

Penggunaan *Modified Triangular Method* dalam Memprediksi Emisi Gas Metan di Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Telang Kabupaten Hulu Sungai Tengah

Muhammad Sadiqul Iman¹ Chairul Irawan²
Muhammad Abrar Firdausy³

¹ Pelaksana, Bidang Cipta Karya dan Penataan Ruang Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Hulu Sungai Tengah

² Program Studi Teknik Kimia, Universitas Lambung Mangkurat

³ Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Lambung Mangkurat

✉ 2230811310132@mhs.ulm.ac.id
msiman.msi@gmail.com

Gas metan (CH₄) menjadi salah satu kontributor utama dalam efek GRK. Sumber utama penghasil gas metan salah satunya adalah Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui emisi gas metan di TPA Telang Kabupaten Hulu Sungai Tengah menggunakan *Modified Triangular Method* (MTM). MTM sendiri dapat digunakan dalam memprediksi volume emisi metan dengan mengasumsikan bahwa *Default Method* Intergovernmental Panel on Climate Change dan degradasi sampah meliputi 2 tahapan. Dibawah kondisi normal, fase pertama dimulai setelah satu tahun timbunan sampah di TPA dan timbunan gas akan mencapai puncaknya pada tahun ke-3 hingga ke-6 dan setelahnya akan berkurang hingga nol pada tahun ke-16 di fase kedua. Hasil perhitungan emisi CH₄ di TPA Telang mencapai puncaknya pada tahun 2021 yaitu sebesar 6,21 x 10⁵ m³/tahun dan total emisi hingga tahun ke-16 atau tahun 2031 mencapai 4,66 x 10⁶ m³/tahun.

Kata kunci: emisi, metan, Modified Triangular Method, TPA Telang

Diajukan: 28 April 2023

Direvisi: 22 Juli 2023

Diterima: 29 Juli 2023

Dipublikasikan online: 30 Juli 2023

Pendahuluan

Banyak aktivitas manusia berkontribusi pada Gas Rumah Kaca (GRK) yang saat ini terakumulasi di atmosfer. Gas yang paling penting adalah karbon dioksida (CO₂), diikuti oleh metana (CH₄), klorofluorokarbon, dan dinitrogen oksida (N₂O). Sumber emisi metana ke atmosfer dapat dipecah menjadi enam kategori besar: sumber daya alam, pertanian, peternakan, produksi bahan bakar fosil, pembakaran biomassa, dan tempat pemrosesan akhir (TPA) sampah. Sumber terkecil yaitu TPA menghasilkan metana melalui dekomposisi organik. *Environmental Protection Agency* (EPA) Amerika Serikat memprediksi bahwa penimbunan sampah tidak akan meningkat terlalu banyak di negara-negara seperti Amerika Serikat di masa depan, tetapi dapat diperkirakan akan meningkat secara dramatis di negara-negara berkembang (Tchobanoglous & Kreith, 2002).

TPA Telang terletak di Kabupaten Hulu Sungai Tengah Provinsi Kalimantan Selatan, tepatnya berada pada Desa Telang Kecamatan Batang Alai Utara. Sesuai Keputusan Bupati Hulu Sungai Tengah Nomor 660/233/660.1/Tahun 2015 tentang Penetapan Lokasi Tempat Pemrosesan Akhir Sampah (TPA) Kabupaten Hulu Sungai Tengah, luasan TPA sebesar ±9 Ha. Pada tahun 2020 luas TPA menjadi ±19,8 Ha, dengan 9,98 Ha merupakan luasan lahan yang belum digunakan. Luasan

zona aktif eksisting dari lahan urug terkendali adalah 1,7 Ha yang mulai dioperasikan dari tahun 2016 hingga sekarang. Berdasarkan data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional, sampah yang masuk ke TPA Telang dari tahun 2019 hingga tahun 2022 berturut-turut sebanyak 45,20 ton/hari; 44,00 ton/hari; 55,06 ton/hari dan 52,63 ton/hari (Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional, 2019, 2020, 2021, 2022). Selain air lindi sampah, produk yang dihasilkan dari sampah adalah gas metan (CH₄) dan karbon dioksida (CO₂). Oleh sebab itu penanganan gas sangat diperlukan agar pencemaran udara di sekitar kawasan TPA sampah dapat ditangani dan dikurangi. Hal positif dari penanganan gas metan yang baik adalah manfaatnya bagi pengelola TPA dan masyarakat sekitar sebagai bahan bakar gas dan energi listrik.

