

Analisis Potensi Pemanfaatan Sampah Sebagai Energi Baru Terbarukan Di Indonesia Menggunakan Aplikasi Biogas Calculations

Adinda Maharani¹⁾, Dariana Matondang ²⁾, Farhan Riziq Ananda³⁾, Santalia br Sitepu⁴⁾, Amna Citra

¹Teknik Biosistem, Institut Teknologi Sumatera, Indonesia

Email : adinda.121310038@student.itera.ac.id, dariana.121310053@student.itera.ac.id,
farhan.121310057@student.itera.ac.id, santa.121310054@student.itera.ac.id,
amna.citra@tbs.itera.ac.id

Abstrak : Permasalahan sampah menjadi isu global yang semakin kompleks, terutama di negara berkembang seperti Indonesia. Pemanfaatan sampah organik sebagai sumber biogas merupakan salah satu pendekatan yang dianggap strategis dalam mengatasi dua tantangan utama yaitu pengelolaan limbah dan penyediaan energi alternatif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi pemanfaatan sampah organik sebagai sumber energi listrik berbasis biogas dan pengurangan emisi di Indonesia menggunakan *biogas calculations*. Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) 2024. Pembuatan biogas dari sampah organik adalah solusi berkelanjutan yang mengubah 17.365 ton limbah organik per tahun menjadi energi terbarukan berupa 2.103.304 m³ biogas. Biogas ini menghasilkan 4.144.561 kWh listrik dan 17.890 GJ energi panas dengan efisiensi hingga 90%. Produk samping digestate digunakan sebagai pupuk organik, mendukung pertanian berkelanjutan. Sistem ini juga mengurangi emisi gas rumah kaca hingga 4.773 ton CO₂ eq./tahun dan mengalihkan limbah dari TPA.

Kata Kunci: biogas, sampah, organik, energi

Abstract: The waste problem is becoming an increasingly complex global issue, especially in developing countries like Indonesia. Utilizing organic waste as a biogas source is one approach that is considered strategic in overcoming two main challenges, namely waste management and providing alternative energy. This research aims to analyze the potential for using organic waste as a source of biogas-based electrical energy and reducing emissions in Indonesia using biogas calculations. This research uses secondary data obtained from the National Waste Management Information System (SIPSN) 2024. Making biogas from organic waste is a sustainable solution that converts 17,365 tons of organic waste per year into renewable energy in the form of 2,103,304 m³

Jurnal Energi Baru & Terbarukan, 2025, Vol. 6, No. 1, pp 77 – 82

Received : 27 Desember 2024

Accepted : 4 Februari 2025

Published : 31 Maret 2025



Copyright: © 2022 by the authors. [Jurnal Energi Baru dan Terbarukan](#) (p-ISSN: [2809-5456](#) and e-ISSN: [2722-6719](#)) published by Master Program of Energy, School of Postgraduate Studies. This article is an open access article distributed under the terms and condition of the [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](#) (CC BY-SA 4.0).

of biogas. This biogas produces 4,144,561 kWh of electricity and 17,890 GJ of heat energy with an efficiency of up to 90%. The digestate by-product is used as organic fertilizer, supporting sustainable agriculture. This system also reduces greenhouse gas emissions by up to 4,773 tonnes CO₂ eq./year and diverts waste from landfill.

Keywords: biogas, waste, organic, energy

1. Pendahuluan

Permasalahan sampah menjadi isu global yang semakin kompleks, terutama di negara berkembang seperti Indonesia. Produksi sampah nasional mencapai 64 juta ton per tahun, dengan 60% di antaranya berupa sampah organik (KLHK, 2023). Sampah ini sering kali tidak terkelola dengan baik, sehingga mencemari lingkungan dan menjadi sumber emisi gas rumah kaca. Selain itu, kebutuhan energi listrik yang terus meningkat di Indonesia, yang diproyeksikan mencapai 6,5% pertumbuhan tahunan hingga 2028, mendorong perlunya eksplorasi sumber energi alternatif yang berkelanjutan [1].

