

Analisis Potensi Sampah Rumah Tangga Menjadi Gas Metana Sebagai Bahan Bakar PLTSa di TPA Bontoramba Maros

Dicky Rezky Rahmanda^{1*}, Sri Wahyuni², Muh. Yusan Naim³, Syamsir⁴, Muhammad Amin⁵

^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muslim Indonesia, Makassar, Indonesia

Email: ¹03320210001@umi.ac.id; ²03320210009@umi.ac.id; ³muhyusan.naim@umi.ac.id; ⁴umianci65@umi.ac.id;

⁵muh.amin@umi.ac.id

Received: 19 08 2024 | Revised: 28 08 2024 | Accepted: 02 09 2024 | Published: 18 09 2024

Abstrak

Perubahan iklim dan krisis energi global telah memicu upaya pengembangan Energi Baru dan Terbarukan (EBT) di Indonesia. Salah satu sumber EBT yang memiliki potensi besar adalah pemanfaatan sampah rumah tangga sebagai bahan baku energi. Penelitian ini mengeksplorasi potensi sampah rumah tangga di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Bontoramba, Kabupaten Maros, sebagai sumber energi alternatif melalui teknologi Landfill Gas (LFG). Penelitian ini bertujuan untuk mengukur volume sampah, potensi gas metana yang dihasilkan, serta kontribusinya dalam menghasilkan energi listrik. Penelitian ini mengukur potensi sampah rumah tangga di TPA Bontoramba, Maros, sebagai bahan bakar PLTSa dengan pendekatan kuantitatif deskriptif. Data diperoleh melalui observasi, studi literatur, dan analisis Landfill Gas untuk menghitung produksi gas metana, Lower heating Value (LHV), dan kontribusi energi listrik, guna mendukung pengembangan energi terbarukan di Maros. Berdasarkan analisis data peneliti menemukan bahwa dari total volume sampah sebesar 6.220.898 m³ atau setara dengan 2.461.422,33 Ton, TPA Bontoramba mampu menghasilkan gas metana sebesar 3.749.760 m³/Tahun. Gas metana ini memiliki nilai kalor (Lower Heating Value-LHV) sebesar 134,24 MJ/m³, yang menunjukkan potensi sebagai bahan bakar untuk Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa). Kontribusi yang diberikan dari sampah rumah tangga sebesar 52,47% dengan Estimasi energi listrik yang dihasilkan dari pemanfaatan gas metana tersebut mencapai 31.145.881 kWh/tahun, memberikan solusi yang berkelanjutan bagi masalah pengelolaan sampah dan ketergantungan pada energi fosil

Kata kunci: ebt, pembangkit listrik tenaga sampah, landfill gass

1. Pendahuluan

Energi baru dan terbarukan menjadi solusi utama dalam mengatasi krisis energi global dan perubahan iklim. Di Indonesia, pengembangan EBT semakin mendesak mengingat konsumsi energi yang terus meningkat dan keterbatasan sumber daya energi fosil. Pemerintah menargetkan porsi EBT dalam bauran energi nasional mencapai lebih dari 17% pada tahun 2025 [1]. Salah satu potensi EBT yang menjanjikan adalah pemanfaatan sampah sebagai sumber energi [2]. Kondisi sampah di Indonesia yang memprihatinkan mendorong perlunya pengelolaan inovatif, terutama untuk mengubah sampah rumah tangga menjadi sumber energi alternatif yang ramah lingkungan [3].

Meningkatnya volume sampah di negara berkembang, termasuk Indonesia, dipengaruhi oleh pertumbuhan populasi, industrialisasi, dan ekonomi. Namun, pengelolaan sampah masih menghadapi tantangan besar, seperti rendahnya kesadaran masyarakat, proses pengumpulan yang tidak efisien, serta pembuangan terbuka yang memicu pencemaran lingkungan. Di Kabupaten Maros, TPA Bontoramba menjadi salah satu lokasi penting yang menghadapi tekanan kapasitas akibat meningkatnya jumlah sampah rumah tangga [4].

