

Pengembangan Biogas Ramah Lingkungan dari Limbah Tanaman Pisang (*Musa paradisiaca*) dan Kotoran Sapi

*Development of Environmentally Friendly Biogas from Banana Plant Waste (*Musa paradisiaca*) and Cow Dung*

Ahmad Musonniffin Aziz*, Zahrotul Azizah

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Nahdlatul Ulama Sidoarjo
Jl. Lingkar Timur KM 5.5 Rangkah Kidul, Indonesia

*email : musonniffinaziz@unusida.ac.id

(Received: 2025 09, 15; Reviewed: 2025 12, 5; Accepted: 2025 12, 27)

Abstrak

Biogas adalah gas yang terbentuk melalui proses fermentasi anaerobik bahan organik, seperti kotoran ternak, limbah pertanian, maupun sisa makanan, dengan bantuan aktivitas mikroorganisme. Dalam penelitian ini perlakuan awal campuran untuk peningkatan produksi biogas dari berbagai bagian dari limbah tanaman pisang yang dicampur dengan kotoran sapi diselidiki. Perlakuan awal atau sampel meliputi P1 (kotoran sapi : air : daun pisang); P2 (kotoran sapi : air : batang pisang); P3 (kotoran sapi : air : kulit pisang); P4 (kotoran sapi : air : tangkai daun pisang); P5 (kotoran sapi : air : buah pisang). Tujuan penelitian ini untuk mengetahui perbandingan produksi biogas dari berbagai bagian dari tanaman pisang dengan campuran kotoran sapi. Langkah-langkah penelitian ini meliputi penyiapan bahan baku, proses *anaerobic digestion*, mengamati kondisi fisik campuran dan analisa yang meliputi pengukuran pH awal dan pH akhir campuran, serta pengukuran volume biogas yang dihasilkan.. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi campuran sebelum fermentasi terlihat homogen dan basah, sedangkan setelah fermentasi tampak pemisahan fase serta pertumbuhan jamur pada beberapa sampel. Nilai pH awal berada pada kisaran 7,1–7,7 dan menurun setelah fermentasi menjadi 4,1–7,0. Adapun volume biogas tertinggi dicapai pada P3 (98,31 mL), diikuti P2 (82,84 mL), sedangkan volume terendah terdapat pada P1 (2,11 mL).

Kata Kunci: biogas, kotoran sapi, limbah tanaman pisang, perlakuan awal, ramah lingkungan

Abstract

Biogas is a gas produced from the anaerobic fermentation process of organic materials, such as animal waste, agricultural waste, or food waste, by microorganisms. In this study, the initial treatment of the mixture to increase biogas production from various parts of banana plant waste mixed with cow dung was investigated. The initial treatments or samples include P1 (cow dung: water: banana leaves); P2 (cow dung: water: banana stems); P3 (cow dung: water: banana peels); P4 (cow dung: water: banana leaf stalks); P5 (cow dung: water: banana fruit). The purpose of this study was to determine the comparison of biogas production from various parts of banana plants with a mixture of cow dung. The steps of this study include preparation of raw materials, anaerobic digestion process, observing the physical condition of the mixture and analysis which includes measuring the initial and final pH of the mixture, as well as measuring the volume of biogas produced. The results showed that the condition of the mixture before fermentation looked homogeneous and wet, while after fermentation there was phase separation and fungal growth in several samples. The initial pH value was in the range of 7.1–7.7 and decreased after fermentation to 4.1–7.0. The highest biogas volume was achieved at P3 (98,31 mL), followed by P2 (82,84), while the lowest volume was at P1 (2,11 mL).

