

Study on Biogas Production from Organic Waste of Food Leftovers and Garden Waste Using Green Phoskko 7 in a Fixed Dome Biodigester at PT Asmin Bara Bronang

Studi Pembentukan Biogas dari Sampah Organik Sisa Makanan dan Sisa Taman Menggunakan Green Phoskko 7 Pada Biodigester Fixed Dome di PT Asmin Bara Bronang

Az'zahra Nuzula Husaeni¹, Gina Lova Sari¹, Kania Ratnawati^{3*}, Mohammad Akbar Ogy Darmawan²

¹Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang, Indonesia ²PT. Asmin Bara Bronang, Kabupaten Kapuas, Indonesia.

*surel: kania.ratnawati@ft.unsika.ac.id

ABSTRACT

This study aims to evaluate biogas production from a mixture of food waste and garden waste using a fixed dome biodigester with GP-7 activator. Observed parameters include initial pH, temperature, and carbon-to-nitrogen (C/N) ratio. The fermentation was carried out for 30 days under anaerobic conditions. Results showed an initial pH of 7.00, temperature of 37.70 °C, and a C/N ratio of 24.41, which are within the optimal range. However, storage for ± 15 days increased the C/N ratio to 33.31 due to nitrogen loss. Biogas volume increased sharply, peaking at 4.85 m³ on day 20, then declined to 0 m³ by the end of the fermentation period. This pattern reflects the microbial growth phases and the efficiency of organic matter conversion into gas. The study confirms that initial substrate characteristics and retention time play crucial roles in optimizing biogas production from organic waste in industrial environments.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pembentukan biogas dari campuran sampah sisa makanan dan limbah taman menggunakan biodigester tipe fixed dome dengan aktivator GP-7. Parameter yang diamati meliputi pH, suhu, dan rasio karbon terhadap nitrogen (C/N) awal. Fermentasi berlangsung selama 30 hari dalam kondisi anaerob. Hasil menunjukkan pH awal 7,00, suhu 37,70 °C, dan rasio C/N 24,41 termasuk dalam kisaran optimal. Namun, penyimpanan bahan selama ± 15 hari meningkatkan rasio C/N menjadi 33,31 akibat penurunan kandungan nitrogen. Volume biogas meningkat tajam hingga mencapai 4,85 m³ pada hari ke-20, lalu menurun hingga 0 m³ di akhir fermentasi. Pola ini mencerminkan fase pertumbuhan mikroorganisme dan efektivitas konversi substrat menjadi gas. Studi ini menegaskan bahwa parameter awal dan waktu retensi memegang peranan penting dalam produksi biogas yang optimal dari sampah organik di lingkungan industri. Namun, penyimpanan bahan selama ± 15 hari meningkatkan rasio C/N menjadi 33,31 akibat penurunan kandungan nitrogen.

Keywords:

Biogas,
Anaerobic Fermentation,
Organic Waste,
C/N Ratio,
Fixed Dome Biodigester

Received: July 02nd 2025
Reviewed: July 12th 2025
Published: August 31st 2025

Kata Kunci:

Biogas,
Fermentasi Anaerob,
Sampah Organik,
Rasio C/N,
Biodigester Fixed Dome

Diterima: 02 Juli 2025
Direview: 12 Juli 2025
Dipublikasi: 31 Agustus 2025



PENDAHULUAN

Timbulan sampah di Indonesia mengalami peningkatan dari 18,88 juta ton pada tahun 2021 menjadi lebih dari 21 juta ton pada tahun 2023, dan diproyeksikan mencapai 25 juta ton per tahun pada 2030 [1]. Dari jumlah tersebut, sekitar 57,4% atau setara dengan $\pm 12,1$ juta ton per tahun merupakan sampah organik yang didominasi oleh sisa makanan dan limbah taman [2]. Sampah organik memiliki potensi untuk dikonversi menjadi energi terbarukan, namun kenyataannya sebagian besar masih dibuang ke tempat pembuangan akhir (TPA). Hal ini menyebabkan kapasitas TPA semakin menipis dan berkontribusi terhadap peningkatan emisi gas rumah kaca seperti metana (CH_4) yang dihasilkan dari degradasi anaerobik di lingkungan terbuka [3].