Produksi Gas CH₄ dengan pengaruh resirkulasi lindi ternyata memiliki hasil signifikan, seperti yang dilakukan oleh Priyambada *et al.* (2010), dimana di dapat hasil penelitian bahwa nilai puncak produksi gas CH₄ dengan resirkulasi lindi pada reaktor sampah segar yaitu sebesar 0,292 liter pada waktu tinggal ke-22, sedangkan untuk reaktor sampah umur 3-4 bulan sebesar 5,195 liter pada hari ke-34. Suhu menjadi faktor penting dalam degradasi sampah, dimana dari hasil penelitian Priyambada *et al.* (2010), suhu yang paling baik dalam proses pembentukan biogas berada pada suhu antara 32-37°C. Hal tersebut juga didukung oleh

Cara mensitasi artikel ini:

Iman, M.S., Irawan, C., dan Firdausy, M.A. (2023). Penggunaan *Modified Triangular Method* dalam Memprediksi Emisi Gas Metan di Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Telang Kabupaten Hulu Sungai Tengah. *Buletin Profesi Insinyur* 6(3) 083-088



Asri *et al.* (2013), dimana produksi gas optimum berada pada suhu konstan 35°C dengan volume produksi gas metan 602,7 *arb.unit* dan laju produksi biogas 76,65 ± 5,22. Emisi gas metan sebagai GRK ke atmosfer menunjukkan produksi yang meningkat pada sore hari dimana suhu rata-rata antara 36-40°C, seperti penelitian yang dilakukan oleh Lestari *et al.* (2013), di TPA Sumur Batu Kota Bekasi dengan sistem TPA *open dumping*, dimana didapat konsentrasi terendah yang terjadi di sore hari sebesar 328.004,3 µg/m³ dan konsentrasi tertinggi sebesar 820.010,7 µg/m³. Tujuan penelitian ini adalah memperkirakan emisi gas metan di TPA Telang Kabupaten Hulu Sungai Tengah menggunakan *Modified Triangular Method (MTM)*. Mengapa model ini digunakan, karena termasuk dalam *First-Order Models*. Dalam pemodelan ini, peluruhan bahan organik pada sampah dimodelkan mengikuti urutan pertama. Beberapa model yang umum digunakan di seluruh dunia untuk *First-Order Models* yang menonjol meliputi: *Triangular Method (TM)*; *Netherlands Single-Phase Model*; *Netherlands Multiphase Model*; *European Pollutant Emission Registrar: France Model* dan *United States LandGEM Model* (Rao *et al.*, 2017).

Perhitungan emisi ini nantinya diharapkan dapat digunakan dalam pengelolaan emisi GRK di TPA Telang, yang mana belum memanfaatkan gas metan sebagai sumber energi listrik atau lainnya (Dinas Lingkungan Hidup dan Perhubungan Kabupaten Hulu Sungai Tengah, 2022). Tentu jika dimanfaatkan secara maksimal, gas metan ini akan mendatangkan kebermanfaatannya bagi masyarakat sekitar dan menjadi solusi dalam penanganan emisi gas metan tersebut.

Metode

Lokasi/ Tempat Penelitian

Pengukuran lapangan komposisi sampah dilaksanakan pada bulan Juli 2022 dan berasal dari *Dump Truck* dengan nomor polisi DA 926 E yang melayani jalur angkutan di Kecamatan Barabai. Sedangkan lokasi TPA Telang berada di Desa Telang Kecamatan Batang Alai Utara Kabupaten Hulu Sungai Tengah.

Komposisi Sampah

Komposisi sampah merupakan salah satu faktor kunci dalam menghasilkan timbulan gas metan pada TPA (Chakraborty *et al.*, 2011). Hasil pengukuran lapangan pada Juli 2022, didapatkan data bahwa komposisi sampah di Kecamatan Barabai terdiri dari sampah sisa makanan dan dedaunan sebesar 42,96%. Disusul oleh sampah plastik yang menyumbang persentase sebesar 20,00% serta ditempat ketiga adalah sampah popok dan pembalut yang mencapai 17,73%. Lebih lengkap persentase komposisi sampah di Kabupaten Hulu Sungai Tengah dapat dilihat pada Tabel 1. berikut.

Tabel 1 Hasil Pengukuran Komposisi Sampah Lepas

| No | Jenis Sampah | Rata-Rata | |
|----|---|------------|---------------|
| | | Berat (kg) | Komposisi (%) |
| 1 | Sisa-sisa makanan + daun-daunan (organik) | 42,96 | 42,96 % |
| 2 | Kertas | 11,31 | 11,31 % |
| 3 | Kayu | 0,78 | 0,78 % |
| 4 | Kain/tekstil | 0,91 | 0,91 % |
| 5 | Karet/kulit | 0,27 | 0,27 % |
| 6 | Plastik | 20,00 | 20,00 % |
| 7 | Logam | 0,43 | 0,43 % |
| 8 | Gelas/kaca | 0,84 | 0,84 % |
| 9 | Sampah B3 | 1,24 | 1,24 % |
| 10 | Popok & Pembalut | 17,73 | 17,73 % |
| 11 | Dan lain-lain | 3,53 | 3,53 % |
| | Jumlah | 100,00 | 100,00 % |

