

Studi Kuantitas dan Kualitas Biogas dari Berbagai Jenis Limbah Organik dan Waktu Fermentasi

Zahran William Dzulfiqar*, Muhammad Miftahul Rizki, Ketut Sumada

Program Studi Teknik Kimia, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Surabaya

*Koresponden email: 21031010214@student.upnjatim.ac.id

Diterima: 15 Mei 2025

Disetujui: 20 Mei 2025

Abstract

Biogas is a renewable energy obtained from the fermentation process or decomposition of organic materials by microorganisms in an environment without oxygen (anaerobic). This study aims to analyze the quantity and quality of biogas generated from various types of organic waste, including mustard greens, water spinach, cabbage, raja banana peels, and Medan orange peels, with fermentation periods of 10, 12, 14, 16, and 18 days. The quantity of biogas was measured based on the volume produced, while its quality was determined by the methane (CH₄) content using the Orsat Gas Analysis Apparatus. The results showed that raja banana peels produced the highest quantity and quality of biogas, with a maximum volume of 1393.2 ml and the highest methane content at 70.39% among all samples. These findings indicate that raja banana peels have significant potential as a substrate for biogas production. This research is expected to serve as a foundation for the development of technologies that utilize organic waste as an efficient, environmentally friendly, and sustainable alternative energy source.

Keywords: *biogas, organic waste, anaerobic fermentation, biogas quantity, biogas quality*

Abstrak

Biogas adalah energi terbarukan yang diperoleh dari proses fermentasi atau penguraian bahan organik oleh mikroorganisme dalam lingkungan tanpa oksigen (*anaerob*). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kuantitas dan kualitas biogas yang dihasilkan dari berbagai jenis limbah organik, yaitu sawi hijau, kangkung, kubis, kulit pisang raja, dan kulit jeruk medan dengan variasi waktu fermentasi selama 10, 12, 14, 16, dan 18 hari. Kuantitas biogas diukur berdasarkan volume gas yang dihasilkan sedangkan kualitasnya ditentukan melalui pengukuran kadar metana (CH₄) menggunakan alat Orsat Gas Analysis Apparatus. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kulit pisang raja menghasilkan biogas dengan kuantitas dan kualitas terbaik, ditandai oleh volume gas yang paling besar yaitu 1393,2 ml serta kadar metana tertinggi yaitu 70,39 % di antara semua limbah organik. Hasil ini menunjukkan bahwa kulit pisang raja memiliki potensi besar sebagai substrat dalam produksi biogas. Penelitian ini diharapkan menjadi dasar pengembangan teknologi pemanfaatan limbah organik menjadi sumber energi alternatif yang efisien, ramah terhadap lingkungan, dan dapat digunakan secara berkelanjutan.

Kata kunci: *biogas, limbah organik, fermentasi anaerob, kuantitas biogas, kualitas biogas*

