

## **Produksi Biogas dan Karakterisasi Residu Biomiru Berbasis Sampah Organik**

### **Biogas Production and Residue Characterization of Biomiru Based on Organic Waste**

**Agung Herdianto<sup>1)\*</sup>, Wahyu Nur Achmadin<sup>1)</sup>, Mawan Eko Defriatno<sup>1)</sup>**

Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas sains dan Teknologi, Universitas PGRI Argopuro

Email: [\\*agunherdianto23@gmail.com](mailto:*agunherdianto23@gmail.com)

diterima : 4 September 2025; dipublikasi : 31 Oktober 2025

DOI: 10.32528/bioma.v10i2.4161

#### **ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja sistem biomiru dalam menghasilkan gas biometana melalui pengamatan perubahan tekanan dan volume selama 30 hari proses fermentasi. Parameter yang diamati meliputi tekanan awal, tekanan akhir, volume awal, volume akhir, dan selisih volume ( $\Delta V$ ) yang merepresentasikan jumlah gas yang terbentuk. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa tekanan awal berkisar antara 105,3–109,3 kPa dengan rata-rata 107,73 kPa, sedangkan tekanan akhir berada pada kisaran 103,3–104,8 kPa dengan rata-rata 103,80 kPa. Penurunan tekanan gas diketahui melalui alat ukur barometer setelah biogas digunakan untuk memasak. Hasil pengamatan volume menunjukkan bahwa  $\Delta V$  mengalami peningkatan rata-rata sebesar 75,84 ml per hari dengan tren kenaikan konsisten hingga mencapai kestabilan pada akhir periode pengamatan. Temuan ini mengindikasikan bahwa proses fermentasi anaerob pada sistem biomiru berlangsung optimal, di mana mikroorganisme mampu mengonversi bahan organik menjadi biogas secara efisien dan berkelanjutan. Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa biomiru berpotensi menjadi teknologi energi terbarukan yang efektif sekaligus mendukung upaya pengelolaan limbah organik ramah lingkungan serta kemandirian energi masyarakat pedesaan.

**Kata kunci:** biogas, biomiru, sampah organik

#### **ABSTRACT**

*This study aims to analyze the performance of the Biomiru system in producing biomethane gas by observing changes in pressure and volume over a 30-day fermentation process. The observed parameters include initial pressure, final pressure, initial volume, final volume, and volume difference ( $\Delta V$ ), which represents the amount of gas produced. The measurements show that the initial pressure ranged from 105.3 to 109.3 kPa with an average of 107.73 kPa, while the final pressure ranged from 103.3 to 104.8 kPa with an average of 103.80 kPa. The decrease in gas pressure, as indicated by the barometer readings after the biogas was used for cooking. The volume observation results showed that  $\Delta V$  increased by an average of 75.84 ml per day, displaying a consistent upward trend until reaching stability at the end of the observation period. These findings indicate that the anaerobic fermentation process within the Biomiru system operated optimally, with microorganisms efficiently and sustainably converting organic materials into biogas. Overall, this study demonstrates that the Biomiru system has strong potential as an effective renewable energy technology, supporting both environmentally friendly organic waste management and rural community energy independence.*

**Keywords:** biogas, biomiru, organic waste

## PENDAHULUAN

Transisi energi dari sumber fosil menuju energi terbarukan telah menjadi keniscayaan global, tidak hanya sebagai strategi mengamankan pasokan energi jangka panjang tetapi juga sebagai komitmen kolektif dalam menangani dampak perubahan iklim. Pada tingkat nasional, di Indonesia, ketergantungan masif masyarakat, khususnya di sektor rumah tangga, terhadap energi fosil seperti elpiji bersubsidi 3 kg, telah menciptakan dua tantangan multidimensi: pertama, kerentanan dalam rantai pasok dan distribusi yang sering memicu kelangkaan; dan kedua, beban fiskal negara yang terus membesar akibat subsidi. Oleh karena itu, diversifikasi energi dengan mengembangkan sumber alternatif yang terjangkau, berkelanjutan, dan berbasis potensi lokal merupakan sebuah keharusan strategis untuk membangun ketahanan energi nasional.

Konstelasi permasalahan ini mengukuhkan posisi energi terbarukan sebagai solusi imperatif yang mampu menjembatani kebutuhan akses energi yang terjangkau dengan prinsip keberlanjutan jangka panjang. Dalam tingkat regional, Kabupaten Banyuwangi menghadapi realita yang paradoksal di satu sisi sebagai wilayah agraris dengan potensi biomassa yang melimpah, di sisi lain masih tingginya ketergantungan masyarakat pada energi konvensional. Berdasarkan data Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Banyuwangi tahun 2022, timbulan sampah organik mencapai 1.245,36 ton per hari, 66% diantaranya merupakan sampah organik sedangkan 33% lainnya adalah sampah anorganik yang dihasilkan, yang sebagian besar belum termanfaatkan secara optimal (Restiawan & Agriesta, 2022).

Berdasarkan Peraturan Daerah Kabupaten Banyuwangi Nomor 9 Tahun 2013 tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga, timbulan sampah di wilayah Kabupaten Banyuwangi tercatat sebesar 218 m<sup>3</sup> per hari atau setara dengan 1.089.254,600 ton per tahun. Data tersebut lebih lanjut mengungkapkan bahwa volume sampah di kabupaten ini mengalami peningkatan dengan laju rata-rata sebesar 11,53% per tahun (Krisdhianto *et al.*, 2023). Kondisi ini menempatkan Banyuwangi pada posisi strategis untuk mengembangkan biogas sebagai solusi energi terbarukan yang bersifat circular, sekaligus menjawab permasalahan pengelolaan limbah organik di tingkat lokal.