Sumber: Survey Primer-Juli 2022

Modified Triangular Method (MTM)

Perhitungan emisi gas metan saat ini banyak sekali metode yang digunakan. Sedangkan pada penelitian ini, TPA Telang akan menggunakan *IPCC Default Method (DM)* dan *Modified Triangular Method (MTM)*. DM merupakan metode yang sangat mudah digunakan dalam memperkirakan emisi gas metan pada TPA berdasarkan pendekatan kesetimbangan massa (Mali *et al.*, 2012). Persamaan perhitungan emisi metan dapat dilihat pada persamaan berikut.

$$Emisi CH_4 = \{MSW_T \times MSW_F \times MCF \times DOC \times DOC_F \times F \times \left(\frac{16}{12} - R\right) \times (1 - OX)\} \dots (1)$$

dimana:

- MSW_T = Total sampah yang dihasilkan (Gg/tahun)
- MSW_F = Total sampah yang diangkut ke TPA (100%)
- MCF = Faktor koreksi metan (0,4; < 5 m *depth*)
- DOC = Karbon organik yang dapat terdekomposisi
- DOC_F = Fraksi DOC terdekomposisi saat anaerobik (0,5)
- F = Fraksi (%) metan di timbulan gas TPA (50% dari LFG)
- 16/12 = Rasio berat molekul CH₄/C
- R = *Recovery* metan di TPA (*default* 0)
- OX = Faktor oksidasi (*default* 0)

1 Gigagram (Gg) = 1000 ton (Chakraborty *et al.*, 2011)

$$DOC = 0,4A + 0,17B + 0,15C + 0,3D \dots (2)$$

Dimana:

- A = % Komposisi sampah kertas, kain serta popok dan pembalut
- B = % Komposisi sampah sisa makanan dan dedaunan
- C = % Komposisi sampah sayuran dan buah
- D = % Komposisi sampah kayu (Mali *et al.*, 2012; Qazi *et al.*, 2016)

Volume CH₄ didapatkan dengan persamaan rumus berikut.

$$V = X \times 10^6 / D \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

- V = Volume CH₄ (m³/tahun)
- X = Emisi CH₄ dihitung dengan rumus DM (Gg/tahun)
- D = Densitas CH₄ (0,714 kg/m³) (Chakraborty *et al.*, 2011)

MTM sendiri dapat digunakan dalam memprediksi volume emisi metan dengan mengasumsikan bahwa DM dan degradasi sampah meliputi 2 fase (Mali *et al.*, 2012). Dibawah kondisi normal, fase pertama dimulai setelah satu tahun timbunan sampah di TPA dan timbulan gas akan mencapai puncaknya pada tahun ke-3 hingga ke-6 dan setelahnya akan berkurang hingga nol pada tahun ke-16 di fase kedua, dapat dilihat pada Gambar 1. (Chakraborty *et al.*, 2011).

Untuk menghitung puncak segitiga produksi gas metan pada tahun ke-6, maka digunakan rumus sebagai berikut.

$$h = V \times 2 / 15 \dots\dots\dots(4)$$

Dimana:

- h = tinggi kurva segitiga (m³)
- V = Volume CH₄ (m³/tahun)(Chakraborty *et al.*, 2011).

Hasil dan Pembahasan

Proyeksi Timbulan Sampah Kabupaten Hulu Sungai Tengah

Proyeksi timbulan sampah di Kabupaten Hulu Sungai Tengah menggunakan beberapa data yang tersedia meliputi laju timbulan dan jumlah penduduk dari tahun 2012 hingga 2021 yang bersumber dari Badan Pusat Statistik. Laju timbulan sampah sesuai hasil survey primer yang dilakukan pada bulan Juli tahun 2022 didapatkan nilai sebesar 0,176 kg/orang/hari (Iman *et al.*, 2023). Jika dibandingkan dengan hasil penelitian pada tabel 2. berikut, maka nilai laju timbulan sampah Kabupaten Hulu Sungai Tengah terbilang kecil.

Namun untuk perhitungan ini akan menggunakan nilai laju timbulan 0,4 kg/orang/hari, sesuai dengan laporan persampahan TPA Telang (Dinas Lingkungan

Hidup dan Perhubungan Kabupaten Hulu Sungai Tengah, 2022).

