

Penggunaan Software LandGEM untuk Estimasi Gas Metana (CH₄)

DEVITRI DAMANIK¹, MILA DIRGAWATI²

Program Studi Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Nasional Bandung
Email : devitridamanik888@gmail.com

ABSTRAK

LandGEM (Landfill Gas Emissions Model) adalah sebuah software bentuk microsoft excel yang dapat digunakan untuk mengestimasi emisi gas metana. LandGEM menggunakan model matematis berdasarkan data input mengenai karakteristik TPA seperti jumlah sampah yang dibuang, tingkat penguraian bahan organik, serta temperatur. Hasilnya adalah estimasi volume gas metana yang dihasilkan setiap tahun dapat digunakan untuk perencanaan pengelolaan TPA, pengendalian emisi gas metana, atau pengembangan proyek pemanfaatan gas metana sebagai energi. LandGEM sangat bermanfaat untuk mengelola dan mengoptimalkan potensi energi dari gas TPA serta untuk kepatuhan terhadap regulasi lingkungan terkait emisi gas.

Kata Kunci: LandGEM, TPA, gas metana, bahan organik

1. PENDAHULUAN

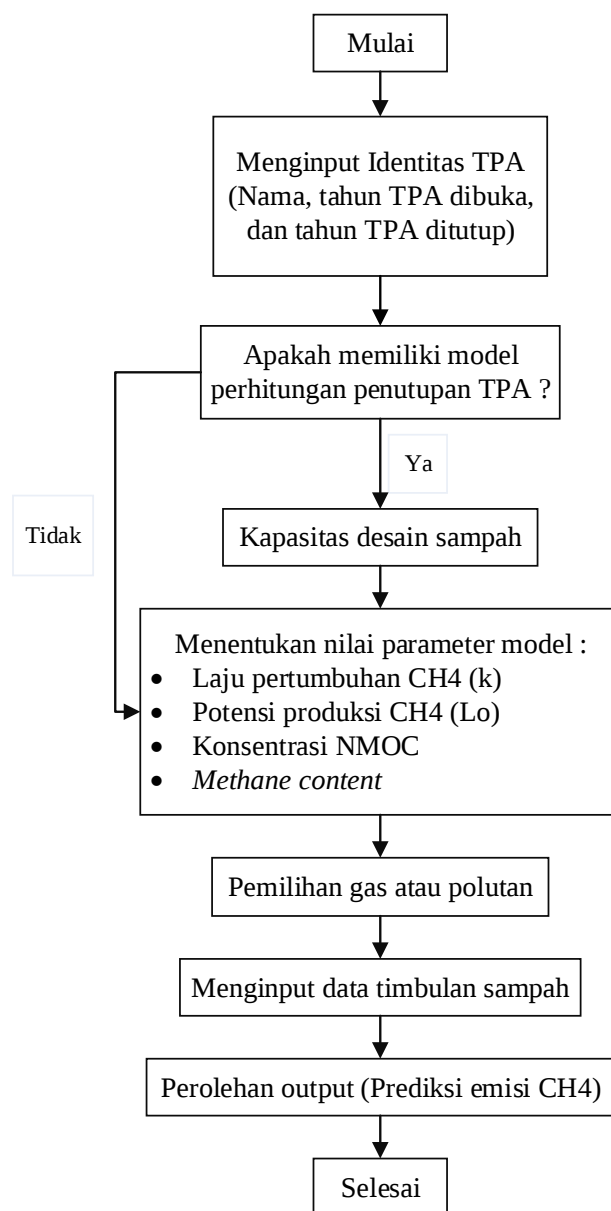
Landfill Gas Emissions Model (LandGEM) merupakan sebuah *software* dalam bentuk microsoft excel yang digunakan untuk memperkirakan potensi emisi gas rumah kaca seperti total gas *landfill*, metana, karbondioksida, NMOC (*non methane organic compound*), dan polutan udara lainnya dari TPA. LandGEM dikembangkan oleh *Control Technology Center* dari US EPA, LandGEM sendiri merupakan alat bantu yang digunakan untuk menghitung emisi gas *landfill* tahunan menggunakan persamaan laju dekomposisi orde pertama. Orde pertama dalam LandGEM digunakan untuk menghitung produksi gas metana. Dalam model ini, nilai laju reaksi gas metana berbanding lurus dengan waktu, sehingga produksi gas metana meningkat secara relatif lambat dan mencapai puncak pada tahun tertentu. Orde pertama berbeda dengan orde nol, orde nol dalam LandGEM yaitu model yang menggunakan persamaan orde nol untuk menghitung produksi gas metana. Dalam model ini, nilai laju reaksi gas metana hanya bergantung pada tetapan laju reaksi dan tidak terpengaruh oleh waktu. Hasil perhitungan emisi gas metana menggunakan model orde nol cenderung stabil dan tidak mencapai puncak (Nurjaya dan Rachmanto, 2023).

