  memiliki nilai default yang berbeda untuk aplikasi CAA Konvensional dan inventori. Nilai default  $k$  untuk CAA Konvensional adalah 0,05 per tahun, sedangkan untuk inventori adalah 0,04 per tahun. Nilai default  $L_0$  untuk CAA Konvensional adalah 170 m<sup>3</sup>/mg, sedangkan untuk inventori adalah 100 m<sup>3</sup>/mg.

Dengan menggunakan Model LandGEM dan parameter yang disesuaikan, penelitian ini bertujuan untuk memperkirakan emisi gas metana secara akurat di TPA Bengkulu, sehingga dapat membantu dalam pengelolaan TPA dan meminimalisir dampak lingkungannya.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kabupaten Buleleng, yang terletak di provinsi Bali, Indonesia, memiliki luas wilayah 1.365,88 km<sup>2</sup>, setara dengan 24,25% dari total luas Pulau Bali. Kabupaten ini terbagi menjadi 9 kecamatan, 129 desa, 19 kelurahan, dan 58 rukun tetangga.

Kecamatan Kubutambahan di Kabupaten Buleleng menjadi lokasi TPA Bengkulu, yang berjarak sekitar 25,7 km dari pusat kota Singaraja. TPA Bengkulu memiliki luas 4,8 Ha dan terdiri dari 4 blok utama dan 1 blok eksisting.

Kabupaten Buleleng merupakan sumber utama sampah yang dibuang ke TPA Bengkulu, dengan rata-rata 475 m<sup>3</sup> sampah per hari. TPA Bengkulu menggunakan sistem Sanitary Landfill untuk mengolah sampah, yang merupakan metode yang tepat untuk Indonesia karena mayoritas sampah di negara ini adalah sampah organik. Sistem ini memungkinkan pengelolaan lindi (cairan hasil dekomposisi sampah) secara terkontrol.

Sanitary Landfill memiliki beberapa komponen penting, yaitu:

- Lapisan kedap air, Lapisan ini dibangun di bagian bawah TPA untuk mencegah lindi mencemari tanah dan air bawah tanah.
- Pipa pengumpul dan distribusi lindi, Pipa ini digunakan untuk mengumpulkan dan mengangkat lindi ke tempat pengolahan.
- Pipa distribusi gas, Pipa ini digunakan untuk menyalurkan gas metana yang dihasilkan dari dekomposisi sampah organik.

Penggunaan Sanitary Landfill di TPA Bengkulu diharapkan dapat membantu dalam

pengelolaan sampah yang berkelanjutan dan meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan..

### 3.1 Perhitungan Potensi Gas Metana dengan LandGEM

Nilai default yang akan digunakan adalah CAA-Conventional Default (dengan asumsi tidak ada lindi tambahan), berdasarkan cuaca di wilayah Kabupaten Buleleng yang memiliki suhu rata-rata 30°C dan curah hujan yang tinggi. Nilai default Constant ( $K$ ) yang digunakan pada CAA Konvensional adalah 0,05 per tahun, default inventori adalah 0,04 per tahun, dan default nilai kapasitas pembentukan metana ( $L_0$ ). Semakin tinggi nilai Konstan ( $K$ ), semakin cepat tingkat produksinya. Inventaris default adalah 100 m<sup>3</sup>/mg, tetapi CAA-Konvensional adalah 170 m<sup>3</sup>/mg. Untuk informasi tambahan yang mendalam, lihat tabel berikut setelah menambahkan input pengguna ke dalam model LandGEM dan statistik antisipasi timbulan sampah dalam mg/tahun seperti yang ditunjukkan di atas,

