



# Perbandingan jerami dan kotoran sapi terhadap produksi biogas dari *biodigester tipe floating drum*

## Ratio of straw and cow manure for biogas production in a floating biodigester

Haikal Attamimy<sup>1</sup>, Guyup Mahardhian Dwi Putra<sup>1\*</sup>, Sukmawaty<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri Universitas Mataram, Indonesia

\*corresponding author: guyupmdp@unram.ac.id

Received: 28<sup>th</sup> February, 2024 | accepted: 16<sup>th</sup> April, 2024

### ABSTRAK

Dewasa ini penggunaan energi fosil semakin bertambah seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk dari tahun ke tahun. Kondisi ini cukup mengkhawatirkan karena keterbatasan ketersediaan fosil sebagai bahan bakar yang dapat menyebabkan krisis energi, sehingga perlu upaya untuk mengurangi ketergantungan terhadap sumber energi fosil, salah satunya adalah dengan menggunakan energi alternatif yang berasal dari bahan yang dapat diperbaharui (renewable energy). Penelitian ini bertujuan menganalisis parameter energi yang dihasilkan dari proses pembentukan biogas pada biodigester floating drum. Metode penelitian ini menggunakan penelitian eksperimental menggunakan tiga perlakuan perbandingan rasio jerami, air, dan kotoran sapi. Parameter yang diamati dan dianalisis meliputi jumlah biogas yang dihasilkan, tekanan biogas, lama nyala api, laju pembakaran, dan nilai kalor. Hasil penelitian menunjukkan volume biogas tertinggi terdapat pada perlakuan pertama yaitu 0,101 m<sup>3</sup> atau 101 liter, tekanan dengan nilai 0,0081 atm, laju pembakaran 0,00266 m<sup>3</sup>/menit, lama nyala api 38 menit, dan nilai kalor pembakaran 210.045 joule. Pada perlakuan kedua volume biogas total yang dihasilkan 0,0775 m<sup>3</sup> atau 77,5 liter, tekanan 0,0131 atm, laju pembakaran 0,00209 m<sup>3</sup>/menit, durasi nyala api 37 menit, dan nilai kalor pembakarannya adalah 184.965 joule. Perlakuan ketiga menghasilkan volume biogas 0,0771 m<sup>3</sup> atau 77,1 liter, tekanan 0,013 atm, laju pembakaran 0,00214 m<sup>3</sup>/menit, durasi nyala api 36 menit, dan nilai kalor pembakaran sebesar 164.587,5 joule.

**Kata kunci:** biogas; nilai kalor; nyala api; rasio jerami dan kotoran sapi; volume

### ABSTRACT

To address the concerning trend of increasing fossil fuel use due to population growth, it is necessary to prioritize alternative energy sources like renewable energy. This study aims to analyze the energy parameters produced through biogas formation in a floating drum biodigester, highlighting the potential for sustainable energy solutions. This research method uses experimental research using three treatments of the ratio of straw, water, and cow dung. The parameters observed and analyzed include the amount of biogas produced, biogas pressure, flame length, combustion rate, and calorific value. The experiment results clearly demonstrate that the first treatment was significantly more effective in producing biogas, with a volume of 0.101 m<sup>3</sup> or 101 litre, a pressure of 0.0081

atm, a combustion rate of 0.00266 m<sup>3</sup>/min, a flame length of 38 minutes, and a combustion calorific value of 210,045 joules. In contrast, the second treatment produced a total biogas volume of only 0.0775 m<sup>3</sup> or 77.5 litre, at a pressure of 0.0131 atm, a combustion rate of 0.00209 m<sup>3</sup>/min, a flame duration of 37 minutes, and a combustion calorific value of 184,965 joules. These results provide strong evidence for the superiority of the first treatment in terms of biogas production. The third treatment produced a biogas volume of 0.0771 m<sup>3</sup> or 77.1 litre at a pressure of 0.013 atm, with a combustion rate of 0.00214 m<sup>3</sup>/min, a flame duration of 36 minutes, and a combustion heating value of 164,587.5 joules.