Salah satu alternatif pengolahan sampah organik yang berkelanjutan adalah melalui proses fermentasi anaerob dalam *biodigester*, yang dapat menghasilkan biogas sebagai sumber energi terbarukan [4]. Meskipun awalnya banyak diterapkan di tingkat rumah tangga dan komunitas, saat ini teknologi *biodigester* mulai dimanfaatkan di sektor industri, termasuk pertambangan, sebagai bagian dari strategi pengelolaan limbah dan energi berkelanjutan. Proses fermentasi anaerob terjadi dalam kondisi tanpa oksigen dan menghasilkan gas metana, karbon dioksida, serta residu padat yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk [5].

Beberapa penelitian sebelumnya telah menunjukkan keberhasilan penggunaan *biodigester* dalam mengolah limbah organik. Penggunaan aktivator biologis Green Phoskko 7 (GP-7) pada kotoran sapi meningkatkan laju produksi gas metana dari 0,2162 menjadi 0,2209 m^3/kg (+0,47 m^3/kg) [6]. Rasio karbon terhadap nitrogen (C/N) antara 20–30 memberikan produksi biogas dan kandungan CH_4 tertinggi dari sampah organik pasar—dengan konsentrasi total padatan (TS) terbaik 10–15 % [7].

Penelitian ini dilakukan di lingkungan industri pertambangan PT Asmin Bara Bronang dengan menggunakan *biodigester* tipe *fixed dome* yang diisi campuran sampah organik sisa makanan dan limbah taman. Proses fermentasi anaerob dibantu oleh aktivator biologis Green Phoskko 7 (GP7) yang mengandung mikroorganisme pengurai. Parameter yang diamati meliputi suhu dan pH awal substrat, rasio karbon terhadap nitrogen (C/N), serta rasio antara substrat dan aktivator. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji pembentukan biogas berdasarkan pengaruh parameter-parameter tersebut terhadap volume biogas yang dihasilkan selama proses fermentasi berlangsung.

METODOLOGI

Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan beberapa alat dan bahan sebagai berikut:

Alat: Biodigester fixed dome, mesin pencacah sisa makanan, mesin pencacah daun, soil meter, termometer digital, manometer, timbangan, selang kecil, drum, ember, gayung, nampan, sarung tangan karet, gas sampling bag, cooler box, ice pack, dan gas detektor.

Bahan: Sampah organik sisa makanan, sisa taman, air tanah, dan aktivator GP-7

Prosedur Penelitian

Prosedur dalam penelitian ini antara lain:

1. Pengumpulan dan persiapan bahan

Sampah organik sisa makanan dan limbah taman dikumpulkan dari area mess dan taman PT Asmin Bara Bronang. Sampah dicacah hingga berukuran kecil untuk mempercepat proses dekomposisi.

2. Karakterisasi awal substrat

Sampel campuran diukur pH, suhu, dan dianalisis rasio karbon terhadap nitrogen (C/N) menggunakan alat soil meter dan uji laboratorium.

3. Pencampuran substrat dan aktivator

Sampah organik dicampur dengan air dalam perbandingan 1:1, 2.548 L sampah organik campuran sisa makanan dan sisa taman dan 2.548 L air. Aktivator Green Phoskko 7 (GP7) ditambahkan dengan rasio 1:1000 terhadap berat bahan organik yang telah dicampur air (1 gram

per 1 kg bahan organik) sehingga didapat aktivator yang perlu dimasukkan ke dalam biodigester sebesar 5,09 kg, lalu campuran diaduk hingga homogen.

4. Pengisian ke dalam biodigester

Campuran substrat dan aktivator dimasukkan ke dalam *biodigester* tipe *fixed dome* berukuran 7840 L. Tutup dipasang rapat untuk memastikan kondisi anaerob.