LandGEM memiliki keunggulan yaitu tidak memerlukan banyak data hanya memerlukan data timbunan sampah (*bulk waste*), dapat memberikan informasi terhadap hampir semua gas yang berasal dari *landfill*, membantu tempat pembuangan sampah mematuhi persyaratan regulasi dengan menyediakan estimasi emisi gas yang dapat dibandingkan dengan batas yang ditetapkan oleh badan lingkungan, dan model ini dapat membantu dalam perencanaan sistem pengumpulan dan pengolahan gas TPA dengan memperkirakan laju aliran gas selama umur TPA. Model ini banyak digunakan oleh insinyur lingkungan, operator TPA, dan regulator untuk memperkirakan produksi gas dari waktu ke waktu dan membantu dalam desain dan pengoperasian sistem

pengumpulan gas. Metode ini juga cocok digunakan negara yang memiliki sedikit informasi mengenai sampah padat domestik di TPA serta metode ini tidak memerlukan data sampah organik yang terperinci (SEPA, 2004).

2. METODOLOGI

Pemodelan LandGEM dengan persamaan *first order decomposition rate* dapat mengestimasi potensi beban emisi gas CH_4 selama masa awal operasional suatu TPA hingga setelah masa operasional berakhir. Berikut ini merupakan tahapan yang perlu dilakukan dalam mengestimasi emisi CH_4 menggunakan *software* LandGEM, dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Tahapan Mengestimasi Emisi CH_4 dengan Software LandGEM

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Menginput Identitas TPA

Dalam penggunaan *software* LandGEM diperlukan kelengkapan data mengenai identitas TPA berupa nama, tahun pembukaan, tahun penutupan, serta kapasitas desain *landfill*. Apabila tahun penutupan operasional tidak diketahui maka opsi yang dipilih "*yes*" pada *have model calculate closure year* dan harus mengisi *waste design capacity* dengan data kapasitas TPA. Hal ini berguna agar LandGEM dapat menghitung data tahun TPA tutup. Namun jika memilih opsi pilihan "*no*" maka tidak perlu mengisi data *waste design capacity* karena LandGEM mengacu pada data tahun TPA tutup dalam mengestimasi emisi CH_4 .

3.2 Menentukan Parameter Model

Penentuan parameter model terdiri dari beberapa bagian yaitu laju pertumbuhan metan (k), potensi produksi metan (Lo), konsentrasi NMOC dan *methane content*.

3.2.1 Methane Generation Rate (k)

Model parameter *methane Generation Rate* (k) digunakan dalam menentukan laju timbulan gas metana dari massa sampah di TPA. Model parameter *methane Generation Rate* (k) digunakan dalam menentukan laju timbulan gas metana dari massa sampah di TPA. Semakin tinggi nilai (k) maka semakin cepat peningkatan timbulan gas metana dan meluruh seiring waktu. Nilai *default* k pada LandGEM merupakan fungsi dari faktor-faktor pembentukan gas *landfill* seperti pH sampah, temperatur, kelembapan, serta keterdapat *nutrient* untuk mikroorganisme pengurai sampah menjadi metana dan karbondioksida. Berikut ini merupakan nilai laju pertumbuhan metan (k) yang dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Nilai Laju Pertumbuhan Metan (k)