**Keywords:** biogas; biogas flame; heat value; straw and cow fertilizer ratio; volume

## PENDAHULUAN

Energi merupakan salah satu kebutuhan dasar manusia dan saat ini konsumsi akan energi terus meningkat seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk. Energi fosil saat ini masih mendominasi sebagai bahan bakar (Khaidir, 2016). Masalah dalam penggunaan fosil sebagai bahan bakar adalah jumlah ketersediaan yang semakin terbatas karena sifat yang tidak dapat diperbaharui, oleh karena itu berbagai upaya dilakukan untuk menghasilkan energi yang dapat diperbaharui (*renewable energy*) di antaranya adalah pemanfaatan limbah peternakan, pertanian, perkebunan dan kehutanan sebagai energi alternatif.

Berbagai macam bentuk alternatif antara lain biobriket, gasohol, dan biogas yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif untuk keperluan rumah tangga sebagai pengganti LPG atau minyak tanah. Dari berbagai penelitian energi alternatif yang dihasilkan memiliki kualitas dan terbuat dari bahan baku yang diperbaharui dan murah.

Biogas adalah produk yang dihasilkan dari proses penguraian anaerob yang berasal dari bahan-bahan organik yang dilakukan oleh mikroorganisme. Biogas mengandung kurang lebih 60% gas metan (CH<sub>4</sub>), ± 2% Nitrogen (N) dan Oksigen (O<sub>2</sub>), ± 38% karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan mengandung hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S). Biogas memiliki sifat seperti elpiji yang mudah terbakar. Apabila jumlah biogas melimpah maka dapat digunakan sebagai pembangkit listrik yang ramah lingkungan dan dapat diperbaharui (*renewable energy*).

Berbagai penelitian terkait pemanfaatan limbah organik hasil pertanian atau peternakan untuk dijadikan biogas telah banyak dilakukan. Penelitian (Putra et al., 2017) dan Setiawati et al., (2017) menjelaskan perancangan biogas *portable* dari limbah kotoran ternak menghasilkan gas yang dapat digunakan untuk memasak dalam skala laboratorium. Penelitian lain terkait biogas adalah pemanfaatan limbah kotoran ternak dicampur dengan limbah pertanian dan limbah pasar yang dilakukan oleh (Luthfi & Fitria, 2022). Selain dari limbah peternakan, bahan limbah pertanian juga dapat

digunakan sebagai sumber bahan baku untuk produksi biogas. Limbah pasar seperti sayuran atau buah-bahan yang telah busuk dapat diproses menjadi biogas, dan produk sampingan dari pengolahan biogas dapat digunakan sebagai pupuk organik (Rahmat et al., 2023). Penelitian oleh Irsyad et al., (2018) dan Haryanto et al., (2019) juga menjelaskan pemanfaatan limbah kotoran ternak dan jerami sebagai bahan untuk biogas.

Limbah jerami padi adalah salah satu biomassa yang memiliki potensi yang cukup melimpah sebagai energi alternatif melalui penerapan teknologi biogas dengan cara fermentasi anaerob digester. Jerami selama ini belum dimanfaatkan secara optimum dan berpotensi untuk dikonversi menjadi biogas. Gas metana (biogas) sangat potensial untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi pengganti bahan bakar dari energi fosil. Daerah-daerah pedesaan di Indonesia merupakan pusat produksi pertanian dan sumber bahan baku biogas berupa limbah pertanian berupa jerami padi (Anwar et al., 2021). Komposisi kimia jerami padi mengandung selulosa (32-47%), hemiselulosa (Widjaja et al., 2021).

Kelebihan dari penggunaan jerami untuk biogas karena memiliki kandungan gas metana yang diproduksi dari bakteri *Methanobacterium*, *Methanobacillus*, *Methanosacaria*, dan *Methanococcus* yang memacu terbentuknya biogas, namun lignin pada

jerami padi sulit terdegradasi dan dapat menghalangi mikroorganisme pembentuk biogas, oleh karena itu jerami perlu dicacah sebelum digunakan (Setiarto, 2013).

Secara prinsip pembuatan biogas sangat sederhana, dengan memasukkan bahan baku (kotoran hewan atau manusia) ke dalam unit pencernaan (digester), ditutup rapat, dan selama beberapa waktu gas bio akan terbentuk yang selanjutnya dapat digunakan sebagai sumber energi. Biodigester merupakan tempat dimana material organik diurai oleh bakteri secara anaerob (tanpa udara) menjadi gas CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub>. *Biodigester* harus dirancang sedemikian rupa sehingga proses fermentasi anaerob dapat berjalan dengan baik (Kurniawati & Krisnaningsih, 2021).