5. Fermentasi dan pemantauan harian

Proses fermentasi berlangsung selama 30 hari. Setiap hari dilakukan pengukuran suhu lingkungan, tekanan gas, serta pencatatan volume biogas yang dihasilkan menggunakan pendekatan matematis dengan rumus sebagai berikut [8].

$$V_{Biogas} = \frac{P \times V_{headspace} \times C}{R \cdot T}$$

Keterangan:

V_{biogas} = Volume biogas perharinya

P = Perbedaan absolut tekanan (mbar)

$V_{headspace}$ = Volume dari *head space*

C = Volume molar (22,41 L/mol)

R = Konstanta gas universal (83,14 L.mbar/K.mol)

T = Temperatur absolut (K)

6. Pengolahan dan analisis data

Data volume biogas harian dianalisis untuk mengetahui tren pembentukan gas dan pengaruh rasio substrat–aktivator serta karakteristik awal substrat terhadap efisiensi produksi biogas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter yang Mempengaruhi Pembentukan Biogas

Pembentukan biogas dalam proses fermentasi anaerob dipengaruhi oleh beberapa parameter utama, yaitu pH awal sampah organik, suhu sampah organik, dan rasio karbon terhadap nitrogen (C/N). Ketiga parameter ini pada **Tabel 1** merupakan faktor kunci yang menentukan efektivitas aktivitas mikroorganisme anaerob dalam menguraikan bahan organik menjadi biogas.

Tabel 1 Parameter yang mempengaruhi Pembentukan Biogas

No.	Nama Sampel	pH	Suhu (°C)	Rasio C/N
1.	S-5	7,00	37,70	24,41

pH awal bahan baku diukur untuk memastikan kondisi lingkungan awal yang mendukung pertumbuhan mikroorganisme fermentatif dan metanogenik. Berdasarkan hasil pengukuran nilai pH sampah organik campuran antara sisa makanan dan sisa taman sebesar 7,00. Fermentasi anaerob optimal pada kisaran pH 6,8 – 7,2 sehingga pH pada sampah organik campuran termasuk ke dalam rentang pH optimal. Pada pH sekitar 7,0 menghasilkan penurunan COD terbesar (91,78 %) dalam proses pembentukan biogas, mengindikasikan lingkungan yang kondusif bagi bakteri metanogenik [9].

Suhu sampah organik campuran sisa makanan dan sisa taman yaitu sebesar 37,70 °C. Suhu sampah organik yang ideal berada pada rentang mesofilik (30–40°C). Suhu di bawah atau di atas rentang ini dapat menurunkan efisiensi produksi biogas, karena aktivitas mikroorganisme akan melambat atau bahkan terganggu [9].

Rasio C/N awal substrat tercatat sebesar 24,41, yang termasuk dalam kisaran optimal (20–30) untuk proses fermentasi anaerob. Rasio ini penting untuk menjaga keseimbangan nutrisi antara karbon sebagai sumber energi dan nitrogen sebagai unsur pembentuk protein sel mikroorganisme. Ketidakseimbangan rasio C/N dapat menyebabkan pembentukan amonia dalam jumlah tinggi atau kekurangan nitrogen yang dapat memperlambat laju fermentasi dan produksi metana [10].

Namun, setelah dilakukan penyimpanan selama ± 15 hari sebelum fermentasi untuk menunggu jumlah bahan yang mencukupi, rasio C/N meningkat menjadi 33,31. Peningkatan kadar karbon (C) dari 35,40 menjadi 45,70 selama masa penyimpanan disebabkan oleh menurunnya kadar nitrogen serta bertahannya senyawa karbon kompleks. Senyawa nitrogen, terutama dari sisa makanan, cenderung mengalami dekomposisi dan volatilisasi dalam bentuk amonia atau gas nitrogen lain selama penyimpanan, sehingga kadarnya menurun dari 1,45% menjadi 1,38% [11].