Pengelolaan sampah organik di Indonesia memiliki urgensi yang tinggi, terutama di wilayah perkotaan dengan jumlah penduduk yang padat [2]. Data KLHK (2023) menunjukkan bahwa hanya 30% sampah yang dikelola secara optimal, sementara sisanya berakhir di tempat pembuangan akhir (TPA) atau mencemari lingkungan. Ketidakseimbangan ini memerlukan solusi inovatif untuk meminimalkan dampak lingkungan sekaligus memberikan manfaat tambahan, seperti konversi sampah organik menjadi energi. Biogas menjadi salah satu alternatif yang efektif untuk mengurangi beban TPA dan menambah pasokan listrik di Indonesia [3].

Pemanfaatan sampah organik sebagai sumber biogas merupakan salah satu pendekatan yang dianggap strategis dalam mengatasi dua tantangan utama yaitu pengelolaan limbah dan penyediaan energi alternatif [4]. Teknologi biogas mampu mengkonversi sampah organik menjadi gas metana yang dapat dimanfaatkan untuk pembangkit listrik. Potensi ini semakin relevan mengingat Indonesia memiliki iklim tropis yang mendukung proses dekomposisi sampah organik [5].

Peran teknologi digital dalam mendukung implementasi biogas juga semakin relevan. Perhitungan potensi dan pengurangan emisi biogas ini dapat dilakukan menggunakan aplikasi biogas agar mempermudah dalam memperhitungkan potensi biogas dan pengurangan emisi tersebut. Pemanfaatan teknologi digital menjadi langkah strategis untuk membawa pengelolaan sampah berbasis biogas ke tingkat yang lebih maju. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi pemanfaatan sampah organik sebagai sumber energi listrik berbasis biogas dan pengurangan emisi di Indonesia menggunakan biogas calculations.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Sampah

Sampah adalah material sisa yang telah dibuang, berasal dari aktivitas manusia maupun proses alam, dan tidak memiliki nilai ekonomis. Sampah hadir dalam berbagai bentuk sesuai dengan fase materinya, yaitu padat, cair, dan gas. Sampah padat yaitu sampah yang berbentuk padatan, berasal dari berbagai jenis sampah lainnya, seperti sampah organik dan anorganik. Limbah cair, misalnya air bekas cucian, didefinisikan sebagai limbah yang berbentuk cairan. Limbah gas adalah semua jenis limbah yang dilepaskan ke atmosfer dalam bentuk gas [6]. Berdasarkan asalnya, limbah dapat berasal

dari aktivitas manusia dalam kehidupan sehari-hari, seperti sampah berupa gelas atau kaleng minuman. Selain itu, limbah juga dapat dihasilkan dari proses alam, misalnya daun kering yang gugur secara alami. Menurut sifatnya, sampah organik merupakan jenis sampah yang mudah terurai, biasanya berasal dari bahan alami seperti kotoran hewan atau tumbuhan [7].

2.2. Biogas

Biogas merupakan gas yang dihasilkan melalui proses penguraian bahan organik oleh mikroorganisme dalam kondisi minim oksigen (anaerob). Komponen utama biogas terdiri atas 60% metana (CH_4), sekitar 38% karbon dioksida (CO_2), serta ± 2% gas lainnya seperti nitrogen (N_2), oksigen (O_2), hidrogen (H_2), dan hidrogen sulfida (H_2S). Biogas dapat digunakan sebagai bahan bakar, mirip dengan elpiji, dan dalam skala besar dapat dimanfaatkan untuk pembangkit energi listrik. Hal ini menjadikan biogas sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan terbarukan [8].