Struktur demografis Kabupaten Banyuwangi didominasi oleh masyarakat pedesaan yang basis ekonominya bertumpu pada sektor agraris, khususnya komoditas pertanian. Potensi limbah organik yang selama ini belum termanfaatkan secara optimal, dapat dikonversi menjadi energi terbarukan melalui teknologi biogas berbasis proses anaerobik digestion. Biogas sebagai energi terbarukan dihasilkan melalui proses anaerobik digestion, dimana material organik diuraikan oleh mikroorganisme dalam reaktor kedap udara. Proses ini tidak hanya menghasilkan biogas yang dapat digunakan sebagai sumber energi, tetapi juga menghasilkan *bioslurry* yang kaya nutrisi dan dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik (Angelidaki & Ellegaard, 2003). Pemanfaatan sampah organik sebagai feedstock biogas memiliki potensi ganda, yaitu mengurangi volume sampah sekaligus menghasilkan energi terbarukan (Zhang *et al.*, 2007).

Kabupaten Banyuwangi telah mengimplementasikan inisiatif biogas skala rumah tangga melalui adopsi teknologi Biomiru (Biogas Mini Rumahan). (Peraturan Menteri Tentang Petunjuk Teknis Penggunaan Dana Alokasi Khusus Bidang Energi Skala Kecil Tahun Anggaran 2016, 2016). Implementasi tersebut telah diadopsi oleh sejumlah rumah tangga, dengan variasi feedstock berdasarkan potensi lokal, di antaranya

Biomiru berbasis sampah organik domestik di Kecamatan Blimbingsari. Variasi feedstock yang digunakan mencakup spektrum dari limbah organik rumah tangga. Namun, hingga saat ini masih terdapat celah penelitian (research gap) mengenai evaluasi komparatif pengaruh variasi jenis feedstock terhadap kualitas *bioslurry* dan produktivitas biogas pada skala rumah tangga di wilayah tersebut. Secara teknis, karakteristik feedstock yang berbeda seperti komposisi lignoselulosa, rasio C/N, dan laju degradasi secara signifikan memengaruhi efisiensi proses anaerobik digestion dan profil nutrisi *bioslurry*. Sebagai ilustrasi, kotoran sapi yang memiliki kandungan bahan organik tinggi dan rasio C/N yang optimal berpotensi menghasilkan yield biogas yang lebih besar secara komparatif dengan kotoran kambing atau sampah organik (Zhang *et al.*, 2007).

Selain itu, kualitas *bioslurry* dalam fungsinya sebagai pupuk organik juga dipengaruhi oleh karakteristik bahan baku (feedstock) yang digunakan. Komposisi nutrisi pada *bioslurry* yang berasal dari kotoran sapi dapat berbeda secara signifikan dengan *bioslurry* yang dihasilkan dari sampah organik, sehingga berimplikasi pada tingkat efektivitasnya dalam aplikasi pemupukan tanaman (Möller & Müller, 2012).

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh variasi jenis feedstock limbah organik terhadap volume produksi biogas di wilayah Kabupaten Banyuwangi, serta mengevaluasi kualitas *bioslurry* yang dihasilkan dari masing-masing feedstock tersebut. Secara lebih spesifik, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh jenis feedstock terhadap kualitas *bioslurry* dan produksi biogas pada skala rumah tangga di Kabupaten Banyuwangi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi kepada masyarakat mengenai jenis feedstock yang paling optimal untuk digunakan dalam reaktor biogas, sehingga dapat meningkatkan efisiensi produksi biogas dan kualitas *bioslurry* sebagai pupuk organik.

Penelitian serupa telah dilakukan oleh peneliti lain untuk memanfaatkan limbah organik sebagai pupuk (Ummul Hasanah *et al.*, 2020), potensi daur ulang sampah Kawasan Pulau Merah Banyuwangi (Krisdhianto *et al.*, 2023), analisis sosial masyarakat dalam pengelolaan sampah (Eko Defriatno, 2025), Evaluasi Pengelolaan Sampah dengan Konsep 3R (Eko Defriatno, 2023), analisis timbulan, komposisi, dan potensi pengelolaan sampah Kawasan wisata Pantai Pulai Merah Banyuwangi (Krisdhianto *et al.*, 2023), analisis partisipasi masyarakat dalam program pengelolaan sampah (M. E. Defriatno *et al.*, 2023), Pemanfaatan Limbah Kotoran Sapi Menjadi Biogas (Steven *et al.*, 2025), Aplikasi reactor biokomposter anaerob (Lelono *et al.*, 2023), estimasi gas rumah kaca dari degradasi sampah (M. Defriatno *et al.*, 2024), Pembuatan Cairan Eco-Enzyme sebagai Solusi Pengelolaan Sampah Organik Rumah Tangga (Setyawan *et al.*, 2025), Analisis Kondisi Kelembapan dan Suhu Optimum untuk Pertumbuhan Maggot dalam Proses Penguraian Sampah Organik (M. E. Defriatno *et al.*, 2025).

## METODE

### 1. Pendekatan Pemecahan Masalah

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental dan analitis. Pendekatan ini dipilih karena dapat memberikan data kuantitatif dan kualitatif yang akurat mengenai pengaruh jenis feedstock limbah organik terhadap produksi biogas dan kualitas *bioslurry* seperti yang ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Reaktor yang digunakan



Gambar 2. Strategi Pemecahan Masalah

### 1.1. Pendekatan Eksperimental

Pendekatan eksperimental akan dilakukan dengan menguji jenis feedstock sampah organik sisa dapur. Masing-masing feedstock akan dimasukkan ke dalam reaktor biogas tipe Biomiru yang digunakan oleh rumah tangga di Kabupaten Banyuwangi. Proses anaerobik digestion akan dipantau selama periode 30 hari untuk mengukur produksi biogas dan kualitas *bioslurry* yang dihasilkan.