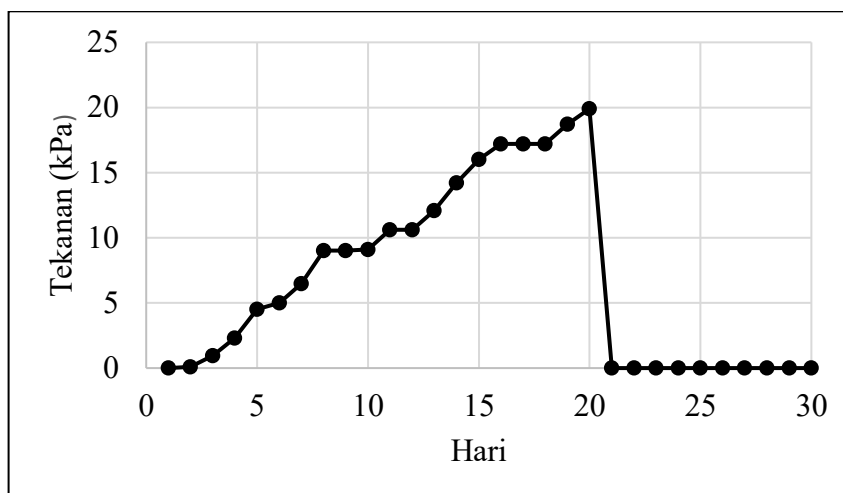
Senyawa karbon yang berasal dari bahan lignoselulosa seperti sisa taman bersifat stabil dan sulit terurai. Menurut Fessenden & Fessenden (1986), senyawa karbon kompleks seperti lignin dan selulosa memiliki struktur kimia yang resisten terhadap dekomposisi. Selain itu, dalam drum tertutup, sisa makanan mulai mengalami proses pembusukan anaerob secara perlahan dan membentuk senyawa antara seperti asam-asam organik, yang juga mengandung karbon. Hal-hal tersebut menyebabkan kandungan karbon menjadi lebih tinggi, dan rasio C/N pun meningkat [12].

Proses Fermentasi Anaerob Selama 30 Hari

Proses fermentasi dilakukan selama 30 hari menggunakan sampel S-5, yaitu campuran bahan organik dengan komposisi 60% sampah sisa makanan dan 40% sampah sisa taman. Fermentasi berlangsung dalam biodigester tipe fixed dome dengan kondisi anaerob tertutup, tanpa kehadiran oksigen. Komposisi ini dipilih untuk mengoptimalkan dekomposisi bahan organik dan pembentukan biogas, sesuai dengan tujuan pengolahan sampah dominan di lokasi penelitian.

Selama fermentasi, dilakukan pengadukan otomatis satu kali setiap hari selama ± 5 menit menggunakan sistem pengadukan yang terintegrasi dalam instalasi biodigester. Pengadukan bertujuan menjaga homogenitas substrat dan mendukung efisiensi kerja mikroorganisme selama proses dekomposisi berlangsung.

Untuk mengetahui volume biogas yang dihasilkan setiap hari, dilakukan pengukuran tekanan gas menggunakan manometer. Data tekanan gas selama 30 hari fermentasi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tekanan gas selama 30 hari fermentasi