Biogas dapat diproduksi dari berbagai bahan organik dari limbah yang sudah tidak berguna lagi seperti sampah rumah tangga, kotoran hewan, sampah pertanian dan perkebunan yang dapat dimanfaatkan menjadi energi melalui proses anaerob. Pembuatan biogas dari kotoran hewan, khususnya sapi memiliki potensi terbesar sebagai energi alternatif yang ramah lingkungan. Pada dasarnya kotoran sapi juga dapat dijadikan pupuk kandang, namun jika diolah dalam bentuk biogas maka akan menghasilkan beberapa produk seperti gas yang dapat digunakan sebagai sumber energi dan *slurry* yang dapat digunakan sebagai pupuk organik yang

kaya akan unsur-unsur yang dibutuhkan oleh tanaman. Pembuatan biogas dari limbah peternakan seperti kotoran sapi merupakan metode yang paling sering diaplikasikan. Dari beberapa literatur diperoleh bahwa gas metana yang paling terbanyak terdapat pada Kotoran sapi yang berguna dalam proses fermentasi. Selain itu kotoran sapi juga mudah untuk didapatkan (Rahmadi & Sudirman, 2014).

Selain menggunakan limbah peternakan, bahan baku biogas juga dapat berasal dari limbah pertanian seperti jerami, batang jagung, rumput-rumputan dan limbah pertanian lainnya. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis biogas dari hasil campuran bahan baku dari limbah pertanian dengan limbah peternakan dengan perbandingan tertentu menggunakan *biodigester floating drum*.

## METODOLOGI

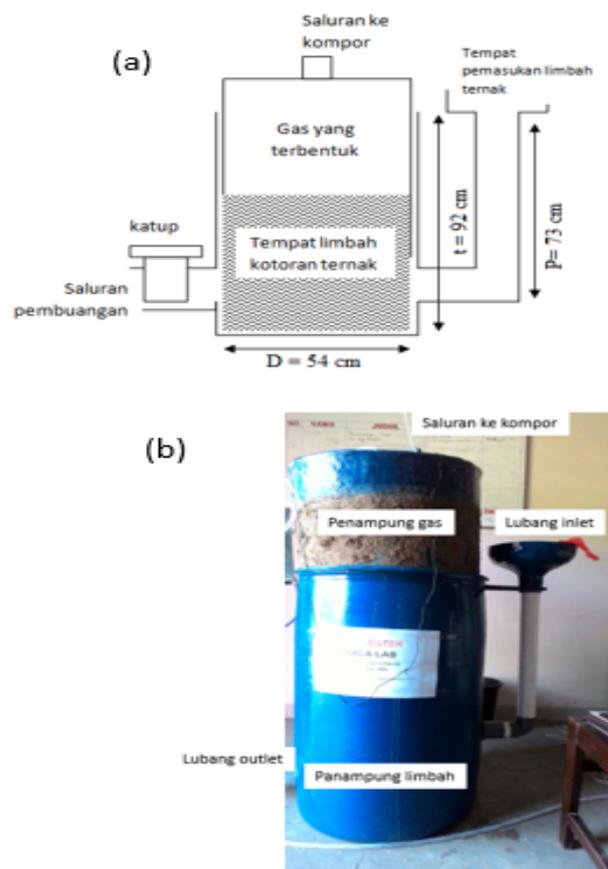
Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: Termokopel CA Tipe CC, Timbangan Digital, Timbangan Analitis, Aerator, Alat Kalibrasi Termokopel Berbasis LM 35, PH Meter, Kompor Gas, Gelas ukur, Oven, Cawan, dan Manometer tipe U. Sedangkan bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: Air, Jerami padi kering yang telah di cacah, Kotoran sapi, dan Plastisin.