## 1.2. Pendekatan Analitis

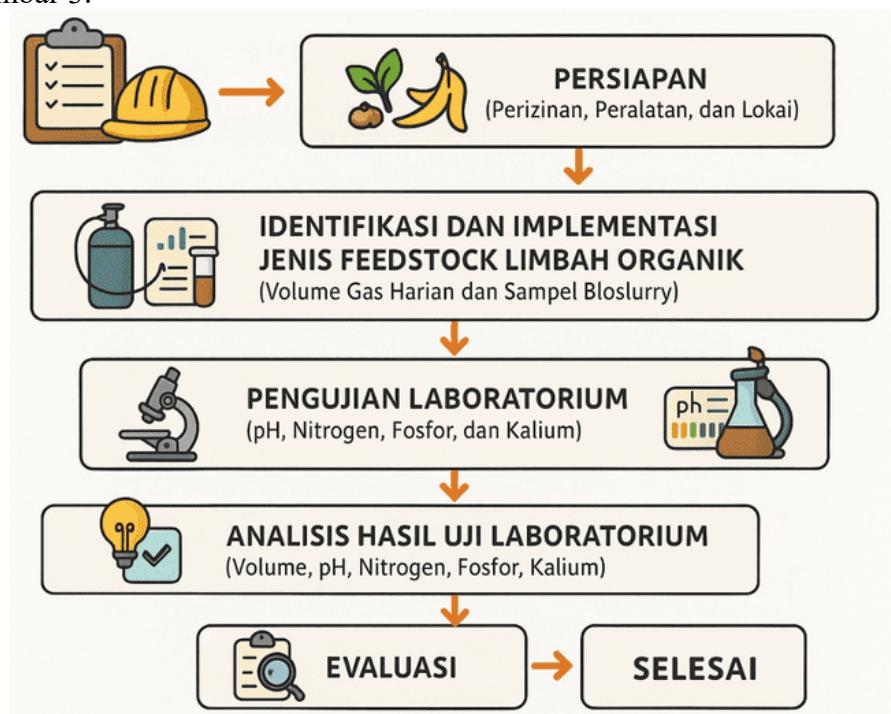
Data yang diperoleh dari eksperimen akan dianalisis secara statistik untuk menentukan perolehan signifikan jenis feedstock limbah organik.

## 1.3. Strategi Pemecahan Masalah

- Pengaruh jenis feedstock terhadap produksi biogas. Melakukan eksperimen dengan mengisi reaktor biogas menggunakan jenis feedstock limbah organik.
- Bioslurry* yang Dihasilkan. Mengambil sampel *bioslurry* dari reaktor dan menganalisis kandungan nutrisinya di laboratorium. Dengan mengetahui kandungan nutrisi dan parameter lain dalam *bioslurry*

## 2. Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan beberapa tahapan mulai dari tahap persiapan, pengumpulan data, menganalisis data dan hasil luaran dari penelitian ini yang ditunjukkan pada Gambar 3.



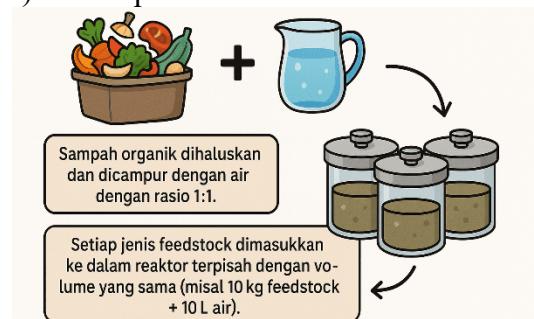
Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

## 2.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini menerapkan metode eksperimental dengan pendekatan kuantitatif untuk menganalisis pengaruh variasi jenis bahan baku (feedstock) terhadap produktivitas biogas dan karakteristik kualitas *bioslurry* yang dihasilkan. Eksperimen dilaksanakan melalui kondisi terkontrol dengan menggunakan sampah organik dapur dan menggunakan reaktor biogas tipe Biomiru sebagai unit pengujian.

## 2.2. Prosedur Penelitian

### a) Persiapan Feedstock



**Gambar 4.** Persiapan Feedstock

Preparasi bahan baku diawali dengan proses penghalusan sampah organik untuk mencapai konsistensi yang homogen. Selanjutnya, sampah organik tersebut diperlakukan dengan air pada perbandingan 1:1 (berat/volume) sebelum dimasukkan ke dalam reaktor individu dengan volume yang identik, sebagai ilustrasi: 10 kg feedstock ditambahkan ke dalam 10 liter air (Gambar 4)

### b) Proses Anaerobik Digestion



**Gambar 5.** Proses Anaerobik Digestion

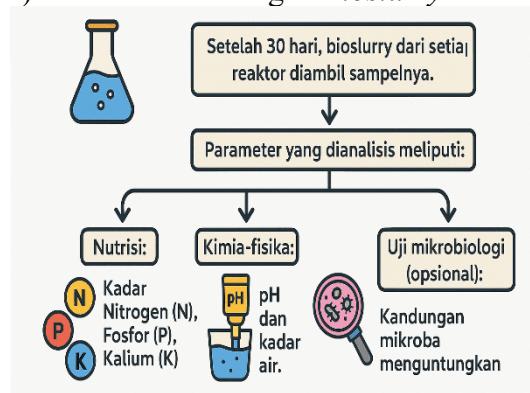
Setiap reaktor kemudian disegel secara hermetis (ditutup rapat) guna menciptakan dan mempertahankan kondisi anaerob (Gambar 5). Parameter inisial, yakni suhu dan pH, diukur dan didokumentasikan sebagai data dasar. Proses fermentasi selanjutnya dipantau selama 30 hari, dengan volume biogas yang dihasilkan diukur secara kuantitatif setiap hari menggunakan metode perpindahan air (water displacement method).

### c) Pengukuran Produksi Biogas



**Gambar 6.** Pengukuran Produksi Biogas

Volume biogas yang dihasilkan diukur secara kuantitatif setiap hari dengan merekam akumulasi gas dalam kantong penyimpanan gas atau tabung eudiometer (Gambar 6). Seluruh data yang diperoleh kemudian dicatat secara sistematis ke dalam tabel pengamatan harian untuk memfasilitasi analisis statistik lebih lanjut.

d) Analisis Kandungan *Bioslurry*

**Gambar 7.** Analisis Kandungan Bioslurry

Pada akhir periode fermentasi (hari ke-30), sampel *bioslurry* diambil dari setiap unit reaktor. Sampel tersebut kemudian dianalisis terhadap sejumlah parameter kualitas, yang meliputi (Gambar 7):

- Kandungan Nutrisi, konsentrasi unsur hara makro primer, yaitu Nitrogen (N), Fosfor (P), dan Kalium (K).
- Sifat Kimia-Fisik, nilai pH dan persentase kadar air.
- Uji Mikrobiologi (opsional), identifikasi dan analisis terhadap populasi mikroorganisme yang menguntungkan.