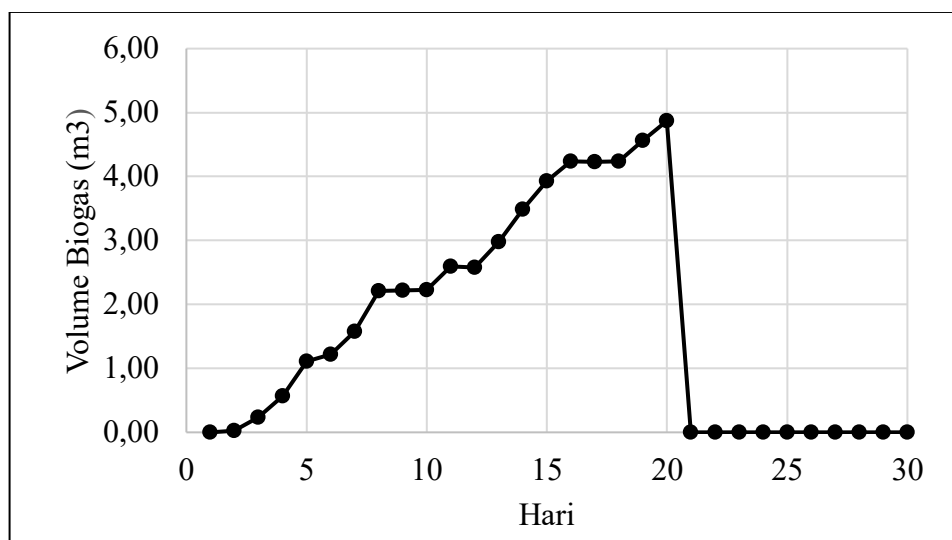
Perubahan tekanan gas selama fermentasi anaerob selama 30 hari menunjukkan tahapan aktivitas mikroorganisme yang khas. Pada hari ke-1 tekanan gas masih 0 kPa, yang menunjukkan fase lag, yaitu masa adaptasi mikroorganisme terhadap lingkungan substrat. Memasuki hari ke-2 hingga ke-5, tekanan mulai meningkat dari 0,1 hingga 4,5 kPa, menandakan dimulainya tahap hidrolisis. Pada fase ini, senyawa organik kompleks seperti selulosa, pati, dan protein diuraikan menjadi senyawa sederhana oleh mikroorganisme hidrolitik seperti *Clostridium spp.*, *Bacteroides spp.*, dan *Bacillus subtilis*, yang menghasilkan enzim seperti selulase, amilase, dan protease [13].

Selanjutnya, pada hari ke-6 hingga ke-9, tekanan meningkat signifikan dari 5 hingga 9 kPa, mencerminkan berlangsungnya tahap asidogenesis dan asetogenesis. Asam organik, alkohol, CO₂, dan H₂ terbentuk dari fermentasi glukosa dan asam amino oleh bakteri asidogenik seperti *Clostridium butyricum*, serta dikonversi menjadi asam asetat dan H₂ oleh bakteri asetogenik seperti

Syntrophomonas wolfei. Tahap metanogenesis berlangsung aktif dari hari ke-10 hingga ke-21, ditandai dengan peningkatan tekanan dari 9,1 hingga mencapai puncak 19,9 kPa. Mikroorganisme metanogen dari domain *Archaea*, seperti *Methanosarcina* dan *Methanobacterium*, mengubah asam asetat, H_2 , dan CO_2 menjadi metana (CH_4) dan air [13].

Setelah hari ke-20 hingga hari ke-30, tekanan gas menurun drastis hingga 0 kPa, yang menunjukkan bahwa sistem telah memasuki fase penurunan (*death phase*). Penurunan ini disebabkan oleh habisnya substrat, akumulasi senyawa penghambat seperti asam lemak volatil, atau kondisi lingkungan yang tidak lagi mendukung aktivitas mikroba. Secara keseluruhan, pola tekanan gas selama 30 hari fermentasi mencerminkan dinamika fase pertumbuhan mikroorganisme, mulai dari fase lag (hari ke-1), fase log atau eksponensial (hari ke-2 hingga ke-9) saat aktivitas metabolik meningkat, fase stasioner (hingga hari ke-20) di mana pertumbuhan mulai melambat, hingga fase penurunan setelahnya [13].