Adapun tahapan dalam penelitian ini antara lain:

1. Dilakukan uji kebocoran pada alat *biodigester*
2. Dilakukan pencampuran bahan baku biogas dengan tiga perlakuan.
3. Perlakuan pertama dilakukan dengan mencampurkan kotoran sapi dengan air dengan rasio perbandingan 1:2 (66,7:133,3 liter).
4. Perlakuan kedua dilakukan pencampuran kotoran sapi, air dan jerami dengan rasio perbandingan 1:2:0,5 (57:114:29 liter).
5. Perlakuan ketiga dilakukan pencampuran kotoran sapi, air dan jerami dengan rasio perbandingan 1:2:2 (40:80:80 liter).
6. Dicatat suhu dalam alat *biodigester* menggunakan 3 jenis instrumen pengukur suhu yaitu termometer batang, termometer digital, dan pemantauan suhu menggunakan *microcontroller*.
7. Dicatat tekanan dan rasio tekanan dalam alat *biodigester* menggunakan manometer U.
8. Dicatat suhu lingkungan basis kering dan basis basah menggunakan termometer batang.
9. Dicatat kenaikan tinggi drum penampung gas menggunakan penggaris.
10. Prosedur pengambilan data untuk setiap parameter yang diamati dilakukan selama 1 jam sekali sampai hari ke-30 dimana pembentukan biogas pada hari itu hampir berakhir.
11. Dilakukan uji pembakaran saat kenaikan tabung penampung gas sudah mencapai tinggi maksimal

dengan mempersiapkan kompor gas. Kompor gas dihubungkan dengan *biodigester* dengan menggunakan selang. Tidak boleh ada kebocoran pada katup penghubung selang dengan kompor. Di atas kompos disiapkan panci berisi air. Pengukuran massa awal air dengan menggunakan timbangan digital.

12. Setelah diukur massa air, air dimasukkan ke dalam panci. Termometer diposisikan tepat di tengah ketinggian air.
13. Diukur volume awal dan volume akhir air di dalam panci menggunakan mistar.
14. Diukur suhu awal air dan peningkatan suhu setiap 1 menit sekali.



**Gambar 1.** (a) desain Reaktor biogas tipe floating drum (b) Reaktor biogas hasil desain

## Analisis Data

### Volume Biogas

Pengukuran Volume biogas diukur dengan cara mengukur perubahan tinggi tangki pengumpul.

### Tekanan Biogas

Pengukuran tekanan biogas menggunakan manometer tipe U. Manometer ini ditempelkan pada papan yang sudah diberikan angka dan angka tersebut yang setiap hari dicatat. Besarnya angka yang ditunjukkan pada manometer merupakan nilai dari besarnya tekanan biogas yang dihasilkan.

Tekanan pada manometer U dihitung dengan Hukum Boyle di bawah ini (Ulva et al., 2022).

$$P = \rho \cdot g \cdot h + \text{tekanan atmosfer} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

- P = Tekanan absolut (N/m<sup>2</sup>)
- $\rho$  = Densitas zat cair (kg/m<sup>3</sup>)
- g = Percepatan gravitasi (9,81 m/s<sup>2</sup>)
- h = Perbedaan ketinggian zat cair yang digunakan (m)

### Lama Nyala Api

Lama nyala api dapat dihitung menggunakan *stop watch* berapa lama api menyala dikompor yang digunakan untuk memanaskan air hingga api tersebut padam.

### Laju Pembakaran (liter/menit)

Laju pembakaran dihitung dengan melihat kecepatan bahan bakar dari awal hingga habis. Laju pembakaran

dihitung menggunakan persamaan berikut (Faizin et al., 2022).

$$\text{laju} = \frac{\text{volume\_bahan\_bakar}(m^3)}{\text{lama\_nyala\_api}(\text{menit})} \dots\dots\dots(2)$$

### Nilai Kalor

Nilai kalor pembakaran merupakan energi yang digunakan untuk memanaskan air hingga mendidih. Perhitungan berdasarkan rumus: (Lazuardy, 2008)

