

e-ISSN : 3031-0342
Diterima : 22 Januari 2026
Disetujui : 26 Maret 2026
Tersedia online di <https://journal.unram.ac.id/index.php/agent>

ANALISIS FERMENTASI PEMBENTUKAN BIOGAS DARI KOTORAN SAPI DAN LIMBAH PAKAN TERNAK MENGGUNAKAN BIODIGESTER KUBAH TERTUTUP (Fixed Dome)

"Analysis of Biogas Formation Fermentation from Cattle Manure and Livestock Feed Waste Using a Fixed-Dome Biodigester"

Wina Warniati^{1*}, Murad², Amuddin¹

¹Institusi Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri, Universitas Mataram

Email*): winawarniati35@gmail.com

ABSTRACT

The energy crisis in Indonesia has led to a significant increase in crude oil prices. To address this issue, energy conversion methods such as biogas production have been applied. Biogas is a renewable energy source produced through the fermentation of organic materials. The fermentation process involves several stages: hydrolysis, acidogenesis, acetogenesis, and methanogenesis. This study aims to determine the fermentation duration of biogas from cattle manure and feed waste, measure the gas pressure produced, and evaluate biogas production in a fixed dome digester. The research method employed experimental procedures and field tests using an 8 m³ digester. The collected data were analyzed to assess the effect of fermentation duration on biogas production. The results showed that the fermentation process remained stable under mesophilic conditions, with temperature ranging from 28.7°C to 45.8°C and an optimal pH between 6.6 and 8.1. Biogas pressure was first detected on the first day of fermentation and increased over time, reaching its peak on days 21 and 22 at 10.1 kPa. The maximum biogas volume produced was 6.73 m³.

Keywords: Cow Manure, Livestock, Feed Wast, Fixed Dome.

ABSTRAK

Krisis energi yang terjadi di Indonesia telah menyebabkan kenaikan harga minyak mentah. Untuk mengatasi krisis energi tersebut, metode konversi energi seperti produksi biogas diterapkan. Biogas merupakan sumber energi terbarukan yang dihasilkan dari fermentasi bahan organik. Proses fermentasi biogas melibatkan beberapa tahap: hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis, dan metanogenesis. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan lama fermentasi biogas dari kotoran sapi dan limbah pakan ternak, mengukur tekanan gas yang dihasilkan dan mengkaji produksi biogas hasil fermentasi dalam digester fixed dome. Metode penelitian menggunakan prosedur eksperimental dan uji lapangan dengan digester 8m³. Data hasil pengukuran dianalisis untuk mengetahui pengaruh durasi fermentasi terhadap produksi biogas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses fermentasi tetap stabil dalam kondisi mesofilik dengan kisaran suhu 28,7°C hingga 45,8°C dan kisaran pH optimal 6,6 hingga 8,1. Tekanan biogas pertama kali terdeteksi pada hari pertama fermentasi dan meningkat seiring waktu, mencapai titik maksimum pada hari ke-21 dan ke-22 pada tekanan 10,1 kPa. Volume biogas tertinggi yang dihasilkan mencapai 6,73 m³.

Kata kunci: Biogas, Kotoran Sapi, Limbah Pakan Ternak, Fixed Dome.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Krisis energi di Indonesia menyebabkan kenaikan harga minyak mentah dan keterbatasan kemampuan pemerintah dalam memberikan subsidi BBM (Batubara, 2014). Untuk mengatasi permasalahan tersebut, pemerintah menetapkan Perpres No. 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN), dengan target pada tahun 2025 bauran energi terdiri dari minyak 20%, gas 30%, batu bara 33%, dan energi terbarukan 23%.

Salah satu sumber energi terbarukan yang berpotensi besar adalah biomassa. Indonesia sebagai negara tropis memiliki cadangan biomassa melimpah dari sektor pertanian, kehutanan, dan limbah rumah tangga, namun pemanfaatannya masih terbatas. Menurut Budiman et al. (2019), potensi biomassa Indonesia mencapai 146,7 juta/ton per tahun. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh kumalasari et al., (2025), menyatakan bahwa residu limbah pertanian dan hutan di Indonesia mencapai 756,1 juta GJ/tahun. Biomassa memiliki tiga jenis bahan yaitu berupa bahan padat, cair dan gas yang dapat di dimanfaatkan untuk keberlangsungan energi secara keberlanjutan, salah satunya biogas.

Biogas mulai dikembangkan di Indonesia sejak tahun 1970-an, terutama di wilayah pedesaan. Pada tahun 1981, pembangunan instalasi biogas semakin berkembang dengan adanya dukungan dana dari Food and Agricultural Organization (FAO) di beberapa provinsi (Pertiwiniggrum, 2016). Biogas dihasilkan melalui proses fermentasi bahan organik seperti limbah pertanian, perkebunan, peternakan, maupun rumah tangga.

Proses produksi biogas dilakukan dalam biodigester, yaitu reaktor kedap udara (anaerob) yang memanfaatkan aktivitas mikroorganisme anaerobik untuk mendegradasi bahan organik. Biodigester berperan penting dalam mengurangi emisi gas metana (CH₄) yang dihasilkan dari dekomposisi limbah pertanian dan peternakan. Biogas yang terbentuk terdiri dari metana (CH₄) dan karbon dioksida (CO₂), dengan proses fermentasi yang membutuhkan kondisi suhu, kelembaban, dan pH optimal (Alfanz et al., 2016).

Secara struktur, biodigester terdiri atas ruang utama anaerob yang terhubung dengan saluran pemasukan (input) dan saluran pengeluaran (output). Pada bagian pemasukan, bahan baku berupa limbah padat maupun cair dicampur untuk memudahkan proses fermentasi. Tahapan fermentasi di dalam biodigester meliputi: (1) hidrolisis, yaitu pemecahan senyawa kompleks menjadi molekul sederhana seperti gula dan asam amino; (2) asidogenesis, yaitu pembentukan asam asetat, asam format, serta gas hidrogen dan karbon dioksida oleh bakteri asam; (3) asetogenesis, yaitu transformasi asam asetat menjadi substrat untuk bakteri metanogenik; dan (4) metanogenesis, yaitu: pembentukan metana dari karbon dioksida dan hidrogen oleh bakteri metanogenik.

Keberhasilan proses fermentasi sangat dipengaruhi oleh komposisi nutrisi substrat, jenis mikroorganisme, serta kadar air. Kadar air yang terlalu rendah dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme, sedangkan kadar air yang terlalu tinggi dapat merusak nutrisi pada substrat. Oleh karena itu, kadar air optimal sekitar 60–80% sangat penting untuk menjaga keberlangsungan proses fermentasi dan menghasilkan biogas secara maksimal

Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis proses fermentasi biogas yang dihasilkan dari campuran kotoran sapi dan limbah pakan ternak menggunakan biodigester tipe kubah tertutup (fixed dome). Penelitian ini berupaya menentukan lama fermentasi yang optimal dengan memantau perubahan tekanan, suhu, dan pH selama proses berlangsung, serta mengukur volume biogas yang dihasilkan. Selain itu, penelitian ini bertujuan mengevaluasi kestabilan fermentasi dalam kondisi mesofilik dan menilai efektivitas penggunaan campuran substrat dibandingkan penggunaan tunggal dalam meningkatkan kualitas serta kuantitas produksi biogas. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pemanfaatan energi terbarukan melalui optimalisasi produksi biogas, sekaligus menjawab keterbatasan penelitian sebelumnya yang masih berfokus pada substrat tunggal.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Adapun Bahan-bahan penelitian ini yaitu: Air, EM4 (*Effective Microorganisme-4*), Kotoran Sapi, Limbah Pakan ternak.

Adapun alat-alat penelitian Digester 8m³, HTC-2 Termometer Hygometer, pH Meter, Kompor Gas, dan Ember

Metode

Penelitian ini dilaksanakan November-Desember 2024 di Wilayah Dusun Dasan Geres, Kecamatan Gerung, Kabupaten Lombok Barat. Metode penelitian yang dilakukan adalah metode eksperimental dan uji coba di lapangan dengan menggunakan digester 8m³.

Penulisan Persamaan

1. Tekanan biogas

Pengukuran tekanan biogas dilakukan dengan mengamati perubahan pada angka manometer diukur setiap hari pada tangki digester. Perubahan angka yang ditunjukkan oleh manometer menandakan besarnya tekanan biogas yang ada didalam tangki biodigester.

2. Volume biogas

$$PV = n.R.T \dots\dots\dots (1)$$

sementara

$$V = \frac{(n.R.T)}{P} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

P = Tekanan gas (Pascal)

V = Volume gas (m³)

n = Jumlah mol gas

R = Konstanta gas ideal (8.314 J/mol.K)

T = Suhu (°K)

3. Derajat keasaman (pH)

Pengujian derajat keasaman atau pH mengetahui besarnya pH yang ada didalam tabung biodigester pengukuran ini menggunakan pH meter, yang dicelupkan kedalam campuran bahan. Pengukuran pH dilakukan awal dan akhir penelitian.

4. Suhu

Pengambilan data suhu dilakukan dengan memperhatikan HTC-2 Termometer Hygometer yang dipasang untuk mengetahui perubahan suhu.

5. Lama fermentasi biogas

Perhitungan lama waktu produksi biogas ini diukur dari hari pertama memasukan bahan didalam tabung biodigester sampai hari terbentuknya biogas yang dapat dilihat dari perubahan tekanan biogas yang semakin lama semakin tinggi.

Prosedur Penelitian

1. Disiapkan alat-alat yang digunakan yaitu mengecek kesiapan digester, pH meter, sensor suhu.
2. Dilakukan pemasangan alat-alat sensor suhu.
3. Siapkan bahan-bahan yang akan digunakan yaitu kotoran sapi, limbah pakan, air.
4. Dilakukan percampuran bahan baku dengan perbandingan 1:2.
5. Dilakukan pengecekan pH awal pada bahan yang sudah dicampur.
6. Dimasukkan kedalam tabung biodigester.
7. Dilakukan pengecekan suhu sebanyak 3 kali setiap hari.
8. Mengamati perkembangan gas yang berhasil terproduksi setiap hari menggunakan manometer.
9. Semua hasil pengukuran dicatat dan selanjutnya dianalisis.

Pengambilan Data

1. Data suhu

Pencatatan suhu yang sudah tertampung didalam tabung biodigester dilakukan dari awal sampai akhir, pencatatan suhu diambil setiap hari selama penelitian berjalan. Dimana suhu yang suhu terbentuk dilakukan pengukuran 3 kali sehari yaitu pada pagi, siang, dan malam hari yaitu pada pagi hari pada jam 08.00 WITA, siang hari 13.00 dan pada malam hari 19.00 WITA. Pengukuran suhu didalam tabung biodigester, suhu tempat output gas dan luar (suhu lingkungan sekitar), untuk mengetahui perbandingan suhu yang ada pada dua kondisi tersebut dan mengetahui pengaruhnya. Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan sensor suhu.

2. Pengukuran Tekanan

Pengukuran tekanan biogas yang ada didalam tabung biodigester dilakukan setiap hari dengan menggunakan Manometer. Manometer digunakan untuk mengetahui besarnya tekanan biogas yang dihasilkan.

3. Data Derajat Keasaman

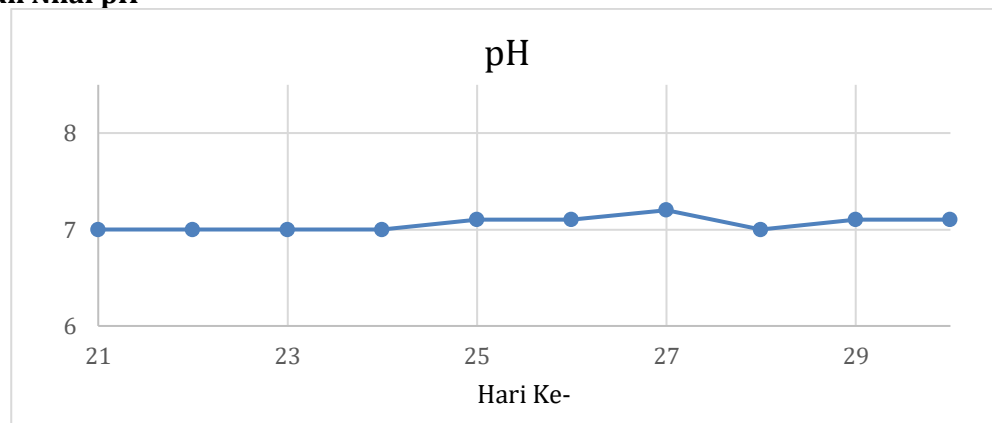
Pengambilan data derajat keasaman dengan menggunakan pH meter, pengambilan data dilakukan pada awal dan akhir pengamatan.

Analisis Data

Pengamatan ini dilakukan dengan rancangan percobaan analisis deskriptif. Data hasil penelitian kemudian disajikan dalam bentuk grafik dan tabel yang selanjutnya akan dianalisa dan dibahas sehingga dapat ditarik sebuah kesimpulan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran Nilai pH

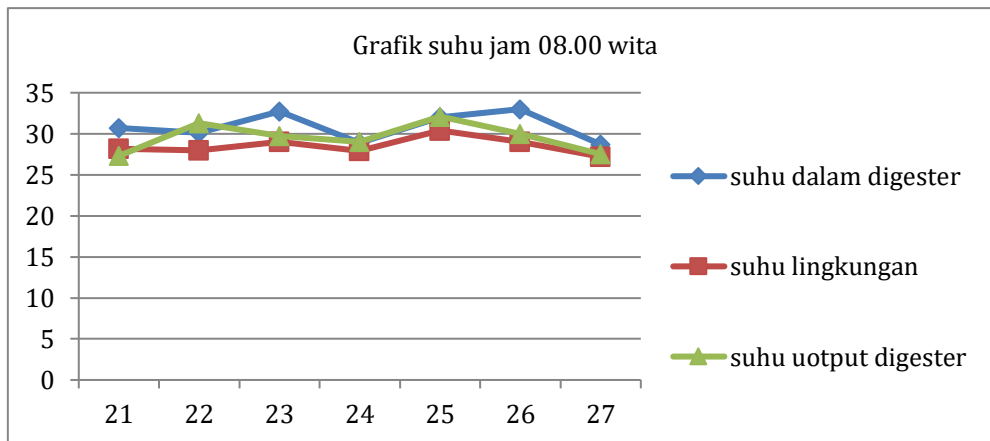


Gambar 1. Grafik Nilai pH

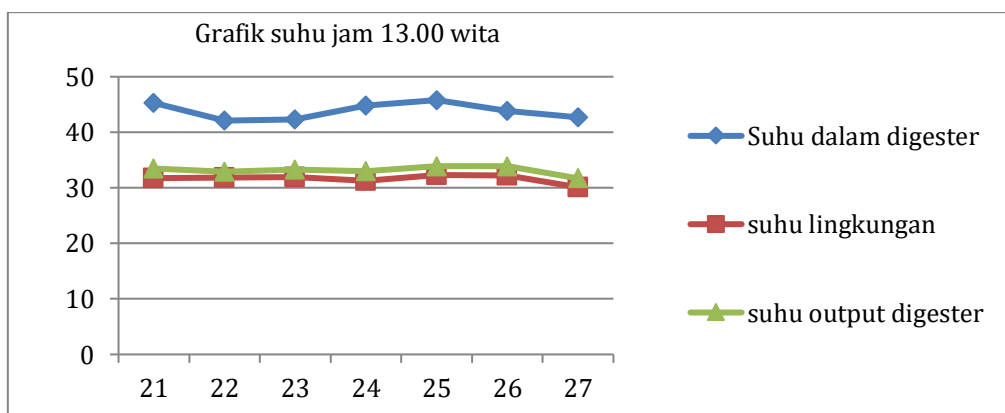
Pada Gambar 5 menunjukkan bahwa nilai pengambilan data pH hari ke-21 didapatkan 7, hari ke-22 7, hari ke-23 7, hari ke-24 7, hari ke-25 7,1, hari ke-26 7,1, hari ke-27 7,2. Berdasarkan hasil nilai pH pada hari ke 21 sampai hari ke 24 nilai pH stabil 7, kondisi ini menunjukkan pH dalam keadaan netral untuk, sebagaimana yang dinyatakan oleh (Mohammad R et al., 2016), bahwa pH 7,0 merupakan pH netral yang akan sangat berpengaruh pada kinerja pencernaan anaerobik, dan pH netral juga sangat mempengaruhi produksi gas serta kandungan metana mencapai titik maksimal. Di hari ke-25 pH ke 7,1, hari ke-26 7,1, hari ke-27 7,2 hari ke-28 7, hari ke-29 7,1, dan hari ke-30 7,1.

Pada dari hasil pengamatan yang didapatkan pH berada kondisi optimal untuk terjadinya fermentasi biogas, hal ini sejalan dengan yang dinyatakan oleh (Dwivannie et al., 2019), menyatakan bahwa rentang pH optimal untuk memaksimalkan proses anaerobik dibutuhkan pH kisaran 6-8. Sehingga dalam tahapan fermentasi biogas diperlukan kestabilan nilai pH karena jika pH dibawah nilai optimal-nya akan mengakibatkan jalur metabolisme yang memproses metana akan terhenti yang disebabkan denaturasi protein enzim yang mengakibatkan hilangnya fungsi katalik, sebagaimana yang dinyatakan oleh (Chen et al., 2008), bahwa menjaga kestabilan pH sangat penting.

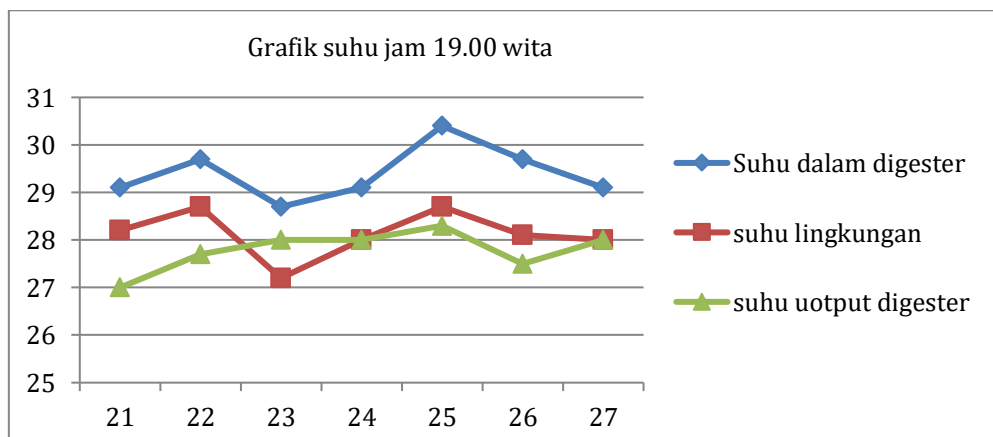
Pengukuran nilai suhu



Gambar 2. Grafik Suhu jam 08.00 wita



Gambar 3. Grafik Suhu jam 13.00 wita



Gambar 4. grafik Suhu jam 19.00 wita.

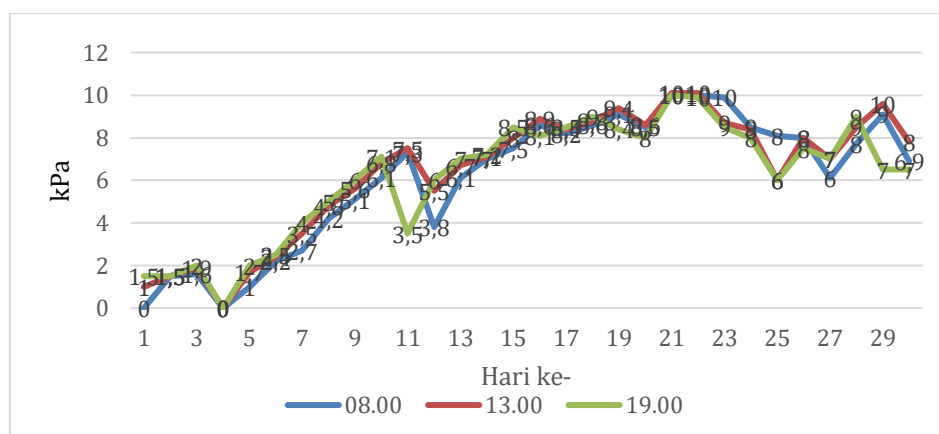
Dari Gambar 6, 7, dan 8 merupakan hasil pengamatan nilai suhu, dimana pada gambar 6 yaitu suhu dalam digester yang mengalami fluktuatif yang cukup tinggi setiap harinya, pada hari ke 21 pada jam 08.00 wita $30,7^{\circ}\text{C}$, jam 13.00 wita $45,3^{\circ}\text{C}$ dan jam 19.00 wita $29,1^{\circ}\text{C}$. Berdasarkan hasil Gambar 6 didapatkan bahwa kisaran suhu selama penelitian paling rendah 28,7 (hari ke-27 08.00) hingga 45,8 (hari ke-25, 13.00). Peningkatan suhu selama penelitian terjadi pada siang hari (jam 13.00 wita) dan penurunan suhu pada pagi/malam hari (08.00/19.00 wita). Fluktuasi suhu didalam digester juga dipengaruhi oleh fluktuasi suhu lingkungan, dapat dilihat dari pola fluktuasi suhu lingkungan, suhu tertinggi $35,7^{\circ}\text{C}$ (hari ke-26 08.00) didapatkan suhu dalam digester $43,8^{\circ}\text{C}$, suhu terendah 27,1 (hari ke-23 19.00) pada suhu dalam digester 28,7 merupakan suhu terendah selama penelitian. Suhu lingkungan berpengaruh secara langsung pada operasional didalam digester

terutama pada digester yang tidak memiliki sistem pemanas atau insulasi yang memadai, karena akan memicu terjadinya fluktuatif suhu yang menyebabkan terhambatnya aktivitas mikroorganisme metanogen dan akan mengurangi produksi biogas (Amha et al., 2018).

Suhu output gas selama penelitian mengalami fluktuatif di hari ke-21 27,3°C 08.00wita, 33,5°C 13.00wita, 27,7°C 19.00wita, begitu juga suhu pada hari ke-22 sampai ke-27 mengalami fase naik turun dan suhu dalam digester, umumnya suhu lingkungan lebih rendah dibandingkan suhu dalam digester, karena adanya perpidahan panas yang terjadi didalam saluran gas.

Selama penelitian ini didapatkan suhu 28,7°C-45,8°C dalam rentan suhu mesofilik, walaupun suhu optimal untuk fermentasi biogas sekitar 35°C-37°C, hal ini sejalan dengan yang dinyatakan oleh dalam penelitiannya (Drahma & Bustomi, 2017), rentan suhu mesofilik terdapat pada 25°C-45°C dan hasil produksi biogas terbaik berada pada suhu 35°C, karena suhu keadaan untuk melakukan degradasi senyawa kompleks pada substrat yang digunakan.

Tekanan Biogas



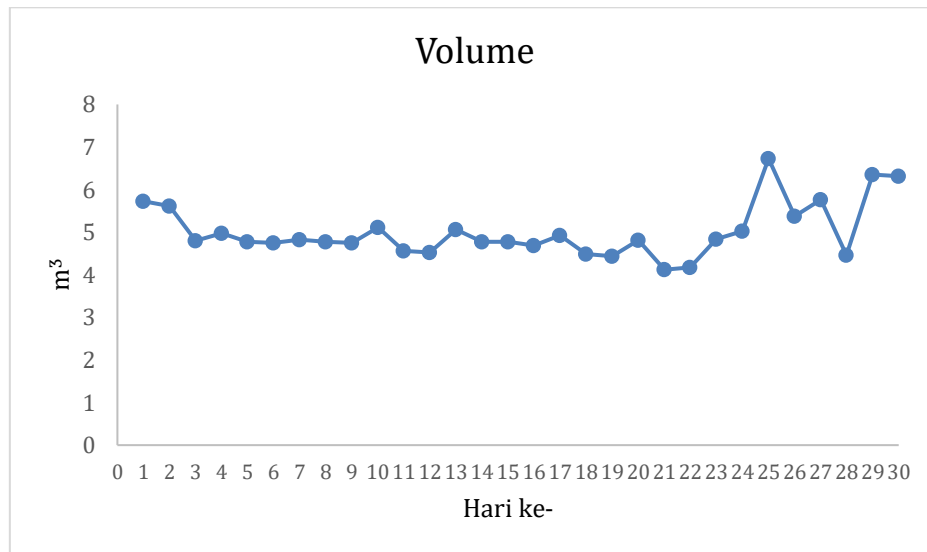
Gambar 5. Grafik nilai Tekanan Pada Biogas.

Berdasarkan Grafik 9 diatas menunjukkan 10 hari pertama tekanan terus mengalami kenaikan. Hari ke-1 jam 13.00 1 kPa, jam 19.00 1,5 kPa. Hari ke-2 jam 08.00-19.00 1,5 kPa. Hari ke-3 jam 08.00 1,6, jam 13.00 1,9 kPa, jam 19.00 2 kPa. Hari ke-4 gas dilepas, karena sebagian besar komposisi yang terbentuk yaitu CO₂ dan H₂S. Pada minggu pertama produksi biogas stabil, tekanan biogas semakin biogas terus. Minggu kedua produksi gas semakin meningkat, tetapi pada hari ke-11 gas mengalami penurunan karena dilakukan percobaan nyala api. Pada minggu ke tiga merupakan puncak tertinggi produksi biogas terjadi pada hari ke-21 dan hari ke-22 sebesar 10 kPa, dan pada hari ke-23 produksi biogas berangsur turun sampai pada hari ke-30.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa produksi biogas mengalami peningkatan pada minggu kedua hingga mencapai puncak pada hari ke-21 dan ke-22 dengan tekanan gas sebesar 10 kPa. Peningkatan tekanan biogas ini disebabkan karena degradasi bahan organik dari campuran kotoran sapi, limbah pakan seperti jerami padi, daun kacang tanah dan rumput hijau, dengan dilakukan penambahan EM4 sebagai bioaktivator. Penggunaan EM4 sebagai bioaktivator dapat mempercepat degradasi selulosa, hemiselulosa, dan lignin, yang di degradasi oleh mikroba *Lactobacillus*, *Actinomycetes*, dan jamur. Sehingga mempercepat pembentukan gas metana (Herawati et al., 2010). Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Barata et al. (2024), yang menunjukkan bahwa penggunaan jerami sebagai substrat pada proses fermentasi kotoran sapi dapat mempercepat kenaikan tekanan biogas, disebabkan karena ketersediaan unsur karbon dan nitrogen yang mendukung aktivitas degradasi bahan organik.

Campuran Limbah Pakan ternak dan kotoran sapi menghasilkan biogas yang lebih optimal di bandingkan jika menggunakan kotoran sapi 100%. Sebagaimana hasil penelitian yang dilakukan oleh Rahman et al., (2024), di banglades menunjukan bahwa perbandingan 70:30 (kotoran sapi:jerami padi) memberikan hasil biogas tertinggi sekitar 441,7 ml/g VS. Hasil serupa juga ditemukan oleh Dewi et al. (2018) di Lampung, bahwa rasio 3 : 1 (kotoran sapi : jerami) memberikan hasil gas metana tertinggi dengan rasio C/N sekitar 27,3.

Pengukuran Volume



Gambar 6. Grafik nilai Volume Biogas

Pada Gambar 10, menunjukkan produksi volume biogas yang dihasilkan dari proses fermentasi kotoran sapi dan limbah pakan ternak perhari mengalami fluktuatif. Hari ke-1-hari ke-3 mengalami penurunan, Hari ke-1 5,73m³, Hari ke-2 5,61m³, Hari ke-3 4,8m³ dan hari ke-4 volume biogas kembali naik sebesar 4,98m³. Hari ke-5 dan hari ke-6 kembali turun 5,77m³ & 5,75m³, 4,77m³, Hari ke-7 sampai hari ke-30, volume biogas terus mengalami fluktuatif yang tidak signifikan.

Volume gas tertinggi selama penelitian terjadi pada hari ke-25 6,73m³ dan volume terendah pada hari ke-21 4,12m³. Peningkatan volume biogas di karena bakteri asidogenik dan metanogenik masih aktif melakukan fermentasi substrat yang ada dalam biodigester. Fluktuatif volume selama penelitian disebabkan karena adanya penambahan substrat setiap harinya, sehingga produksi biogas tetap berjalan.

Lama fermentasi biogas memiliki pengaruh pada volume dan kualitas biogas, sebagaimana yang dinyatakan oleh (Asmara et al., 2012), peningkatan volume biogas yang dihasilkan di dalam digester dipengaruhi oleh lama masa tinggal substrat di dalam digester. Tetapi dalam penelitian ini lama masa tinggal substrat dalam digester tidak memberikan pengaruh yang signifikan pada peningkatan volume biogas, karena selama penelitian yang dilakukan terjadi penambahan substrat secara berkala, sehingga dapat mengganggu aktivitas mikroorganisme yang sedang berkerja.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang berjudul “Analisis Fermentasi Pembentukan Biogas dari Kotoran Sapi dan Limba Pakan Ternak Menggunakan Biodigester Tertutup (*Fixed Dome*)”, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Lama fermentasi biogas dari kotran sapi dan limbah pakan ternak pada digester fixed dome 8m³ berlangsung selama 30 hari, pada 10 hari pertama tekanan gas mengalami peningkatan secara bertahap hingga mencapai 2 Kpa. Pada 10 hari kedua tekanan gas berada pada titik puncak produksi pada hari ke-21 hingga hari ke-22 sebesar 10 Kpa, dan 10 hari ke tiga gas mulai mengalami penurunan terendah pada hari ke- 25 hingga hari ke-27 sebesar 6 Kpa.
2. Tekanan gas yang diproduksi dari hhasil fermentasi mencapai nilai maksimum sebesar 10,1 Kpa, dengan rata-rata tekanan harian 6,30 Kpa. Rata-rata tekanan minggu ke-1 (Hari ke 1-7) 1,67 Kpa, minggu ke 2 (Hari ke 8-14) 6,38 Kpa, minggu ke-3 (Hari ke 15-21) 8,69 Kpa, minggu ke-4 (22-28) 7,95 Kpa, minggu ke-5 (Hari ke 29-30) 8,15 Kpa.
3. Produksi biogas di gester fixed dome yag menggunakan kotoran sapi dan limbah ternak menghasilkan volume total selama 30 hari 148,96 m³.

Saran

1. Untuk peneliti selanjutnya yang ingin melakukan penelitian yang berkaitan dengan analisis sebaiknya melakukan pengambilan data dari awal dimasukkan bahan kedalam digester.
2. Untuk peneliti selanjutnya penelitian melakukan bereapa perlakuan agar bisa mengetahui kuliatus biogas dihasilkan berdasarkan setiap perlakuan.

DAFTAR REFERENSI

- Alfanz, R., Nurhadi, A., & Laksmono, J. A. (2016). Perancangan dan Implementasi Sistem Monitoring Produksi Biogas pada Biodigester. *JURNAL NASIONAL TEKNIK ELEKTRO*, 5(1). <https://doi.org/10.20449/jnte.v5i1.216>.
- Asmara, L. W., Pertiwinigrum, A., & Yusiati, L. M. (2012). *Pengaruh Jenis Kotoran Ternak Sebagai Substat Dengan Penambahan Serasah Daun Jati (Tectona grandis) Terhadap Karateristik Biogas Pada Proses Fermentasi*. Buletin Peternakan. Vol 36 (1): 40-47.
- Anoi, Y. H. (2022). Pengaruh Variasi Jenis Feses Terhadap Produktivitas Biogas. *Jurnal Juara*, 2(1), 2798-3315.
- Anwar, H., widjaja, T., Prajitno, D. H. (2021). Produksi Biogas dari Jerami Padi Menggunakan Cairan Rumen dan Kotoran Sapi. *CHEE: Chemical Engineering Research Articles*. Vol 4(1), 1-10.
- Barata, L. O. A., Delly, J., & Samhuddin. (2024). Studi Karateristik Biogas Dari Kotoran Sapi Dan Penambahan Jerami. *Piston: Jurnal Teknologi*. Vol 9(2), 65-71.
- Batubara, M. 2014. *Setumpuk Masalah Energi yang Terjadi di Indonesia*. tersedia di: <https://bisnis.liputan6.com/read/2065578/setumpuk-masalah-energi-yang-terjadi-di-indonesia>.
- Budiman, A. (2019). *Biomassa: Anugerah Dan Berkah Yang Belum Terjamah*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Chen, Y., Cheng, J. J., & Creamer, K. S. (2008). Inhibition of anaerobic digestion process: A review. In *Bioresource Technology* (Vol. 99, Issue 10, pp. 4044-4064). <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.01.057>
- Damayanti, A. A., Fuadina, Z. N., Azizah, N. N., Karinta, Y., & Mahardika, I. K. (2021). Pemanfaatan Sampah Organik Dalam Pembuatan Biogas Sebagai Sumber Energi Kebutuhan Hdiup Sehari-hari. *EKSERGI Jurnal Teknik Energi*, 17(3), 182-190.
- Dewi, I. N., Setiawan, D., & Sari, R. (2018). Pengaruh perbandingan kotoran sapi dan jerami padi terhadap produksi biogas. *Jurnal Teknologi Pertanian Lampung*, 7(2), 56-63.
- Dharma, U. S., Bustomi, H. (2017). Pengaruh Temperature Digester System Kontiyu Terhadap Produksi Biogas Berbahan Balu Blotong. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*. 6(2).
- Dwivannie, V., Sasmita, A., & Pratiwi, E. (2019). Karakteristik pH dan Suhu dalam Proses Pembuatan Biogas dari Substrat Limbah Rumah Makan, Limbah Cair Tahu dan Kotoran Sapi. *JOM FTEKNIK*, 6(2).
- Effendy, S., Syarif, A., & Trisnaliana, L. (2018). *Biogas Hasil Konversi Limbah Kotoran Sapi Sebagai Bahan Bakar Genset Untuk Menghasilkan Energi Listrik Kapasitas 0,3 kWATT*.
- Gunawan, A., Abidin, A., & Kosjoko, K. (2025). Perbandingan Efektivitas Starter Em4 Dalam Proses Pembuatan Biogas Dari Batang Pohon Pisang Dan Kotoran Hewan TERNAK. *KNOWLEDGE: Jurnal Inovasi Hasil Penelitian Dan Pengembangan*, 5(2), 458-468.
- Herawati, A. D., & Wibawa, A. A. (2010). Pengaruh Pretreatment Jerami Padi pada Produksi Biogas dari Jerami Padi dan Sampah Sayur Sawi Hijau Secara Batch. *Jurnal Rekayasa Proses*, 4(1), 25-29.
- Indri, A. (2007). Pemanfaatan Limbah Peternakan untuk Produksi Biogas. *Jurnal Peternakan*. 5(2), 45-56.
- Khamil, A. I., Valensyah, A., Muharja, M., & Sahroni, D. I. (2023). *Recyle Home: Inovasi Pemanfaatan Sampah Organik Menjadi Biogas Terintegritasi Aplikasi Mobile Recycle App sebagai Upaya Peningkatan Kesejahteraan Masyarakat Sekitar TPA Pakusari, Kabupaten Jember*. *SEWAGATI, Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. Vol 7(4).

- Kumalasari, D. A., Khusniyah, K., & Muis, Z. Z. (2025). Kajian Potensi Pemanfaatan Biomassa Limbah Pertanian Untuk Mewujudkan Ekonomi Berkelanjutan. *Jurnal Salome: Multidisipliner Keilmuan*, 3(3), 418-423.
- Li, Y., Prak, S. Y., & Zhu, J. (2017). Solid-State Anaerobic Digestion for Methane Production From Organic Waste. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 1-15.
- Megawati, M. (2014). Pengaruh Penambahan EM4 (*Effective Microorganisme-4*) pada Pembuatan Biogas Eceng Gondok dan Rumen Sapi. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 3(2). <https://doi.org/10.15294/jbat.v3i2.3696>.
- Mohammad R, Soeroso, F., Pradana, S., Akbar, Sudarno, & Wardhana, I. W. (2016). Pengaruh Pengenceran dan Penadukan Terhadap Produksi Biogas pada Anaerobic Digestion dengan Menggunakan Ekstrak Rumen Sapi Sebagai Starter dan Limbah Dapur Sebagai Substrat. *Jurnal Presipitasi*, 13(2).
- Mukul, S. (2020). Production Of Bioplastic And Sustainable Packing Materials Form Rice Straw To Eradicate Stustainable Packing Burning: A Mini Review. *Environment Conservation Journal*. Vol. 21(3), 1-5.
- Park, C., Lee, C., Kim, S., Chen, Y., & Chase, H. A. (2015). *Upgrading of anaerobic digestion by incorporating two different hydrolysis processes*. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 100(2), 164–167. <https://doi.org/10.1263/jbb.100.164>
- Pertiwiningsrum, I. A. (2016). *Instalasi Biogas* (Gunardi, Ed.; Edisi Pertama). Fakultas Perternakan Universitas Gajah Mada.
- Pratiwi, S., Kurnia, E., & Handoyo, R. (2020). Produksi Biogas dari Kotoran Sapi: Kajian Parameter Fisika-Kimia. *Jurnal Sains dan Teknologi*. 9(1), 22-29.
- Rahman, M. H., Islam, M. A., & Uddin, M. J. (2024). Comparative study of cow dung and rice straw ratio on biogas production. *International Journal of Renewable Energy Research*, 14(3), 122–130.
- Rinaldi, W., Effendi, S., & Razi, F. (2020). Pengaruh Ukuran Jerami, Penambahan Urea dan Rasio Jerami-Air Terhadap Pembentukan Biogas. *Jurnal Inovasi Ramah Lingkungan*, 1(2), 10–15.
- Sinaga, P. V. H., Suanggana, D., & Haryono, H. D (2022). Analisis produksi biogas sebagai energi alternatif pada kompor biogas menggunakan campuran kotoran sapi dan ampas tahu. *Jurnal Teknologi Terapan*. 8(1), 61–69.
- Sudarti, & Hasanah, A. (2022). Analisis Berbagai Sampah Organik Sebagai Energi Alternatif Biogas Terbarukan. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 10(2), 174–183.
- Suganal, S., & Hudaya, GK (2019). Bahan Bakar Co-Firing Dari Batubara Dan Biomassa Tertorefaksi Dalam Bentuk Briket (Skala Laboratorium). *Jurnal Teknologi Mineral Dan Batubara*, 15(1), 31–48. <https://doi.org/10.30556/jtmb.Vol15.No1.2019.971>
- Sulasminingsih, S., Hafiz, F., Sari, K., & Yuninda, S. (2023). Penggunaan Biomassa Sebagai Energi Alternatif Pembangkit Listrik. *Journal of Optimization System and Ergonomy Implementation (JOSEON)*, 01(01), 4. <https://doi.org/10.30988/xxxx.xxxx.xxxx>
- Tonglolangi, Y. Y. (2014). Teknologi Bioas dari Kotoran Ternak Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Jurnal Dinamis Saint*. 1(1).
- Wahyuni, S. 2011. Biogas, Sumber Biogas, Jenis Digester Dan Cara Membuat Instalasi Biogas, Cara Mengoprasikan Untuk Rumah Tangga Dan Listrik. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Wibowo, D. C., Ardiansyah, D., Wibowo, A. (2021). Optimalisasi Ko-digesti Jerami Padi dan Limbah Tahu Untuk Produksi Biogas. *Jurnal Teknik Kimia*. 15(1), 1-8.
- Wicaksono, A., Amalia, R., & Prasetya, H. E. G. (2019). Pengaruh Penambahan EM4 Pada Pembuatan Biogas Dengan Bahan Baku Kotoran Sapi Menggunakan Digester Fix Dome Sistem Batch. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri, Lingkungan Dan Infrastruktur (SENTIKUIN). Vol 2, A5.1-A5.7.
- Wysocka-Czubaszek, A., et al. (2024). *Fallen Leaves as a Substrate for Biogas Production*. *Energies*, 17(23), 6038.