

Produksi Biogas Dengan Campuran Kotoran Sapi Dan Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*)

Achmad Anwari¹, Adang Saepudin², Sutrisno³, Afif Khaerul⁴

¹Program Studi Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Texmaco, Indonesia

²³⁴Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Texmaco, Indonesia

Email : arsawimax@gmail.com, adangsaepudin@gmail.com

Received 26 Agustus 2025 | Revised 15 September 2025 | Accepted 26 September 2025

ABSTRAK

Biogas merupakan sumber energi terbarukan yang dihasilkan melalui fermentasi anaerob bahan organik oleh mikroorganisme, dengan metana (CH₄) sebagai komponen utama. Penelitian ini mengevaluasi potensi produksi biogas dari campuran kotoran sapi dan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dalam tiga rasio: 1:1, 1:2, dan 2:1. Fermentasi dilakukan selama 15 hari dalam reaktor berkapasitas 19 liter, menggunakan EM4 sebagai bioaktivator. Tekanan diukur dengan manometer U dan volume gas dihitung berdasarkan volume ban dalam motor. Hasil menunjukkan bahwa rasio 2:1 menghasilkan tekanan tertinggi sebesar 103,481 N/m² dan volume maksimum 47,2 liter. Suhu fermentasi berkisar antara 24–27°C, sesuai untuk mikroba mesofilik. Dominasi kotoran sapi mempercepat dekomposisi dan meningkatkan produksi gas, sedangkan eceng gondok berfungsi sebagai bahan tambahan yang memanfaatkan limbah air. Kombinasi ini menunjukkan potensi sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Kata kunci: Biogas, Kotoran sapi, Eceng gondok, Fermentasi, Energi terbarukan.

ABSTRACT

*Biogas is a renewable energy source produced through anaerobic fermentation of organic matter by microorganisms, with methane (CH₄) as the main component. This study evaluated the potential for biogas production from a mixture of cow dung and water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in three ratios: 1:1, 1:2, and 2:1. Fermentation was carried out for 15 days in a 19-liter reactor, using EM4 as a bioactivator. Pressure was measured with a U-shaped manometer and gas volume was calculated based on the volume of a motorcycle inner tube. The results showed that the 2:1 ratio produced the highest pressure of 103,481 N/m² and a maximum volume of 47.2 liters. The fermentation temperature ranged from 24–27°C, suitable for mesophilic microbes. The dominance of cow dung accelerated decomposition and increased gas production, while water hyacinth served as an additive that utilized wastewater. This combination shows potential as an environmentally friendly and sustainable alternative energy source.*

Keywords: Biogas, Cow dung, Water hyacinth, Fermentation, Renewable energy.

1. PENDAHULUAN

Krisis energi dan dampak lingkungan akibat penggunaan bahan bakar fosil mendorong dunia untuk mencari solusi energi alternatif yang berkelanjutan. Indonesia, sebagai negara berkembang dengan tingkat konsumsi energi yang terus meningkat, menghadapi tantangan besar dalam memenuhi kebutuhan energi tanpa mengorbankan kelestarian lingkungan[1]. Salah satu sumber energi terbarukan yang potensial untuk dikembangkan adalah biogas, yakni gas yang dihasilkan melalui proses fermentasi anaerob bahan organik oleh mikroorganisme, dengan metana (CH_4) sebagai komponen utama. Dengan bertambahnya pemahaman tentang pentingnya keberlangsungan lingkungan, ada kebutuhan untuk menemukan dan mengembangkan sumber energi alternatif yang lebih ramah lingkungan dan terbarukan. Salah satu pilihan sumber energi alternatif yang menjanjikan adalah biogas. Biogas dihasilkan melalui proses fermentasi tanpa oksigen pada bahan organik oleh mikroorganisme, dan mengandung gas utama metana (CH_4), yang memiliki kandungan energi tinggi dan dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar fosil[2]. Penggabungan kotoran sapi dan eceng gondok sebagai bahan baku biogas diharapkan mampu meningkatkan efisiensi produksi gas. Penambahan bioaktivator seperti EM4 (Effective Microorganism 4) dapat mempercepat proses fermentasi dengan meningkatkan populasi mikroorganisme pengurai. Kombinasi ini tidak hanya mendukung konversi limbah menjadi energi, tetapi juga membantu mengatasi pencemaran lingkungan, khususnya di daerah yang terdampak oleh pertumbuhan eceng gondok yang tidak terkendali. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi rasio campuran kotoran sapi dan eceng gondok terhadap tekanan dan volume biogas yang dihasilkan dalam proses fermentasi anaerob. Tiga variasi rasio yang digunakan adalah 1:1, 1:2, dan 2:1. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pemanfaatan limbah organik menjadi energi alternatif yang ramah lingkungan dan aplikatif bagi masyarakat.