Tabel 1. Input Proyeksi Timbulan Sampah

| Year | (Mg/ Year) | (Short tons/ year) |
|------|------------|--------------------|
| 2016 | 41632,140  | 45795,354          |
| 2017 | 44857,890  | 49343,679          |
| 2018 | 51547,980  | 56702,778          |
| 2019 | 52583,190  | 57841,509          |
| 2020 | 52603,650  | 57864,015          |
| 2021 | 56241,240  | 61865,364          |
| 2022 | 57158,970  | 62874,867          |
| 2023 | 58092,917  | 63902,209          |
| 2024 | 58348,526  | 64183,378          |
| 2025 | 58605,259  | 64465,785          |
| 2026 | 58863,122  | 64749,435          |
| 2027 | 59122,120  | 65034,332          |
| 2028 | 59382,258  | 65320,483          |
| 2029 | 59643,539  | 65607,893          |
| 2030 | 59905,971  | 65896,568          |
| 2031 | 60169,557  | 66186,513          |
| 2032 | 60434,303  | 66477,734          |

(Sumber : Hasil Analisis, 2024)

Berdasarkan proyeksi timbulan sampah yang disajikan pada Tabel 1, terlihat adanya peningkatan yang signifikan dalam jumlah sampah yang masuk ke TPA Bengkulu dari tahun 2016 hingga 2032. Pada tahun 2016, timbulan sampah tercatat sebesar 41.632,140 Mg atau 45.795,354 short tons per tahun, dan angka ini terus meningkat setiap tahunnya. Pada tahun 2022, timbulan sampah mencapai 57.158,970 Mg atau 62.874,867 short tons per tahun. Proyeksi untuk tahun 2032 menunjukkan timbulan sampah akan mencapai 60.434,303 Mg atau 66.477,734 short tons per tahun. Peningkatan yang konsisten ini mencerminkan pertumbuhan populasi dan aktivitas ekonomi di Kabupaten Buleleng, yang pada gilirannya meningkatkan volume sampah yang perlu dikelola. Data ini menjadi dasar penting dalam pemodelan

emisi gas menggunakan LandGEM, karena timbulan sampah yang tinggi berkontribusi langsung terhadap peningkatan emisi gas rumah kaca dari TPA. Estimasi ini penting untuk perencanaan pengelolaan sampah yang lebih efektif dan pengembangan strategi mitigasi untuk mengurangi dampak lingkungan.

Dengan mengetahui proyeksi timbulan sampah dan menggunakan model LandGEM untuk mengestimasi emisi gas, pihak pengelola TPA dapat merancang sistem penangkapan gas yang lebih efisien, mengurangi emisi gas rumah kaca, dan memanfaatkan gas metana sebagai sumber energi alternatif.

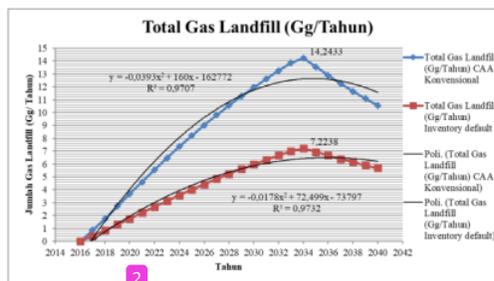
**Tabel 2.** Hasil perhitungan Total Gas Landfill dengan LandGEM

| Tahun | Total Gas Landfill (Gg/Tahun) |                   |
|-------|-------------------------------|-------------------|
|       | CAA-Konvensional              | Inventory default |
| 2016  | 0,0000                        | 0,0000            |
| 2017  | 0,8643                        | 0,4085            |
| 2018  | 1,7534                        | 0,8327            |
| 2019  | 2,7380                        | 1,3059            |
| 2020  | 3,6961                        | 1,7707            |
| 2021  | 4,6078                        | 2,2175            |
| 2022  | 5,5507                        | 2,6824            |
| 2023  | 6,4666                        | 3,1381            |
| 2024  | 7,3572                        | 3,5852            |
| 2025  | 8,2097                        | 4,0172            |
| 2026  | 9,0259                        | 4,4347            |
| 2027  | 9,8077                        | 4,8385            |
| 2028  | 10,5567                       | 5,2289            |
| 2029  | 11,2747                       | 5,6066            |
| 2030  | 11,9630                       | 5,9721            |
| 2031  | 12,6232                       | 6,3257            |
| 2032  | 13,2566                       | 6,6682            |
| 2033  | 13,8647                       | 6,9997            |
| 2034  | 14,2433                       | 7,2238            |
| 2035  | 13,5486                       | 6,9406            |
| 2036  | 12,8878                       | 6,6684            |
| 2037  | 12,2593                       | 6,4070            |
| 2038  | 11,6614                       | 6,1558            |
| 2039  | 11,0927                       | 5,9144            |
| 2040  | 10,552                        | 5,682             |