### 2.3. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada satu lokasi di wilayah Kabupaten Banyuwangi, tepatnya di Kecamatan Blimbingsari, dengan menggunakan unit reaktor yang mengaplikasikan bahan baku (feedstock) berbasis sampah organik. Periode penelitian ditetapkan selama 30 hari, suatu rentang waktu yang dianggap mencukupi untuk memastikan proses digesti anaerobik dapat mencapai kondisi optimal berdasarkan karakteristik kinetika proses biologis pada sistem biodigester skala rumah tangga.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dinamika produksi gas pada reaktor biomiru berbasis sampah organik selama periode pengamatan tiga puluh hari. Parameter yang diamati meliputi tekanan awal (P awal), volume awal (V awal), tekanan akhir (P akhir), volume akhir (V akhir), serta selisih volume ( $\Delta V$ ) yang merepresentasikan perubahan volume akibat aktivitas fermentasi anaerobik. Data yang diperoleh menunjukkan adanya variasi produksi gas dari hari ke hari, yang mencerminkan proses biologis yang berlangsung secara dinamis dalam sistem fermentasi.

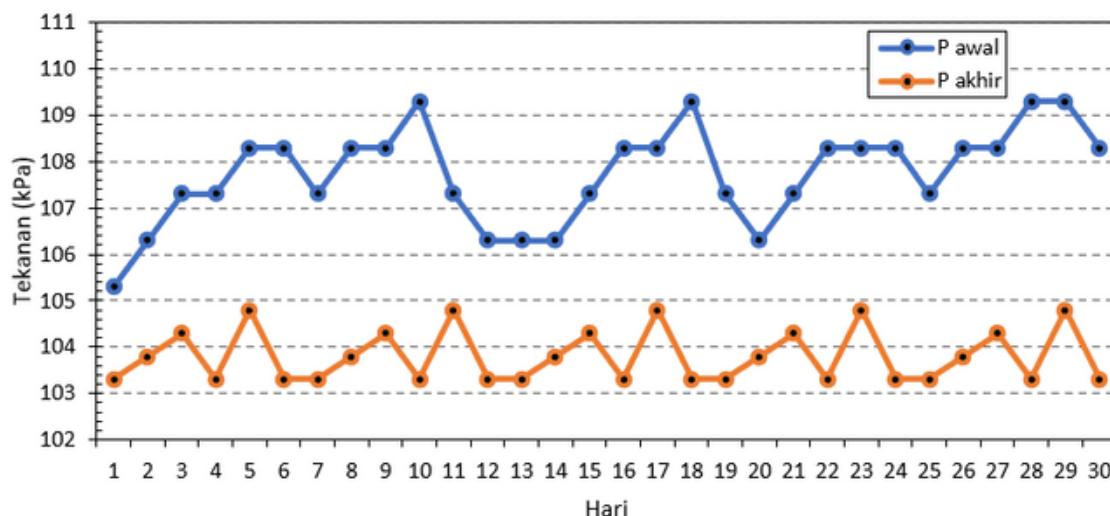
**Tabel 1.** Hasil Pengamatan

Hari ke-	P awal	V awal	P akhir	V akhir	$\Delta V$	$\Delta P$	Rerata V	Rerata P
1	105.3	2.0	103.3	2.039	38.72	2		
2	106.3	2.0	103.8	2.048	48.17	2.5		
3	107.3	2.0	104.3	2.058	57.53	3		
4	107.3	2.0	103.3	2.077	77.44	4		
5	108.3	2.0	104.8	2.067	66.79	3.5	75.84	3.93
6	108.3	2.0	103.3	2.097	96.81	5		

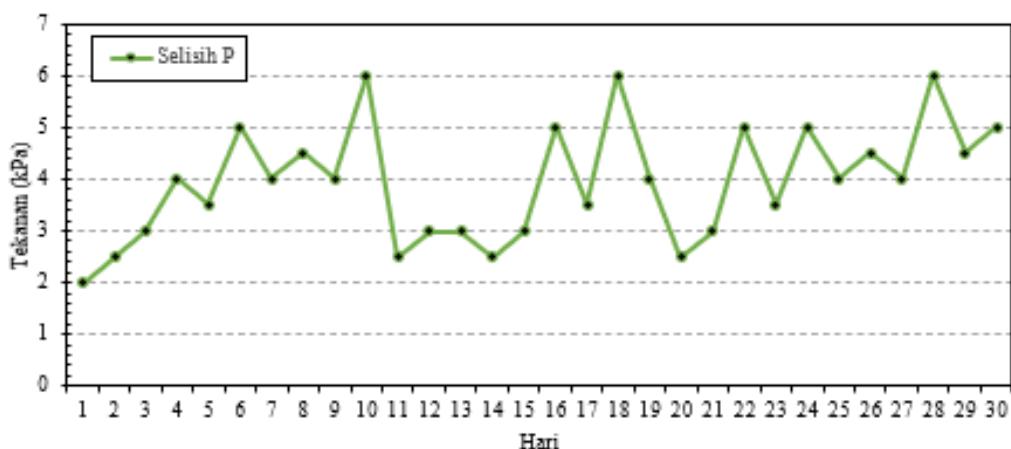
Hari ke-	P awal	V awal	P akhir	V akhir	$\Delta V$	$\Delta P$	Rerata V	Rerata P
7	107.3	2.0	103.3	2.077	77.44	4		
8	108.3	2.0	103.8	2.087	86.71	4.5		
9	108.3	2.0	104.3	2.077	76.70	4		
10	109.3	2.0	103.3	2.116	116.17	6		
11	107.3	2.0	104.8	2.048	47.71	2.5		
12	106.3	2.0	103.3	2.058	58.08	3		
13	106.3	2.0	103.3	2.058	58.08	3		
14	106.3	2.0	103.8	2.048	48.17	2.5		
15	107.3	2.0	104.3	2.058	57.53	3		
16	108.3	2.0	103.3	2.097	96.81	5		
17	108.3	2.0	104.8	2.067	66.79	3.5		
18	109.3	2.0	103.3	2.116	116.17	6		
19	107.3	2.0	103.3	2.077	77.44	4		
20	106.3	2.0	103.8	2.048	48.17	2.5		
21	107.3	2.0	104.3	2.058	57.53	3		
22	108.3	2.0	103.3	2.097	96.81	5		
23	108.3	2.0	104.8	2.067	66.79	3.5		
24	108.3	2.0	103.3	2.097	96.81	5		
25	107.3	2.0	103.3	2.077	77.44	4		
26	108.3	2.0	103.8	2.087	86.71	4.5		
27	108.3	2.0	104.3	2.077	76.70	4		
28	109.3	2.0	103.3	2.116	116.17	6		
29	109.3	2.0	104.8	2.086	85.88	4.5		
30	108.3	2.0	103.3	2.097	96.81	5		