Volume biogas merupakan salah satu indikator utama dalam menilai keberhasilan proses fermentasi anaerobik, untuk mengetahui jumlah biogas yang dihasilkan, volume diukur berdasarkan tekanan gas yang terbaca dalam sistem biodigester. Dalam penelitian ini, volume biogas dihitung menggunakan rumus. Data volume biogas selama proses fermentasi yang telah disajikan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Grafik volume biogas

Volume biogas yang dihasilkan dalam biodigester berbanding lurus dengan tekanan yang terukur, karena akumulasi gas seperti metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2) akan menekan ruang tertutup di dalam kubah digester. Biogas yang tidak digunakan akan menyebabkan peningkatan tekanan internal, dan tekanan ini menjadi indikator kuantitatif volume gas yang diproduksi. Volume biogas yang terbentuk setiap harinya dihitung menggunakan rumus yang tertera pada prosedur penelitian, didasarkan pada prinsip hukum gas ideal dan mempertimbangkan hubungan antara tekanan, volume, suhu, dan jumlah mol gas.

Volume biogas yang terbentuk selama proses fermentasi menunjukkan tren kenaikan signifikan terutama pada dua minggu pertama, dimulai dari 0 m³ pada hari pertama dan meningkat tajam hingga mencapai 4,24 m³ pada hari ke-19. Volume maksimum yang tercatat sebesar 4,85 m³ pada hari ke-20. Stabilitasnya volume pada akhir periode dapat disebabkan oleh habisnya substrat yang tersedia atau menurunnya aktivitas mikroorganisme akibat penumpukan produk samping (residu).

Komposisi Gas dalam Biogas

Pengujian komposisi gas biogas dilakukan menggunakan gas *analyzer* untuk mengukur konsentrasi lima komponen utama yaitu karbon dioksida (CO_2), hidrogen sulfida (H_2S), nitrogen (N_2), oksigen (O_2), dan ammonia (NH_3), metana (CH_4). Hasil pengujian disajikan dalam **Tabel 2**.

Tabel 2 Komposisi Gas dalam Biogas

No.	Komponen Gas	Satuan	Hari ke-15	Hari ke-20
1.	Karbon Dioksida (CO_2)	ppm	17.959	31.355
2.	Hidrogen Sulfida (H_2S)	ppm	167	179
3.	Nitrogen (N_2)	ppm	82	134
4.	Oksigen (O_2)	ppm	74	113
5.	Ammonia (NH_3)	ppm	0	0
6.	Metana (CH_4)	ppm	4,30	10,80

Hasil analisis laboratorium menunjukkan bahwa komposisi gas biogas didominasi oleh karbon dioksida (CO_2) sebesar 5,20% pada hari ke-15 dan meningkat menjadi 6,70% pada hari ke-20. Kandungan CO_2 yang tinggi mengindikasikan bahwa proses asidogenesis dan asetogenesis berlangsung aktif, menghasilkan asam-asam organik, hidrogen, dan CO_2 sebagai produk utama. Namun, karena CO_2 bersifat inert dan tidak memiliki nilai kalor, dominasi gas ini dapat mengurangi kualitas energi biogas secara signifikan [14].

Gas H_2S juga terdeteksi dalam konsentrasi sangat tinggi, yakni 48,36% pada hari ke-15 dan 38,23% pada hari ke-20. Kadar ini jauh melampaui batas umum H_2S dalam biogas (0,005–0,5%), menandakan dominasi aktivitas bakteri pereduksi sulfat (SRB) yang memecah senyawa sulfur dari sisa makanan dan jaringan tanaman. Keberadaan H_2S dalam konsentrasi tinggi tidak hanya menurunkan nilai energi biogas, tetapi juga bersifat korosif dan beracun terhadap mikroorganisme metanogenik [14].

Sebaliknya, kandungan gas metana (CH_4) terdeteksi sangat rendah, hanya 1,25% pada hari ke-15 dan 2,31% pada hari ke-20, jauh di bawah kisaran optimal 45–75% untuk biogas yang dapat dibakar. Rendahnya produksi CH_4 menunjukkan bahwa proses metanogenesis belum berkembang secara maksimal. Hal ini diduga kuat disebabkan oleh rasio C/N yang tinggi (33,31), menunjukkan dominasi karbon yang berlebihan dibanding nitrogen, yang esensial bagi pertumbuhan dan aktivitas bakteri metanogen. Kandungan nitrogen total dalam substrat yang digunakan tercatat hanya 1,38%, belum mencukupi untuk mendukung pembentukan metana secara optimal [14].

