

Analisis Pengaruh Rasio Campuran Kotoran Kuda dan Sampah Sayur Sebagai Biogas

Muhammad Ryan Nur Rochim*, Aussie Amalia

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur, Surabaya

*Koresponden email: 20034010095@student.upnjatim.ac.id

Diterima: 28 November 2025

Disetujui: 02 Desember 2025

Abstract

The increasing volume of organic waste, especially market vegetable waste and animal waste, poses a challenge in environmental management because it has not been optimally utilized as a renewable energy source. This study aims to analyze the effect of the mixture ratio of horse manure and organic waste on biogas production using the anaerobic co-digestion method. The main ingredients consist of horse manure and market vegetable waste with the addition of Effective Microorganism 4 (EM4) starter and biogas probiotics. Variations in the mixture ratio used include 20:80, 30:70, and 50:50 (horse manure: vegetable waste). The parameters observed include methane (CH_4), carbon dioxide (CO_2), and C/N ratio. The results showed that the 50:50 ratio with the addition of EM4 produced the best performance with a methane content of 58.35% and CO_2 of 41.65%. These findings indicate that a balanced mixture composition and the use of EM4 can increase microorganism activity and accelerate the fermentation process. Thus, selecting the right substrate ratio and appropriate inoculum can be a potential strategy in developing environmentally friendly biogas energy.

Keywords: *biogas, horse manure, organic waste, EM4, co-digestion*

Abstrak

Meningkatnya volume sampah organik, khususnya sampah sayur pasar dan kotoran hewan, menjadi tantangan dalam pengelolaan lingkungan karena belum dimanfaatkan secara optimal sebagai sumber energi terbarukan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh rasio campuran kotoran kuda dan sampah organik terhadap produksi biogas menggunakan metode anaerobic co-digestion. Bahan utama terdiri atas kotoran kuda dan sampah sayur pasar dengan penambahan starter Effective Microorganism 4 (EM4) dan probiotik biogas. Variasi rasio campuran yang digunakan meliputi 20:80, 30:70, dan 50:50 (kotoran kuda: sampah sayur). Parameter yang diamati meliputi kandungan metana (CH_4), karbon dioksida (CO_2), serta rasio C/N. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rasio 50:50 dengan penambahan EM4 menghasilkan performa terbaik dengan kadar metana 58,35% dan CO_2 sebesar 41,65%. Temuan ini menunjukkan bahwa komposisi campuran yang seimbang dan penggunaan EM4 mampu meningkatkan aktivitas mikroorganisme serta mempercepat proses fermentasi. Dengan demikian, pemilihan rasio substrat yang tepat serta inokulum yang sesuai dapat menjadi strategi potensial dalam pengembangan energi biogas ramah lingkungan.

Kata Kunci: *biogas, kotoran kuda, sampah organik, EM4, co-digestion*

1. Pendahuluan

Peningkatan jumlah populasi dan aktivitas manusia di era modern ini menghasilkan volume sampah yang sangat besar, menjadikannya salah satu tantangan lingkungan utama yang harus diatasi. Masalah ini menjadi semakin mendesak di kawasan urban, di mana pengelolaan sampah sering kali mengalami kendala besar. Di sisi lain, terdapat kebutuhan untuk sumber energi alternatif yang lebih bersih dan berkelanjutan, mengingat ketergantungan kita yang tinggi pada bahan bakar fosil yang berpotensi merusak lingkungan. Sampah organik, seperti sisa sayuran dan kotoran hewan, merupakan komponen signifikan dari limbah rumah tangga dan pertanian. Sering kali, sampah organik ini hanya menjadi beban tambahan bagi sistem pengelolaan sampah. Namun, sampah organik memiliki potensi yang besar untuk diolah menjadi biogas melalui proses anaerobik. Biogas adalah campuran gas yang dihasilkan dari dekomposisi bahan organik dalam kondisi tanpa oksigen, dan dapat menjadi alternatif energi terbarukan yang efisien (Agus, Fajar 2015).

Biogas memiliki komposisi utama berupa metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2). Metana, sebagai komponen utama biogas, dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar untuk memasak, penerangan, dan pembangkit listrik, sedangkan karbon dioksida dapat digunakan dalam aplikasi industri tertentu (Masse,

2017). Pemanfaatan biogas dari sampah sayuran dan kotoran kuda tidak hanya membantu mengurangi volume sampah tetapi juga menyediakan sumber energi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan (Appels, 2018).