1. Pendahuluan

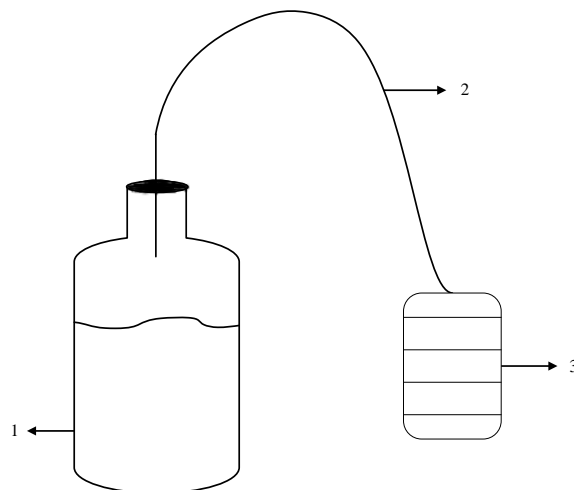
Indonesia adalah negara dengan produksi sampah organik tertinggi di Asia Tenggara, mencapai 20,93 juta ton setiap tahun. Sampah organik terbesar di Indonesia terdiri dari sayur-sayuran dan buah-buahan. Situasi ini dapat menyebabkan efesi gas rumah kaca dan memperburuk pemanasan global [1]. Salah satu solusi untuk mengurangi dampak negatif tersebut adalah dengan mencari sumber energi alternatif yang lebih ramah lingkungan [2]. Biomassa yang merupakan bahan organik berasal dari organisme, dapat menjadi sumber energi alternatif yang berkelanjutan salah satunya dalam bentuk biogas [3]. Biogas adalah salah satu produk pengolahan biomassa yang paling populer karena proses pembuatannya relatif mudah. Biogas adalah gas yang dihasilkan melalui proses fermentasi atau penguraian bahan organik oleh bakteri dalam kondisi anaerob [4]. Komponen utama biogas adalah gas metana (CH₄) bersama dengan gas-gas lainnya. Apabila kadar metana (CH₄) lebih dari 50%, biogas yang dihasilkan akan mudah terbakar, lebih bersih, dan api berwarna biru yang menandakan kualitas biogas tersebut telah memenuhi standar mutu biogas [5].

Secara umum, hampir seluruh bahan organik dapat dimanfaatkan untuk memproduksi biogas. Bahan baku yang digunakan harus mengandung senyawa karbohidrat, protein, dan lemak [6]. Limbah kangkung mengandung karbohidrat 5,63%, protein 1,9%, dan lemak 4% [7]. Limbah kubis mengandung karbohidrat

5,3%, protein 1,4%, dan lemak 0,02% [8]. Limbah sawi hijau mengandung karbohidrat 4%, protein 1,2%, dan lemak 0,3% [9]. Limbah kulit jeruk medan mengandung karbohidrat 5,1%, protein 3,5%, lemak 4,4% [10]. Limbah kulit pisang raja mengandung karbohidrat 10,8%, protein 1,2%, dan lemak 3,1% [11]. Biogas diproduksi dalam sebuah reaktor tertutup yang dikenal dengan nama digester atau biodigester. Biodigester merupakan komponen utama dalam proses produksi biogas, berfungsi sebagai tempat berlangsungnya fermentasi atau proses pemecahan bahan organik oleh mikroorganisme yang berlangsung dalam lingkungan tanpa keberadaan oksigen (*anaerob*). [12]. Proses penguraian bahan organik oleh berbagai jenis mikroorganisme dalam keadaan tanpa udara disebut *anaerobic digestion*. *Anaerobic digestion* merupakan metode yang sangat efisien untuk mengolah limbah dengan kandungan bahan organik kompleks, seperti limbah buah dan sayuran [13]. Proses produksi biogas melibatkan tiga tahapan utama, yaitu hidrolisis, pengasaman, dan metanogenesis [14].

2. Metode Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bahan organik yang digunakan terdiri dari limbah sayur kangkung, limbah sayur sawi hijau, limbah sayur kubis, limbah kulit jeruk medan, serta limbah kulit pisang raja. Semua bahan ini dipilih karena mudah didapat, memiliki kandungan organik yang tinggi, dan berpotensi sebagai substrat dalam proses fermentasi *anaerob*. Selain limbah organik, ditambahkan juga air sebagai media campuran dan *effective microorganisms 4* (EM4) sebagai starter guna mempercepat penguraian bahan organik. Adapun alat yang digunakan pada pelaksanaan penelitian ini antara lain biodigester sebagai reaktor utama tempat berlangsungnya proses fermentasi *anaerob*, selang sebagai media penyalur gas yang dihasilkan, serta gas bag bag yang berfungsi untuk menampung dan menyimpan biogas. Rangkaian alat yang digunakan dalam produksi biogas pada penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 1**.