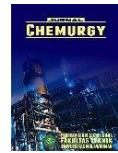


Jurnal Chemurgy

JURNAL CHEMURGY

E-ISSN 2620-7435

Available online at <http://e-journals.unmul.ac.id/index.php/TK>



SINTA Accreditation
No. 152/E/KPT/2023

Keywords: biogas, cow dung, banana plant waste, pre-treatment, environmentally friendly

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi global terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk dan aktivitas industri, sementara ketersediaan bahan bakar fosil semakin menipis. Pemanfaatan energi fosil dalam jangka panjang menimbulkan dampak lingkungan serius, di antaranya emisi gas rumah kaca, pencemaran udara, dan perubahan iklim. Hal ini mendorong pemanfaatan energi alternatif yang bersifat ramah lingkungan, dapat diperbarui, serta sejalan dengan prinsip pembangunan berkelanjutan. Salah satu opsi yang banyak dikembangkan adalah biogas, yaitu gas metana yang dihasilkan dari fermentasi anaerob limbah organik dan dapat digunakan sebagai bahan bakar terbarukan (Aziz, 2025).

Indonesia sebagai negara agraris memiliki ketersediaan biomassa yang melimpah, salah satunya berasal dari limbah tanaman pisang. Produksi pisang yang tinggi menghasilkan limbah berupa batang, daun, tangkai, kulit, hingga buah yang tidak layak konsumsi. Sebagian besar limbah tersebut hanya dibuang tanpa dimanfaatkan secara optimal (Achinas *et al.*, 2019). Padahal, setiap bagian pisang memiliki karakteristik kimia yang berbeda: batang dan daun kaya akan lignoselulosa, sedangkan kulit dan buah pisang mengandung gula sederhana yang mudah terdegradasi. Beberapa penelitian terdahulu hanya berfokus pada pemanfaatan satu bagian tanaman pisang sebagai bahan baku biogas, seperti batang (Ramandani *et al.*, 2023), daun (Gunamantha, 2014) atau kulit pisang (Agustin, *et al.*, 2023). Kajian komparatif antar berbagai bagian tanaman pisang dalam satu penelitian masih jarang dilakukan.

Kotoran sapi menjadi bahan ko-substrat yang ideal dalam fermentasi anaerob karena kandungan nitrogen, nutrien, serta keberadaan mikroba metanogenik yang penting untuk pembentukan metana (Fitri and Dhaniswara, 2018). Co-digester limbah organik dengan kotoran sapi dapat menyeimbangkan rasio karbon dan nitrogen (C/N), menjaga pH, serta meningkatkan produksi biogas. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan kotoran sapi menghasilkan biogas yang lebih tinggi dibandingkan fermentasi tunggal (Dhaniswara and Fitri, 2017).

Selain itu, perlakuan awal (*pre-treatment*) pada substrat juga dilaporkan dapat meningkatkan hasil biogas. (Dhaniswara and Fitri, 2017) melaporkan bahwa perlakuan awal sampah organik berpengaruh signifikan terhadap produksi biogas. Temuan serupa diperoleh (Dhaniswara *et al.*, 2022) yang menunjukkan bahwa kombinasi *pre-treatment* eceng gondok dengan penggunaan kotoran sapi mampu meningkatkan volume biogas. Penelitian terbaru oleh (Aziz, 2025) juga menekankan pentingnya penerapan pendekatan rekayasa proses, seperti *Response Surface Methodology (RSM)*, untuk mengoptimalkan produksi biogas secara berkelanjutan.

Berdasarkan berbagai penelitian tersebut, dapat diidentifikasi adanya kesenjangan penelitian. Studi sebelumnya lebih banyak berfokus pada pemanfaatan satu bagian tanaman pisang atau jenis limbah organik tertentu, sementara kajian komparatif antar berbagai bagian tanaman pisang dalam kombinasi dengan kotoran sapi masih jarang dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini dikembangkan untuk memanfaatkan berbagai bagian limbah tanaman pisang yang meliputi daun, batang, kulit, tangkai, dan buah yang dikombinasikan dengan kotoran sapi sebagai ko-substrat dalam produksi biogas.

Pendekatan ini tidak hanya bertujuan menghasilkan energi alternatif yang ramah lingkungan, tetapi juga mendukung konsep teknologi rekayasa kimia berkelanjutan, melalui penerapan proses hijau (*green process*), efisiensi penggunaan sumber daya, serta pengelolaan limbah berbasis *circular economy*. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi terhadap ketahanan energi nasional sekaligus pengurangan dampak lingkungan dari limbah pertanian dan peternakan.

2. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan limbah tanaman pisang yang diambil dari perkebunan pisang di daerah Klinterejo, Sooko, Mojokerto dan digunakan sebagai bahan baku utama untuk produksi biogas. Pertama-tama, bahan baku di potong kecil-kecil hingga berukuran 1 cm. Kemudian, bahan baku dicuci dan dikeringkan untuk menghilangkan partikel yang tidak diinginkan. Kotoran sapi segar yang digunakan sebagai campuran diperoleh dari peternakan sapi di wilayah yang sama. Pada penelitian ini juga ditambahkan air sebagai campuran. Adapun variabel yang digunakan sebagaimana pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel Perlakuan Awal Produksi Biogas

Perlakuan (P)	Komponen	Rasio
P1	Kotoran Sapi : Air : Daun Pisang	250 gram : 1 Liter : 250 gram
P2	Kotoran Sapi : Air : Batang Pisang	250 gram : 1 Liter : 250 gram
P3	Kotoran Sapi : Air : Kulit Pisang	250 gram : 1 Liter : 250 gram
P4	Kotoran Sapi : Air : Tangkai Daun Pisang	250 gram : 1 Liter : 250 gram
P5	Kotoran Sapi : Air : Buah Pisang	250 gram : 1 Liter : 250 gram

Bahan baku yang sudah disiapkan dilakukan pencampuran di ember yang sudah disediakan. Selanjutnya dilakukan pengukuran pH awal campuran untuk mengetahui nilai derajat keasaman. Kemudian dimasukkan ke dalam reaktor biogas sederhana dari botol plastik berukuran 1,5 Liter. Adapun proses *anaerobic digestion* berlangsung selama 23 hari. Selanjutnya dilakukan pengukuran volume biogas dengan asumsi sama seperti ukuran bola (Aziz, 2025).



Gambar 1. Pengukuran Volume Biogas

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kondisi Campuran Sebelum dan Sesudah Fermentasi

Pada awal proses fermentasi, campuran antara limbah tanaman pisang dan kotoran sapi menunjukkan kondisi yang relatif basah, homogen, dan berwarna coklat kehitaman. Homogenitas campuran ini menunjukkan bahwa proses pencampuran awal berjalan baik sehingga diharapkan distribusi nutrien dan mikroba berlangsung merata. Kondisi basah juga mendukung lingkungan anaerob yang diperlukan dalam produksi biogas (Fitri and Dhaniswara, 2018). Setelah fermentasi anaerob berlangsung, campuran mengalami perubahan fisik. Tekstur campuran menjadi lebih

encer, dengan adanya endapan padatan di bagian bawah dan cairan di bagian atas. Pada beberapa sampel juga ditemukan pertumbuhan jamur di permukaan substrat. Kehadiran jamur dapat disebabkan oleh adanya kebocoran oksigen atau kondisi kelembaban yang sesuai bagi fungi. Fenomena serupa pernah dilaporkan oleh (Fitri and Dhaniswara, 2018) bahwa masuknya oksigen dapat memicu pertumbuhan mikroba aerob atau fakultatif.



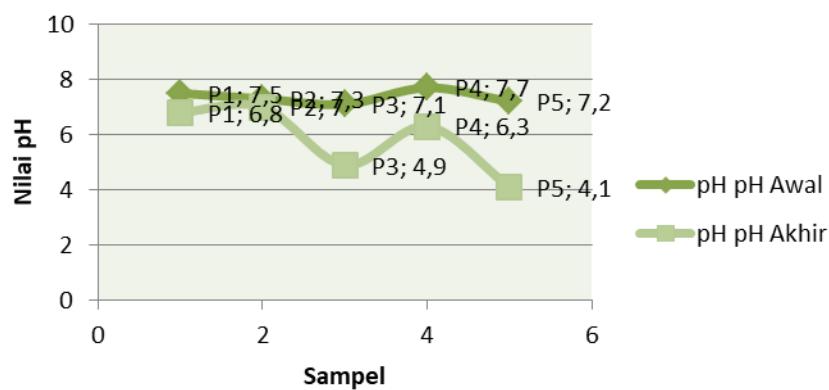
Gambar 2. Kondisi Fisik Campuran Setelah Proses Fermentasi

Pertumbuhan jamur mengindikasikan bahwa sebagian substrat tidak sepenuhnya terdegradasi oleh bakteri anaerob, sehingga masih tersedia bahan organik yang dapat dimanfaatkan oleh fungi. Walaupun jamur tidak berkontribusi langsung pada pembentukan biogas, keberadaannya dapat memengaruhi kualitas digestate sebagai pupuk organik, sehingga perlu dikaji lebih lanjut dalam konteks pemanfaatan produk samping fermentasi.