(Sumber : Hasil Analisis, 2024)

Berdasarkan Tabel 2, hasil perhitungan total gas landfill (Gg/Tahun) dari TPA Bengkulu menggunakan model LandGEM menunjukkan Pada tahun 2034, total gas landfill untuk skenario CAA-Konvensional mencapai puncaknya sebesar 14,2433 Gg/Tahun, sedangkan untuk skenario inventory default hanya mencapai 7,2238 Gg/Tahun. Ini menunjukkan bahwa skenario CAA-Konvensional menghasilkan hampir dua kali lipat emisi gas landfill dibandingkan dengan inventory default pada puncaknya. Setelah tahun 2034, total gas landfill pada kedua skenario mulai menurun, dengan penurunan yang lebih tajam pada skenario CAA-Konvensional. Pada tahun 2040, total gas landfill untuk skenario CAA-Konvensional adalah 10,552 Gg/Tahun, sedangkan untuk skenario inventory default adalah 5,682 Gg/Tahun.

46



**Gambar 1.** Grafik perbandingan Hasil perhitungan Total Gas Landfill dengan LandGEM (Sumber : Hasil Analisis Model LandGEM, 2024)

Gambar 1 menunjukkan grafik perbandingan hasil perhitungan total gas landfill (Gg/Tahun) antara skenario CAA-Konvensional dan inventory default menggunakan model LandGEM. Grafik ini menggambarkan tren peningkatan emisi gas landfill dari tahun 2016 hingga mencapai puncaknya pada tahun 2034, diikuti dengan penurunan emisi pada tahun-tahun berikutnya.

Pada grafik tersebut, garis biru mewakili total gas landfill pada skenario CAA-Konvensional, sementara garis merah mewakili skenario inventory default. Kedua garis menunjukkan peningkatan yang cukup stabil dari tahun 2016 hingga sekitar tahun 2024. Setelah itu, peningkatan emisi pada skenario CAA-Konvensional lebih tajam dibandingkan dengan inventory default, mencerminkan nilai konstan (K) dan kapasitas pembentukan metana (Lo) yang lebih tinggi dalam skenario CAA-Konvensional.

Regresi linear yang ditampilkan pada grafik menunjukkan korelasi yang kuat antara tahun dan total gas landfill, dengan nilai R<sup>2</sup> sebesar 0,9707 untuk skenario CAA-Konvensional dan 0,9732 untuk inventory default.

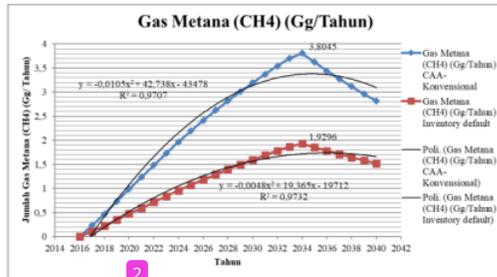
**Tabel 3.** Hasil perhitungan Jumlah Gas Metana (CH<sub>4</sub>) dengan LandGEM

| Tahun | Gas Metana (CH <sub>4</sub> ) (Gg/Tahun) |                   |
|-------|--|-------------------|
|       | CAA-Konvensional                         | Inventory default |
| 2016  | 0,0000                                   | 0,0000            |
| 2017  | 0,2309                                   | 0,1091            |
| 2018  | 0,4683                                   | 0,2224            |
| 2019  | 0,7313                                   | 0,3488            |
| 2020  | 0,9873                                   | 0,4730            |
| 2021  | 1,2308                                   | 0,5923            |
| 2022  | 1,4826                                   | 0,7165            |
| 2023  | 1,7273                                   | 0,8382            |
| 2024  | 1,9652                                   | 0,9576            |
| 2025  | 2,1929                                   | 1,0730            |
| 2026  | 2,4109                                   | 1,1846            |
| 2027  | 2,6197                                   | 1,2924            |
| 2028  | 2,8198                                   | 1,3967            |
| 2029  | 3,0116                                   | 1,4976            |
| 2030  | 3,1954                                   | 1,5952            |
| 2031  | 3,3718                                   | 1,6897            |
| 2032  | 3,5410                                   | 1,7811            |