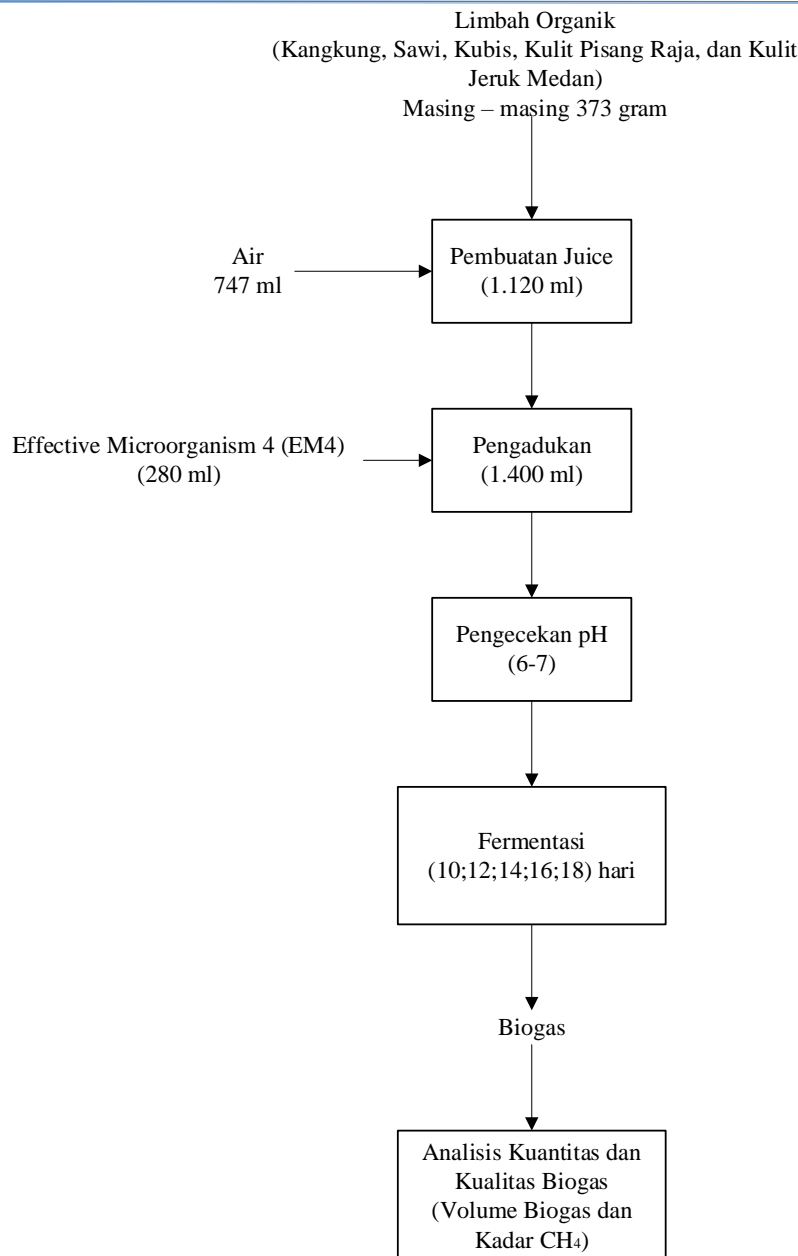


Gambar 1. Rangkaian Alat Pembuatan Biogas

Keterangan :

1. Biodigester
2. Selang
3. Gas bag

Metode penelitian pembuatan biogas dilakukan secara langsung dalam skala laboratorium menggunakan teknologi *anaerobic digestion* dengan kapasitas biodigester 2 liter. Metode ini dipilih untuk memungkinkan pengamatan dan pengukuran yang lebih terkontrol terhadap produksi biogas dari berbagai jenis limbah organik. Tahapan lengkap dari proses pembuatan biogas ini disajikan pada **Gambar 2** yang menggambarkan uraian proses serta komponen utama dalam sistem biodigester skala laboratorium.