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

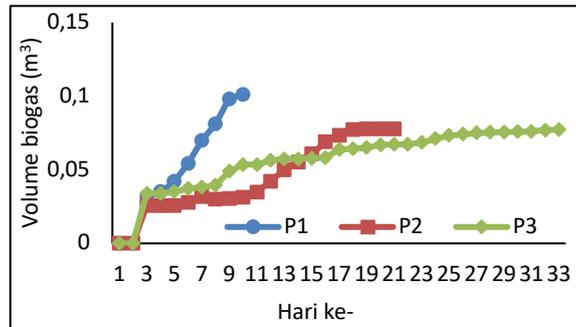
- Q = Nilai kalor (Joule)
- m = Massa air yang dipanaskan (kg)
- c = Kalor jenis air (Joule/kg°C)
- $\Delta T$  = Perubahan suhu (°C)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan perubahan nilai volume biogas yang dihasilkan selama proses fermentasi dilakukan dengan cara mengukur perubahan tinggi drum penampung gas. Perubahan tinggi drum penampung gas mulai terlihat sejak hari pertama setelah proses pengisian campuran untuk dilakukan fermentasi pada biodigester. Gas yang dihasilkan mulai dari hari pertama sampai dengan hari ketiga setelah pengisian dibuang terlebih dahulu, hal ini sesuai dengan pernyataan Elly et al. (2020) yang menyatakan bahwa gas pertama yang dihasilkan belum dapat digunakan karena gas yang terbentuk adalah gas CO<sub>2</sub>. Gas pertama ini perlu dibuang dengan membuka kran pengeluaran gas pengumpul. Setelah gas pertama habis yang ditandai dengan turunnya ketinggian drum

pengumpul, kran gas pengumpul ditutup kembali. Gas yang terbentuk kemudian sudah dapat dipakai untuk berbagai kebutuhan.

Pengukuran volume biogas pada masing-masing perlakuan dimulai dari hari ketiga setelah pengisian campuran ke dalam biodigester sampai diperoleh tinggi optimum untuk masing-masing perlakuan.



**Gambar 2.** Volume biogas setiap perlakuan

**Gambar 2** menunjukkan pada perlakuan 1 diperoleh volume biogas yang paling tinggi dan waktu pembentukan biogas paling cepat yaitu 10 hari. Hal ini disebabkan pada perlakuan 1 tidak ada substrat tambahan, hanya menggunakan kotoran sapi. Berbeda dengan perlakuan 2 dan 3, masing-masing

memiliki waktu yang berbeda dalam pembentukan biogas. Perlakuan 2 membutuhkan waktu 21 hari dan perlakuan tiga diperlukan 33 hari untuk pembentukan biogas sebesar 0,77 m<sup>3</sup>. Perbandingan pembentukan biogas dari ketiga perlakuan dapat dilihat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.**

Perbandingan Volume Total dan waktu Fermentasi pada Setiap Perlakuan

Perlakuan	Rasio C/N	Volume Total (m <sup>3</sup> )	Volume Total (liter)
P 1	24	0,101	101
P 2	25	0,0775	77,5
P 3	26	0,0771	77,1

**Tabel 1** menunjukkan perbedaan waktu fermentasi yang diperlukan untuk menaikkan drum penampung gas hingga mencapai volume maksimum, dan volume maksimum (volume total)

yang diperoleh pada masing-masing perlakuan sebelum dilakukan uji pembakaran pada biogas. Berdasarkan tabel dan grafik tersebut, dapat diketahui bahwa waktu fermentasi yang diperlukan untuk menaikkan drum

penampung gas hingga mencapai volume optimum, dan volume optimum yang dihasilkan berbeda-beda pada masing-masing perlakuan. Hal ini disebabkan karena perbedaan konsentrasi jerami pada setiap campuran pada tiap-tiap perlakuan, sehingga mengakibatkan laju pembentukan biogas berbeda-beda. Perlakuan dengan perbandingan

Volume total tertinggi yang dihasilkan serta waktu fermentasi yang paling cepat terdapat pada perlakuan pertama yaitu pada perbandingan air, kotoran sapi dan jerami 1:2:0, sedangkan yang terendah terdapat pada perlakuan ke-3 yaitu pada perbandingan air, kotoran sapi dan jerami 1:2:2. Menurut (Anggari & Prayitno, 2020), hal ini disebabkan karena perbandingan C/N dari bahan organik sangat menentukan aktivitas mikroba dan produksi biogas dalam biodigester. Agar pertumbuhan bakteri anaerob optimum, diperlukan rasio optimum C:N berkisar antara 20:1 sampai 30:1. Rasio C/N pada kotoran sapi berkisar antara 10-20:1 sehingga aktivitas mikroba dan produksi biogas lebih optimal. Sedangkan pada jerami padi rasio C/N berkisar antara 80-140:1 sehingga semakin banyak jerami padi yang digunakan rasio C/N akan semakin besar dan mengakibatkan aktivitas mikroba serta produksi biogas menjadi kurang optimal. Sedangkan menurut Megawati & Aji (2014), produksi biogas sangat dipengaruhi oleh ukuran bahan