2. Perubahan pH Selama Fermentasi Anaerob

Hasil pengukuran pH menunjukkan adanya variasi yang signifikan antar sampel. pH awal berada pada kisaran 7,1–7,7, yang sesuai dengan kondisi optimum untuk proses fermentasi anaerob. Namun, setelah proses berlangsung, beberapa sampel mengalami penurunan pH cukup drastis, terutama pada P3 (pH akhir = 4,9) dan P5 (pH akhir = 4,1). Kondisi ini mengindikasikan terjadinya akumulasi asam lemak volatil (VFA) akibat degradasi substrat yang cepat, tetapi tidak diimbangi oleh aktivitas mikroba metanogenik. Akumulasi VFA dapat menurunkan pH sehingga menghambat aktivitas mikroba penghasil metana (Dhaniswara and Fitri, 2017).

Nilai pH Awal dan pH Akhir Campuran



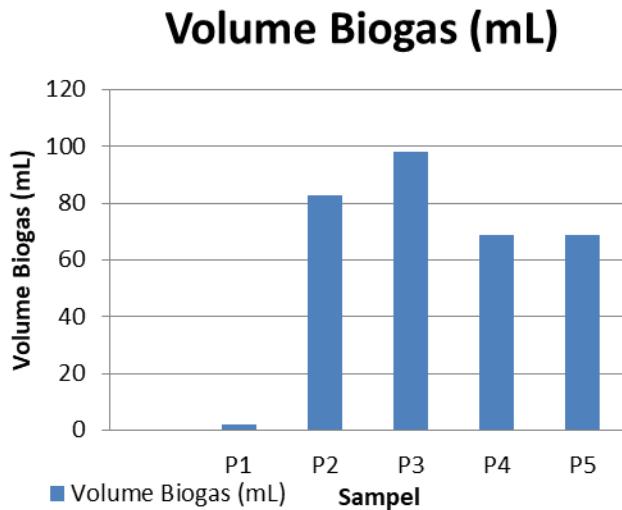
Gambar 3. Grafik nilai pH Awal dan pH Akhir Campuran

Sebaliknya, P2 dan P4 menunjukkan pH akhir relatif stabil (6,3–7,0), yang masih dalam rentang optimal untuk pertumbuhan metanogen (6,8–7,5). Hal ini sejalan dengan penelitian (Dhaniswara *et al.*, 2022) yang menekankan pentingnya menjaga kestabilan pH dalam fermentasi anaerob agar

produksi biogas maksimal. Penurunan pH yang moderat pada kedua sampel ini menunjukkan bahwa terjadi keseimbangan antara pembentukan asam organik dan konsumsi asam tersebut oleh mikroba metanogen.

3. Volume Biogas yang Dihasilkan

Produksi biogas dari berbagai sampel menunjukkan variasi yang jelas. Volume tertinggi diperoleh pada P3 (98,31 mL), diikuti P2 (82,84 mL), sedangkan produksi terendah dicatat pada P1 (2,11 mL). Hasil ini mengindikasikan bahwa jenis substrat sangat menentukan kuantitas biogas.