2. Metode Penelitian

Prosedur Kerja

1. Tahap awal sampah sayuran dan kotoran kuda dicampur dengan rasio berat tertentu dan dibersihkan dari kontaminan.
2. Sampah sayur yang akan digunakan dan didapat dari sisa pasar dilakukan proses pencacahan atau penghalusan supaya meningkatkan substrat bagi mikroorganisme dalam proses fermentasi, kotoran kuda juga dihaluskan jika diperlukan.
3. Kadar air dari bahan dicatat untuk memastikan kelembaban substrat berada pada kisaran optimal (60-70%).
4. Limbah sayur dan kotoran kuda yang sudah dilakukan pencacahan dicampur dengan rasio berat tertentu, lalu masukkan ke dalam reaktor biogas bersamaan dengan air untuk mencapai kelembaban yang diinginkan.
5. Tambahkan EM4 ke dalam campuran sampah sayur dan air. Rasio yang umum digunakan adalah 1 liter EM4 untuk setiap 100 liter campuran substrat. Aduk campuran hingga merata.
6. Masukkan campuran substrat yang telah dicampur dengan EM4 ke dalam digester biogas. Pastikan tidak ada udara yang masuk saat mengisi digester, karena proses biogas adalah proses anaerobic
7. Setelah digester terisi, tutup rapat untuk memastikan kondisi anaerobic (tanpa oksigen). Pastikan digester kedap udara untuk mencegah kebocoran gas
8. Selama proses fermentasi lakukan pemantauan terhadap beberapa parameter seperti suhu, pH, dan volume biogas yang dihasilkan secara berkala.
9. Biarkan campuran dalam digester selama 20-30 hari, tergantung pada suhu dan jenis substrat. Proses ini disebut waktu retensi, di mana mikroorganisme dalam EM4 akan mendegradasi bahan organik dalam sampah sayur menjadi biogas.
10. Aduk campuran secara berkala untuk mencegah pembentukan lapisan atau kerak di atas substrat, yang dapat menghambat produksi gas. Pengadukan juga membantu mengeluarkan gas yang terperangkap di dalam campuran.
11. Sampel biogas dan sampel limbah dalam reaktor dapat diambil secara berkala untuk dilakukan analisis lebih lanjut. Biogas yang dihasilkan dapat diuji kualitas biogas serta pengaruh faktor terhadap proses fermentasi



Gambar 1. Desain Reaktor

Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol sebagai berikut:

1. Variabel Bebas
 - Sampah Organik
 - Kotoran Hewan
 - Rasio campuran sampah sayuran dengan kotoran kuda + starter probiotik biogas
(20% kotoran kuda dan 80% sampah sayur) + (2% starter Probiotik biogas)
(50% kotoran kuda dan 50% sampah sayur) + (2% starter Probiotik biogas)
(30% kotoran kuda dan 70% sampah sayur) + (2% starter Probiotik biogas)

- Rasio campuran sampah sayuran dengan kotoran kuda + starter EM4
(20% kotoran kuda dan 80% sampah sayur) + (2% starter EM4)
(50% kotoran kuda dan 50% sampah sayur) + (2% starter EM4)
(30% kotoran kuda dan 70% sampah sayur) + (2% starter EM4)
- 2. Variabel Terikat
 - Konsentrasi gas metana (CH₄)
 - Karbon/Nitrogen
 - Konsentrasi gas Karbon Oksida (CO₂)
 - Volume biogas yang dihasilkan
- 3. Variabel Kontrol
 - Waktu fermentasi 30 hari
 - pH
 - Suhu

Analisis Penelitian

Analisis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan parameter adalah sebagai berikut:

1. Uji C/N Rasio menggunakan metode *Kjeldahl*
2. Analisis gas CH₄ menggunakan metode Gas *Chromatography*
3. Analisis gas CO₂ menggunakan metode Gas *Chromatography*
4. Uji lama nyala api dari hasil biogas

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Uji Rasio C/N

Salah satu faktor yang memengaruhi pembentukan biogas adalah rasio C/N. Rasio C/N merupakan perbandingan antara karbon dan nitrogen pada suatu bahan organik. Rasio C/N diperlukan sebagai acuan untuk mengetahui apakah biogas yang akan dihasilkan optimal. Untuk mengetahui rasio C/N diperlukan pengujian C organik dan Nitrogen-total. Rasio C/N yang optimal berada pada rentang 20-30 (Hidayatullah et al., 2019).