Pemanfaatan sampah rumah tangga di TPA Bontoramba sebagai bahan bakar Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) dengan teknologi Landfill Gas Recovery menjadi solusi inovatif [5]. Penelitian ini bertujuan Untuk mengetahui potensi sampah rumah tangga sebagai bahan bakar gas metana di TPA Bontoramba, untuk mengetahui nilai

Lower Heating Value dari gas metana sebagai bahan bakar pembangkit Listrik tenaga sampah (PLTsa) di TPA Bontoramba, untuk mengetahui estimasi kontribusi sampah rumah tangga di TPA bontoramba dalam menghasilkan energi listrik. Dengan judul “Analisis Potensi Sampah Rumah Tangga Menjadi Gas Metana Sebagai Bahan Bakar PltSa Di Tpa Bontoramba Maros” penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam mendukung pengembangan energi terbarukan sekaligus menjadi solusi terhadap permasalahan pengelolaan sampah di Kabupaten Maros.

2. Metode

Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTsa) adalah sistem yang mengolah limbah padat, khususnya sampah rumah tangga, menjadi energi listrik. Proses ini memanfaatkan teknologi untuk mengubah sampah menjadi sumber energi yang dapat memenuhi kebutuhan Listrik. Untuk memudahkan perhitungan jumlah gas metana yang dihasilkan dari sampah rumah tangga digunakan rumus sederhana berikut:

$$V_{CH_4} = LFG\ rate \times t \quad (1)$$

Keterangan:

V_{CH_4} = Jumlah gas metana yang dihasilkan (dalam meter kubik, m^3).

$LFG\ rate$ = Massa total sampah rumah tangga

t = lama waktu (jam)

LFG Rate mengacu pada total massa sampah yang dihasilkan oleh rumah tangga dan nilai LFG Rate didapatkan dari software screening tools. Secara umum, LHV menunjukkan berapa banyak kalor yang dapat diekstraksi dari gas metana per unit volume dan penting untuk perencanaan dan evaluasi efisiensi energi yang menggunakan gas metana sebagai bahan bakar.

$$LHV_{Methane} = V_{CH_4} \times LHV \quad (2)$$

Keterangan:

LHV = Nilai kalor rendah dari gas metana yang dihasilkan (dalam MJ atau kJ).

V_{CH_4} = *Volume* gas metana yang dihasilkan (dalam m^3).

LHV_x = *Lower Heating Value* dari metana per satuan *volume* (dalam MJ/m^3 atau kJ/m^3).

Agar dapat diketahui besarnya daya listrik yang dihasilkan pembangkit listrik yang memanfaatkan sampah sebagai bahan bakar. Adapun rumus untuk mencari potensi daya listrik yang dihasilkan dari landfill.

$$E = \frac{LHV_{methane} \times 0,9 \times V_{CH_4} \times \lambda \times \eta}{3,6} \quad (3)$$

Keterangan:

E = energi listrik (kWh/tahun)

$LHV_{methane}$ = *Lower Heating Value of methane*

V_{CH_4} = tingkat *Volume* gas metana (m^3 /tahun)

λ = efisiensi pengumpulan = 75 %

η = efisiensi konversi listrik untuk mesin pembakaran dalam

3,6 = adalah faktor konversi dari MJ ke kWh

Sampah yang akan digunakan dalam Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTsa) berfungsi sebagai bahan bakar untuk memanaskan air dalam boiler.

3. Hasil dan Pembahasan

Bagian ini tempat menuliskan hasil penelitian yang dijabarkan secara detail, jelas dan terurut. Hasil penelitian disajikan dalam bentuk tabel, grafik atau ilustrasi lain dan disertai dengan pembahasan yang disajikan secara terstruktur dan sistematis. Uraian performansi, kelemahan, dan kelebihan dari hasil penelitian harus dijelaskan.

Pengambilan data jumlah volume sampah di TPA Bontoramba dilakukan dengan cara membedakan lokasi pengambilan sampah berdasarkan tiap kendaraan pengangkut yang masuk ke TPA. Setiap mobil pengangkut sampah dicatat secara rinci, termasuk jenis sampah yang diangkut, waktu kedatangan, serta berat atau volume sampah yang dibawa.