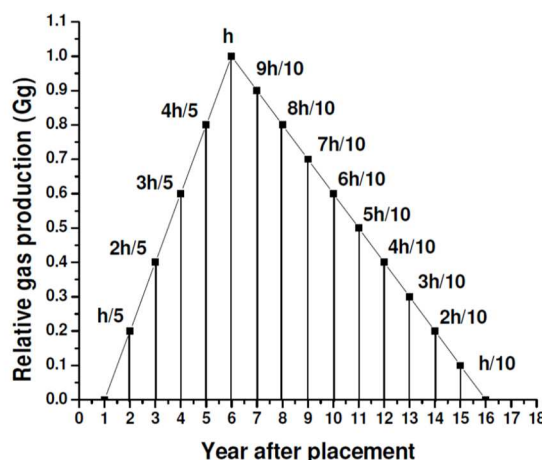
Tabel 2 Perbandingan Laju Timbulan Sampah pada Penelitian Daerah Lain di Provinsi Kalimantan Selatan

| No | Kabupaten/Kota | Satuan | Nilai | Sumber |
|----|---------------------|------------------|-------|---|
| 1 | Hulu Sungai Selatan | kg/orang/hari | 0,35 | Maulida <i>et al.</i> , (2017) <i>dalam</i> (Sabrina, 2018) |
| | | liter/orang/hari | 2,26 | |
| 2 | Banjar | kg/orang/hari | 0,43 | (Saufi, 2018) |
| | | liter/orang/hari | 4,11 | |
| 3 | Banjar | kg/orang/hari | 0,44 | (Ananda, 2019) |
| | | liter/orang/hari | 3,17 | |
| 4 | Banjarbaru | kg/orang/hari | 0,36 | (Rizkiannur, 2019) |
| | | liter/orang/hari | 2,64 | |
| 5 | Banjarmasin | kg/orang/hari | 0,26 | (Sabrina <i>et al.</i> , 2021) |
| | | liter/orang/hari | 2,08 | |
| 6 | Tanah Laut | kg/orang/hari | 0,36 | (Yustina <i>et al.</i> , 2021) |
| | | liter/orang/hari | 2,505 | |

Nilai laju timbulan sampah hasil survey primer tersebut terbilang kecil bisa disebabkan karena hanya berasal dari wilayah permukiman penduduk dan dari 1 Kecamatan Barabai saja. Kemudian data jumlah penduduk berguna untuk memproyeksi jumlah penduduk dari tahun 2022 hingga tahun 2031. Zona aktif di TPA Telang sendiri berfungsi dari tahun 2016 hingga sekarang, dan untuk mendapatkan hitungan emisi gas metan dengan *triangular method* maka perlu data hingga tahun ke-16 atau tahun 2031. Proyeksi volume dan berat sampah yang masuk ke TPA Telang dapat dilihat pada Tabel 3. dan Tabel 4.

Default Methodology (DM)

Berdasarkan Tabel 4. maka didapat bahwa total sampah yang masuk ke TPA Telang dari Tahun 2016 hingga 2022 mencapai 127.762,60 ton/tahun = 128 Gg/tahun. Diasumsikan bahwa semua sampah yang dihasilkan per harinya diangkut 100% ke TPA, maka nilai MSW_F sebesar 1. Untuk mendapatkan nilai DOC, maka akan digunakan rumus (2) dan Tabel 1., sehingga didapatkan nilai sebagai berikut.



Gambar 1 Produksi Gas Menggunakan *Triangular Method* (Sumber : Mali *et al.*, 2012)

Tabel 3 Volume Sampah yang diangkut ke TPA Telang Tahun 2016-2022 dan Proyeksinya Tahun 2023-2031