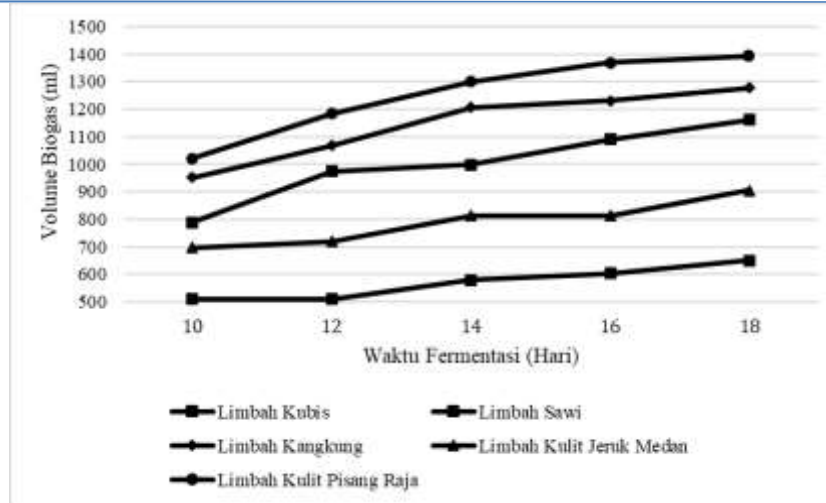
Gambar 2. Diagram Alir Proses Pembuatan Biogas

3. Hasil dan Pembahasan

Kuantitas Biogas

Analisis kuantitas biogas pada penelitian ini dilakukan dengan cara mengukur volume biogas yang dihasilkan dan tertampung dalam gas bag [15]. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui laju produksi biogas serta total volume yang dihasilkan selama periode waktu fermentasi tertentu.

Berdasarkan **Gambar 3** dapat diamati bahwa volume biogas terus meningkat seiring bertambahnya waktu fermentasi untuk semua jenis limbah organik yang digunakan. Limbah kulit pisang raja menghasilkan volume biogas tertinggi dibandingkan limbah lainnya dan mengalami peningkatan yang lebih signifikan. Limbah sayur kangkung, sayur kubis, dan kulit jeruk medan menunjukkan tren peningkatan yang cukup stabil tetapi masih di bawah limbah kulit pisang raja. Limbah sayur sawi hijau menghasilkan volume biogas terendah, meskipun tetap mengalami kenaikan dari hari ke-10 hingga hari ke-18. Secara keseluruhan, semua jenis limbah organik menunjukkan tren kenaikan volume biogas seiring bertambahnya waktu fermentasi yang mengindikasikan bahwa terjadi proses fermentasi anaerobik di dalam biodigester yang terus berlangsung selama 18 hari. Proses fermentasi anaerobik yang menghasilkan biogas terdiri dari tiga tahapan utama.

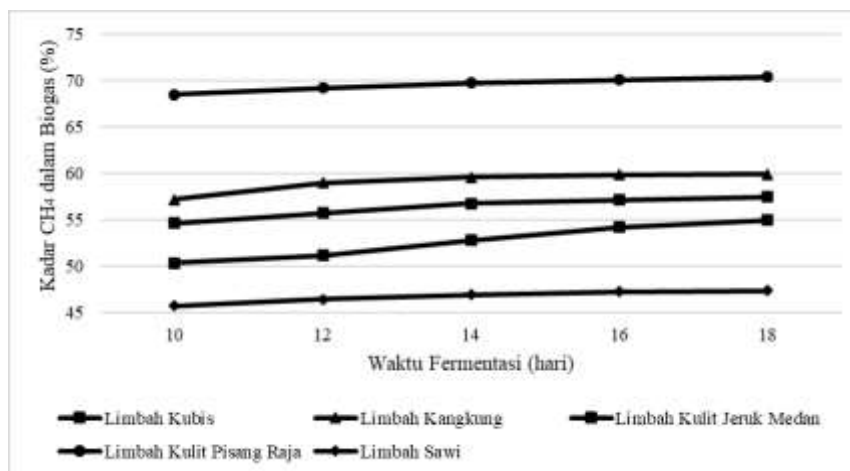


Gambar 3. Hubungan antara Waktu Fermentasi dengan Volume Biogas dari Berbagai Jenis Limbah Organik