Gambar 4. Data Volume Biogas

Tingginya volume pada P2 dan P3 dapat dikaitkan dengan ketersediaan substrat organik yang mudah terdegradasi, seperti karbohidrat sederhana pada kulit atau batang pisang, yang mempercepat pembentukan metana. Hal ini konsisten dengan penelitian (Agustin *et al.*, 2023) dan (Ramandani *et al.*, 2023) yang menyatakan bahwa kulit dan batang pisang memiliki kandungan gula sederhana tinggi yang mudah diuraikan. Sebaliknya, rendahnya produksi pada P1 menunjukkan keterbatasan degradasi substrat dikarenakan dominasi lignoselulosa yang sulit dicerna mikroba. Produksi menengah pada P4 dan P5 (masing-masing 69,08 mL) menunjukkan bahwa substrat dengan kandungan lignoselulosa sedang masih dapat menghasilkan biogas, meskipun tidak setinggi substrat dengan kandungan gula sederhana.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Kondisi campuran sebelum fermentasi tampak basah dan homogen, namun setelah proses berlangsung terjadi pemisahan fase serta pertumbuhan jamur pada permukaan beberapa sampel. Hal ini menandakan adanya sisa substrat yang tidak sepenuhnya terdegradasi dan kemungkinan kontaminasi oksigen pada sistem.
2. Fermentasi anaerob dari campuran limbah tanaman pisang (daun, batang, kulit, tangkai daun, dan buah) dengan kotoran sapi menghasilkan perubahan pH dari kisaran netral (7,1–7,7) menuju kondisi lebih asam (4,1–7,0). Penurunan pH yang drastis (pada P3 dan P5) menunjukkan adanya akumulasi asam lemak volatil, sedangkan pH yang relatif stabil (pada P2 dan P4) mendukung pertumbuhan metanogen secara lebih berkelanjutan.
3. Volume biogas tertinggi diperoleh pada sampel P3 (98,31 mL), diikuti P2 (82,84 mL), sedangkan volume terendah terdapat pada P1 (2,11 mL). Hal ini menunjukkan bahwa variasi jenis substrat pisang sangat memengaruhi kuantitas biogas, di mana substrat kaya gula sederhana lebih mudah terdegradasi dibanding substrat dengan kandungan lignoselulosa tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Achinas, S., Krooneman, J. and Euverink, G.J.W. (2019). *Enhanced Biogas Production from the Anaerobic Batch Treatment of Banana Peels*. *Engineering*, 5(5), pp. 970–978. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.eng.2018.11.036>.
- Agustin, R., Azizah, N.W. and Soeprijanto (2023). Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang dan Kangkung Air untuk Biogas Menggunakan Bioreaktor Anaerobik. *TREnD (Technology of Renewable Energy and Development)*, 3, pp. 12–20.
- Aziz, A.M. (2025). Optimasi Fermentasi Anaerob pada Produksi Biogas dari Eceng Gondok dan Kotoran Sapi dengan *Response Surface Methodology*. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 9(1), pp. 1–7. Available at: <https://doi.org/10.32493/jitk.v9i1.44185>.
- Dhaniswara, T.K. et al. (2022). *The Effect of Pre-treatment of Water Hyacinth (Eichhornia crassipes) and the Use of Cow Dung on Biogas Production*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1097(1). Available at: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1097/1/012068>.
- Dhaniswara, T.K. and Fitri, M.A. (2017). Pengaruh Perlakuan Awal Sampah Organik Terhadap Produksi Biogas Secara *Anaerobic Digestion*. *Journal of Research and Technology*, 3(2), pp. 23–31. Available at: <https://doi.org/10.55732/jrt.v3i2.231>.
- Fitri, M.A. and Dhaniswara, T.K. (2018). Pemanfaatan Kotoran Sapi Dan Sampah Sayur Pada Pembuatan Biogas Dengan Fermentasi Sampah Sayuran. *Journal of Research and Technology*, 4(1), pp. 47–54. Available at: <https://doi.org/10.55732/jrt.v4i1.233>.
- Gunamantha, M. (2014). Studi Potensi Biogas Dari Sampah Daun Pisang Melalui Penguraian Secara Anaerobik. *JST (Jurnal Sains dan Teknologi)*, 3(1), pp. 311–323. Available at: <https://doi.org/10.23887/jst-undiksha.v3i1.2909>.
- Ramandani, A.A. et al. (2023). Pengaruh Limbah Batang Pisang (*Musa Paradisiaca*) Dan Jerami Padi (*Oryza Sativa L.*) Terhadap Produksi Biogas. *JoASCE: Journal Applied of Science and Chemical Engineering*, 1(2), pp. 44–50. Available at: <https://jurnal.polinela.ac.id/joasce>.