| No. | Tahun | Jumlah Penduduk (jiwa) | % Penduduk Terlayani | Laju Timbulan Sampah (Kg/Orang/Hari) | Laju Timbulan Sampah (L/Orang/Hari) | Penduduk Terlayani (jiwa) | Volume Sampah diangkut ke TPA (m ³ /tahun) | Volume Sampah Terlayani (m ³ /hari) |
|-----|-------|------------------------|----------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|---|--|
| 1 | 2016 | 263376 | 48,02% | 0,400 | 1,810 | 126463 | 83563,1 | 228,94 |
| 2 | 2017 | 266501 | 48,04% | 0,400 | 1,810 | 128032 | 84599,8 | 231,78 |
| 3 | 2018 | 269384 | 47,66% | 0,400 | 1,810 | 128379 | 84829,1 | 232,41 |
| 4 | 2019 | 272419 | 41,48% | 0,400 | 1,810 | 113000 | 74667,1 | 204,57 |
| 5 | 2020 | 258721 | 42,52% | 0,400 | 1,810 | 110000 | 72684,8 | 199,14 |
| 6 | 2021 | 263041 | 52,33% | 0,400 | 1,810 | 137650 | 90955,1 | 249,19 |
| 7 | 2022 | 269917 | 48,75% | 0,400 | 1,810 | 131575 | 86940,9 | 238,19 |
| 8 | 2023 | 271431 | 60,00% | 0,400 | 1,810 | 162859 | 107612,4 | 294,83 |
| 9 | 2024 | 272946 | 61,00% | 0,400 | 1,810 | 166497 | 110016,4 | 301,41 |
| 10 | 2025 | 274461 | 62,00% | 0,400 | 1,810 | 170166 | 112440,5 | 308,06 |
| 11 | 2026 | 275975 | 63,00% | 0,400 | 1,810 | 173864 | 114884,6 | 314,75 |
| 12 | 2027 | 277490 | 64,00% | 0,400 | 1,810 | 177594 | 117348,6 | 321,50 |
| 13 | 2028 | 279005 | 65,00% | 0,400 | 1,810 | 181353 | 119832,7 | 328,31 |
| 14 | 2029 | 280519 | 66,00% | 0,400 | 1,810 | 185143 | 122336,9 | 335,17 |
| 15 | 2030 | 282034 | 67,00% | 0,400 | 1,810 | 188963 | 124861,0 | 342,08 |
| 16 | 2031 | 283548 | 68,00% | 0,400 | 1,810 | 192813 | 127405,2 | 349,06 |

Tabel 4 Berat Sampah yang diangkut ke TPA Telang Tahun 2016-2022 dan Proyeksinya Tahun 2023-2031

| No. | Tahun | Jumlah Penduduk (jiwa) | % Penduduk Terlayani | Laju Timbulan Sampah (Kg/Orang/Hari) | Penduduk Terlayani (jiwa) | Berat Sampah Total (ton/tahun) | Berat Sampah Total (ton/hari) | Berat Sampah diangkut ke sel TPA (ton/tahun) | Berat Sampah diangkut ke sel TPA (ton/hari) |
|-----|-------|------------------------|----------------------|--------------------------------------|---------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--|---|
| 1 | 2016 | 263376 | 48,02% | 0,400 | 126463 | 38452,90 | 105,35 | 18464 | 50,59 |
| 2 | 2017 | 266501 | 48,04% | 0,400 | 128032 | 38909,15 | 106,60 | 18693 | 51,21 |
| 3 | 2018 | 269384 | 47,66% | 0,400 | 128379 | 39330,06 | 107,75 | 18743 | 51,35 |
| 4 | 2019 | 272419 | 41,48% | 0,400 | 113000 | 39773,17 | 108,97 | 16498 | 45,20 |
| 5 | 2020 | 258721 | 42,52% | 0,400 | 110000 | 37773,27 | 103,49 | 16060 | 44,00 |
| 6 | 2021 | 263041 | 52,33% | 0,400 | 137650 | 38403,99 | 105,22 | 20096 | 55,06 |
| 7 | 2022 | 269917 | 48,75% | 0,400 | 131575 | 39407,85 | 107,97 | 19209 | 52,63 |
| 8 | 2023 | 271431 | 60,00% | 0,400 | 162859 | 39628,99 | 108,57 | 23777 | 65,14 |
| 9 | 2024 | 272946 | 61,00% | 0,400 | 166497 | 39850,12 | 109,18 | 24309 | 66,60 |
| 10 | 2025 | 274461 | 62,00% | 0,400 | 170166 | 40071,26 | 109,78 | 24844 | 68,07 |
| 11 | 2026 | 275975 | 63,00% | 0,400 | 173864 | 40292,39 | 110,39 | 25384 | 69,55 |
| 12 | 2027 | 277490 | 64,00% | 0,400 | 177594 | 40513,52 | 111,00 | 25929 | 71,04 |
| 13 | 2028 | 279005 | 65,00% | 0,400 | 181353 | 40734,66 | 111,60 | 26478 | 72,54 |
| 14 | 2029 | 280519 | 66,00% | 0,400 | 185143 | 40955,79 | 112,21 | 27031 | 74,06 |
| 15 | 2030 | 282034 | 67,00% | 0,400 | 188963 | 41176,93 | 112,81 | 27589 | 75,59 |
| 16 | 2031 | 283548 | 68,00% | 0,400 | 192813 | 41398,06 | 113,42 | 28151 | 77,13 |