|      |        |        |
|------|--------|--------|
| 2033 | 3,7034 | 1,8697 |
| 2034 | 3,8045 | 1,9296 |
| 2035 | 3,6190 | 1,8539 |
| 2036 | 3,4425 | 1,7812 |
| 2037 | 3,2746 | 1,7114 |
| 2038 | 3,1149 | 1,6443 |
| 2039 | 2,9630 | 1,5798 |
| 2040 | 2,8185 | 1,5179 |

(Sumber : Hasil Analisis, 2024)

Berdasarkan Tabel 3, hasil perhitungan jumlah gas metana (CH<sub>4</sub>) dari TPA Bengkala menggunakan model LandGEM menunjukkan Pada tahun 2034, gas metana mencapai puncaknya sebesar 3,8045 Gg/Tahun untuk skenario CAA-Konvensional dan 1,9296 Gg/Tahun untuk inventory default. Setelah mencapai puncaknya, emisi gas metana menurun untuk kedua skenario, dengan penurunan yang lebih cepat pada skenario CAA-Konvensional. Pada tahun 2040, emisi gas metana untuk skenario CAA-Konvensional adalah 2,8185 Gg/Tahun, sementara untuk inventory default adalah 1,5179 Gg/Tahun.



Gambar 2. Grafik perbandingan Hasil perhitungan Gas Metana dengan LandGEM (Sumber : Hasil Analisis, 2024)

Gambar 2 menunjukkan grafik perbandingan hasil perhitungan gas metana (CH<sub>4</sub>) antara skenario CAA-Konvensional dan inventory default menggunakan model LandGEM. Grafik ini menggambarkan peningkatan emisi gas metana dari tahun 2016 hingga mencapai puncaknya pada tahun 2034, diikuti dengan penurunan emisi pada tahun-tahun berikutnya.

Garis biru pada grafik mewakili skenario CAA-Konvensional, sementara garis merah mewakili inventory default. Kedua garis menunjukkan tren peningkatan emisi metana yang stabil dari tahun 2016 hingga sekitar tahun 2024. Setelah itu, peningkatan emisi pada skenario CAA-Konvensional lebih tajam dibandingkan dengan inventory default, mencerminkan perbedaan dalam parameter K dan Lo yang digunakan.

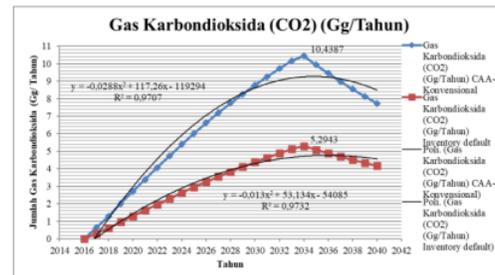
Regresi linear yang ditampilkan pada grafik menunjukkan korelasi yang kuat antara tahun dan emisi gas metana, dengan nilai R<sup>2</sup> sebesar 0,9707 untuk skenario CAA-Konvensional dan 0,9732 untuk inventory default.

Tabel 4. Hasil perhitungan Gas Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dengan LandGEM