Rasio C/N sangat berpengaruh terhadap hasil produksi gas metana (CH₄). Rasio yang tidak ideal dapat menghambat aktivitas mikroorganisme anaerobik, sehingga mengurangi efisiensi fermentasi. Oleh karena itu, memastikan rasio C/N berada dalam rentang optimal (20:1–30:1) sangat penting untuk meningkatkan hasil metana Wijaya (2022). Kombinasi substrat yang tepat, pemantauan kondisi fermentasi, dan penggunaan inokulum yang efektif adalah langkah-langkah kunci untuk memaksimalkan produksi biogas dari berbagai jenis substrat.

Tabel 1. Hasil Uji

No	Nama Sampel	C Organik (%)	Nitrogen Total (%)	Rasio C/N	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)
1	EM4 20-80	30.15	1.33	22.67	42.58	40.31
2	EM4 30-70	31.05	1.31	23.70	50.48	46.52
3	EM4 50-50	31.45	1.48	21.25	58.35	41.65
4	PB 20-80	30.10	1.44	20.90	41.26	41.83
5	PB 30-70	30.50	1.53	19.94	50.52	46.11
6	PB 50-50	31.15	1.60	19.47	56.69	43.74

Tabel 1 di atas menunjukkan bahwa EM4 30–70 memiliki rasio tertinggi (23,70), paling mendekati nilai ideal di tengah rentang. EM4 50–50 (21,25) tetap sangat baik, meskipun lebih mendekati batas bawah. CH₄ tertinggi justru dihasilkan oleh EM4 50–50 artinya, meskipun rasio sedikit lebih rendah, keseimbangan substrat dan mikroba mendukung produksi gas secara efisien. Sedangkan, pada campuran substrat yang menggunakan probiotik biogas (PB) rasio C/N menurun seiring meningkatnya kotoran dalam campuran: PB 20–80: 20,90, PB 30–70: 19,94, PB 50–50: 19,47 (mendekati batas bawah). Rasio <20 bisa menyebabkan kelebihan nitrogen sehingga risiko pembentukan amonia. Namun data CH₄ menunjukkan bahwa produksi tetap tinggi kemungkinan PB mengandung mikroba yang tahan terhadap fluktuasi ini.

Peran kotoran kuda sebagai inokulum dalam fermentasi anaerob mengandung mikroorganisme anaerob yang mempercepat proses dekomposisi bahan organik, meningkatkan produksi metana (Owamah, 2014).

3.2 Uji Lama Nyala Api

Substrat dalam proses produksi biogas sangat memengaruhi hasil akhir, baik dalam durasi nyala api dari biogas yang dihasilkan maupun kandungan gas metana (CH_4). Hubungan ini dapat dijelaskan melalui beberapa aspek, seperti kualitas dan kuantitas bahan organik dalam sampah, rasio campuran substrat, serta efisiensi proses fermentasi anaerobik. Hubungan antara berat sampah dengan nyala api dan hasil CH_4 menunjukkan bahwa berat sampah berperan penting dalam menentukan jumlah energi yang dihasilkan. Berat sampah yang lebih besar umumnya menghasilkan lebih banyak gas metana, yang meningkatkan durasi nyala api. Namun, keberhasilan ini bergantung pada rasio campuran substrat, keseimbangan C/N, dan kondisi fermentasi.

Menurut Ignatowicz et al., (2021) studi ini menemukan bahwa dosis substrat yang digunakan (*substrate loading*) mempengaruhi parameter gas yang dihasilkan selama start-up instalasi biogas. Semakin banyak substrat yang dimasukkan maka produksi CH_4 (metana) meningkat hingga mencapai titik tertentu. Kaitan ke nyala api: karena nyala api tergantung CH_4 , maka berat substrat (dosis input) yang lebih besar biasanya akan meningkatkan kandungan metana, sehingga potensi lama nyala api juga lebih panjang, selama faktor lain tetap (temperatur, pH, inokulum, rasio C/N).

Tabel 2. Hasil uji Lama Nyala Api

No	Jenis Limbah	Berat Limbah	CH_4	Berat Air	Nyala Api
1	20% Kotoran kuda 80% Sayur (Em4)	1 kg 6 kg	42.58	1 liter	56 detik
2	30% Kotoran kuda 70% Sayur (Em4)	1,5 kg 5 kg	50.48	1,5 liter	67 detik
3	50% Kotoran kuda 50% Sayur (Em4)	2 kg 4 kg	58.35	2 liter	77 detik
4	20% Kotoran kuda 80% Sayur (PB)	1 kg 6 kg	41.26	1 liter	55 detik
5	30% Kotoran kuda 70% Sayur (PB)	1,5 kg 5 kg	50.52	1,5 liter	67 detik
6	50% Kotoran kuda 50% Sayur (PB)	2 kg 4 kg	56.69	2 liter	75 detik

Berdasarkan data diketahui komposisi campuran substrat dan berat campuran tiap substrat pada pembuatan biogas yang diteliti. Data penelitian menunjukkan adanya perbedaan lama nyala api pada biogas yang diproduksi dari substrat dengan komposisi kotoran ternak (kuda), sampah sayur, serta tambahan air. Pada perlakuan dengan EM4 maupun probiotik biogas (PB), terlihat bahwa semakin tinggi porsi kotoran ternak dalam campuran, semakin lama pula nyala api yang dihasilkan. Hal ini menandakan bahwa berat substrat berhubungan erat dengan kualitas dan kuantitas gas metana (CH_4) yang diproduksi selama proses fermentasi.