$$DOC = 0,4A + 0,17B + 0,15C + 0,3D$$

$$DOC = 0,4 (29,95\%) + 0,17 (42,96\% + 0,15 (0\%) + 0,3 (0,78\%)$$

$$DOC = 0,19516$$

DOC_f menggunakan nilai angka *default* dari IPCC yaitu 0,5. Fraksi (F) gas metan menggunakan angka *default* IPCC yaitu sebesar 0,5, hal ini mengasumsikan bahwa TPA Telang menghasilkan 50% gas CH₄. OX merupakan faktor oksidasi yang menggunakan angka *default* IPCC yaitu 0,1, dikarenakan TPA Telang menerapkan sistem lahan urug terkendali yang menggunakan tanah penutup. Berdasarkan informasi dari pengelola TPA Telang, kedalaman *landfill* eksisting adalah 4,5 meter (Dinas Lingkungan Hidup dan Perhubungan Kabupaten Hulu Sungai Tengah, 2022). Sehingga dapat didefinisikan bahwa TPA yang tidak terkelola dengan baik dan memiliki kedalaman kurang dari 5 meter, maka nilai MCF sesuai *default* dari IPCC adalah sebesar 0,4.

Nilai R yang berdasarkan nilai *default* IPCC diperoleh untuk pemulihan CH₄ adalah sebesar 0.

Kemudian dengan menggunakan rumus (1), maka didapatkan nilai emisi metan yaitu :

$$\text{Emisi CH}_4 = 128 \text{ Gg/tahun} \times 1 \times 0,4 \times 0,19516 \times 0,5 \times 0,5 \times (16/12 - 0) \times (1 - 0,1)$$

$$\text{Emisi CH}_4 = 3,3245 \text{ Gg/tahun}$$

Volume metan kemudian dapat dihitung dengan persamaan (3), sehingga didapat nilai sebagai berikut.

$$V = X \times 10^6 / D$$

$$V = 3,3245 \text{ Gg/tahun} \times 10^6 \text{ kg/Gg} / 0,714 \text{ kg/m}^3$$

$$V = 4.656.237,12 \text{ m}^3/\text{tahun}$$

$$V = 4,66 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{tahun}$$

Estimasi Metan Menggunakan *Modified Triangular Method (MTM)*

Setelah mendapatkan nilai volume metan, maka perhitungan selanjutnya adalah mendapatkan nilai emisi metan tiap tahunnya berdasarkan kurva segitiga

pada Gambar 1. dan persamaan (4). Sehingga hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5. dan Gambar 2. Nilai puncak emisi metan berada pada tahun 2021 atau tahun ke-6, yaitu sebesar 620831,62 m³/tahun = 6,21 x 10⁵ m³/tahun. Berdasarkan Tabel 5. dan Gambar 2., maka dapat dijelaskan bahwa emisi metan meningkat dari tahun ke-1 hingga tahun ke-6 atau dari tahun 2016 hingga tahun 2021. Kemudian mengalami pengurangan hingga tahun ke-16 atau tahun 2031. Total emisi metan selama 16 tahun menggunakan MTM mencapai 4,66 x 10⁶ m³/tahun.

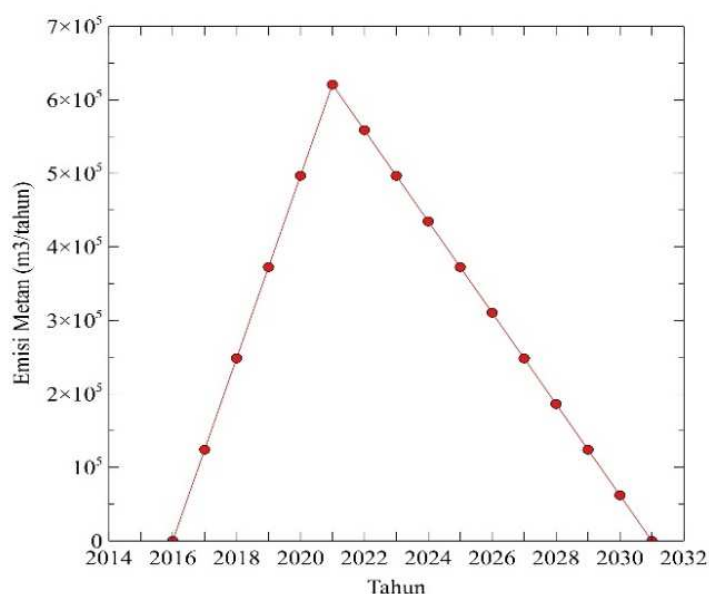
Berdasarkan penelitian yang dilakukan Chakraborty *et al.* (2011), diketahui bahwa pengukuran gas metan langsung di lokasi TPA merupakan cara paling akurat untuk mendapatkan estimasi gas metan yang dihasilkan. Namun metode lain yang dianggap

mendekati pengukuran langsung adalah *First Ordey Decay* (FOD), MTM dan terakhir adalah DM. Penelitian (Mor *et al.*, 2006) juga mempertegas bahwa FOD dan MTM memiliki hasil yang sangat mirip dan dapat digunakan dalam menghitung emisi metan. Penggunaan MTM pada penelitian lainnya yaitu pada lokasi TPST Bantargebang dengan total emisi gas metan hingga tahun ke-16 mencapai 26,68 x 10⁶ m³/tahun (Saragih *et al.*, 2018).