## 1. Analisa Tekanan pada Reaktor Gas

Data hasil pengukuran menunjukkan adanya dua parameter utama, yaitu tekanan awal dan tekanan akhir selama periode pengamatan selama 30 hari. Tekanan awal merupakan kondisi tekanan gas yang dihasilkan pada saat sistem biomiru belum digunakan oleh masyarakat, sedangkan tekanan akhir menggambarkan kondisi tekanan setelah gas tersebut dimanfaatkan. Berdasarkan hasil pengolahan data, tekanan awal memiliki kisaran nilai antara 105,3 kPa hingga 109,3 kPa dengan nilai rata-rata sebesar 107,73 kPa. Sementara itu, tekanan akhir berkisar antara 103,3 kPa hingga 104,8 kPa dengan nilai rata-rata sebesar 103,80 kPa.

**Gambar 8.** Hasil Tekanan Awal dan Tekanan Akhir tiap Hari

Dari perbandingan antara kedua parameter tersebut, terlihat bahwa terjadi penurunan tekanan rata-rata sebesar sekitar 3,93 kPa (Gambar 9). Penurunan tekanan ini secara umum mencerminkan adanya proses pemanfaatan gas yang dihasilkan oleh sistem biomiru. Fenomena tersebut dapat diinterpretasikan sebagai keluarnya gas bio (terutama metana) yang digunakan untuk kebutuhan energi masyarakat, seperti memasak atau penerangan. Secara teknis, semakin besar selisih tekanan antara kondisi awal dan akhir menunjukkan tingkat konsumsi gas yang relatif tinggi, yang pada gilirannya menjadi indikator bahwa sistem biomiru berfungsi secara efektif.

**Gambar 9.** Selisih Tekanan

Apabila ditinjau secara temporal, tren data menunjukkan bahwa tekanan awal cenderung mengalami peningkatan pada beberapa hari pertama pengamatan, mencapai titik tertinggi sekitar hari ke-29, sebelum akhirnya relatif stabil mendekati akhir periode. Hal ini mengindikasikan bahwa proses fermentasi bahan organik dalam digester berlangsung secara optimal pada fase tengah masa pengamatan, sejalan dengan karakteristik sistem biogas yang umumnya mencapai puncak produksi setelah fase adaptasi mikroorganisme selesai. Sebaliknya, tekanan akhir menunjukkan fluktuasi yang

lebih kecil dengan standar deviasi sebesar 0,59 kPa, yang menandakan kestabilan penggunaan gas oleh masyarakat.

Perbedaan signifikan antara tekanan awal dan tekanan akhir juga dapat mencerminkan keseimbangan antara laju produksi dan konsumsi gas dalam sistem biomiru. Apabila tekanan akhir relatif konstan pada kisaran 103–104 kPa, hal ini menandakan bahwa laju pemanfaatan gas sebanding dengan laju pembentukan gas baru, sehingga tidak terjadi akumulasi tekanan berlebih di dalam digester. Kondisi semacam ini penting untuk menjamin keamanan sistem, mengingat tekanan yang terlalu tinggi dapat menimbulkan risiko kebocoran atau kerusakan komponen penampung gas.

Selain itu, variasi tekanan awal yang cukup tinggi (standar deviasi 1,04 kPa) dapat disebabkan oleh perbedaan kondisi lingkungan seperti suhu dan kadar bahan organik yang masuk ke dalam digester setiap harinya. Faktor eksternal tersebut memengaruhi aktivitas mikroorganisme metanogenik yang berperan dalam proses pembentukan biogas. Dengan demikian, kestabilan tekanan pada akhir periode menunjukkan bahwa sistem biomiru yang diuji telah mencapai kondisi keseimbangan dinamis antara proses produksi dan konsumsi.

Secara keseluruhan, hasil pengamatan ini memperlihatkan bahwa sistem biomiru mampu menghasilkan gas secara konsisten dengan tingkat efisiensi yang baik. Penurunan tekanan dari awal ke akhir bukan merupakan indikasi kegagalan sistem, melainkan bukti bahwa energi yang dihasilkan benar-benar termanfaatkan oleh masyarakat. Keberlanjutan sistem ini bergantung pada pengaturan input bahan organik yang stabil serta pemeliharaan kondisi lingkungan digester agar aktivitas mikroorganisme tetap optimal. Dengan demikian, biomiru terbukti memiliki potensi signifikan dalam mendukung kemandirian energi masyarakat pedesaan melalui pemanfaatan sumber daya organik yang berkelanjutan.