Selain itu, tidak digunakannya inokulum metanogenik seperti kotoran hewan atau sludge IPAL menyebabkan sistem bergantung sepenuhnya pada mikroorganisme alami dari substrat, yang kemungkinan tidak cukup aktif. Aktivator Green Phoskko 7 (GP7) yang digunakan juga tidak efektif dalam menunjang proses metanogenesis karena mengandung mikroorganisme aerob seperti *Bacillus*, *Pseudomonas*, dan *Lactobacillus* yang berperan dalam pengomposan, bukan fermentasi anaerob [4]. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa penambahan GP7 hanya sedikit meningkatkan volume total gas, tanpa berdampak signifikan terhadap kandungan metana [5]. Kontaminasi gas nitrogen (N_2) dan oksigen (O_2) juga terdeteksi dalam sistem, masing-masing meningkat dari 82 ppm ke 134 ppm dan 74 ppm ke 113 ppm. Kedua gas ini bukan hasil fermentasi anaerob, melainkan berasal dari udara luar yang masuk ke dalam sistem, karena adanya kebocoran pada balon penampung gas. Keberadaan oksigen, meskipun dalam jumlah kecil, dapat menghambat kerja mikroorganisme metanogenik yang bersifat anaerob ketat [14].

Rendahnya kadar metana yang dihasilkan turut menyebabkan biogas gagal menyala saat dilakukan uji pembakaran (uji nyala) pada hari ke-15 dan ke-20. Padahal, agar biogas dapat menyala dan terbakar secara stabil, kandungan metana minimal harus berada pada kisaran 20% atau lebih. Hasil ini mengonfirmasi bahwa biogas yang dihasilkan masih belum memenuhi standar kualitas untuk digunakan sebagai bahan bakar.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, campuran 60% sampah sisa makanan dan 40% sisa taman menghasilkan rasio C/N awal sebesar 24,41 yang ideal untuk fermentasi anaerob, namun meningkat menjadi 33,11 setelah 15 hari akibat berkurangnya nitrogen dan meningkatnya karbon, menunjukkan perlunya pengelolaan substrat sebelum fermentasi. Produksi biogas mencapai puncaknya pada hari ke-20 dengan volume 4,85 m³, kemudian menurun drastis, sehingga hari ke-20 ditetapkan sebagai waktu optimum fermentasi. Komposisi biogas didominasi CO₂ dan H₂S, dengan kandungan metana sangat rendah yaitu 1,25% pada hari ke-15 dan 2,31% pada hari ke-20. Rendahnya CH₄ disebabkan oleh rasio C/N yang tinggi, minimnya nitrogen dalam bentuk sederhana, serta tidak digunakannya inokulum metanogenik, sementara aktivator GP-7 tidak mengandung mikroorganisme penghasil metana. Akibatnya, hasil uji nyala pada hari ke-15 dan ke-20 menunjukkan bahwa biogas tidak menyala karena kandungan CH₄ jauh di bawah ambang minimum pembakaran (>20%).