2. METODE

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium STT Texmaco Subang, Kec. Cipendeuy, Kab. Subang. Penelitian ini adalah penelitian eksperimental untuk mengetahui tekanan dan volume biogas dari hasil fermentasi kotoran sapi, eceng gondok, dan EM4 pada reaktor biogas yang terbuat dari galon bekas, ban dalam motor, dan manometer yang terbuat dari selang.

2.1 Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan beberapa bahan organik serta peralatan sederhana untuk menunjang proses fermentasi anaerob. Bahan utama yang digunakan meliputi limbah ternak sapi sebagai sumber utama metana, tanaman eceng gondok yang berfungsi sebagai bahan tambahan lignoselulosa, air sebagai pelarut, dan EM4 (Effective Microorganisms 4) untuk mempercepat proses fermentasi. Sedangkan peralatan yang digunakan meliputi galon plastik sebagai digester, ban dalam motor sebagai penampung gas, serta perlengkapan tambahan seperti, ember plastik, corong, selang ukuran $\frac{1}{4}$ dan timbangan digital.

2.2 Pengertian Kotoran Sapi

Kotoran sapi adalah produk limbah organik yang berasal dari sistem pencernaan sapi, terdiri dari feses dan urin, yang dikeluarkan secara rutin sebagai bagian dari proses metabolisme makanan. Kotoran sapi termasuk salah satu jenis bahan organik yang kaya akan nutrisi dan mikroba, terutama bakteri yang dapat menghasilkan metana, yang memiliki peranan penting dalam fermentasi anaerob untuk menghasilkan biogas. Dalam hal kandungan, kotoran sapi mengandung unsur hara seperti nitrogen, fosfor, dan kalium, serta senyawa karbon organik

dan serat selulosa yang mendukung pertumbuhan mikroorganisme penghasil gas metana. Dengan kadar air yang tinggi, kotoran sapi menjadi media yang sempurna untuk digunakan dalam produksi biogas tanpa perlu menambah air secara berlebihan. Kotoran hewan ternak juga bisa mengandung protozoa, bakteri, dan virus. Berikut adalah isi tingkat nutrisi dari berbagai jenis kotoran hewan [3].

Tabel 1. Kandungan kadar hara pada kotoran ternak

Jenis Ternak	Kadar Hara (%)		
	Nitrogen	Fosfor	Kalium
Kuda	0,55	0,30	0,40
Sapi	0,40	0,20	0,10
Kerbau	0,60	0,30	0,34
Kambing	0,60	0,30	0,17
Domba	0,75	0,50	0,45
Babi	0,95	0,35	0,40
Ayam	1,00	0,80	0,40

2.3 Pengertian Eceng Gondok

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) merupakan salah satu spesies tumbuhan air yang dapat mengapung dan telah menyebar secara luas di berbagai area perairan di Indonesia. Tumbuhan ini dinilai sebagai gulma akuatik karena laju pertumbuhannya yang sangat pesat. Dengan tingkat kandungan selulosanya yang tinggi, eceng gondok dapat diolah menjadi biogas melalui metode pengolahan pencernaan anaerob[4].

2.4 Pengertian EM4

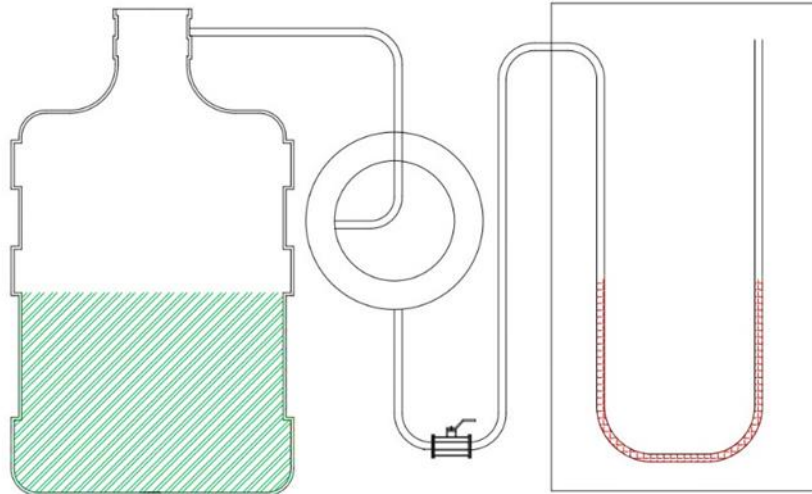
Pada tahun 1980, Profesor Dr. Teruo Higa dari Okinawa, Jepang, menciptakan teknologi untuk memproses bahan organik melalui fermentasi. Teknologi ini dikenal dengan sebutan Effective Microorganism (EM). Penelitian dan penerapan metode fermentasi masih terbatas pada pembuatan pakan hewan, pengolahan limbah organik, dan pemupukan tanah. Di Indonesia, kita telah mengenal proses fermentasi melalui pembuatan tempe dari kedelai, tauco, kecap, serta fermentasi susu untuk menghasilkan keju, yogurt, dan berbagai produk fermentasi lainnya yang diproduksi oleh mikroorganisme yang efektif [5].