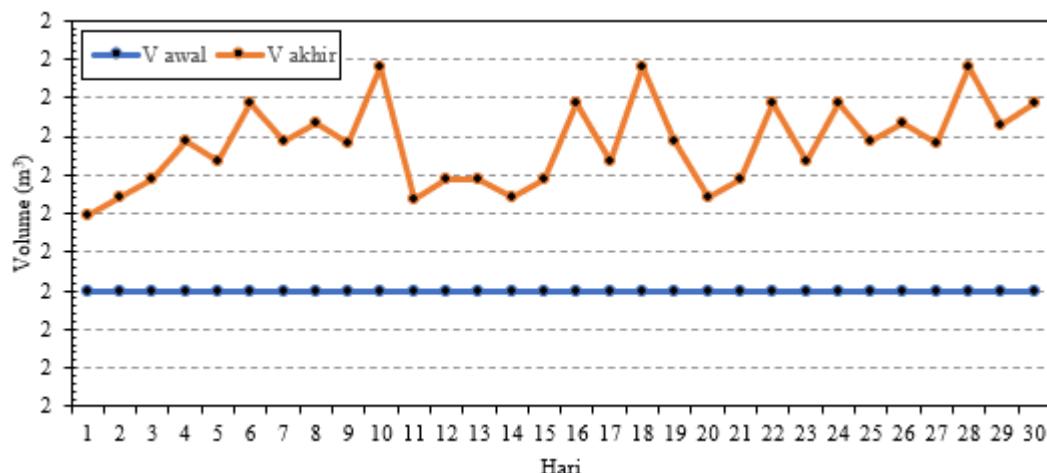
## 2. Analisa Volume pada Reaktor Gas

Data hasil pengamatan volume gas biometana pada sistem biomiru selama 30 hari menunjukkan adanya dinamika peningkatan yang konsisten dari hari ke hari (Gambar 10). Volume awal pada setiap pengamatan bersifat konstan sebesar 2 liter, sedangkan volume akhir mengalami kenaikan dengan nilai rata-rata 2,0758 liter dan kisaran antara 2,0387 hingga 2,1162 liter. Berdasarkan selisih antara kedua parameter tersebut, diperoleh rata-rata peningkatan volume gas biometana ( $\Delta V$ ) sebesar 75,84 mililiter per hari, dengan rentang variasi antara 38,72 ml hingga 116,17 ml (Gambar 11). Nilai standar deviasi  $\Delta V$  sebesar 21,79 ml menunjukkan adanya fluktuasi tingkat produksi gas antarhari yang masih dalam batas wajar untuk sistem biogas skala rumah tangga.

Peningkatan nilai  $\Delta V$  dari hari ke hari menggambarkan bahwa proses fermentasi anaerob di dalam digester biomiru berlangsung secara progresif dan stabil. Pada fase awal (hari ke-1 hingga hari ke-10), nilai  $\Delta V$  relatif rendah dengan rata-rata sekitar 50 ml per hari. Hal ini dapat diinterpretasikan sebagai fase adaptasi mikroorganisme metanogenik terhadap kondisi lingkungan di dalam digester. Dalam fase ini, mikroorganisme mulai memecah senyawa organik kompleks seperti karbohidrat, protein, dan lemak menjadi senyawa sederhana, namun produksi gas metana masih terbatas.

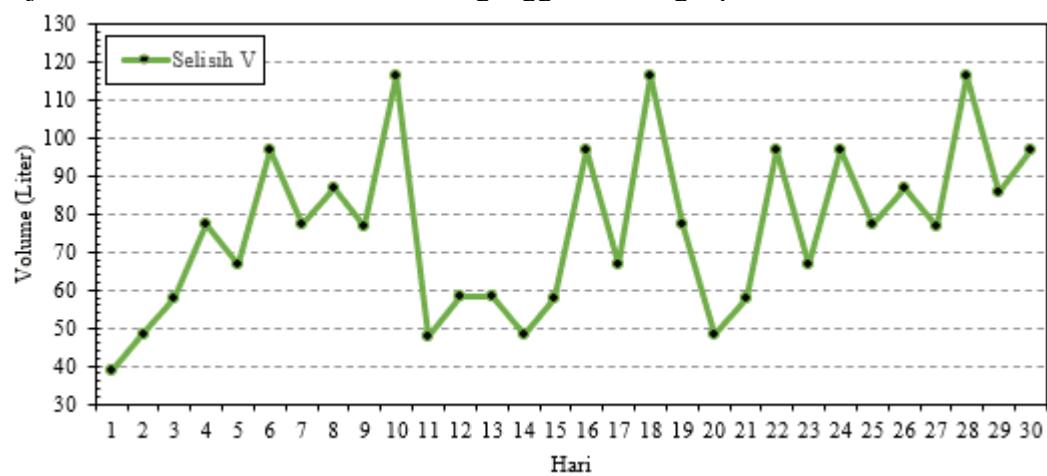
Memasuki fase pertengahan (hari ke-11 hingga ke-20), volume gas yang dihasilkan menunjukkan peningkatan signifikan.  $\Delta V$  meningkat hingga di atas 80 ml per hari dan mencapai puncaknya mendekati hari ke-27 hingga hari ke-30, dengan volume gas maksimum sekitar 116 ml per hari. Peningkatan ini menunjukkan bahwa aktivitas

mikroorganisme telah mencapai tahap optimum, di mana proses metanogenesis berlangsung secara intensif. Pada fase ini, kandungan substrat organik masih tersedia dalam jumlah cukup, serta kondisi lingkungan seperti suhu dan pH diduga berada dalam rentang ideal untuk pertumbuhan mikroba penghasil metana.



**Gambar 10.** Hasil Volume Awal dan Tekanan Akhir tiap Hari

Fase akhir pengamatan menunjukkan kecenderungan volume gas yang mulai stabil dengan fluktuasi kecil. Hal ini mengindikasikan bahwa sistem telah mencapai keseimbangan dinamis antara proses degradasi bahan organik dan pembentukan gas. Kestabilan  $\Delta V$  di akhir periode juga mencerminkan efisiensi sistem biomiru dalam mempertahankan produksi gas tanpa adanya indikasi penurunan tajam, yang sering kali terjadi akibat kehabisan substrat atau gangguan biologis pada sistem fermentasi.



**Gambar 11.** Selisih Volume

Secara keseluruhan, hasil ini memperlihatkan bahwa biomiru berfungsi secara efektif dalam mengonversi bahan organik menjadi energi gas yang dapat dimanfaatkan masyarakat. Peningkatan volume gas yang terukur melalui parameter  $\Delta V$  menandakan bahwa proses fermentasi berlangsung optimal sepanjang periode pengamatan. Dengan rata-rata produksi harian sebesar 75,84 ml, sistem ini memiliki potensi yang cukup besar untuk dikembangkan sebagai sumber energi alternatif berbasis limbah organik rumah tangga.