Pada tahap awal, senyawa kompleks dalam limbah organik seperti karbohidrat, protein, dan lemak mulai dipecah oleh mikroorganisme menjadi senyawa yang lebih sederhana seperti gula, asam lemak, dan asam amino. Pada hari ke-10, proses hidrolisis masih berlangsung sehingga volume biogas yang dihasilkan masih relatif rendah. Limbah dengan kandungan karbohidrat lebih tinggi akan lebih cepat mengalami degradasi. Selanjutnya tahap pengasaman, senyawa sederhana hasil hidrolisis diubah menjadi asam asetat serta gas karbon dioksida (CO_2) dan hidrogen (H_2) mulai terbentuk. Pada tahap terakhir, mikroorganisme metanogen mengonversi asam asetat dan hidrogen menjadi metana (CH_4).

Kualitas Biogas

Analisis kualitas biogas pada penelitian ini dilakukan dengan mengukur kadar gas metana (CH_4) yang terkandung dalam biogas. Kadar senyawa dalam biogas diukur menggunakan alat *Orsat Gas Analysis Apparatus* [16].



Gambar 4. Hubungan antara Waktu Fermentasi dengan Kadar CH_4 dari Berbagai Jenis Limbah Organik

Berdasarkan **Gambar 4** dapat dilihat bahwa kadar gas CH_4 meningkat secara bertahap seiring bertambahnya waktu fermentasi untuk semua jenis limbah organik. Limbah kulit pisang raja memiliki kadar gas CH_4 tertinggi dibandingkan limbah lainnya dan mengalami peningkatan paling stabil. Limbah sayur kangkung, sayur kubis, dan kulit jeruk medan menunjukkan tren kenaikan yang cukup mirip, meskipun dengan kadar gas CH_4 yang lebih rendah dari limbah kulit pisang raja. Limbah sayur sawi hijau memiliki kadar gas CH_4 paling rendah dibandingkan dengan limbah lainnya, tetapi tetap menunjukkan kenaikan dari hari ke-10 hingga hari ke-18. Limbah kulit pisang raja menunjukkan kenaikan kadar gas CH_4 yang lebih stabil karena memiliki kandungan senyawa organik yang lebih tinggi sehingga mendukung pertumbuhan bakteri metanogen. Limbah sayur sawi hijau memiliki kadar gas CH_4 yang lebih rendah dibandingkan lainnya, karena kandungan senyawa organik yang lebih rendah. Peningkatan kadar metana (CH_4) dalam

biogas disebabkan oleh dominasi bakteri metanogen yang berkembang secara bertahap dan stabilnya proses fermentasi.

Pada awalnya, bahan organik didegradasi menjadi komponen yang lebih sederhana kemudian diubah menjadi metana oleh bakteri metanogenik. Semakin lama waktu pencernaan berlangsung, semakin banyak metana yang dihasilkan karena proses ini berjalan terus menerus. Produksi metana mencapai puncaknya ketika bahan organik terdegradasi secara efisien dan kondisi fermentasi berada pada tingkat optimal.

4. Kesimpulan

Peninjauan yang telah dilakukan memberikan kesimpulan bahwa limbah organik yang digunakan dalam penelitian ini dapat diproduksi menjadi biogas yang kualitasnya memenuhi standar mutu biogas. Biogas dengan kuantitas dan kualitas terbaik dihasilkan oleh limbah kulit pisang raja dengan volume biogas sebesar 1.393,2 ml dan kadar metana (CH₄) mencapai 70,39% setelah proses fermentasi selama 18 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa jenis limbah organik dan waktu fermentasi memiliki pengaruh terhadap kuantitas dan kualitas biogas yang dihasilkan.

5. Saran

Perlu dilakukan studi lebih lanjut terkait pemilihan jenis limbah organik yang memiliki kandungan senyawa karbohidrat lebih tinggi sehingga produksi biogas dapat lebih optimal dan kualitasnya memenuhi standar mutu biogas.