| Tahun | Gas Karbondioksida (CO <sub>2</sub> ) (Gg/Tahun) |                   |
|-------|--|-------------------|
|       | CAA-Konvensional                                 | Inventory default |
| 2016  | 0,0000   | 0,0000            |
| 2017  | 0,6334   | 0,2994            |
| 2018  | 1,2850   | 0,6103            |
| 2019  | 2,0066   | 0,9571            |
| 2020  | 2,7088   | 1,2977            |
| 2021  | 3,3770   | 1,6252            |
| 2022  | 4,0680   | 1,9659            |
| 2023  | 4,7393   | 2,2999            |
| 2024  | 5,3920   | 2,6275            |
| 2025  | 6,0168   | 2,9441            |
| 2026  | 6,6150   | 3,2502            |
| 2027  | 7,1880   | 3,5461            |
| 2028  | 7,7369   | 3,8322            |
| 2029  | 8,2631   | 4,1090            |
| 2030  | 8,7675   | 4,3769            |
| 2031  | 9,2514   | 4,6361            |
| 2032  | 9,7156   | 4,8870            |
| 2033  | 10,1613  | 5,1300            |
| 2034  | 10,4387  | 5,2943            |
| 2035  | 9,9296   | 5,0867            |
| 2036  | 9,4454   | 4,8872            |
| 2037  | 8,9847   | 4,6956            |
| 2038  | 8,5465   | 4,5115            |
| 2039  | 8,1297   | 4,3346            |
| 2040  | 7,7332   | 4,1646            |

(Sumber : Hasil Analisis, 2024)

Berdasarkan Tabel 4, hasil perhitungan gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dari TPA Bengkala menggunakan model LandGEM menunjukkan Pada tahun 2034, gas karbondioksida mencapai puncaknya sebesar 10,4387 Gg/Tahun untuk skenario CAA-Konvensional dan 5,2943 Gg/Tahun untuk inventory default. Setelah mencapai puncaknya, emisi gas karbondioksida menurun untuk kedua skenario, dengan penurunan yang lebih cepat pada skenario CAA-Konvensional. Pada tahun 2040, emisi gas karbondioksida untuk skenario CAA-Konvensional adalah 7,7332 Gg/Tahun, sedangkan untuk inventory default adalah 4,1646 Gg/Tahun.



**Gambar 3.** Grafik perbandingan Hasil perhitungan Gas Karbondioksida dengan LandGEM (Sumber : Hasil Analisis, 2024)

Gambar 3 menunjukkan grafik perbandingan hasil perhitungan gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>) antara skenario CAA-Konvensional dan inventory default menggunakan model LandGEM. Grafik ini menggambarkan peningkatan emisi gas karbondioksida dari tahun 2016 hingga mencapai puncaknya pada tahun 2034, diikuti dengan penurunan emisi pada tahun-tahun berikutnya.

Garis biru pada grafik mewakili skenario CAA-Konvensional, sementara garis merah mewakili inventory default. Kedua garis menunjukkan tren peningkatan emisi karbondioksida yang stabil dari tahun 2016 hingga sekitar tahun 2024. Setelah itu, peningkatan emisi pada skenario CAA-Konvensional lebih tajam dibandingkan dengan inventory default, mencerminkan perbedaan dalam parameter K dan Lo yang digunakan.

Regresi linear yang ditampilkan pada grafik menunjukkan korelasi yang kuat antara tahun dan emisi gas karbondioksida, dengan nilai R<sup>2</sup> sebesar 0,9702 untuk skenario CAA-Konvensional dan 0,9732 untuk inventory default.

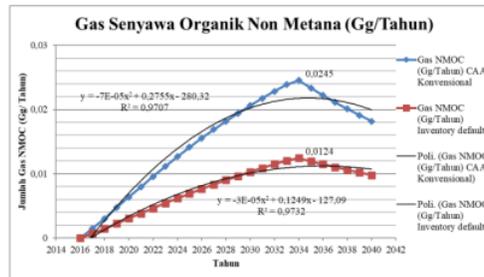
**Tabel 5.** Hasil perhitungan Gas NMOC dengan LandGEM