REFERENSI

- [1] M. Azis, J. Kristanto and C. Purnomo, "A Techno-Economic Evaluation of Municipal Solid Waste (MSW) Conversion to Energy in Indonesia," *Sustainability*, vol. 13, no. 13, 2021. Link: <https://doi.org/10.3390/su13137232>
- [2] D. Martianto, R. Diana, Y. Baliwati, D. Sukandar and A. Hendriadi, "The Quantity and Composition of Household Food Waste: Implications for Policy," *Plos One*, vol. 19, no. 6, pp. 1-11, 2024. Link: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0305087>
- [3] F. Rahmat, Sudarti and Yushardi, "Analysis of the Utilization of Organic Waste into Biogas Alternative," *EKSERGI: Jurnal Teknik Energi*, vol. 19, no. 1, pp. 32-34, 2023. Link: <https://doi.org/10.32497/eksergi.v19i01.4043>
- [4] R. Sandriaty, C. Priadi, S. Kurnianingsih and A. Abdillah, "Potential of Biogas Production from Anaerobic Co-digestion of Fat, Oil and Grease Waste and Food Waste," in *The 3rd International Tropical Renewable Energy Conference "Sustainable Development of Tropical Renewable Energy*, 2018. Link: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20186702047>
- [5] T. Yasin, I. Yusuf and A. Rahmanissa, "Anaerobic Biodigester as a Community-based Food Waste Processor (Case Study: Canteen Area of PT PLN Nusantara Power UP Muara Karang)," in *The 7th Environmental Technology and Management Conference*, 2024. Link: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448505003>
- [6] S. Setiawan, "Analisis potensi pemanfaatan kotoran sapi dan Green Phoskko (GP 7) sebagai bahan baku PLTBg skala rumah tangga di Pontianak," *J3Bit: Journal of Electrical Engineering, Energy, and Information Technology*, vol. 7, no. 1, pp. 1-6. Link: <https://doi.org/10.26418/j3eit.v7i1.31896>
- [7] Zuliyana, S. Wirawan, W. Budhijanto and R. Cahyono, "Pengaruh Kadar Air Umpan dan Rasio C/N pada Produksi Biogas dari Sampah Organik Pasar," *Jurnal Rekayasa Proses*, vol. 9, no. 1, 2015. Link: <https://doi.org/10.22146/jrekpros.24526>
- [8] H. El-Mashad and R. Zhang, "Biogas Production from Co-digestion of Dairy Manure and Food Waste," *Bioresource Technology*, vol. 101, no. 11, pp. 4021-4028, 2010. Link: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.01.027>
- [9] S. Ali, B. Hua, J. Huang, R. Droste, Q. Zhou, W. Zhao and L. Chen, "Effect of Different Initial Low pH Conditions on Biogas Production, Composition, and Shift in the Aceticlastic Methanogenic Population," *Bioresource Technology*, vol. 289, 2019. Link: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121579>
- [10] Budiyo, H. Matin, I. Yasmin and I. Priago, "Effect of Pretreatment and C/N Ratio in Anaerobic Digestion on Biogas Production from Coffee Grounds and Rice Husk Mixtures,"

International Journal of Renewable Energy Development, vol. 12, no. 1, pp. 209-215, 2023.

Link: <https://doi.org/10.14710/ijred.2023.49298>

- [11] A. Al-Qadri, U. Ahmed, H. Ali and A. Farooqi, "A Combined Gasification-chemical Looping Approach for Valorizing Waste Tires into Ammonia: Techno-economic Analysis," *Waste Management*, vol. 205, 2025. Link: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2025.115020>
- [12] "Effect of Carbon to Nitrogen Ratio of Food Waste and Short Resting Period on Microbial Accumulation During Anaerobic Digestion," *Biomass and Bioenergy*, vol. 162, 2022. Link: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2022.106481>
- [13] A. Utami, R. Ryantara, E. Sumaryatie and I. Chandra, "Analysis of the Effect of Internal Gas Pressure of an Anaerobic Digester on Biogas Productivity of a Mixture of Cow Dung and Tofu Liquid Waste," in *THE 9th National Physics Seminar 2020*, Jakarta, 2021. Link: <https://doi.org/10.1063/5.0037446>
- [14] E. Sihlangu, D. Luseba, T. Regnier, P. Magama, I. Chiyanzu and K. Nephawe, "Investigating Methane, Carbon Dioxide, Ammonia, and Hydrogen Sulphide Content in Agricultural Waste during Biogas Production," *Sustainability*, vol. 16, no. 12, 2024. Link: <https://doi.org/10.3390/su16125145>