Default Type	Landfill Type	k value/year
CAA	Conventional	0.05
CAA	Arid Area	0.02
Inventory	Conventional	0.04
Inventory	Arid Area	0.02
Inventory	Wet	0.7

Sumber : USEPA, 2005

Penentuan nilai k terdapat dua jenis parameter *default* pada LandGEM yang terdiri dari (USEPA, 2005):

- CCA atau *Clean Air Act* merupakan peraturan federal Amerika yang meregulasi emisi udara dari sumber bergerak atau sumber stasioner. Peraturan ini membantu lembaga EPA (*Environmental Protection Agency*) Amerika untuk menetapkan standar kualitas udara ambien nasional untuk melindungi kesehatan publik serta untuk meregulasi emisi polutan udara berbahaya. *Default* CCA merupakan jenis penyetelan untuk pengguna yang akan menggunakan LandGEM dengan kriteria CAA Amerika.
- Default type inventory* merupakan penyetelan dalam mengestimasi emisi polutan udara dari sumber emisi. Penyetelan *inventory* dapat menentukan tren emisi polutan pada

periode waktu tertentu. Penggunaan *default type inventory* digunakan oleh pengguna untuk mengestimasi emisi polutan udara dari sumber TPA, selain itu inventarisasi dapat digunakan untuk meningkatkan kepedulian emisi polutan dari sumber TPA tersebut.

Nilai k pada LandGEM dibagi beberapa jenis yang terdiri dari *conventional*, *arid area*, dan *wet*. Nilai k dengan jenis *arid area* dipilih apabila kawasan TPA berada pada lokasi dengan kondisi kering di mana curah hujan dibawah 25 inci (635 mm) per tahun, untuk jenis *conventional* dipilih jika kawasan TPA berada pada lokasi dengan curah hujan di atas 25 inci per tahun sedangkan untuk jenis *wet* dipilih jika TPA memiliki sistem resirkulasi lindi pada setiap zona (USEPA, 2005). Pemilihan nilai laju pertumbuhan metan (k) dapat menggunakan nilai *default* atau dapat dengan menggunakan perhitungan berdasarkan persamaan berikut ini.

$$k = 3,2 \times 10^{-5}(x) + 0,01$$

Keterangan :
 k = laju pertumbuhan metan (per tahun)
 x = rata-rata curah hujan

3.2.2 Potential Methane Generation Capacity (L_0)

Potential methane generation capacity merupakan parameter yang dipengaruhi oleh jenis dan komposisi sampah. Semakin besar kandungan materi organik dalam sampah maka semakin besar pula *potential methane generation capacity*. Nilai L_0 yang telah ditentukan akan digunakan LandGEM dalam persamaan *first-order decomposition rate*. Berikut ini merupakan opsi dalam pemilihan nilai default untuk parameter L_0 dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Nilai Potensi Produksi Gas Metan (L_0)

Default Type	Landfill Type	L_0 (m ³ /Mg)
CAA	Conventional	170
CAA	Arid Area	170
Inventory	Conventional	100
Inventory	Arid Area	100
Inventory	Wet	96

Sumber: USEPA, 2005

Penentuan nilai L_0 pada LandGEM mengikuti ketentuan nilai *methane generation rate* (k). Jika saat penentuan *methane generation rate* (k) memilih jenis *inventory* dan jenis *landfill conventional*, maka *potential methane generation capacity* (L_0) juga menggunakan kategori *inventory conventional*.

3.2.3 NMOC (Nonmethane Organic Compound) Concentration

NMOC adalah senyawa kimia organik selain metana yang pada kondisi normal dapat mengalami evaporasi dan memasuki atmosfer. NMOC pada gas *landfill* merupakan fungsi dari jenis sampah yang masuk TPA dan tingkat reaksi dari dekomposisi anaerobik sampah yang menghasilkan berbagai senyawa. Nilai NMOC terukur dalam satuan *part per million by volume* (ppmv). Nilai NMOC pada penggunaan LandGEM dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Nilai NMOC (*Nonmethane Organic Compound Concentration*)