2.3. Emisi

Emisi gas buang adalah hasil sisa pembakaran mesin kendaraan, termasuk kendaraan roda, perahu/kapal, dan pesawat terbang yang menggunakan bahan bakar. Gas buang ini biasanya dihasilkan akibat proses pembakaran yang tidak sempurna, baik dari sistem pembuangan maupun pembakaran mesin, serta pelepasan partikel yang terjadi akibat kurangnya pasokan oksigen selama proses tersebut [9]. Emisi gas buang menjadi salah satu penyebab utama efek rumah kaca dan pemanasan global yang semakin meningkat. Gas buang kendaraan mengandung berbagai senyawa berbahaya, seperti hidrokarbon (HC), karbon monoksida (CO), senyawa NO_x , oksida belerang (SO_2), debu timbal (Pb), dan karbon dioksida (CO_2), yang memberikan dampak negatif terhadap lingkungan dan makhluk hidup [10].

3. Metodologi

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) 2024. Data tersebut meliputi informasi terkait populasi ternak ruminansia. Variabel yang dianalisis dalam studi ini mencakup jumlah sampah organik yang dapat dihasilkan dari biogas dan pengurangan emisi yang dihasilkan dari biogas berbahan sampah organik. Data ini akan diolah menggunakan aplikasi biogas calculations.

4. Pembahasan

Pembangkit biogas adalah teknologi yang mengubah limbah organik menjadi energi terbarukan berupa gas metana, yang dapat digunakan untuk menghasilkan listrik, panas, dan pupuk organik. Teknologi ini tidak hanya bermanfaat dalam menghasilkan energi, tetapi juga memainkan peran penting dalam pengelolaan limbah organik secara berkelanjutan [7]. Proses utama dalam pembangkit biogas adalah pencernaan anaerobik, yaitu proses pemecahan bahan organik oleh mikroorganisme tanpa kehadiran oksigen, yang menghasilkan gas metana sebagai produk utama. Biogas yang dihasilkan dapat dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan energi, sedangkan produk samping berupa digestate dapat digunakan sebagai pupuk organik yang berguna untuk pertanian. Pembangkit biogas mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengurangi emisi gas rumah kaca. Proses ini juga membantu mengelola limbah yang dapat mencemari lingkungan jika dibuang begitu saja. Sebagai tambahan, sistem biogas juga mendukung ekonomi sirkular, di mana limbah tidak hanya dikelola tetapi juga dimanfaatkan kembali sebagai sumber daya berharga.

Table 1. Data Sampah Organik di Indonesia Tahun 2024

Provinsi	Sampah masuk (ton/thn)
Aceh	369,38
Sumatera Barat	2999,5
Riau	93,08
Sumatera Selatan	95,64
Lampung	67,53
Kepulauan Riau	1.005,87
Jawa Barat	11741,71
Jawa Timur	220,72
Bali	1.07
Kalimantan Barat	385,82
Kalimantan Selatan	18,98
Kalimantan Timur	365,44
Sulawesi Utara	0,00
Jumlah	17365

Volume limbah organik yang digunakan dalam pembangkit biogas sangat menentukan kapasitas operasional sistem tersebut. Limbah organik yang dihasilkan Indonesia sebesar 17.365 ton/tahun bahan baku menunjukkan bahwa pembangkit ini memiliki kapasitas yang cukup besar, yang memungkinkan untuk mendukung operasi skala menengah hingga besar. Limbah yang digunakan berasal dari berbagai sektor, terutama dari sektor industri, komersial, dan institusi (ICI), yang sering kali terdiri dari campuran bahan organik dan non-organik.