Gambar 1. EM4 (Effective Microorganism)

2.5 Prosedure Penelitian.

Tahap awal dari penelitian ini adalah merancang dan merakit reaktor biogas dari galon bekas air mineral, dan dirangkai seperti Gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Reaktor Biogas dan Bahan

Setelah reaktor biogas dari galon bekas dirangkai, tahap berikutnya adalah menyiapkan bahan untuk pembuatan biogas dengan perbandingan 1:1 (kotoran sapi 3kg : eceng gondok 3kg), 1:2 (kotoran sapi 2kg : eceng gondok 4kg), dan 2:1 (kotoran sapi 4kg : eceng gondok 2kg), 4 liter air dan ditambah 30 ml EM4, dan campur bahan menjadi satu hingga berbentuk seperti lumpur pada ember penampung sementara. Fermentasi kotoran sapi dan eceng gondok yang telah dicampur kedalam galon bekas yang telah dirancang sebagai reaktor biogas yang memiliki fungsi sebagai digester, kemudian biogas hasil dari fermentasi dialirkan melalui selang untuk menuju ke ban dalam motor penampung gas dan akan menghasilkan gas metana (CH₄).

2.6 Perhitungan Tekanan Gas

Tekanan biogas adalah besarnya gaya yang diberikan oleh gas hasil fermentasi anaerob terhadap dinding reaktor tertutup tempat gas tersebut terkumpul. Tekanan ini terbentuk seiring bertambahnya volume gas yang dihasilkan oleh mikroorganisme saat mendegradasi bahan organik seperti kotoran sapi dan eceng gondok. Dalam penelitian ini, pengukuran tekanan biogas dilakukan menggunakan manometer U, yaitu alat sederhana berbentuk tabung berbentuk huruf "U" yang diisi air sebagai fluida indikator.

$$P_g = P_{udara} + \rho \cdot g \cdot h \quad (1)$$

Keterangan :

- P_g** = Tekanan Biogas (N/m³)
- P_{udara}** = Tekanan udara luar (101.325 N/m²)
- ρ** = Massa jenis (1000 kg/m³)
- g** = Gravitasi bumi (9,8 m/s²)
- h** = Perbedaan tinggi air (m)

2.7 Perhitungan Volume Biogas

Volume biogas adalah ruang yang dapat digunakan untuk menyimpan gas yang dihasilkan dari proses fermentasi bahan organik. Pada penelitian ini, wadah yang dipakai untuk menyimpan biogas adalah ban dalam motor, yang memiliki bentuk menyerupai torus atau cincin donat. Oleh sebab itu, kapasitas biogas yang dapat ditampung tergantung pada ukuran dan bentuk ban tersebut. Untuk mengetahui seberapa banyak gas yang dapat ditampung, diperlukan perhitungan volume dari ruang di dalam ban yang dirumuskan sebagai berikut:

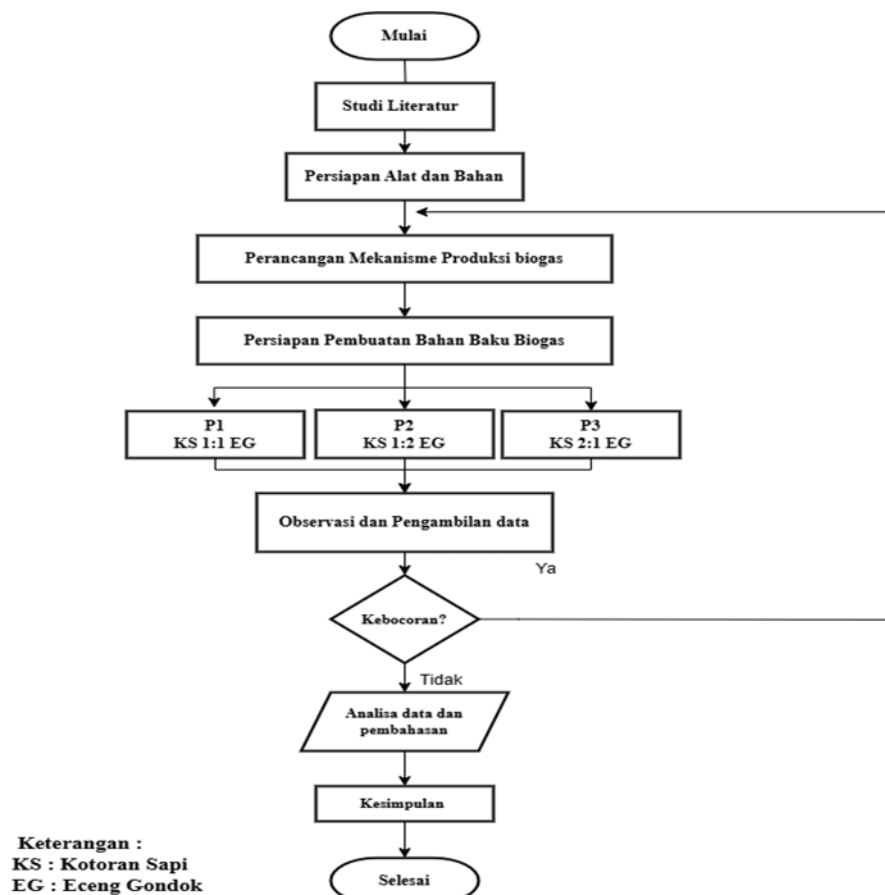
$$V = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot L \quad (2)$$

Keterangan :

- D = diameter luar ban (cm)
- d = diameter dalam ban (cm)
- L = keliling atau panjang lingkaran pusat ban (rata-rata)
- $\pi = 3,14$

2.8 Flowchart

flowchart atau bagian alur adalah diagram yang menampilkan langkah-langkah dan keputusan untuk melakukan sebuah proses dari suatu penelitian.

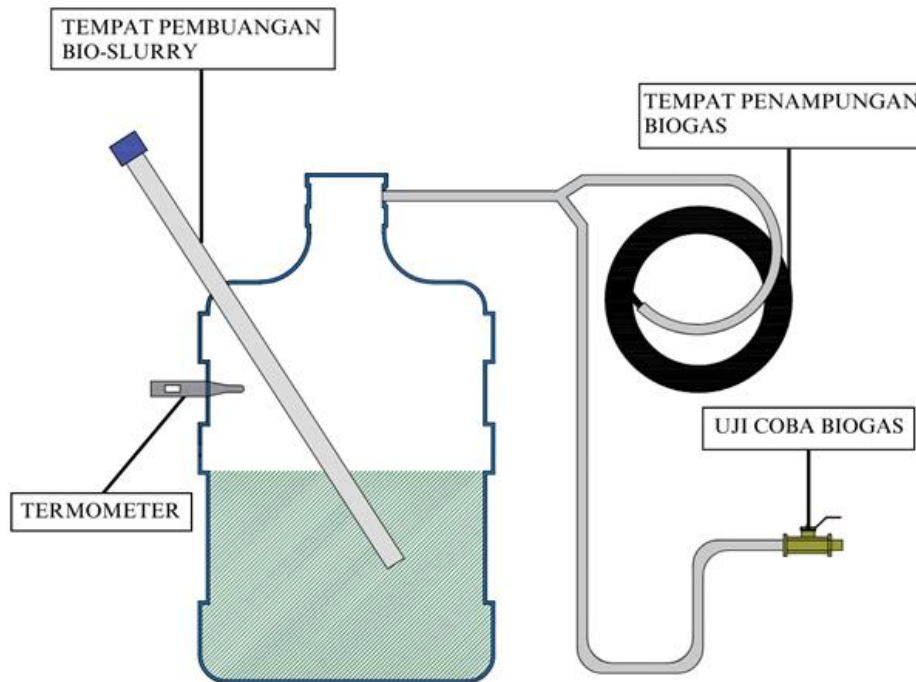


Gambar 3. Flowchart

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Proses Fermentasi

Pada penelitian ini reaktor biogas menggunakan sebuah galon plastik ukuran 19 liter sebagai wadah fermentasi biogas kemudian dibuat saluran inlet dan outlet pada bagian badan galon tersebut. Adapun outlet sebagai tempat uji dari alat penelitian seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Reaktor Biogas dengan Kapasitas 19 liter

Komposisi bahan baku biogas yang dibutuhkan untuk volume limbah padat dan cair sebanyak $\frac{3}{4}$ dari volume digester yaitu 19 liter, adapun variasi campuran substrat yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada tabel.