Pada rasio 20% kotoran dan 80% sayur, substrat terdiri dari 1 kg kotoran, 6 kg sayur, dan 1 liter air. Komposisi ini menghasilkan biogas dengan lama nyala api 55–56 detik. Waktu nyala yang relatif singkat ini dapat dijelaskan karena rendahnya kandungan bahan organik kompleks dari kotoran ternak, yang menjadi sumber nitrogen dan unsur mikro esensial bagi mikroba metanogen. Dominasi sampah sayur dengan kadar air tinggi menyebabkan substrat terlalu encer dan kandungan C/N ratio kurang seimbang, sehingga produksi metana terbatas.

Ketika proporsi kotoran ditingkatkan menjadi 30% kotoran dan 70% sayur dengan komposisi 1,5 kg kotoran, 5 kg sayur, dan 1,5 liter air, terjadi peningkatan lama nyala api hingga 67 detik. Kenaikan ini menunjukkan bahwa penambahan kotoran ternak memperbaiki keseimbangan nutrisi, khususnya rasio C/N yang lebih mendekati kondisi ideal (20–30), sehingga mendukung pertumbuhan bakteri asidogenik dan metanogenik. Selain itu, kandungan lignoselulosa pada kotoran ternak berfungsi sebagai buffer, menjaga kestabilan pH selama proses fermentasi, sehingga produksi metana meningkat.

Peningkatan paling signifikan terjadi pada rasio 50% kotoran dan 50% sayur, dengan substrat 3 kg kotoran, 3 kg sayur, dan 2 liter air. Perlakuan ini menghasilkan lama nyala api terpanjang, yakni 75–77 detik. Pada rasio ini, perbandingan karbon dan nitrogen dalam substrat berada pada kondisi paling ideal

bagi mikroorganisme, sehingga produksi gas metana lebih tinggi. Kandungan CH_4 yang lebih besar berbanding lurus dengan kualitas pembakaran, sehingga api yang dihasilkan lebih stabil, biru, dan tahan lama.

Jika dibandingkan antara aktivator EM4 dan PB, terlihat bahwa keduanya menunjukkan tren yang sama, yaitu semakin besar berat kotoran maka semakin lama nyala api. Namun, EM4 cenderung memberikan hasil sedikit lebih tinggi (misalnya 77 detik pada rasio 50:50), dibandingkan PB yang menghasilkan 75 detik pada kondisi yang sama. Hal ini kemungkinan besar disebabkan oleh keberagaman mikroba dalam EM4, yang terdiri dari bakteri asam laktat, bakteri fotosintetik, actinomycetes, serta ragi, sehingga proses dekomposisi substrat menjadi lebih efektif. Sementara itu, PB juga efektif tetapi komposisinya lebih terbatas sehingga produksi metana tidak setinggi pada penggunaan EM4.

Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa berat substrat, khususnya peningkatan proporsi kotoran ternak, berpengaruh langsung terhadap lama nyala api biogas. Semakin tinggi kandungan kotoran, semakin banyak nutrisi yang tersedia untuk mikroba metanogenik, semakin seimbang rasio C/N, dan semakin optimal proses fermentasi metanogenesis. Hal ini berujung pada peningkatan kadar metana dalam biogas, yang menghasilkan api lebih tahan lama. Dengan demikian, pemilihan rasio substrat yang tepat menjadi faktor kunci dalam optimasi produksi biogas.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh rasio campuran kotoran kuda dan sampah sayur terhadap produksi biogas, dapat disimpulkan bahwa perbandingan substrat memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kualitas dan kuantitas biogas yang dihasilkan. Rasio campuran 50% kotoran kuda dan 50% sampah sayur terbukti memberikan kinerja terbaik, ditunjukkan oleh kadar metana tertinggi sebesar 58,35%, rasio C/N yang masih berada dalam kisaran ideal, serta durasi nyala api terpanjang mencapai 77 detik. Penggunaan inokulum EM4 secara konsisten menghasilkan performa yang lebih baik dibandingkan probiotik biogas, karena komposisi mikroorganisme di dalamnya lebih mampu meningkatkan aktivitas fermentasi dan produksi metana. Peningkatan proporsi kotoran kuda juga terbukti meningkatkan kandungan metana akibat ketersediaan nutrisi dan mikroorganisme alami yang mendukung proses metanogenesis. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi substrat yang seimbang dan penggunaan EM4 merupakan strategi paling efektif untuk menghasilkan biogas berkualitas tinggi serta menjadi alternatif potensial dalam pengembangan energi terbarukan yang ramah lingkungan.