Tabel 1. Jumlah sampah rumah tangga dan non rumah tangga

No	Sampah rumah tangga (m ³)	Sampah non rumah tangga (m ³)
1	97.310	871.305
2	888.912	817.517
3	970.420	880.302
4	795.220	698.829
5	926.902	731.849
6	975.504	819.098
7	670.985	606.483
8	1.037.409	873.324
9	971.758	774.845
10	948.793	697.846
11	930.129	672.494
12	1.182.399	692.390
Total	11.269.741	9.136.291

Tabel 2. Volume sampah berdasarkan sifat sampah

No	Sifat sampah	Persentase	Volume sampah (m ³)	Berat sampah (Ton)
1	Organik	55,2%	6.220.898	2.461.422,33
2	Anorganik	44,8%	5.048.843	1.997.676,09

Untuk mendapatkan nilai dari Annual Disposal Rate dapat menggunakan rumus berikut ini:

$$\begin{aligned}
 \text{Annual Disposal Rate} &= \frac{\text{volume sampah} \times \text{densitas sampah}}{\text{populasi penduduk}} \\
 &= \frac{6.220.898 \times 395,67}{29468} \\
 &= \frac{2461422711,66}{29468} \\
 &= 83.528 \text{ Ton/Tahun}
 \end{aligned}$$

Nilai yang pembuangan terbesar dalam satu tahun didapatkan sebesar 83.528 Ton/Tahun, nilai ini akan di input ke software screening tools sehingga menghasilkan nilai LFG rate sebesar 434 m³.

Untuk menghitung jumlah gas metana (CH₄) yang dihasilkan dari sampah rumah tangga yang dipisahkan:

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 1 \text{ Hari} &= 24 \text{ Jam} \\
 1 \text{ Bulan} &= 24 \times 30 = 720 \text{ jam} \\
 1 \text{ Tahun} &= 12 \times 720 = 8640 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Berikut ini adalah perhitungan untuk mendapatkan jumlah gas metana dalam kurung satu tahun atau dalam waktu 8.640 jam.

$$\begin{aligned} V_{CH_4} &= LFG \text{ Rate} \times t \\ &= 434 \times 8.640 \\ &= 3.749.760 \text{ m}^3/\text{Tahun} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan dari jumlah LFG rate dengan waktu sehingga menghasilkan gas metana sebesar 3.749.760 m³/Tahun.

Dimana untuk menghitung nilai LHV dalam pertahun dengan nilai CH₄ pertahunnya 3.749.760 m³/Tahun, maka dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} LHV_{\text{methane}} &= V_{CH_4} \times LHV_x \\ &= 3.749.760 \times 35.8 \\ &= 134.241.408 \text{ joule} \\ &= 134,24 \text{ Mj} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan nilai kalor (LHV) dari hasil nilai CH₄ pertahun 3.749.760 m³/Tahun.

Dengan rumus ini, jumlah gas metana dan nilai kalor yang dihasilkan dari sampah rumah tangga dapat dimanfaatkan untuk menghitung potensi listrik, berikut perhitungannya:

$$\begin{aligned} E &= \frac{LHV_{\text{methane}} \times 0,9 \times V_{CH_4} \times \lambda \times \eta}{3,6} \\ E &= \frac{134,24 \times 0,9 \times 3.749.760 \times 0,75 \times 0,33}{3,6} \\ E &= \frac{112.125.174}{3,6} \\ E &= 31.145.881 \text{ kWh/tahun} \end{aligned}$$

Energi listrik yang dapat dihasilkan dalam satu tahun sebesar 31.145.881 kWh/tahun, dengan begitu dapat diketahui nilai kontribusi produksi energi Listrik dengan menggunakan rumus dibawah ini dan total energi listrik yang dapat dihasilkan sebesar 59.348.877,2 kWh, nilai ini dihasilkan dari penjumlahan antara energi listrik sampah rumah tangga dengan sampah non-rumah tangga sehingga dapat diketahui kontribusi energi Listrik dari sampah rumah tangga berdasarkan rumus berikut ini:

$$\begin{aligned} \text{Kontribusi} &= \frac{E_{\text{sampah rumah tangga}}}{E_{\text{jumlah sampah TPA}}} \times 100\% \\ \text{Kontribusi} &= \frac{31.145.881}{59.348.877,2} \times 100\% \\ &= 0,5247 \times 100\% \\ &= 52,47\% \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut didapatkan nilai kontribusi energi Listrik sebesar 52,47% menunjukkan besarnya energi yang dapat dihasilkan dari sampah rumah tangga TPA Bontoramba.