Selain itu, kestabilan produksi gas hingga akhir masa pengamatan menunjukkan bahwa sistem biomiru memiliki desain dan kapasitas yang sesuai dengan kebutuhan pengguna, terutama dalam konteks masyarakat pedesaan yang membutuhkan solusi energi terbarukan dengan biaya operasional rendah. Hasil ini juga memperkuat pentingnya pemeliharaan kondisi lingkungan digester seperti suhu, kelembapan, dan pH agar tetap optimal, karena faktor-faktor tersebut sangat memengaruhi aktivitas mikroorganisme dan konsistensi produksi gas biometana.

Dengan demikian, hasil pengukuran volume gas ini membuktikan bahwa sistem biomiru tidak hanya mampu menghasilkan energi terbarukan, tetapi juga berperan dalam pengelolaan limbah organik secara berkelanjutan. Produksi gas yang stabil dan terus meningkat hingga akhir periode menunjukkan potensi besar sistem ini dalam mendukung kemandirian energi serta mengurangi ketergantungan masyarakat terhadap bahan bakar fosil.

### 3. Analisa Kimia Laboratorium

Hasil pembahasan ini memberikan gambaran penting bagi pengembangan teknologi biomiru, khususnya dalam aspek manajemen substrat, pengendalian proses fermentasi, dan optimalisasi produksi gas. Ke depan, penelitian lanjutan diperlukan untuk mengevaluasi pengaruh variasi jenis sampah organik, rasio pencampuran, serta kondisi operasi (pH, suhu, dan kelembaban) terhadap stabilitas dan efisiensi produksi biogas. Dengan demikian, potensi biomiru sebagai teknologi ramah lingkungan dapat lebih dimaksimalkan untuk mendukung ketahanan energi dan pengelolaan sampah berkelanjutan.

**Tabel 2.** Hasil Uji Analisis Kimia Laboratorium Pengujian Fakultas Pertanian IPB

Parameter	Hasil	Satuan	Metode
C-Organik	0,03	%	IKLab-101-187 (Spektrofotometri)
pH	8,05		IKLab-104-190 (pH meter)
N-Total	0,016	%	IKLab-102-188 (Titrimetri)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Total	1,3×10 <sup>-3</sup>	%	IKLab-105-191 (AAS)
K <sub>2</sub> O Total	0,03	%	IKLab-105-191 (AAS)
Mg	3,8×10 <sup>-3</sup>	%	IKLab-105-191 (AAS)
Ca	4,00×10 <sup>-3</sup>	%	IKLab-105-191 (AAS)
Na	2,9×10 <sup>-3</sup>	%	IKLab-105-191 (AAS)
Fe Total	< 0,107	mg/L	IKLab-105-191 (AAS)
Zn Total	< 0,01	mg/L	IKLab-105-191 (AAS)
Mn	< 0,01	mg/L	IKLab-105-191 (AAS)
Cu	< 0,017	mg/L	IKLab-105-191 (AAS)
S	2,8×10 <sup>-3</sup>	mg/L	IKLab-105-191 (Spektrofotometri)
B	0,29	mg/L	IKLab-105-191 (Spektrofotometri)

Hasil analisis kimia menunjukkan bahwa sampel memiliki kandungan C-Organik sebesar 0,03% dan N-Total 0,016%, nilai ini tergolong sangat rendah jika dibandingkan dengan standar pupuk organik yang idealnya memiliki C-Organik >10% dan N-Total >0,4%. Rasio C/N yang sangat kecil menunjukkan bahwa bahan ini tidak

cocok digunakan langsung sebagai pupuk utama, melainkan lebih berperan sebagai residu dengan kontribusi unsur hara yang terbatas (Tabel 2).

Nilai pH 8,05 berada pada kondisi basa lemah. Hal ini cukup sesuai untuk proses fermentasi anaerob, karena pH mendekati netral hingga sedikit basa dapat mendukung aktivitas mikroorganisme metanogen. Dengan demikian, kondisi pH ini menguntungkan bagi produksi biogas dalam sistem biomiru.

Kandungan unsur makro lain, seperti  $P_2O_5$  (0,0013%),  $K_2O$  (0,03%), Mg (0,0038%), dan Ca (0,004%), juga relatif rendah. Unsur ini tetap berperan penting dalam menunjang pertumbuhan mikroorganisme dan menjaga keseimbangan kimia dalam sistem fermentasi, meskipun jumlahnya sangat terbatas. Keberadaan Na (0,0029%) masih dalam kisaran aman, namun tetap perlu diperhatikan agar tidak mengganggu aktivitas mikroba bila akumulasinya meningkat.

Unsur mikro seperti Fe, Zn, Mn, dan Cu terdeteksi dalam konsentrasi sangat kecil (di bawah batas deteksi metode), sehingga tidak berpotensi menimbulkan toksisitas terhadap mikroorganisme. Kandungan S (0,0028 mg/L) dan B (0,29 mg/L) masih relatif rendah, tetapi keberadaannya dapat memengaruhi kualitas residu hasil fermentasi bila digunakan sebagai bahan pemberah tanah.