Digester basah (*wet digestion*) digunakan untuk bahan baku dengan kandungan padatan total (TS) rendah hingga sedang, yaitu sekitar 5-15% TS. Jika bahan baku memiliki kandungan padatan yang lebih tinggi, seperti 25% TS, diperlukan pengolahan awal untuk mencairkan atau melarutkan bahan tersebut agar proses pencernaan anaerobik dapat berjalan dengan lancar dan efisien. Salah satu tantangan dalam pengolahan limbah organik adalah kontaminasi dengan bahan non-organik seperti plastik, logam, atau kaca. Biasanya, sekitar 5% dari bahan baku dapat berupa kontaminan. Pemisahan kontaminan sebelum digesti sangat penting untuk memastikan peralatan digester tidak rusak dan menjaga kualitas digestate yang dihasilkan. *Digestate* adalah produk sampingan dari proses pencernaan anaerobik yang mengandung banyak nutrisi penting untuk pertanian, seperti nitrogen, fosfor, dan kalium. *Digestate* ini dapat digunakan langsung sebagai pupuk organik untuk meningkatkan kesuburan tanah dan mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia.

Biogas yang dihasilkan oleh sistem ini memiliki volume yang signifikan. Dalam hal ini, pembangkit menghasilkan 2.103.304 m³ biogas per tahun, yang setara dengan sekitar 240 m³ biogas per jam. Biogas ini sebagian besar terdiri dari gas metana, yang merupakan sumber energi utama dalam sistem ini. Gas metana ini kemudian digunakan untuk sistem CHP (*Combined Heat and Power*), yang mengonversi energi kimia dalam biogas menjadi listrik dan energi panas. Penerapan teknologi CHP sangat menguntungkan karena memungkinkan pemanfaatan maksimal dari biogas yang dihasilkan.

Produksi Energi yang dihasilkan dalam potensi biogas ini yaitu sebagai berikut:

1. Listrik

Sistem ini mampu menghasilkan 4.144.561 kWh listrik per tahun dari unit CHP dengan kapasitas 473 kWe. Ini merupakan kontribusi penting dalam mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil.

2. Energi Panas

Pembangkit ini juga menghasilkan 17.890 GJ energi panas per tahun, yang setara dengan 16.944 mmBTU. Energi panas ini dapat dimanfaatkan untuk berbagai aplikasi, seperti pemanasan industri atau pemanasan daerah (*district heating*). Kombinasi antara listrik dan panas ini menunjukkan efisiensi yang luar biasa, dengan total efisiensi mencapai 80-90%. Angka ini jauh lebih tinggi dibandingkan pembangkit energi fosil yang biasanya hanya mencapai efisiensi sekitar 30-40%.

Selain menghasilkan energi, sistem biogas juga menghasilkan produk samping berupa *digestate*. *Digestate* adalah bahan yang tersisa setelah proses pencernaan anaerobik yang mengandung nutrisi penting, seperti nitrogen, fosfor, dan kalium. Pada pembangkit ini, 13.952 ton digestate per tahun dihasilkan dan dapat langsung digunakan sebagai pupuk organik untuk pertanian. Ini merupakan cara yang efektif untuk meningkatkan kesuburan tanah tanpa bergantung pada pupuk kimia, serta mengurangi pencemaran tanah.

Meskipun proses pencernaan anaerobik mengelola sebagian besar limbah organik, tetapi ada kontaminan non-organik yang tidak dapat diolah lebih lanjut dalam *digester*. Di pembangkit ini, sekitar 868 ton limbah non-organik per tahun dibuang ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Ini adalah bahan seperti plastik, logam, dan kaca yang perlu dipisahkan sebelum proses digesti.

Salah satu keuntungan utama dari pembangkit biogas adalah kemampuannya dalam mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK). Pengurangan emisi yang dapat dicapai melalui pemanfaatan biogas seperti:

1. Pengalihan Limbah dari TPA

Limbah organik yang biasanya terdekomposisi di TPA menghasilkan emisi metana, gas rumah kaca yang sangat kuat. Dengan mengelola limbah ini dalam *digester*, pembangkit biogas menghindari produksi metana yang berasal dari TPA. Pengurangan emisi ini diperkirakan mencapai 3.878 ton CO₂ eq./tahun.

2. Produksi Energi Terbarukan

Biogas yang dihasilkan menggantikan penggunaan energi berbasis fosil. Dengan menghasilkan listrik dan panas, sistem ini mengurangi emisi karbon lebih lanjut, diperkirakan mencapai 895 ton CO₂ eq./tahun.