4. Kesimpulan dan Saran

Besar potensi sampah rumah tangga sebagai sumber bahan bakar gas metana di TPA Bontoramba menunjukkan bahwa dengan total volume sampah organik dari sampah rumah tangga sebesar 6.220.898 m³ dan nilai annual disposal rate sebesar 83,528 Ton/ Tahun, dapat menghasilkan gas metana sebesar 3.749.760 m³ per tahun. Besar nilai LHV (Nilai Kalor Bawah atau Lower Heating Value) dari gas metana sebagai bahan bakar Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) yaitu mencapai 134,24 Mj. Hasil Pemanfaatan jumlah gas metana

sebesar 3.749.760 m³/tahun, dapat memproduksi energi listrik sebesar 31.145.881 kWh/tahun dan memiliki kontribusi energi Listrik sebesar 52,47%.

Dalam menghadapi berbagai tantangan yang dihadapi pada Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa), peneliti dan peneliti selanjutnya disarankan untuk fokus pada pemisahan sampah di sumbernya dan pengembangan metode konversi yang inovatif dapat meningkatkan keakuratan gas metana yang dihasilkan.

Daftar Pustaka

- [1] , M., & . P. (2017). Analisis potensi sampah sebagai bahan baku pembangkit listrik tenaga sampah (pltsa) di pekanbaru. *Sainetin*, 1(1), 9–16. <https://doi.org/10.31849/sainetin.v1i1.166>
- [2] Allo, s. L., & widjasena, h. (2019). Studi potensi pembangkit listrik tenaga sampah (pltsa) pada tempat pembuangan akhir (tpa) makbon kota sorong. *Electro luceat*, 5(2), 14–24. <https://doi.org/10.32531/jelekn.v5i2.150>
- [3] Energi baru dan terbarukan yusri ambabunga, s., tana toraja, k., & selatan, s. (2019). Analisis pembangkit energi listrik dengan sumber energi baru dan terbarukan: pemanfaatan limbah sampah sebagai sumber energi alternatif dan ramah lingkungan. *Neutrino*, 2(1), 31–34. <https://journals.ukitoraja.ac.id/index.php/neo/article/view/835>
- [4] Esye, y., & iswal, g. S. (2021). Analisis pembangkit listrik tenaga sampah dengan metode sanitasi *landfill* di bantargebang. *Journal of african earth sciences*, 11(1), 70–75. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2012.11.011>
http://pups.ulg.ac.be/00379395/index.php?id=3472%0ahttps://lirias.kuleuven.be/bitstream/123456789/435583/1/sga2013_abstract_debruyne_et_al_resubmitted.pdf%0a???%0ahttp://www.geofacets.com?cid=exportr
- [5] Mutmainnah, h.-, pandiangan, f. A., & hamzah, a. K. (2023). Analisis potensi sampah di tpa toisapu sebagai bahan baku pembangkit listrik tenaga sampah (pltsa) di kota ambon. *Jurnal al-azhar indonesia seri sains dan teknologi*, 8(1), 77. <https://doi.org/10.36722/sst.v8i1.1384>
- [6] Saputri amir, r., nabilah, f., yusan naim, m., syarifuddin, a., baso, f., & studi teknik elektro, p. (2023). Analisis potensi sampah rumah tangga sebagai bahan bakar pembangkit listrik tenaga sampah (pltsa) di makassar. 6(1), 1–4.
- [7] Serli Liling. 2019. Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) Pada Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Makbon Kota Sorong. Melalui <https://www.poltekstpaul.ac.id/jurnal/index.php/jelekn/article/download/150/97>.
- [8] Yuniardi, d. (2022). Analisis kelayakan potensi tempat pembuangan akhir sampah (tpa) untuk design pembangunan pembangkit listrik tenaga sampah. *Journal of mechanical engineering and mechatronics*, 7(1), 63. <https://doi.org/10.33021/jmem.v7i1.3380>
- [9] Zulqaidah, k., sutopo, y. K. D., & patandianan, m. V. (2017). Potensi aplikasi pembangkit listrik tenaga sampah (pltsa) di tpa tamangapa, kota makassar.
- [10] Muljono, A. B., Mukti, K. B. K., & Natsir, A. (2022). Kajian Teknis dan Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) Menggunakan Perangkat Lunak LandGEM TPA Kebon Kongok Gerung Lombok Barat. *Dielektrika*, 9(1), 68–79. <http://www.dielektrika.unram.ac.id/index.php/dielektrika/article/view/296>
- [11] Taradifpa, S., Mahfuzah, N., & Siahaan, S. (2024). Efisiensi Turbin Gas Terhadap Variasi Beban Operasi Di Pembangkit Listrik Tenaga Gas. *SINERGI POLMED: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 5(1), 11–20. <https://doi.org/10.51510/sinergipolmed.v5i1.1405>