Melalui Gambar 2., maka dapat disimpulkan bahwa besarnya timbulan sampah dapat meningkatkan timbulan GRK yang terbentuk di TPA yang disebabkan oleh peningkatan jumlah penduduk dan pelayanan. Degradasi lahan seperti zona penyangga yang dapat menyerap karbon dioksida dan metana juga dapat mempengaruhi rentang emisi GRK (Yodi *et al.*, 2020).

Tabel 5 Estimasi Emisi Metan Menggunakan MTM di TPA Telang Kabupaten Hulu Sungai Tengah

| Tahun Ke- | Tahun | MTM (m ³ /tahun) |
|-----------|-------|-----------------------------|
| 1 | 2016 | 0,00 |
| 2 | 2017 | 124166,32 |
| 3 | 2018 | 248332,65 |
| 4 | 2019 | 372498,97 |
| 5 | 2020 | 496665,29 |
| 6 | 2021 | 620831,62 |
| 7 | 2022 | 558748,45 |
| 8 | 2023 | 496665,29 |
| 9 | 2024 | 434582,13 |
| 10 | 2025 | 372498,97 |
| 11 | 2026 | 310415,81 |
| 12 | 2027 | 248332,65 |
| 13 | 2028 | 186249,48 |
| 14 | 2029 | 124166,32 |
| 15 | 2030 | 62083,16 |
| 16 | 2031 | 0,00 |



Gambar 2 Estimasi Emisi Metan Menggunakan MTM di TPA Telang Kabupaten Hulu Sungai Tengah

Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari hasil penelitian ini adalah estimasi emisi gas metan di TPA Telang Kabupaten Hulu Sungai Tengah menggunakan MTM, dengan menggunakan data sampah yang masuk ke TPA Telang dari Tahun 2016 hingga tahun 2022. Hasil perhitungan emisi CH₄ mencapai puncaknya pada tahun ke-6 atau tahun 2021 yaitu mencapai 6,21 x 10⁵ m³/tahun dan total emisi hingga tahun ke-16 atau tahun 2031 mencapai 4,66 x 10⁶ m³/tahun. Tentunya emisi metan yang besar ini dapat menjadi sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan jika dapat dikelola dengan baik oleh Pemerintah Kabupaten Hulu Sungai Tengah.

Ucapan Terimakasih

Terima kasih ditujukan kepada Bapak Bupati H. Aulia Oktafiandi S.T., M.AppCom., Bapak H. Syahidin, S.T., M.T., selaku Kepala Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Hulu Sungai Tengah serta Bapak Dr. H. Sa'dianoor, S.T., M.Si., selaku Kepala Dinas Perumahan Rakyat dan Kawasan Permukiman Kabupaten Hulu Sungai Tengah yang telah membantu penulis dalam penyelesaian karya tulis ilmiah ini. Saudari Anissa Fitri dan Saudara Arya Wicaksana selaku mahasiswa program studi Teknik Lingkungan ULM yang telah membantu menyediakan data primer komposisi sampah. Serta dibantu dengan Bapak Elfha Yunia Rachman, S.T., selaku Kepala Bidang Cipta Karya & Penataan Ruang dan Bapak H. Muhammad Fadillah, S.T., selaku Kepala Bidang Pengelolaan Sampah, Limbah B3, dan Peningkatan Kapasitas, Dinas Lingkungan Hidup dan Perhubungan Kabupaten Hulu Sungai Tengah, yang telah menyediakan data-data persampahan dalam penelitian ini.

Referensi

Ananda, R. I. (2019). *Studi Timbulan, Komposisi Dan Karakteristik Sampah Domestik di Wilayah Timur Kecamatan Martapura Kabupaten Banjar*. Tugas Akhir, Universitas Lambung Mangkurat.

Asri, A., Arman, Y., & Lapanporo, B. P. (2013). Rancang Bangun Dan Analisis Parameter Fisis Reaktor Biogas Untuk Pengoptimalan Produksi Gas Metan Dari Sampah Organik. *Prisma Fisika*, 1(1), 27–32.

Chakraborty, M., Sharma, C., Pandey, J., Singh, N., & Gupta, P. K. (2011). Methane Emission Estimation from Landfills in Delhi: A Comparative Assessment of Different Methodologies. *Atmospheric Environment*, 45, 7135–7142. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2011.09.015>

Dinas Lingkungan Hidup dan Perhubungan Kabupaten Hulu Sungai Tengah. (2022). *Dokumen Informasi Kinerja Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah Kabupaten Hulu Sungai Tengah Tahun 2022*. Dinas Lingkungan Hidup dan Perhubungan Kabupaten Hulu Sungai Tengah.