Secara umum, hasil uji menunjukkan bahwa sampel memiliki nilai hara makro dan mikro yang rendah, namun kondisi pH basa lemah cukup mendukung proses fermentasi biogas. Dengan demikian, residu biomiru dari sampah organik lebih potensial digunakan sebagai pemberah tanah atau komponen tambahan dalam pupuk organik majemuk, bukan sebagai pupuk tunggal.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis tekanan dan volume pada sistem biomiru, dapat disimpulkan bahwa proses fermentasi anaerob yang berlangsung mampu menghasilkan gas biometana secara stabil dan berkelanjutan. Tekanan gas rata-rata menurun dari 107,73 kPa menjadi 103,80 kPa, menunjukkan bahwa gas yang dihasilkan benar-benar dimanfaatkan oleh masyarakat tanpa menimbulkan akumulasi berlebih di dalam digester. Sementara itu, volume gas yang dihasilkan ( $\Delta V$ ) menunjukkan peningkatan rata-rata sebesar 75,84 ml per hari dengan tren yang terus meningkat hingga mencapai kondisi stabil pada akhir periode pengamatan. Temuan ini membuktikan bahwa sistem biomiru berfungsi secara efektif dalam mengonversi bahan organik menjadi energi terbarukan, dengan efisiensi produksi yang baik dan kestabilan operasional yang tinggi. Dengan demikian, biomiru memiliki potensi signifikan untuk dikembangkan sebagai solusi pengelolaan limbah organik sekaligus penyedia energi alternatif berkelanjutan bagi masyarakat pedesaan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Angelidaki, I., & Ellegaard, L. (2003). Codigestion of Manure and Organic Wastes in Centralized Biogas Plants: Status and Future Trends. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 109(1–3), 95–106. <https://doi.org/10.1385/ABAB:109:1-3:95>
- Defriatno, M. E., Kamil, A. R. N. I., Fahrian, D., & Mewah Indah Ayu, H. (2023). Analisis Partisipasi Masyarakat dalam Program Pengelolaan Sampah Sungai Semangir Kecamatan Mangli Kabupaten Jember. *BIOSAPPHIRE: Jurnal Biologi Dan Diversitas*, 2(2), 91–97. <https://doi.org/10.31537/biosapphire.v2i2.1476>

- Defriatno, M. E., Rikhmasari, D. N., & Aswan, M. S. (2025). Analisis Kondisi Kelembaban dan Suhu Optimum untuk Pertumbuhan Maggot dalam Proses Penguraian Sampah Organik. *Jurnal Engineering*, 7(1), 24–31. <https://doi.org/http://doi.org/10.22437/jurnalengineering.v7i1.41266>
- Defriatno, M., Herdianto, A., & Ratih Purwandari, A. (2024). Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca dari Degradasi Popok Sekali Pakai di Kabupaten Jember dengan Metode IPCC Tier 1. *BIOSAPPHIRE: Jurnal Biologi Dan Diversitas*, 3(2), 72–82. <https://doi.org/10.31537/biosapphire.v3i2.2034>
- Eko Defriatno, M. (2023). Evaluasi Pengelolaan Sampah dengan Konsep 3R di Kecamatan Lumajang, Kabupaten Lumajang. *BIO-CONS: Jurnal Biologi Dan Konservasi*, 5(1), 238–244. <https://doi.org/10.31537/biocons.v5i1.1092>
- Eko Defriatno, M. (2025). Evaluasi Sistem Pengelolaan Sampah di Lokasi Wisata Kalipait Ijen dan Perancangan Sistem Pengelolaan Sampah Berkelanjutan. *JERNIH: Journal of Environmental Engineering and Hygiene*, 2(02), 1–12. <https://doi.org/10.31537/jernih.v2i02.2162>
- Krisdhianto, A., Muyasaroh, S., & Defriatno, M. (2023). Analisis Timbulan, Komposisi, Dan Potensi Pengolahan Sampah Kawasan Wisata Pantai Pulau Merah Banyuwangi. *JURNAL BIOSENSE*, 6(01), 60–72. <https://doi.org/10.36526/biosense.v6i01.2813>
- Lelono, A., Alfiyani, N. A., Intani, R. N., Dewi, R. F., & Sari, D. R. (2023). The Application of Composter Reactor Technology Using The Anaerobic Fermentation Method for Processing Organik Waste at a Residential Scale. *Jurnal Inovasi Sains Dan Teknologi Untuk Masyarakat*, 2(2), 79–90. <https://doi.org/10.19184/instem.v2i2.1516>
- Möller, K., & Müller, T. (2012). Effects of anaerobic digestion on digestate nutrient availability and crop growth: A review. *Engineering in Life Sciences*, 12(3), 242–257. <https://doi.org/10.1002/elsc.201100085>
- Peraturan Menteri Tentang Petunjuk Teknis Penggunaan Dana Alokasi Khusus Bidang Energi Skala Kecil Tahun Anggaran 2016, 1 (2016).
- Restiawan, R. A., & Agriesta, D. (2022). Sampah di Banyuwangi Capai 1.245 Ton Per Hari, Didominasi Plastik. *KOMPAS*, 1. <https://surabaya.kompas.com/read/2022/08/04/080402778/sampah-di-banyuwangi-capai-1245-ton-per-hari-didominasi-plastik?page=all>
- Setyawan, B., Utami, A. U., & Defriatno, M. E. (2025). Pembuatan Cairan Eco-Enzyme sebagai Solusi Pengelolaan Sampah Organik Rumah Tangga melalui Teknologi Shred-Chopper di Desa Tapanrejo Banyuwangi. *Jurnal ABDINUS: Jurnal Pengabdian Nusantara*, 9(1), 34–45. <https://doi.org/10.29407/ja.v9i1.23501>
- Steven, S., Imamah, D. Y., Amalia, S., Akbar, S. H., Alfaidah, C., Nurhalisa, S., Fakhrioh, L. I., Kirana, K., & Rokhmah, D. (2025). Processing of Livestock Waste into Manure in Mandiro Village, Bondowoso Regency Towards a Healthy Village. *CONSEN: Indonesian Journal of Community Services and Engagement*, 5(1), 26–36. <https://doi.org/10.57152/consen.v5i1.1637>
- Ummul Hasanah, H., Suparwanto, A., Sari, D. N. R., & Zuhro, F. (2020). Efektivitas Pemanfaatan Briket Tebu Hasil Buangan Limbah Pabrik Gula sebagai Pupuk Organik terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi (*Brassica Juncea*). *Jurnal Bio-Cons: Jurnal Biologi Dan Konservasi*, 2(1), 13–18. <https://doi.org/https://doi.org/10.31537/biocons.v2i1.328>

Zhang, R., Elmashad, H., Hartman, K., Wang, F., Liu, G., Choate, C., & Gamble, P. (2007). Characterization of food waste as feedstock for anaerobic digestion. *Bioresource Technology*, 98(4), 929–935. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.02.039>