5. Referensi

- [1] Agus Taufiq, M. Fajar Maulana, (2015), Sosialisasi Sampah Organik dan Non Organik Serta Pelatihan Kreasi Sampah, Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
- [2] Appels, L., L. Baeyens, K. Degreve, and J. J. F. J. F. (2018). Principles and Potential of the Anaerobic Digestion of Waste-Activated Sludge. *Progress in Energy and Combustion Science*, 34(6), 755-781.
- [3] Hidayatullah, M. I. S., Tira, H. S., & Padang, Y. A. 2019. Pengaruh Variasi C/N Ratio terhadap Volume Produksi Biogas Kotoran Ternak Ayam Petelur *The Influence of C/N Ratio to The Volume of Biogas Production From Chicken Manure*. *Dinamika Teknik Mesin*, 6(2), 1–19.
- [4] Mia Erfiani et al. 2023. Rancang Bangun Reaktor Biogas *Portable* Menggunakan Limbah Sampah Organik Dan Starter Kotoran Sapi. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, Vol. 11, No. 2 : 365 – 371
- [5] Wijaya, K., & Lestari, S. 2022. Pengaruh Variasi Rasio C/N terhadap Kualitas Biogas yang Dihasilkan dari Ko-digesti. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, Vol. 10(4), 211-220.
- [6] Wisnu, I., Junaidi, Fadilah, R., Sahid, P., 2012, Sampah Untuk Energi : Kelayakan Pemanfaatan Limbah Organik dari Kantin di Lingkungan Undip Bagi Produksi Energi dengan Menggunakan Reaktor Biogas Skala Rumah Tangga, *Jurnal Presipitasi*, Vol. 9 No. 2.
- [7] Yaqin, A., Laili, S., & Syauqi, A. 2019. Persepsi Masyarakat terhadap Sanitasi Pasar Tradisional (Pasar Blimbing dan Pasar Mergan) di Kota Malang. *Biosaintropis (Bioscience-Tropic)*, 4(3), 21-25.
- [7] A. Mesjasz-Lech, "Reverse logistics of municipal solid waste – towards zero waste cities," *Transp. Res. Procedia*, vol. 39, pp. 320–332, 2019.
- [8] Zabed, H. M., Akter, S., Yun, J., Zhang, G., Zhang, Y., & Qi, X. 2020. Biogas from microalgae: *Technologies, challenges and opportunities*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 117(July 2018), 109503.
- [9] Sudarti et al. 2022. Analisis Berbagai Sampah Organik Sebagai Energi Alternatif Biogas Terbarukan. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, Vol. 10, No. 2 : 174 - 183

- [10] Widyastuti, S., & Suyantara, Y. 2017. Penambahan Sampah Sayuran Pada Fermentasi Biogas Dari Kotoran Sapi Dengan Starter Em4. Jurnal Teknik WAKTU, 15(1), 36–42.
- [11] Tuti Haryati. 2016. Biogas: Limbah Peternakan yang Menjadi Sumber Energi Alternatif. Balai Penelitian Ternak. Bogor.
- [12] Sari, D. P., & Mardawati, E. 2024. Pengaruh Rasio C/N terhadap Produksi Biogas pada Ko digesti Limbah Organik. Jurnal Teknologi Lingkungan. Vol. 12(2), 67-75.
- [13] Zhang, H. et al. (2024). *The intriguing effect of CO₂ enrichment in anaerobic digestion*. Bioresource Technology.
- [14] Paryanto, dkk. (2021). *Penyerapan Gas Karbondioksida (CO₂) dalam Biogas dengan Larutan Ca(OH)₂*. Jurnal Ekuilibrium, Universitas Sebelas Maret.
- [15] Santoso, B., & Wulandari, E. 2021. Produksi Biogas melalui Ko-digesti Limbah Sayuran dan Kotoran Sapi dengan Variasi Rasio C/N. Jurnal Energi dan Lingkungan. Vol. 7(3), 145-153.