3. Total Pengurangan Emisi

Kombinasi antara pengalihan limbah organik dari TPA dan produksi energi terbarukan menghasilkan pengurangan emisi total sebanyak 4.773 ton CO₂ eq./tahun. Ini menunjukkan bahwa pembangkit biogas ini tidak hanya bermanfaat dalam mengelola limbah tetapi juga memberikan kontribusi besar terhadap mitigasi perubahan iklim.

5. Kesimpulan

Pembuatan biogas dari sampah organik adalah solusi berkelanjutan yang mengubah 17.365 ton limbah organik per tahun menjadi energi terbarukan berupa 2.103.304 m³ biogas. Biogas ini menghasilkan 4.144.561 kWh listrik dan 17.890 GJ energi panas dengan efisiensi hingga 90%. Produk

samping *digestate* digunakan sebagai pupuk organik, mendukung pertanian berkelanjutan. Sistem ini juga mengurangi emisi gas rumah kaca hingga 4.773 ton CO₂ eq./tahun dan mengalihkan limbah dari TPA. Hasil data ini dapat diperoleh dari aplikasinya langsung.

6. Daftar Pustaka

- [1] A. Arif and R. Sulistyowati, Panduan Meliput untuk Mengawasi Transisi Energi di Indonesia. 2023. [Online]
- [2] M. R. I. Mildayati¹, Amran Achmad², "Efektivitas Pengelolaan Sampah Pada Tingkat RW Di Kelurahan Mamasa Kabupaten Mamasa," *Sosio Sains*, vol. 7, no. 2, pp. 108–115, 2021, [Online]. Available: <http://journal.lldikti9.id/sosiosains>
- [3] B. D. Prasetyo, Y. Haqqi, and I. Edukasi, Biokonversi Black Soldier. 2023.
- [4] Parmadi, D. Hastuti, Hardiani, E. Umiyati, E. Achmad, and N. D. Maisyarah, "Strategi Pemanfaatan Sampah Rumah Tangga menjadi Pupuk Organik pada Program Kampung Bantar di Kelurahan Pakuan Baru Kota Jambi," *Stud. J. Pengabdi. Kpd. Masy.*, vol. 3, no. 2, pp. 87–96, 2023.
- [5] Y. Setiawan and T. Nugroho, "Pemanfaatan Limbah Pertanian untuk Produksi Biogas," *J. Agribisnis dan Teknol.*, vol. 19, no. 1, pp. 102–111, 2020.
- [6] A. A. Damayanti, Z. N. Fuadina, N. N. Azizah, Y. Karinta, and I. K. Mahardika, "Pemanfaatan Sampah Organik Dalam Pembuatan Biogas Sebagai Sumber Energi Kebutuhan Hidup Sehari-Hari," *Eksperi*, vol. 17, no. 3, p. 182, 2021.
- [7] F. N. Rahmat, "Analisis Pemanfaatan Sampah Organik Menjadi Energi Alternatif Biogas," *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 4, no. 2, pp. 118–122, 2023.
- [8] D. Irawan and E. Suwanto, "Pengaruh Em4 (Effective Microorganisme) Terhadap Produksi Biogas Menggunakan Bahan Baku Kotoran Sapi," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 1, pp. 44–49, 2017.
- [9] Z. F. Saeful Bahri , Haris Isyanto, "Rancang Bangun Alat Ukur Emisi Pada Gas Buang," *Elektum*, vol. 12, no. 1, pp. 1–13, 2016, [Online].
- [10] Yusril Izha Mahendra, Marselina, Heru Wahyudi, and Ukhti Ciptawati, "Pengaruh Populasi Penduduk, FDI dan Control of Corruption terhadap Emisi CO₂ di 9 Negara ASEAN," *J. Multidisiplin Madani*, vol. 2, no. 10, pp. 3741–3753, 2022.