Iman, M. S., Fitri, A., Wicaksana, A., & Annisa, N. (2023). Laju Timbulan, Densitas Sampah Lepas Serta Komposisi Sampah di Kecamatan Barabai Kabupaten Hulu Sungai Tengah. *EnviroScientiae*, 19(2), 32–38.

Lestari, L. I., Soemirat, J., & Dirgawati, M. (2013). Penentuan Konsentrasi Gas Metan di Udara Zona 4 TPA Sumur Batu Kota Bekasi. *Reka Lingkungan*, 1(1), 1–11.

Mali, S. T., Khare, K. C., & Biradar, A. H. (2012). Estimation of Methane Gas Emission from Municipal Solid Waste

Landfill: Pune City, India. *Environmental Research Journal*, 6(1), 71–81.

Mor, S., Ravindra, K., De Visscher, A., Dahiya, R. P., & Chandra, A. (2006). Municipal solid waste characterization and its assessment for potential methane generation: A case study. *Science of the Total Environment*, 371(1–3), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2006.04.014>

Priyambada, I. ., Budiharjo, M. A., & Aprianti, J. (2010). Pengaruh Resirkulasi Lindi terhadap Produksi Gas Metan (CH₄). *Jurnal Presipitasi*, 7(1), 36–41.

Qazi, W. A., Azam, M.-H., Mehmood, U. A., Al-Mufraqi, G. A., Alrawahi, N.-A., & Abushammala, M. F. M. (2016). Quantification of Methane Emissions From Solid Waste in Oman Using IPCC Default Methodology. *International Journal of Environmental and Ecological Engineering*, 10(2), 173–177. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1111584>

Rao, M. N., Sultana, R., & Kota, S. H. (2017). *Solid and Hazardous Waste Management* (K. McCombs (ed.)). Joe Hayton.

Rizkiannur, M. (2019). *Studi Timbulan, Komposisi dan Karakteristik Sampah Domestik Kota Banjarbaru*. Tugas Akhir, Universitas Lambung Mangkurat.

Sabrina, G. N. (2018). *Studi Timbulan dan Komposisi Sampah Rumah Tangga Kota Banjarmasin*. Tugas Akhir, Universitas Lambung Mangkurat.

Sabrina, G. N., Mahyudin, R. P., & Firmansyah, M. (2021). Studi Timbulan Dan Komposisi Sampah Rumah Tangga Kota Banjarmasin. *Jernih: Jurnal Tugas Akhir Mahasiswa*, 4(1), 13–20. <https://doi.org/10.20527/jernih.v4i1.736>

Saragih, B. R., Siregar, S. R. H., & Surjosatyo, A. (2018). Evaluation of Waste Potential in TPST Bantargebang Through Modified Triangular Method. *E3S Web of Conferences*, 67, 1–4.

Saufi, H. (2018). *Studi Timbulan, Komposisi dan Karakteristik Sampah Domestik di Kabupaten Banjar Wilayah Barat (Kecamatan Gambut, Sungai Tabuk dan Kertak Hanyar)*. Tugas Akhir, Universitas Lambung Mangkurat.

Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional. (2019). *Capaian Kinerja Penanganan Tahun 2019 Pemrosesan Akhir Kabupaten Hulu Sungai Tengah*.

Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional. (2020). *Capaian Kinerja Penanganan Tahun 2020 Pemrosesan Akhir Kabupaten Hulu Sungai Tengah*.

Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional. (2021). *Capaian Kinerja Penanganan Tahun 2021 Pemrosesan Akhir Kabupaten Hulu Sungai Tengah*.

Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional. (2022). *Capaian Kinerja Penanganan Tahun 2022 Pemrosesan Akhir Kabupaten Hulu Sungai Tengah*.

Tchobanoglous, G., & Kreith, F. (2002). *Handbook of Solid Waste Management*. McGraw-Hill Education. <https://doi.org/10.1201/b22171-12>

Yodi, Suryawan, I. W. K., & Afifah, A. S. (2020). Estimation of Green House Gas (GHG) Emission at Telaga Punggur landfill using triangular, LandGEM, and IPCC methods. *Journal of Physics: Conference Series*, 1456(1), 1–7. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1456/1/012001>

Yustina, Suyanto, Mahyudin, R. P., & Sofia, L. A. (2021). Analisis Timbulan, Komposisi dan Arahan Pengelolaan Sampah di Kecamatan Pelaihari Kabupaten Tanah Laut. *EnviroScientiae*, 17(3), 186–190.