6. Daftar Pustaka

- [1] W. L. C. Hutagalung, E. Ariska, and Rinaldi, "Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca dari Proses Pengelolaan Sampah Di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Kabupaten Kerinci," *Jurnal Daur Lingkungan.*, vol. 6, no. 1, 2023.
- [2] D. Suanggana et al, "Potensi Produksi Biogas dari *Anaerobic Digestion* Kotoran Sapi dan Kulit Nanas sebagai Sumber Energi *Rice Cooker* Biogas," *Jurnal Teknologi Terapan.*, vol. 6, no. 1, 2022.
- [3] L. Parinduri, T. Parindusri, "Konversi Biomassa Sebagai Sumber Energi Terbarukan," *Journal of Electrical Technology.*, vol. 5, no. 2, 2020.
- [4] A. W. Agustin, Sudarti, Yushardi, "Potensi Pemanfaatan Biogas Dari Sampah Organik Sebagai Sumber Energi Terbarukan," *Jurnal Sains dan Teknologi.*, vol. 2, no. 6, 2023.
- [5] S. Prihatiningtyas, F. N. Sholihah, and M. W. Nugroho, *Biodigester Untuk Biogas*, Universitas KH. Wahab Hasbullah. Jombang, 2019.
- [6] A. Pertiwiningrum, *Instalasi Biogas*, Cv. Kolom Cetak. Yogyakarta, 2015.
- [7] M. Asih, Suwirman, Z. ANoli, "Pengaruh Tingkat Pemberian ZPT Gibberellin (GA3) terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Kangkung Air pada Sistem Hidroponik Floating Raft Technique (FRT)," *Jurnal Pertanian.*, vol. 4, no. 1, 2018.
- [8] J. Sutrisno, "Pembuatan Biogas dari Bahan Sampah Sayuran (Kubis, Kangkung dan Bayam)," *Jurnal Teknik WAKTU.*, vol. 8, no. 1, 2010.
- [9] H. Kurniawati, K. Very, "Peningkatan Pertumbuhan dan Hasil Sawi Hijau (*Brassia juncea L.*) dengan Pemberian Bokashi Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*)," *Jurnal PIPER.*, vol. 1, no. 28, 2019.
- [10] R. Mustafidah, "Pemanfaatan Limbah Kulit Jeruk sebagai Fortifikan Guna Memperkaya Nilai Gizi pada Cokelat," *Jurnal Tadris IPA Indonesia.*, vol. 2, no. 2, 2022.
- [11] S. Gurning, "Pemanfaatan Limbah Buah Pisang Menjadi Selai Kulit Pisang sebagai Peningkatan Nilai Guna Pisang," *Jurnal Pengabdian Masyarakat.*, vol. 12, no. 1, 2020.
- [12] A. Suwandi et al, "Perancangan Produk dan Proses Manufaktur Biodigester Tipe *Fixed Dome* untuk Rumah Mandiri Energi," *Jurnal Teknologi Rekayasa.*, vol. 6, no. 2, 2021.
- [13] R. Dwityaningsih et al, "Analisis Proses Pembentukan Biogas dari Campuran Limbah Ikan, Kotoran Sapi dan Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*)," *Jurnal Ilmu Kelautan dan Perikanan Papua*, vol. 7, no. 1, 2024.
- [14] Suyitno, A. Sujono, and Dharmanto, *Teknologi Biogas*, Graha Ilmu. Yogyakarta, 2010.
- [15] L. Kalsum et al, "Rancang Bangun Dan Pengujian Alat Produksi Biogas Dari Kotoran Sapi Dengan Variasi Jumlah Mikroba," *Jurnal Kinetika.*, vol. 9, no. 2, 2018.
- [16] R. Prastya, B. Susilo, and M. Lutfi, "Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Biogas terhadap Emisi Gas Buang Mesin Generator Set," *Jurnal Keteknikaan Pertanian Tropis dan Biosistem.*, vol. 1, no. 2, 2013.