| Tahun | Gas NMOC (Gg/Tahun) |                   |
|-------|---------------------|-------------------|
|       | CAA-Konvensional    | Inventory default |
| 2016  | 0,0000              | 0,0000            |
| 2017  | 0,0015              | 0,0007            |
| 2018  | 0,0030              | 0,0014            |
| 2019  | 0,0047              | 0,0022            |
| 2020  | 0,0064              | 0,0030            |
| 2021  | 0,0079              | 0,0038            |
| 2022  | 0,0096              | 0,0046            |
| 2023  | 0,0111              | 0,0054            |
| 2024  | 0,0127              | 0,0062            |
| 2025  | 0,0141              | 0,0069            |
| 2026  | 0,0155              | 0,0076            |
| 2027  | 0,0169              | 0,0083            |
| 2028  | 0,0182              | 0,0090            |
| 2029  | 0,0194              | 0,0097            |
| 2030  | 0,0206              | 0,0103            |
| 2031  | 0,0217              | 0,0109            |
| 2032  | 0,0228              | 0,0115            |
| 2033  | 0,0239              | 0,0121            |
| 2034  | 0,0245              | 0,0124            |
| 2035  | 0,0233              | 0,0120            |
| 2036  | 0,0222              | 0,0115            |
| 2037  | 0,0211              | 0,0110            |
| 2038  | 0,0201              | 0,0106            |
| 2039  | 0,0191              | 0,0102            |
| 2040  | 0,0182              | 0,0098            |

(Sumber : Hasil Analisis, 2024)

Berdasarkan Tabel 5, hasil perhitungan gas NMOC (Non-Methane Organic Compounds) dari TPA Bengkala menggunakan model LandGEM

menunjukkan Pada tahun 2034, gas NMOC mencapai puncaknya sebesar 0,0245 Gg/Tahun untuk skenario CAA-Konvensional dan 0,0124 Gg/Tahun untuk inventory default. Setelah mencapai puncaknya, emisi gas NMOC menurun untuk kedua skenario, dengan penurunan yang lebih cepat pada skenario CAA-Konvensional. Pada tahun 2040, emisi gas NMOC untuk skenario CAA-Konvensional adalah 0,0182 Gg/Tahun, sedangkan untuk inventory default adalah 0,0098 Gg/Tahun.



**Gambar 4.** Grafik perbandingan Hasil perhitungan gas metana dengan LandGEM (Sumber : Hasil Analisis, 2024)

Gambar 4 menunjukkan grafik perbandingan hasil perhitungan gas NMOC (Non-Methane Organic Compounds) antara skenario CAA-Konvensional dan inventory default menggunakan model LandGEM. Grafik ini menggambarkan peningkatan emisi gas NMOC dari tahun 2016 hingga mencapai puncaknya pada tahun 2034, diikuti dengan penurunan emisi pada tahun-tahun berikutnya.

Garis biru pada grafik mewakili skenario CAA-Konvensional, sementara garis merah mewakili inventory default. Kedua garis menunjukkan tren peningkatan emisi gas NMOC yang stabil dari tahun 2016 hingga sekitar tahun 2024. Setelah itu, peningkatan emisi pada skenario CAA-Konvensional lebih tajam dibandingkan dengan inventory default, mencerminkan perbedaan dalam parameter K dan Lo yang digunakan.

Regresi linear yang ditampilkan pada grafik menunjukkan korelasi yang kuat antara tahun dan emisi gas NMOC, dengan nilai R<sup>2</sup> sebesar 0,9707 untuk skenario CAA-Konvensional dan 0,9732 untuk inventory default.

#### 4. SIMPULAN

1. Dari proyeksi timbulan sampah, terlihat adanya peningkatan volume sampah yang masuk ke TPA Bengkala dari tahun 2016 hingga 2032. Hal ini menekankan pentingnya pengelolaan sampah