<i>User Option</i>	<i>NMOC Value (ppmv)</i>
CAA	4.000
<i>Inventory No or Unknown Co-disposal</i>	600
<i>Inventory Co-disposal</i>	2.400

Sumber: USEPA, 2005

Penentuan NMOC pada penelitian ini jika menggunakan opsi CAA jika menggunakan LandGEM dengan *default type* CAA. Jika menggunakan *default type inventory* untuk opsi *Inventory No or Unknown Co-disposal* digunakan pada TPA yang tidak menerima buangan limbah B3 (bahan berbahaya dan beracun), sedangkan untuk opsi *Inventory Co-disposal* digunakan pada TPA yang menerima buangan limbah B3.

3.2.4 Methane Content

Gas landfill yang dihasilkan di TPA tersusun dari berbagai gas yang berbeda. Berdasarkan volume, gas *landfill* secara umum terdiri dari 40-60% metana, 60% karbondioksida, dan sejumlah kecil nitrogen, oksigen, ammonia, sulfida, hydrogen, karbonmonoksida, dan MNOC (ATSDR, 2001).

3.3 Pemilihan Gas atau Polutan

Terdapat berbagai jenis polutan yang diemisikan dari TPA, dalam penelitian ini parameter polutan yang dipilih adalah metana. Pada LandGEM diharuskan untuk mengisi 4 jenis polutan, maka dari itu polutan yang dipilih selain metana yaitu total gas *landfill*, karbondioksida, dan NMOC (*Non-Methane Organic Compounds*).

3.4 Input Data Timbulan Sampah

Langkah terakhir adalah menginput data berat sampah dari tahun awal pengoperasian TPA hingga tahun terakhir sampah masuk ke TPA. Perhitungan emisi gas rumah kaca menggunakan LandGEM dapat memperkirakan emisi metana hingga mencapai 80 tahun setelah masa penutupan operasional TPA, serta menampilkan hasil estimasi emisi metana setiap tahun dan grafik emisi metana.

Salah satu penelitian yang menggunakan LandGEM dalam perolehan emisi gas metana (CH₄) yaitu penelitian yang dilakukan oleh Samosir dkk pada tahun 2022. Dalam penelitian dijelaskan bahwa, dengan penggunaan software LandGEM dapat diketahui titik tertinggi potensi gas metana terjadi pada tahun 2036 dengan volume 13.134.026 m³/tahun.

4. KESIMPULAN

LandGEM digunakan untuk menghitung produksi gas metana. Dalam model ini, nilai laju reaksi gas metana berbanding lurus dengan waktu, sehingga produksi gas metana meningkat secara relatif lambat dan mencapai puncak pada tahun tertentu. Model LandGEM dapat memperkirakan emisi metana hingga mencapai 80 tahun setelah masa penutupan operasional TPA.

DAFTAR RUJUKAN

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2001). *Landfill Gas Primer—An Overview for Environmental Health Professionals*. Department of Health and Human

Services, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Division of Health Assessment and Consultation.

Nurjaya, L., dan Rachmanto, T. (2023). *Potensi Produksi Gas Metana (CH₄) dari Kegiatan Landfilling di TPA Bengkala Kabupaten Buleleng dengan Kombinasi Pemodelan LandGEM, IPCC, dan LCA*. Envirotek : Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan.

SEPA. (2004). *Guidance on Gas Treatment Technologies for Landfill Gas Engines*. Scotland: Environment Agency.

Samosir, R. F., Numberi, J. J., Karapa, E., Innah, H., Ansanay, Y., Setiadji, P., dan Uniplaita, T. K. M. (2023). *Potensi Pemanfaatan Sumber Energi Alternatif Gas Metana untuk Pembangkit Listrik 3 MW Menggunakan Pemodelan Landgem (Studi Kasus: TPA Koya Koso Kota Jayapura)*. Jurnal Asimetrik: Jurnal Ilmiah Rekayasa Dan Inovasi. Jayapura: Universitas Cenderawasih.

United States Environmental Protection Agency (USEPA). (2005). *Landfill Gas Emissions Model (LandGEM)-Version 3.02-User's Guide*. USEPA Washington: DC.