Tabel 2. Variasi Campuran Substrat

Variasi	Komposisi bahan baku biogas				
	Rasio	Kotoran sapi (Kg)	Eceng gondok (Kg)	Air (L)	Em4 (Mm)
P1	1:1	3	3	3	30
P2	1:2	2	4	3	30
P3	2:1	4	2	3	30

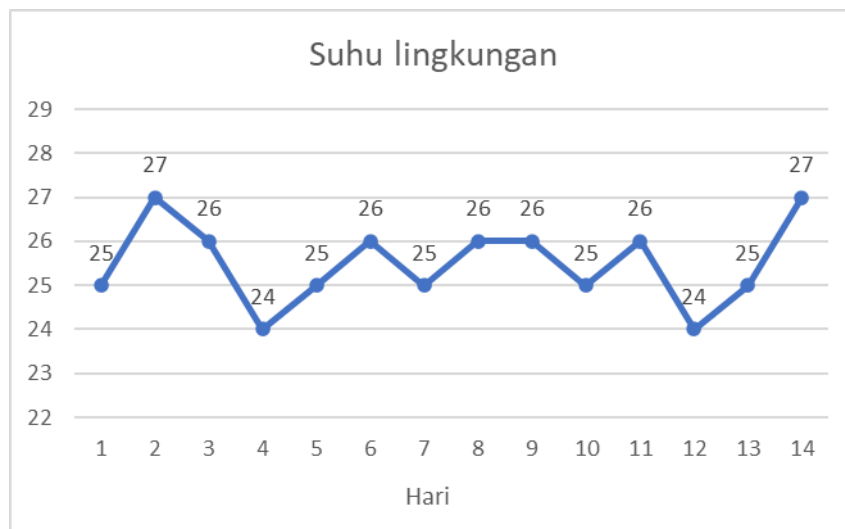
Hasil pencampuran bahan baku biogas yang sudah sesuai dengan variasi campuran lalu diaduk secara merata agar hasil dari proses fermentasi anaerob dapat optimal. Pada penelitian metode yang digunakan menggunakan tipe *batch* dimana digester tanpa menggunakan oksigen. Selama proses fermentasi biogas berlangsung dilakukan pengumpulan data berupa temperatur lingkungan dan tekanan biogas yang diukur setiap hari pada pukul 21:00 WIB selama 15 hari. Adapun data yang diambil untuk analisis dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 3

Tabel 3. Variabel Data

Variabel	Satuan	Variasi nilai
Temperatur lingkungan	°C	15 hari
Tekanan digester	N/m ²	
Volume Biogas	Cm ³	

3.2 Hasil Pengamatan Suhu Lingkungan Selama Fermentasi.

Pengukuran suhu lingkungan dilakukan setiap malam pada pukul 21:00 selama dua minggu. data suhu menunjukkan fluktuasi yang tidak terlalu besar, dalam kisaran temperatur dari 24°C hingga 27°C. Suhu tertinggi dicatat pada hari kedua dan hari keempat belas dengan angka 27°C, sedangkan suhu terendah terjadi pada hari keempat dan hari kedua belas dengan nilai 24. Berikut adalah grafik suhu lingkungan selama pengamatan.



Gambar 4. Grafik Suhu Lingkungan Selama Fermentasi

Suhu memiliki peran penting dalam proses fermentasi biogas karena suhu langsung mempengaruhi aktivitas mikroorganisme yang menguraikan bahan organik menjadi gas (seperti metana dan karbon dioksida). stabilitas suhu direntang ini menunjukkan kondisi lingkungan yang cukup optimal bagi mikroorganisme mesofilik yang biasanya aktif pada suhu 25°C - 35°C. Hal ini penting karna aktivitas mikroorganisme dalam fermentasi biogas sangat dipengaruhi oleh suhu.

3.3 Hasil Gas Fermentasi

Pengamatan tinggi gas hasil fermentasi dilakukan selama 15 hari pada tiga rasio pengamatan, yaitu 1:1, 1:2, dan 2:1. hasil menunjukkan peningkatan tinggi gas yang konsisten dari hari ke hari di setiap rasio. pada awal pengamatan (hari ke-1), tinggi gas masih sangat rendah disemua rasio (1 cm), namun seiring waktu terjadi peningkatan yang signifikan. Berikut Tabel hasil pengamatan.

Tabel 4. Hasil Pengamatan Gas Fermentasi

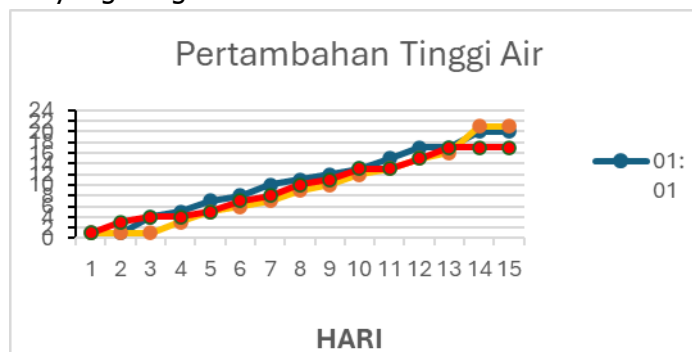
harike-	01:01	01:02	02:01
1	1 cm	1 cm	1 cm
2	1 cm	3 cm	1 cm
3	4 cm	4 cm	1 cm
4	5 cm	4 cm	3 cm
5	7 cm	5 cm	5 cm
6	8 cm	7 cm	6 cm
7	10cm	8 cm	7 cm
8	11cm	10cm	9 cm
9	12cm	11cm	10cm
10	13cm	13cm	13cm
11	15cm	13cm	13cm
12	17cm	15cm	15cm
13	17cm	16cm	16cm
14	20cm	17cm	22cm
15	20cm	17cm	22cm

3.4 Hasil Pengukuran Tinggi Gas pada Manometer.

Data pengukuran ketinggian air pada manometer U digunakan untuk menunjukkan seberapa besar tekanan gas yang dihasilkan selama fermentasi. Terdapat tiga perbandingan bahan yang diterapkan, yaitu 1:1, 1:2, dan 2:1. Semakin besar perbedaan ketinggian air di dalam manometer, semakin tinggi pula tekanan yang dihasilkan oleh gas biogas.

Pada awal pengamatan (hari pertama), semua campuran menunjukkan ketinggian yang seragam, yaitu 1 cm, yang mengindikasikan bahwa gas belum terbentuk dalam jumlah yang signifikan. Namun, seiring berjalannya proses fermentasi, terdapat peningkatan yang jelas pada ketinggian kolom air, terutama setelah hari keempat. Campuran 1:1 menunjukkan peningkatan secara bertahap dari 1 cm menjadi 20 cm pada hari ke-15. Campuran 1:2 juga menunjukkan peningkatan dari 1 cm menjadi 17 cm, sedangkan campuran 2:1 mencatat hasil tertinggi dengan kenaikan dari 1 cm menjadi 22 cm. Peningkatan tertinggi teramati pada campuran 2:1, yang mencatat 22 cm pada hari ke-14 dan ke-15.

Ini menunjukkan bahwa campuran bahan dengan rasio 2:1 lebih efisien dalam memproduksi tekanan gas, mungkin dikarenakan kandungan bahan organik yang lebih tinggi atau konsentrasi padatan yang sangat sesuai untuk aktivitas mikroba metanogen.



Gambar 5. Grafik Pertambahan Tinggi Air

- Pengamatan pertambahan tinggi air selama 15 hari fermentasi menunjukkan tren kenaikan yang signifikan pada ketiga rasio campuran bahan, yaitu 01:01, 02:01, dan 01:02. Grafik pertambahan tinggi air ini merepresentasikan akumulasi tekanan biogas yang terbentuk dalam sistem tertutup, di mana tekanan gas mendorong kolom air dalam manometer U.
- Rasio 01:01 (ditandai dengan garis biru) menunjukkan pertumbuhan tertinggi secara konsisten sejak hari ke-4 hingga hari ke-13, dengan pertambahan tinggi air mencapai 20 cm pada hari ke-14 dan ke-15. Ini menunjukkan bahwa rasio 01:01 memberikan hasil produksi gas yang lebih stabil dan signifikan dibandingkan perlakuan lainnya.
- Rasio 02:01 (garis oranye) sempat berada di bawah dua rasio lain hingga hari ke-10, namun kemudian menunjukkan peningkatan drastis dan mencapai puncaknya di angka 21 cm pada hari ke-14, menjadi nilai tertinggi di antara semua perlakuan. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun gas tidak langsung terbentuk dalam jumlah besar, akumulasi gas pada akhir fermentasi sangat tinggi, mungkin disebabkan oleh waktu dekomposisi substrat yang lebih lambat namun lebih efisien.
- Sementara itu, rasio 01:02 (garis merah) memperlihatkan laju pertambahan tinggi air yang stabil namun lebih rendah dari dua perlakuan lainnya, dan berhenti pada 17 cm mulai hari ke-14, menunjukkan bahwa produksi gas cenderung menurun atau mengalami stagnasi pada akhir masa fermentasi.

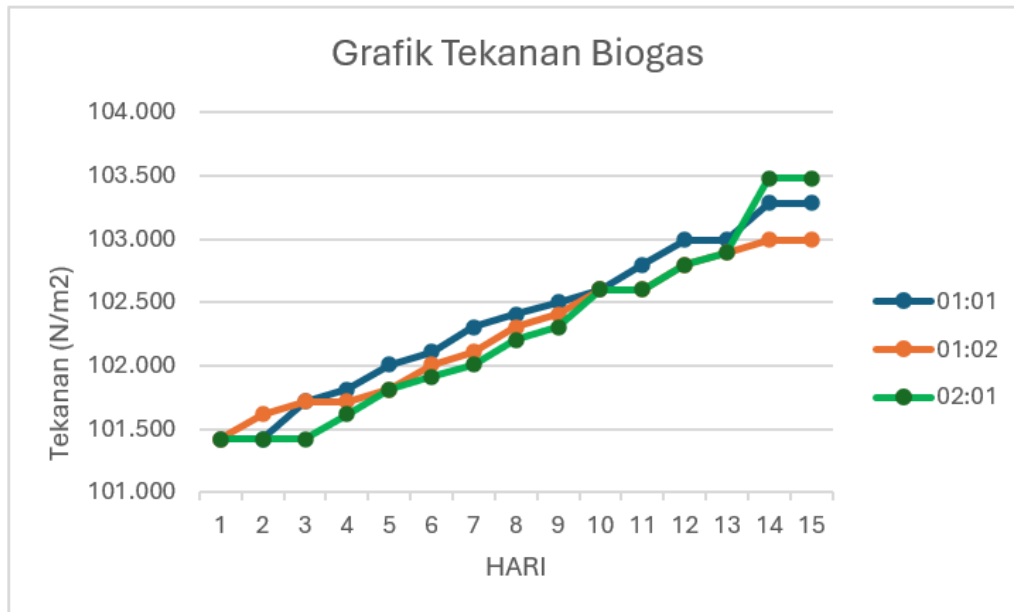
3.5 Tekanan Biogas

Pada perbandingan 1:1, tekanan awal tercatat pada 101,423 N/m² dan naik secara konsisten hingga mencapai puncak 103,285 N/m². Pola yang mirip juga terlihat pada perbandingan 1:2, di mana tekanan puncaknya sedikit lebih rendah, yaitu 102,991 N/m². Di sisi lain, perbandingan 2:1 menunjukkan kinerja terbaik dalam hal pembuatan tekanan gas tertinggi, mencapai 103,481 N/m² pada akhir observasi.

Tabel 5. Hasil Tekanan Biogas

01:01	01:02	02:01
101.423	101.423	101.423
101.423	101.619	101.423
101.717	101.717	101.423
101.815	101.717	101.619
102.011	101.815	101.815
102.109	102.011	101.913
102.305	102.109	102.011
102.403	102.305	102.207
102.501	102.403	102.305
102.599	102.599	102.599
102.795	102.599	102.599
102.991	102.795	102.795
102.991	102.893	102.893
103.285	102.991	103.481
103.285	102.991	103.481

Temuan ini mengindikasikan bahwa variasi komposisi bahan berdampak besar pada jumlah gas yang dihasilkan. Perbandingan 2:1 terbukti paling efektif dalam menghasilkan tekanan yang tertinggi, menunjukkan bahwa dominasi bahan kering kemungkinan mempercepat proses fermentasi dan produksi gas. Berikut grafik hasil tekanan pada biogas.



Gambar 6. Grafik Tekanan Biogas

Dari grafik tersebut, dapat ditarik kesimpulan bahwa jenis komposisi bahan sangat berpengaruh terhadap hasil tekanan biogas. Komposisi 2:1, yang mungkin memiliki kandungan bahan organik kaya energi yang lebih tinggi, memberikan hasil yang paling optimal. Hal ini menunjukkan bahwa pilihan formulasi bahan fermentasi yang tepat dapat meningkatkan efisiensi dalam produksi biogas.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai produksi biogas dari campuran kotoran sapi dan eceng gondok dengan variasi rasio 1:1, 1:2, dan 2:1 selama 15 hari fermentasi secara anaerob, maka didapatkan data sebagai berikut:

1. Dari tiga variasi komposisi yang di uji 1:1 (103.285 N/m^2), 1:2 (102.991 N/m^2), dan rasio 2:1 (103.481 N/m^2) (kotoran sapi : eceng gondok) menunjukkan hasil paling optimal dalam produksi tekanan dan volume biogas. Hal ini diduga karena kandungan bahan organik dan mikroba penghasil metana dalam kotoran sapi lebih dominan pada rasio ini. Dari data diatas dapat kita simpulkan rasio campuran bahan sangat mempengaruhi tekanan biogas yang dihasilkan.
2. Puncak tingkat produksi biogas terjadi pada hari ke-14 hingga ke-15, dengan tekanan maksimum sebesar 103.481 N/m^2 pada rasio 2:1, sementara volume maksimal biogas yang bisa ditampung mencapai 47.2 liter atau 47.224 cm^3 , sesuai dengan hasil perhitungan menggunakan rumus geometri torus (donut).
3. Suhu lingkungan selama fermentasi berada dalam rentang 24 hingga 27, yang merupakan suhu optimal untuk aktivitas mikroorganisme mesofilik, mendukung proses pembentukan biogas secara efisien.

4. Eceng gondok terbukti dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambahan pembuatan biogas, meskipun hasil terbaik tetap dicapai ketika rasio komposisi kotoran sapi lebih besar, Hal ini menunjukkan potensi eceng gondok dalam pengolahan limbah dan energi alternatif.

5. DAFTAR RUJUKAN

- [1]. V. Alapján-, "Produksi bioagas dari campuran kotoran sapi," pp. 1–23, 2016.
- [2]. M. Sri Wahyuni, "Panduan Praktis Biogas," Penebar Swadaya.
- [3]. H. O. dan N. C. B. Buckman, "Ilmu Tanah. Bharata Karya Aksara."
- [4]. E. Sarwono, F. Subekti, and B. N. Widiarti, "Eichhornia Crassipes Mixture Variation Effect and Cow Rumination Content on Biogas Production," *Environ. Technol. J.*, 2018.
- [5]. Deli Rahmalia Sumady, "Pengaruh suhu, rasio C/N dan Penambahan Bioaktivator Em4 terhadap produksi biogas dari sampah buah-buahan," pp. 69–73, 2008.
- [6]. D. Irawan and E. Suwanto, "Pengaruh Em4 (Effective Microorganisme) Terhadap Produksi Biogas Menggunakan Bahan Baku Kotoran Sapi," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 1, pp. 44–49, 2017, doi: 10.24127/trb.v5i1.118.
- [7]. A. Yonathan, A. R. Prasetya, and B. Pramudono, "Produksi Biogas Dari Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*): Kajian Konsistensi Dan Ph Terhadap Biogas Dihasilkan," *J. Teknol. Kim. dan Ind.*, 2013.
- [8]. S. W. TRY, "FERMENTASI ANAEROB DARI CAMPURAN KOTORAN AYAM DAN KOTORAN SAPI DALAM PROSES PEMBUATAN BIOGAS," *JURNAL ILMIAH UNAND 2*.
- [9] Appels, Lise, Ado Van Assche, Kris Willems, Jan Degreè, Jan Van Impe, and Raf Dewil. 2011. "Bioresource Technology Peracetic Acid Oxidation as an Alternative Pre-Treatment for the Anaerobic Digestion of Waste Activated Sludge."
- [10] Buckman, H. O. dan N. C. Brady. 1982. "Ilmu Tanah. Bharata Karya Aksara." 1982.
Deli Rahmalia Sumady. 2008. "Pengaruh Suhu, Rasio C/N Dan p Penambahan Bioaktivator Em4 Terhadap Produksi Biogas Dari Sampah Buah-Buahan," 69–73.
- [11] Eichornia, Gondok, Crassipes Dan, and Muhammad Abrar Firdausy. 2016. "PRODUKSI BIOGAS DARI CAMPURAN ECENG BIOGAS PRODUCTION OF MIXED WATER (EICHORNIA CRASSIPES) AND CHICKEN MANURE ."
- [12] Rahayu, D R, P Ardani, N Hendriani, and S Rachmania Juliastuti. 2012. "Pembuatan Biogas Dari Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) Pretreatment Dengan Jamur *Phanerochaete Chrysosporium* Dan *Trichoderma Harzianum*." *Teknik POMITS*.
- [13] Sanjaya, Denta. 2015. "Produksi Biogas Dari Campuran Kotoran Sapi Dengan Kotoran Ayam." Fakultas Pertanian.
- [14] Soebiyanto Tjokroadikoesoemo, P. 1986. "HFS Dan Industri Ubi Kayu Lainnya." Gramedia. Jakarta. 1986.

- [15] Surendra, K. C., Devin Takara, Andrew G. Hashimoto, and Samir Kumar Khanal. 2014. "Biogas as a Sustainable Energy Source for Developing Countries: Opportunities and Challenges." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2014.