- yang efektif untuk meminimalkan dampak lingkungan dari emisi gas TPA.
2. Total gas landfill pada skenario CAA-Konvensional mencapai puncaknya sebesar 14,2433 Gg/Tahun pada tahun 2034, hampir dua kali lipat dibandingkan dengan inventory default yang hanya mencapai 7,2238 Gg/Tahun. Ini menunjukkan bahwa penggunaan parameter CAA-Konvensional menghasilkan estimasi emisi gas yang lebih tinggi.
  3. Gas metana pada skenario CAA-Konvensional mencapai puncaknya sebesar 3,8045 Gg/Tahun pada tahun 2034, sementara inventory default mencapai 1,9296 Gg/Tahun. Setelah mencapai puncaknya, emisi gas metana menurun pada kedua skenario, dengan penurunan yang lebih cepat pada skenario CAA-Konvensional.
  4. Gas karbondioksida pada skenario CAA-Konvensional mencapai puncaknya sebesar 10,4387 Gg/Tahun pada tahun 2034, sedangkan untuk inventory default adalah 5,2943 Gg/Tahun. Penurunan emisi CO<sub>2</sub> setelah puncaknya menunjukkan pola yang serupa dengan emisi metana.
  5. Gas NMOC pada skenario CAA-Konvensional mencapai puncaknya sebesar 0,0245 Gg/Tahun pada tahun 2034, dua kali lipat dibandingkan dengan inventory default yang mencapai 0,0124 Gg/Tahun. Penurunan emisi gas NMOC pada kedua skenario setelah puncaknya mengikuti tren yang sama dengan gas metana dan karbondioksida.

#### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Buleleng yang sudah membantu dalam keperluan data dan memperbolehkan untuk melakukan penelitian di TPA Bengkulu Kabupaten Buleleng. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada dosen pembimbing yang selalu memberikan arahan, bimbingan dan saran sehingga penelitian ini dapat selesai dengan baik.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

# Turnitin\_Jurnal Ilmu Lingkungan\_Luh Asri

## ORIGINALITY REPORT

16%

SIMILARITY INDEX

16%

INTERNET SOURCES

1%

PUBLICATIONS

5%

STUDENT PAPERS

## PRIMARY SOURCES

|   |   |     |
|---|---|-----|
| 1 | <a href="http://envirotek.upnjatim.ac.id">envirotek.upnjatim.ac.id</a><br>Internet Source | 6%  |
| 2 | <a href="http://digilib.uinsby.ac.id">digilib.uinsby.ac.id</a><br>Internet Source         | 4%  |
| 3 | <a href="http://repository.itny.ac.id">repository.itny.ac.id</a><br>Internet Source       | 2%  |
| 4 | <a href="http://ejournal.undip.ac.id">ejournal.undip.ac.id</a><br>Internet Source         | 1%  |
| 5 | Submitted to Universitas Tanjungpura<br>Student Paper                                     | 1%  |
| 6 | Submitted to Universitas Diponegoro<br>Student Paper                                      | <1% |
| 7 | Submitted to Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional<br>Student Paper                          | <1% |
| 8 | <a href="http://digilib.polban.ac.id">digilib.polban.ac.id</a><br>Internet Source         | <1% |
| 9 | <a href="http://journal.aritekin.or.id">journal.aritekin.or.id</a><br>Internet Source     | <1% |

|    |  |      |
|----|--|------|
| 10 | <a href="http://media.neliti.com">media.neliti.com</a><br>Internet Source  | <1 % |
| 11 | Angelsen A., Brockhaus M., Kanninen M., Sills E., Sunderlin W.D., Wertz-Kanounnikoff S., (eds.). "Mewujudkan REDD+: strategi nasional dan berbagai pilihan kebijakan", Center for International Forestry Research (CIFOR) and World Agroforestry Centre (ICRAF), 2010<br>Publication | <1 % |
| 12 | <a href="http://repositorioacademico.upc.edu.pe">repositorioacademico.upc.edu.pe</a><br>Internet Source  | <1 % |
| 13 | <a href="http://penataanruang.pu.go.id">penataanruang.pu.go.id</a><br>Internet Source  | <1 % |
| 14 | <a href="http://www.guntara.com">www.guntara.com</a><br>Internet Source  | <1 % |
| 15 | <a href="http://www.lensaterkini.web.id">www.lensaterkini.web.id</a><br>Internet Source  | <1 % |
| 16 | <a href="http://axa.co.id">axa.co.id</a><br>Internet Source  | <1 % |
| 17 | <a href="http://repository.uksw.edu">repository.uksw.edu</a><br>Internet Source  | <1 % |
| 18 | <a href="http://www.erudit.org">www.erudit.org</a><br>Internet Source  | <1 % |
| 19 | <a href="http://www.kaskus.co.id">www.kaskus.co.id</a><br>Internet Source  | <1 % |

---

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography On