

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

PEMANFAATAN LIMBAH KOTORAN SAPI DAN SAMPAH ORGANIK DALAM PEMBUATAN BIOGAS MENGGUNAKAN DIGESTER SERAT KACA TIPE KUBAH TETAP (*FIXED DOME TYPE*)

*Utilization of Cow Dung Waste and Organic Waste in Biogas Production Using A Fixed Dome Type
Glass Fiber Digester*

Afatunnisah^{1*}, Rahmat Sabani¹, Gagassage Nanaluh De Side¹

¹ Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri, Universitas
Mataram

Email: afatunnisa849@gmail.com

ABSTRACT

Cow dung and organic waste are pollutants that will damage the environment, so they must be utilized as a renewable energy source. One of the technologies that can manage waste and convert it into energy is a biodigester. This study aims to determine the results of biogas from cow dung and organic waste and the character and energy produced. The method used is experimental with direct measurement in the field. The parameters measured include digester temperature, CO₂, CH₄, pressure, flame, and fire color. Data analysis was conducted using mathematical and multicriteria methods. Two treatments were used cow dung mixed with water, and organic waste mixed with water. The results showed that cow dung produced the highest reactor temperature of 35.9°C and the maximum methane of 10,000 moles. The lowest CO₂ in cow dung was 996 ppm, with a pressure of 0.08 atm. The flame appeared with a dominant blue color. Organic waste produced the highest reactor temperature of 34.3°C and a stable methane of 10,000 moles. The lowest CO₂ was 1014 ppm with a pressure of 0.06 atm. The flame appeared with a dominant blue color. Cow dung is slightly faster and more efficient at producing biogas from waste.

Keywords: *biodigester, biogas, cow manure, organic waste, renewable energy*

ABSTRAK

Kotoran sapi dan sampah organik merupakan pencemar yang akan merusak lingkungan, sehingga harus dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan. Salah satu teknologi yang bisa mengelola sampah dan limbah menjadi sumber energi adalah biodigester. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil biogas dari kotoran sapi dan sampah organik serta karakter dan energi yang dihasilkan. Metode yang digunakan adalah eksperimental dengan pengukuran langsung di lapangan. Parameter yang diukur meliputi suhu digester, CO₂, CH₄, tekanan, nyala api, dan warna api. Analisis data dilakukan dengan metode matematis dan multikriteria. Dua perlakuan digunakan kotoran sapi dicampur dengan air, dan sampah organik dicampur dengan air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kotoran sapi menghasilkan suhu reaktor tertinggi 35,9 °C dan metana maksimum 10.000 mol CO₂ terendah pada kotoran sapi adalah 996 ppm, dengan tekanan 0,08 atm. Nyala api muncul dengan warna dominan biru. Sampah organik menghasilkan suhu reaktor tertinggi 34,3 °C dan metana stabil 10.000 mol. CO₂ terendah adalah 1014 ppm dengan tekanan 0,06 atm. Nyala api muncul dengan warna biru dominan. Kotoran sapi sedikit lebih cepat dan efisien dalam menghasilkan biogas dari sampah organik.

Kata Kunci : *biodigester, biogas, energi terbarukan, kotoran sapi, sampah organik*

PENDAHULUAN

Sampah organik merupakan salah satu sumber pencemaran lingkungan yang menimbulkan masalah di berbagai daerah, termasuk di Nusa Tenggara Barat (NTB), khususnya di Desa Sandik. Desa Sandik merupakan salah satu dari sembilan desa di Kecamatan Batu Layar, Kabupaten Lombok Barat, dengan luas wilayah mencapai 504,52 hektar dan populasi lebih dari 15.000 jiwa. Selain sampah rumah tangga, limbah organik lainnya di Desa Sandik juga banyak berasal dari aktivitas peternakan, terutama dari kotoran sapi. Berdasarkan survei yang dilakukan, sekitar 5 % dari penduduk Desa Sandik bekerja sebagai peternak sapi (Badan Pusat Statistik Lombok Barat, 2023), yang menyebabkan produksi kotoran sapi dalam jumlah besar. Jika tidak diolah dengan baik, kotoran sapi ini dapat menjadi ancaman serius bagi lingkungan. Namun, kurangnya pengetahuan masyarakat tentang cara pengelolaan limbah menyebabkan penumpukan sampah organik dan kotoran sapi yang tidak tertangani dengan baik. Oleh karena itu, diperlukan pengolahan limbah yang efektif agar sampah organik dan kotoran sapi tersebut tidak berdampak negatif terhadap lingkungan di Desa Sandik.

Seiring dengan kemajuan teknologi, limbah maupun sampah tersebut dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi yang efektif dan ramah lingkungan, salah satunya yaitu biogas. Biogas adalah salah satu solusi yang bisa dikembangkan untuk mengurangi pencemaran lingkungan dengan memanfaatkan sampah organik dan limbah kotoran sapi sebagai penghasil energi. Biogas merupakan salah satu bentuk energi terbarukan yang dihasilkan dari proses fermentasi bahan organik dalam kondisi tanpa udara. Hal ini juga untuk menjaga agar bau yang keluar dari proses fermentasi biogas yang sedang terjadi tidak keluar ataupun menyebar ke seluruh ruangan (Ismet et al., 2023).

Salah satu teknologi yang bisa mengolah sampah organik dan limbah kotoran sapi menjadi energi terbarukan yaitu biodigester. Teknologi biodigester merupakan solusi yang dapat digunakan sebagai penghasil energi. Biodigester adalah sistem pengolahan limbah organik secara anaerobik yang menghasilkan biogas. Biogas yang dihasilkan dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif untuk memasak, penerangan, atau bahkan pembangkit listrik, memberikan manfaat ekonomi dan lingkungan yang signifikan bagi masyarakat (Kusumandari et al., 2023). Dengan menerapkan teknologi biodigester, sampah organik dapat dimanfaatkan secara efisien untuk menghasilkan energi yang dapat digunakan dalam kehidupan sehari-hari, mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, dan mengurangi dampak negatifnya terhadap lingkungan. Oleh karena itu, penting dilakukan penelitian dengan judul "Pemanfaatan Limbah Kotoran Sapi dan Sampah Organik Dalam Pembuatan Biogas Menggunakan Digester Serat Kaca Tipe Kubah Tetap (*Fixed Dome Type*) di Desa Sandik, Kecamatan Batulayar".

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukan penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui hasil biogas yang dihasilkan dari limbah kotoran sapi dan sampah organik.
2. Mengetahui karakter biogas dan energi yang dihasilkan dari limbah kotoran sapi dan sampah organik.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah biodigester serat kaca (tipe kubah tetap dengan kapasitas digester 4 kubik atau setara dengan 4000 liter bahan.) Termometer digital, termokopel, CO₂ meter, detektor gas, manometer U terdiri dari (selang bening, triplek, paku). Sedangkan untuk alat bantu terdiri dari plastik, kompor, ember pencampuran, alat tulis, pipa, pisau, timbangan dan sekop. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah kotoran sapi yang diperoleh dari kandang peternak sapi dan sampah organik yang diperoleh dari rumah tangga, toko buah dan pasar yang berada di Desa Sandik.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental yaitu dilakukan dengan mengukur secara langsung di lapangan penelitian.

Parameter penelitian

Parameter yang diukur pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Suhu($^{\circ}\text{C}$)

Suhu yang diukur pada penelitian ini adalah suhu digester yaitu digester yang diisi kotoran sapi dan sampah organik. Suhu digester merupakan faktor penting yang mempengaruhi efisiensi dan kecepatan proses fermentasi anaerobik. Adapun pengukuran suhu digester menggunakan termometer digital dengan cara ujung termokopel dimasukkan ke dalam digester kemudian diukur secara tertutup. Suhu digester diukur setiap hari selama 4 minggu, dengan setiap pengukuran dilakukan 3 kali pengulangan selama 30 menit, kemudian nilai yang didapat dirata-ratakan.



Gambar 1. Termometer, Termocouple
(Dokumentasi Pribadi)

2. Gas Metana (CH_4)

CH_4 merupakan kandungan gas metana dari biogas yang ingin dihasilkan dari pembuatan biogas. Pengukuran CH_4 diukur menggunakan Gas detektor untuk mengetahui jumlah gas metana (mol) dalam biogas. Adapun pengukuran dilakukan dengan cara memasukkan sensor gas detector ke dalam tempat penampung gas yang dialiri dari digester kotoran sapi dan sampah organik. Kandungan gas metana (CH_4) diukur 7 hari sekali selama 4 minggu, dengan setiap pengukuran dilakukan 3 kali pengulangan selama 15 menit, kemudian nilai yang didapat dirata-ratakan.



Gambar 2. Gas Detektor
(Dokumentasi Pribadi)

3. Karbon Dioksida (CO_2)

CO_2 adalah salah satu kandungan dalam biogas yang terbentuk selama proses fermentasi anaerobik bersamaan dengan gas metana (CH_4). Kandungan CO_2 pada biogas diukur dengan menggunakan alat ukur CO_2 meter dengan memasukkan sensor ke dalam penampung gas yang dialiri dari digester kotoran sapi dan sampah organik. Kandungan karbon dioksida (CO_2) diukur 7 hari sekali selama 4 minggu, dengan setiap pengukuran dilakukan 3 kali pengulangan selama 15 menit, kemudian nilai yang di dapat di dirata-ratakan.



Gambar 3. CO₂ Meter
(Dokumentasi Pribadi)

4. Tekanan

Tekanan yang diukur adalah tekanan gas metana yang dihasilkan dari sampah organik dan kotoran hewan yang sudah difermentasi dalam digester. Adapun cara mengetahui tekanan gas yaitu menggunakan manometer U dengan menambahkan air yang berwarna pada selang sampai air yang sudah diwarnai sama rata di 0 cm, sehingga jika ada gas yang dihasilkan maka air akan naik beberapa cm sesuai dengan tekanan yang di hasilkan. Tekanan diamati setiap hari selama 4 minggu.



Gambar 4. Manometer U
(Dokumentasi Pribadi)

Rumus Tekanan Hidrolisis:

$$P = \rho . g . h \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

P = tekanan (dalam pascal atau N/m²)

ρ = densitas cairan (kg/m³)

g = percepatan gravitasi (9,8 m/s²)

h = ketinggian cairan (m)

5. Nyala api dan Warna Api

Pengamatan untuk mengetahui nyala api yang dihasilkan oleh biogas dilihat dari kompor yang sudah disambung dengan digester. Kompor dipasang agar bisa mengendalikan api yang ingin diamati. Kemudian warna api akan didokumentasi menggunakan handphone sehingga mengetahui kualitas api yang bagus dari penampakan warnanya. Pengamatan Nyala dan warna api dilakukan setiap hari selama 4 minggu.

Analisis Data

Data hasil pengamatan yang telah diperoleh selanjutnya akan dianalisis menggunakan metode matematis dan metode analisis multikriteria. Metode matematis digunakan untuk mendapatkan hasil perhitungan nilai terbaik dari setiap data yang didapat. Kemudian metode analisis multikriteria adalah cara untuk membantu mengambil keputusan terbaik berdasarkan parameter yang telah diukur. Penggunaan metode analisis multikriteria untuk membantu mengetahui yang terbaik dari kedua jenis bahan baku yaitu kotoran sapi dan sampah organik yang telah diamati selama penelitian. Salah satu cara perhitungan menggunakan metode multikriteria adalah dengan menghitung menggunakan rumus *Simple Additive Weighting* (SAW). Metode *Simple*

Additive Weighting (SAW) mengimplikasikan bahwa pembuat keputusan perlu menetapkan bobot untuk setiap atribut. Total skor untuk setiap alternatif dihitung dengan menjumlahkan hasil perkalian antara rating (yang dapat dibandingkan lintas atribut) dan bobot yang ditetapkan untuk tiap atribut (Wijaya & Rokhman, 2023).

Cara menyelesaikan metode *Simple Additive Weighting* (SAW) dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Identifikasi Kriteria:

Suhu (°C)
metana (CH₄)
karbon dioksida (CO₂)
Tekanan
Nyala Api
Warna Api

2. Normalisasi Data: menentukan kriteria apakah Benefit atau Cost.

Benefit: Suhu, CH₄, Tekanan, Nyala Api dan Warna Api

Cost: CO₂

Nilai normalisasi dapat dihitung dengan rumus:

Untuk kriteria **Benefit**:

$$R_{ij} = \frac{X_{ij}}{\max ij} \dots \dots \dots (2)$$

Untuk kriteria **Cost**:

$$R_{ij} = \frac{\min ij}{X_{ij}} \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:

R_{ij} = Rating kinerja ternormalisasi
Max_{ij} = Nilai maksimum dari setiap baris dan kolom
Min_{ij} = Nilai minimum dari setiap baris dan kolom
X_{ij} = Baris dan kolom dari matriks

3. Menentukan Bobot: Setiap kriteria diberi bobot sesuai dengan tingkat kepentingannya

Suhu (°C) = 20%
Metana (CH₄) = 15%
Karbon Dioksida (CO₂) = 30%
Tekanan = 10%
Nyala Api = 15%
Warna Api = 10%

4. Menghitung Skor Total: Setelah semua nilai dinormalisasi, perlu menghitung skor total untuk setiap bahan baku

$$V_i = \sum (w_j \times R_j) \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan:

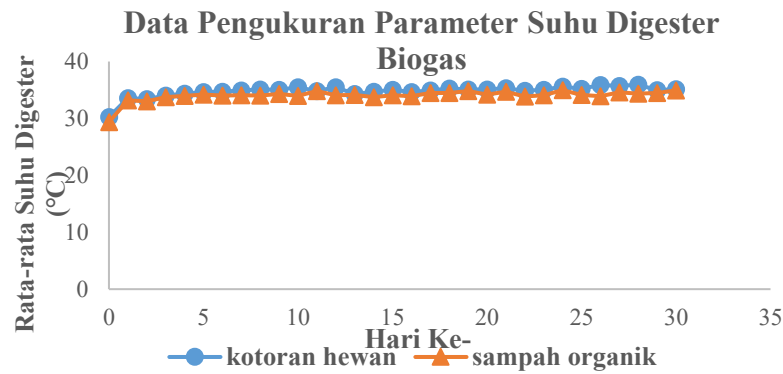
V_i = Nilai akhir dari alternatif
W_j = Bobot dari kriteria
R_{ij} = Nilai normalisasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Biogas dari Limbah Kotoran Sapi dan Sampah Organik

1. Suhu (°C)

Suhu reaktor merupakan salah satu parameter yang sangat penting dalam pembentukan biogas. Karena suhu adalah syarat terbentuknya gas. Pengukuran suhu pada penelitian ini dilakukan setiap hari selama 4 minggu. Pada Gambar 9 terlihat perubahan nilai suhu pada reaktor.



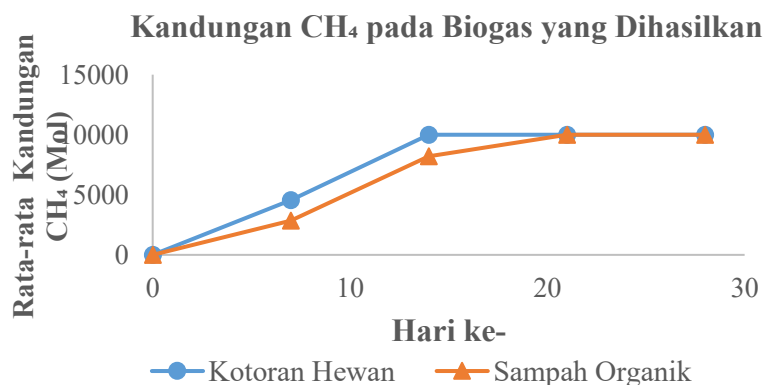
Grafik 1. Rata Rata Suhu Reaktor Pada Pembuatan Biogas

Berdasarkan Grafik 1 diperoleh hasil yang menunjukkan pengukuran suhu reaktor biogas selama 30 hari menggunakan dua jenis bahan baku, yaitu kotoran sapi dan sampah organik. Berdasarkan Grafik 1 terlihat bahwa suhu di hari pertama pada kotoran sapi berada di kisaran 30 °C dan untuk sampah organik berada pada 29 °C. Suhu pada hari kedua semakin bertambah dan di hari seterusnya terus meningkat sampai mencapai suhu 35,9 °C untuk kotoran sapi, dan sampah organik sedikit lebih rendah yaitu 35 °C. Suhu reaktor yang dihasilkan pada kedua bahan baku tidak selalu meningkat, seperti yang terlihat pada Grafik 1 ada beberapa hari yang menunjukkan suhu kadang mengalami penurunan. Ketidakstabilan suhu reaktor ini disebabkan oleh faktor lingkungan sehingga mempengaruhi suhu yang ada dalam digester. Suhu reaktor yang terlihat menunjukkan bahwa kedua bahan baku mendukung proses fermentasi anaerobik yang efisien untuk pembentukan biogas. Tetapi kotoran sapi menunjukkan suhu yang sedikit lebih tinggi dan cepat dalam pembentukan biogas dibandingkan sampah organik.

Berdasarkan penelitian (Bangun et al., 2017) menyatakan suhu optimal untuk menghasilkan biogas adalah 28-30 °C di mana pada suhu ini bakteri metanogenetik bekerja optimal. Penelitian lain (Rahim et al., 2017) menyatakan bahwa suhu optimal dalam digester untuk proses fermentasi berada pada kisaran suhu 29-35 °C. Penelitian ini memiliki hasil yang menunjukkan suhu rata-rata dalam digester sudah mencapai suhu optimal. Sehingga dapat dilihat bahwa suhu rata-rata terlihat pada grafik menunjukkan bahwa suhu tersebut masih tergolong sebagai suhu yang normal untuk dapat menghasilkan biogas. Suhu tinggi juga sangat mempengaruhi cepatnya proses pembentukan biogas.

2. Gas Metana (CH₄)

CH₄ merupakan kandungan utama yang dihasilkan dari pembuatan biogas, CH₄ adalah kandungan biogas yang memiliki nilai yang paling tinggi dari kandungan biogas lainnya. Berdasarkan pernyataan dari (Agusman & Kilat Buono, 2017) bahwa kandungan CH₄ yang ada dalam biogas sebesar 50-70%. Kandungan gas metana yang semakin tinggi dalam biogas menandakan bahwa gas yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik. Pengukuran kandungan CH₄ ini diukur setiap 7 hari sekali, hasil pengukuran dari kandungan gas metana dapat dilihat pada Grafik 2.



Grafik 2. Rata Rata Pengukuran Kandungan CH₄ dari Biogas

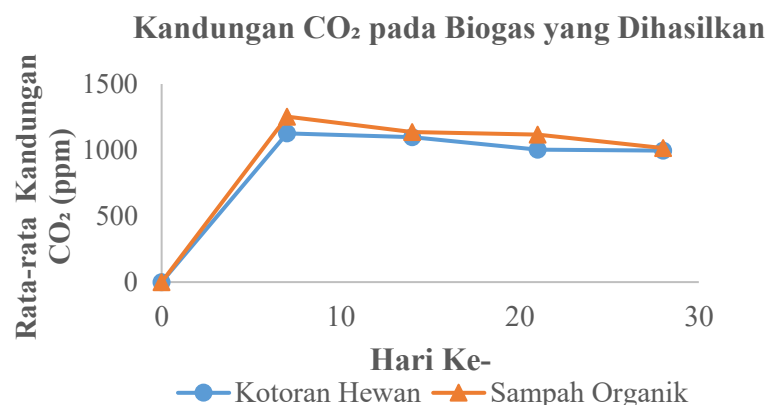
Berdasarkan Grafik 2 diperoleh hasil pengukuran yang menunjukkan rata-rata kandungan gas metana (CH_4) dalam biogas yang dihasilkan dari dua jenis bahan baku, yaitu kotoran sapi dan sampah organik selama 4 minggu. Pada minggu pertama, kandungan gas metana masih rendah untuk kedua jenis bahan baku yaitu 4557 mol pada kotoran hewan dan 2845 mol pada sampah organik. Kandungan CH_4 terus meningkat pada minggu ke-2, di mana kotoran sapi mencapai 10000 mol dan sampah organik sekitar 8208 mol. Setelah minggu ke-2, kandungan CH_4 dari kotoran hewan cenderung stabil berada di 10000 mol pada kedua jenis bahan baku. Nilai pada Gambar 10 menunjukkan bahwa kotoran sapi memiliki kandungan gas metana lebih tinggi dari sampah organik. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Praptiwi dan Mirwan, 2021) menyebutkan bahwa biogas yang menggunakan kotoran sapi menghasilkan kandungan gas metana yang lebih baik dibandingkan dengan sampah organik.

Grafik 2 menunjukkan bahwa kotoran sapi lebih cepat menghasilkan kandungan metana yang tinggi dibandingkan sampah organik dalam waktu awal pengukuran. Hal ini disebabkan oleh komposisi bahan yang lebih mudah terurai dan keberadaan mikroorganisme yang lebih aktif dalam kotoran sapi. Namun, pada waktu akhir (minggu ke-3 dan minggu ke-4), kedua bahan menunjukkan kapasitas yang sama dalam produksi gas metana, mencapai kandungan CH_4 yang stabil sebesar 10000 mol. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun sampah organik memerlukan waktu lebih lama untuk mencapai menghasilkan gas metana, tetapi sampah organik memiliki potensi yang baik sebagai bahan baku biogas.

3. Karbon Dioksida (CO_2)

Karbon dioksida (CO_2) merupakan salah satu kandungan yang dihasilkan dari pembuatan biogas, di mana CO_2 memiliki nilai yang cukup tinggi sekitar 25-40% pernyataan ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh (Agusman & Kilat Buono, 2017). Pengukuran kandungan CO_2 pada penelitian ini diukur 1 kali seminggu selama 4 minggu. Hasil dari pengukuran kandungan CO_2 dapat dilihat pada Grafik 3.

Dari Grafik 3 diperoleh hasil pengukuran yang menunjukkan rata-rata hasil kandungan CO_2 dalam biogas yang dihasilkan dari dua jenis bahan baku, yaitu kotoran hewan dan sampah organik, selama 4 minggu. Pada hari ke-0 kandungan CO_2 masih belum ada karena gas yang dihasilkan belum muncul. Tetapi pada minggu pertama menunjukan nilai sangat tinggi untuk kedua jenis bahan baku yaitu berkisar 1126 ppm untuk kotoran hewan dan 1125 ppm untuk sampah organik. Namun, pada minggu ke-2, ke-3 dan ke-4 kandungan CO_2 mengalami penurunan pada kedua bahan baku yaitu mencapai 996 ppm pada kotoran hewan dan 1014 untuk sampah organik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kotoran sapi memiliki kandungan CO_2 yang lebih rendah dibandingkan sampah organik hal ini menunjukkan kandungan CO_2 yang dihasilkan oleh kotoran sapi lebih unggul dibandingkan sampah organik.



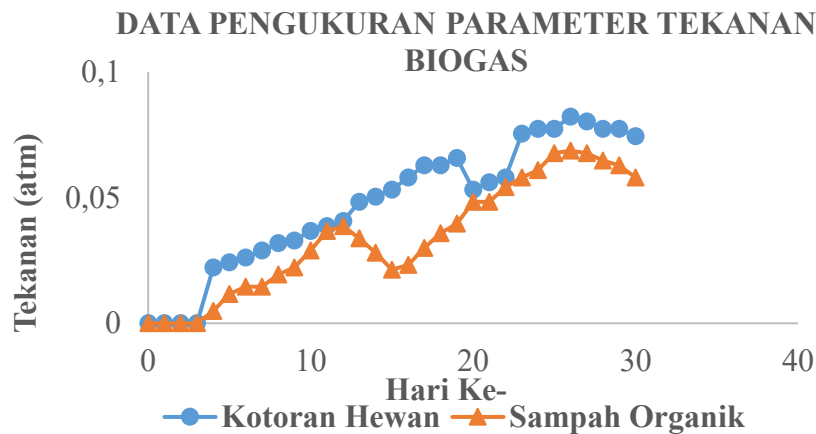
Grafik 3. Rata Rata pengukuran kandungan CO_2 dari Biogas

Kandungan CO_2 yang tinggi dalam biogas menandakan kualitas biogas yang lebih rendah, karena CO_2 tidak mudah terbakar dan mengurangi nilai kalor dari biogas. Sebaliknya, kandungan CO_2 yang lebih rendah akan meningkatkan kualitas biogas, menjadikannya lebih efisien sebagai sumber energi. Berdasarkan grafik, nilai kandungan CO_2 dari kotoran hewan lebih rendah dibandingkan dengan kandungan CO_2 pada sampah organik. Tetapi pada kedua jenis bahan baku memiliki kandungan CO_2 cukup bagus karena mencapai nilai yang cukup rendah walaupun

kotoran sapi lebih unggul dari sampah organik. Penelitian tentang kandungan CO_2 pada biogas pernah teliti oleh (Lohani et al., 2021) yang menyatakan bahwa kandungan CO_2 yang terdapat pada kotoran hewan lebih rendah dari kandungan CO_2 yang terdapat pada sampah organik. Menurut Pernyataan (Mutegoa & Sahini, 2023). Tingginya kandungan CO_2 dalam biogas dapat menyebabkan penurunan nilai biogas. Sehingga nilai CO_2 dari biogas yang dihasilkan oleh kedua bahan baku yaitu kotoran sapi dan sampah organik tidak boleh tinggi karena akan menyebabkan penurunan nilai pada biogas.

4. Tekanan

Tekanan pada biogas mengacu pada tekanan fisik dari gas yang dihasilkan dari proses fermentasi bahan, di mana tekanan akan muncul jika sudah menghasilkan gas. Tekanan pada biogas dipengaruhi oleh volume reaktor, suhu dan kandungan gas yang dihasilkan. Tekanan pada biogas diukur menggunakan manometer U dan diukur setiap hari. Tekanan yang dihasilkan dari kedua bahan baku ditunjukkan oleh Grafik 4.



Grafik 4. Rata Rata Pengukuran Tekanan Biogas

Berdasarkan Grafik 4 diperoleh hasil yang menunjukkan perubahan tekanan biogas yang dihasilkan dari kotoran sapi dan sampah organik selama 4 minggu. Hasilnya menunjukkan bahwa tekanan biogas dari kotoran sapi cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan sampah organik selama pengamatan. Pada awalnya, kedua jenis bahan baku mengalami peningkatan tekanan yang relatif kecil, namun tekanan dari kotoran hewan meningkat lebih cepat dan mencapai puncaknya mendekati 0,09 atm sekitar hari ke-20. Sebaliknya, tekanan biogas dari sampah organik mencapai puncaknya sekitar 0,08 atm pada hari ke-22. Gambar 11 juga menunjukkan bahwa tekanan air juga mengalami penurunan, hal ini disebabkan oleh gas yang digunakan untuk memasak dan pengukuran kecepatan aliran gas.

Secara keseluruhan, kotoran sapi menghasilkan tekanan biogas yang lebih tinggi dan stabil dibandingkan dengan sampah organik. Kedua bahan baku menunjukkan potensi dalam produksi biogas, namun kotoran sapi lebih unggul dalam menghasilkan tekanan yang lebih tinggi dan cepat, yang menunjukkan efisiensi yang lebih baik dalam proses fermentasi atau dekomposisi. Penelitian yang dilakukan oleh (Wang *et al.*, 2019) menyatakan bahwa terjadinya kenaikan dan penurunan tekanan biogas dipengaruhi oleh suhu. Suhu yang lebih tinggi dapat meningkatkan produksi metana, sedangkan suhu yang lebih rendah menghambat aktivitas mikroba yang menghasilkan metana, sehingga menurunkan tekanan gas metana dalam biogas. Semakin tinggi suhu biodigester maka tekanan yang dihasilkan juga akan semakin meningkat.

5. Nyala dan Warna api

Warna dan nyala api merupakan indikator yang harus diamati untuk melihat hasil dari biogas yang dihasilkan dari kedua jenis bahan baku yaitu kotoran sapi dan sampah organik. Hal ini dilakukan agar bisa melihat perbandingan kualitas biogas yang dihasilkan dari kotoran hewan dan sampah organik. Pengamatan antara nyala api dan warna api diamati setiap hari selama 4 minggu. Data dari nyala api dan warna api dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengamatan nyala dan warna api pada kotoran sapi dan sampah organik.

Parameter	Kotoran Sapi				Sampah Organik			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
Nyala Api	Belum menyala	Api menyala kecil	Api menyala besar	Api menyala besar	Belum menyala	Belum menyala	Api menyala kecil	Api menyala besar
Warna Api	Tidak ada api	Dominan biru	Warna biru	Warna biru	Tidak ada api	Tidak ada api	Dominan biru	Warna biru

Berdasarkan Tabel 1 diperoleh hasil pengamatan yang menunjukkan bahwa hasil pengamatan terhadap nyala api dan warna api yang dihasilkan dari dua jenis bahan baku, yaitu kotoran sapi dan sampah organik, selama 4 minggu pengukuran. Untuk kedua bahan baku pada minggu ke-1, nyala api belum terlihat dan tidak ada api yang terbentuk. Pada kondisi minggu ke-2, nyala api kecil terbentuk dengan dominasi warna biru yang dihasilkan oleh kotoran sapi, sedangkan untuk sampah organik belum menyala. Kondisi minggu ke-3 dan minggu ke-4 menunjukkan nyala api yang lebih besar dengan warna api yang konsisten biru untuk kotoran sapi dan nyala api kecil dengan dominan biru pada sampah organik. Pada minggu ke-4 nyala api yang dihasilkan oleh sampah organik juga mengalami peningkatan, seperti yang terjadi pada kotoran sapi, yaitu menyala besar dengan dominan warna biru.

Berdasarkan Tabel 1 kotoran hewan dan sampah organik memiliki karakteristik nyala api dan warna api yang serupa pada setiap pengamatan. Kedua bahan bakar tidak menunjukkan nyala api pada kondisi awal (minggu ke-1), namun mulai menunjukkan nyala api kecil pada kondisi minggu ke-2 dan nyala api yang lebih besar pada minggu ke-3 dan minggu ke-4, dengan warna api yang dominan biru pada kondisi nyala api. Hasil ini menunjukkan bahwa baik kotoran hewan maupun sampah organik dapat menghasilkan nyala api yang efektif dengan warna biru yang menandakan pembakaran yang relatif bersih dan baik. Hasil pengamatan yang dilakukan nyala api dari kotoran hewan lebih besar dari sampah organik.

Analisis Menggunakan Metode Multikriteria

Berdasarkan hasil pengamatan dan pengukuran yang telah dilakukan selama 30 hari didapat hasil pengukuran berbagai jenis parameter dalam menghasilkan gas yaitu suhu reaktor, Karbon dioksida (CO_2), gas metana (CH_4), tekanan, karakteristik nyala api dan warna api. Hasil yang telah diukur dan diamati kemudian dihitung menggunakan metode analisis multikriteria untuk membantu mengambil keputusan berdasarkan parameter yang telah diukur. Penggunaan metode analisis multikriteria juga dapat membantu mengetahui mana yang lebih baik dari kedua jenis bahan baku yaitu kotoran sapi dan sampah organik, yang telah diamati selama penelitian. Untuk melakukan analisis multikriteria terhadap kedua jenis bahan baku (kotoran sapi dan sampah organik), perlu perhitungan data menggunakan rumus *Simple Additive Weighting* (SAW). SAW adalah salah satu metode yang digunakan dalam proses pengambilan keputusan berdasarkan bobot kriteria. Metode *Simple Additive Weighting* (SAW) mengimplikasikan bahwa pembuat keputusan perlu menetapkan bobot untuk setiap atribut. Total skor untuk setiap alternatif dihitung dengan menjumlahkan hasil perkalian antara rating (yang dapat dibandingkan lintas atribut) dan bobot yang ditetapkan untuk tiap atribut (Wijaya & Rokhman, 2023).

Tabel 2. Data kotoran sapi Sebelum dihitung menggunakan *metode Simple Additive Weighting* (SAW).

Waktu	Parameter					
	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	CO_2	CH_4	Tekanan	Nyala Api	Warna Api
M ₁	35,7	1126	4557	0,03	Belum Nyala	Tidak Ada Api
M ₂	34,7	1097	10000	0,05	Api Nyala Kecil	Dominan Biru
M ₃	35,1	1003	10000	0,06	Api Nyala Besar	Warna Biru
M ₄	35,9	996	10000	0,08	Api Nyala Besar	Warna Biru

Tabel 3. Data sampah organik Sebelum dihitung menggunakan metode *Simple Additive Weighting* (SAW).

Waktu	Parameter					
	Suhu Reaktor	CO ₂	CH ₄	Tekanan	Nyala Api	Warna Api
M ₁	34	1253	2845	0,02	Belum Nyala	Tidak Ada Api
M ₂	33,7	1136	8208	0,03	Belum Nyala	Tidak Ada Api
M ₃	34,1	1117	10000	0,05	Api Nyala kecil	Warna dominan biru
M ₄	34,3	1014	10000	0,06	Api Nyala Besar	Warna Biru

Tabel 4. Data hasil akhir perhitungan menggunakan metode *Simple Additive Weighting* (SAW).

Waktu	Skor Akhir (Kotoran Sapi)	Skor Akhir (Sampah Organik)
M ₁	0,557528765	0,524083628
M ₂	0,849485488	0,718551388
M ₃	0,970807073	0,877834975
M ₄	1	0,999418605

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode *simple additive weighting* (SAW) pada Tabel 4, diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa bahan baku dari kotoran sapi memiliki nilai yang lebih tinggi dari sampah organik. Dapat dilihat pada Tabel 4 yang menunjukkan skor akhir pada minggu ke-1 untuk limbah kotoran sapi sebesar 0,557528765 sedangkan sampah organik sebesar 0,524083628, kemudian pada minggu ke-2 kotoran sapi menghasilkan skor akhir sebesar 0,849485488 sedangkan sampah organik menghasilkan skor akhir sebesar 0,718551388. Pada minggu ke-3 kotoran sapi menghasilkan skor akhir sebesar 0,970807073 sedangkan sampah organik menghasilkan skor akhir sebesar 0,877834975 dan yang terakhir pada minggu ke-4 skor akhir pada kotoran sapi mencapai nilai ideal yaitu 1 sedangkan untuk sampah organik memiliki skor akhir sebesar 0,999418605. Pada kedua jenis bahan baku tersebut, kotoran sapi memiliki nilai yang lebih tinggi, yang berarti sedikit lebih unggul dibandingkan sampah organik. Dengan demikian dapat diambil keputusan bahwa kotoran sapi penghasil gas dengan kualitas yang sangat baik dibandingkan sampah organik.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kotoran sapi memiliki kandungan yang sedikit lebih tinggi dan lebih cepat menghasilkan gas metana dibandingkan sampah organik. Hal ini disebabkan karena kotoran sapi sebelumnya sudah dilakukan proses fermentasi pertama dalam perut sapi, sementara sampah organik memerlukan waktu yang lama agar bisa terurai dan bahannya perlu dicacah menjadi bagian-bagian kecil agar cepat mengalami pembusukan. Biogas yang dihasilkan dari penelitian ini menghasilkan api yang berkualitas baik dan bisa langsung digunakan untuk memasak.

Hasil analisis data suhu reaktor, CO₂, CH₄, tekanan, nyala api, dan warna api sesuai dengan kriteria, sehingga karakter biogas yang dihasilkan dari kedua bahan baku dapat diketahui. Hasil pengukuran pada limbah kotoran sapi menghasilkan data Suhu reaktor tertinggi sebesar 35,9 °C, gas metana (CH₄) memiliki nilai tertinggi sebesar 10.000 mol dan tekanan memiliki tertinggi 0,08 atm dengan karbon dioksida (CO₂) paling optimal sebesar 996 ppm. Sedangkan hasil pengukuran pada sampah organik menghasilkan data suhu reaktor tertinggi 34,9 °C gas metana (CH₄) memiliki nilai tertinggi sebesar 10.000 mol dan tekanan memiliki tertinggi 0,06 atm dengan karbon dioksida (CO₂) paling optimal sebesar 1014 ppm. Berdasarkan hasil pengukuran, limbah kotoran sapi lebih cepat menghasilkan api daripada sampah organik dan warna api yang dominan berwarna biru pada kedua jenis bahan baku, walaupun limbah kotoran sapi lebih unggul dari sampah organik. Hal ini membuktikan bahwa limbah kotoran sapi dan sampah organik sangat efisien untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi yang digunakan untuk memasak.

Saran

Untuk penelitian selanjutnya disarankan adanya penelitian lebih lanjut terkait Penambahan perlakuan dengan mencampur kedua jenis bahan baku yaitu kotoran sapi dan sampah organik agar mengetahui perbedaan nilai kandungan yang dihasilkan menggunakan alat pengukur gas metana (CH_4) dengan kapasitas lebih dari 10000 ppm.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada pihak-pihak terkait yang membantu dalam penyelesaian artikel ini, terutama kepada dosen pembimbing

DAFTAR REFERENSI

- Agusman, D., & Kilat Buono, A. (2017). Pengaruh Starter Ragi dalam Proses Pembentukan Biogas Limbah Buah. *Seminar Nasional TEKNOKA*, 2(2502), M37–M43.
- Anggraini, D., Pertiwi, M. B., & Bahrin, D. (2012). Pengaruh Jenis Sampah, Komposisi Masukan Dan Waktu Tinggal Terhadap Komposisi Biogas Dari Sampah Organik. *Jurnal Teknik Kimia*, 18(1), 17–23.
- Bangun, R., Biogas, R., Portable, T., Limbah, D., & Sapi, K. T. (2017). Design of Portable Biogas Reactor Type for Cow Dung Waste. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem*, 5(1), 369–374.
- 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 Hidup Sehari-Hari. *Eksergi*, 17(3), 182.
- Fuadi, H., Ismiwati, B., & Saripta, B. (2023). Peningkatan Laju Pertumbuhan Penduduk Terhadap Pembangunan Keluarga. *Empiricism Journal*, 4(2), 673–678.
- Harmiansyah, H., Pratama, R. D., Afisna, L. P., Syaukani, M., & Efendi, R. (2022). Karakteristik Sisa Slurry pada Produksi Biogas Berbahan Kotoran Sapi. *JMPM (Jurnal Material Dan Proses Manufaktur)*, 6(2), 46–53.
- Hasanah, A. A., & Sudarti, S. (2022). Analisis Berbagai Sampah Organik Sebagai Energi Alternatif Biogas Terbarukan. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 10(2), 174.
- Hendrasarie, N., & RP, E. (2021). Pelatihan Pembuatan Biogas Dari Limbah Rumah Makan Dan Tinja. *Abdimas Unwahas*, 6(2), 164–170.
- Ismet, L. M., Gusti, D. R., & Yanova, S. (2023). Pemanfaatan Reaktor Biogas Untuk Mengkonversi Limbah Organik Menjadi Biogas Sebagai Bahan Bakar Alternatif Di Pasar Rakyat Tradisional Aurduri Kelurahan Kenali Besar Kecamatan Alam Barajo Jambi. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Pinang Masak*, 4(1), 1–8.
- Kabeyi, M. J. B., & Olanrewaju, O. A. (2022). Biogas Production and Applications in the Sustainable Energy Transition. *Journal of Energy*, 2022, 1–43.
- Kusumandari, K., Suryana, R., Iriani, Y., Nurosyid, F., Widiyandari, H., & Khairuddin, K. (2023). Edukasi Pengelolaan Sampah Organik di Yayasan Pendidikan Mutiara Insan Menuju Sekolah Berwawasan Mandiri Energi. *SEMAR (Jurnal Ilmu Pengetahuan, Teknologi, Dan Seni Bagi Masyarakat)*, 12(2), 180.
- Lohani, S. P. P., Dhungana, B., & Marsolek, M. (2021). Anaerobic Co-Digestion of Food Waste with Livestock Manure: A Biogas Based Circular Economy and Sustainable Development Goals. *SSRN Electronic Journal*.
- Lubis, S., & Siregar, C. A. (2020). Pelatihan Pemanfaatan Kotoran Ternak Sapi Sebagai. *Abdi Sabha Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(1), 13–19.
- Luthfi, S. A. C. (2022). Optimalisasi Biogas Dari Kotoran Sapi Dengan Penambahan Bahan Organik Dari Limbah Pertanian Dan Pasar. *AGRISAINTEFIKA: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 6(1), 21.
- Mutegoa, E., & Sahini, M. G. (2023). Approaches to mitigation of hydrogen sulfide during anaerobic digestion process– A review. *Heliyon*, 9(9), e19768.
- Rahim, I. ., Harianto, T., & Jufri, K. . (2017). Efektivitas Pemanfaatan Biogas Serbuk Gergaji Dan Limbah Ternak Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Jurnal Universitas Hasanuddin*, 1, 1–9.
- Rhohman, F., & Nuryosuwito, N. (2021). Analisa Matematis Hasil Biogas Dari Sampah Sayuran Berdasarkan Perbedaan Jumlah Bahan. *Jurnal Mesin Nusantara*, 4(2), 84–89.
- Ridhuan, K., & Norvedo, H. (2012). Pengaruh Perbandingan Eceng Gondok Dan Kotoran Sapi

- Terhadap Proses Fermentasi Untuk Mendapatkan Energi Biogas. *Jurnal Mechanical*, 3(2), 44–50.
- Rifky, R., Heriyani, H., & Mugisidi, D. (2023). Pendayagunaan Potensi Kotoran Kambing Menjadi Biogas Pada Peternakan Bina Mandiri Farm Solear Tangerang Banten. *Bantenese : Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 5(2), 370–377.
- Rindiani, F. (2023). Pengolahan Limbah Tahu Menjadi Biogas Sebagai Inovasi Guna Mengatasi Krisis Energi. *Jurnal Pendidikan, Sains Dan Teknologi*, 2(3), 946–951.
- Saptaji, K., Fikri, M. R., Hadisujoto, I. B. S., & ... (2021). Sosialisasi Pemanfaatan Sampah Organik Rumah Tangga Untuk Biogas Dan Pemasangan Biodigester. *Jurnal Pengabdian*, 4(1), 11–18.
- Sarkar, O., Modestra, J. A., Rova, U., Christakopoulos, P., & Matsakas, L. (2023). Waste-Derived Renewable Hydrogen and Methane: Towards a Potential Energy Transition Solution. *Fermentation*, 9(4).
- Sastrawan, S., Ridhana, F., Erita, E., & Pitriyanto, N. (2021). Teknik Pengolahan Limbah Kotoran Sapi Bali Untuk Pembuatan Biogas Di Kampung Paya Tungel Kecamatan Jagong Jeget. *JIPVET: Jurnal Ilmu Peternakan Dan Veteriner*, 3(2), 30–40.
- Terziev, A., & Zlateva, P. (2024). *Enhancing the Fermentation Process in Biogas Production from Animal and Plant Waste Substrates in the Southeastern Region of Bulgaria*.
- Wang, S., Ma, F., Ma, W., Wang, P., Zhao, G., & Lu, X. (2019). Influence of temperature on biogas production efficiency and microbial community in a two-phase anaerobic digestion system. *Water (Switzerland)*, 11(1).