kotoran sapi, air, dan jerami 1:2:0 menghasilkan volume total sebesar 101 liter dengan waktu fermentasi 10 hari, perlakuan dengan perbandingan 1:2:0,5 menghasilkan volume total sebesar 77,5 liter dengan waktu fermentasi 21 hari, sedangkan perlakuan dengan perbandingan 1:2:2 menghasilkan volume total sebesar 77,1 liter dengan waktu fermentasi 33 hari.

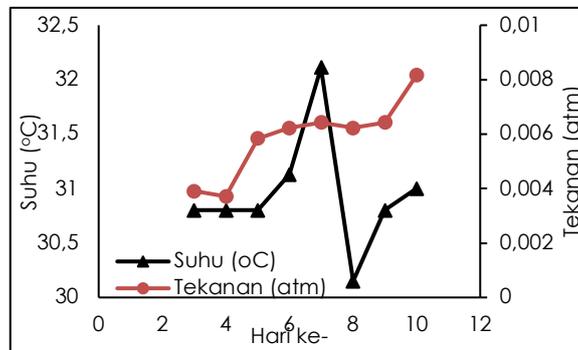
organik yang digunakan. Bahan yang berukuran kecil lebih cepat didekomposisi melalui peningkatan luas permukaan untuk aktivitas mikroba perombak. Ukuran bahan yang terlalu besar menyebabkan luas permukaan yang dimetabolisme lebih sempit sehingga proses berlangsung metabolisme oleh bakteri menjadi semakin lambat atau terhenti sama sekali. Selain itu, perbandingan air dan bahan padat juga sangat mempengaruhi produksi biogas saat proses fermentasi dalam biodigester. Jerami padi memiliki ukuran bahan yang paling besar dibandingkan dengan kotoran sapi dan air. Sehingga semakin banyak jerami padi yang digunakan, ukuran bahan organik akan semakin besar dan rasio padatan pada bahan isian digester juga semakin besar dan aktivitas mikroba serta produksi biogas menjadi kurang optimal.

### **Tekanan Biogas**

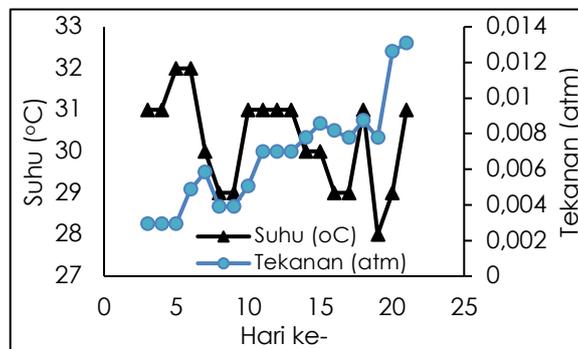
Tekanan biogas menunjukkan terjadinya pembentukan gas pada *biodigester* selama proses fermentasi. Pada *biodigester* terapung, tekanan

diperlukan untuk menaikkan drum penampung yang digunakan sebagai penampung gas yang terbentuk selama proses fermentasi. Pada penelitian ini, tekanan gas diukur secara langsung

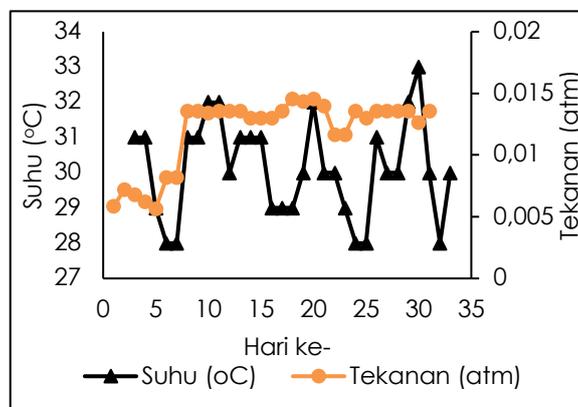
menggunakan manometer tipe U yang dipasang pada bagian atas drum penampung gas. Dari grafik pada **Gambar 3, 4, dan 5** dapat dilihat perubahan tekanan selama fermentasi.



**Gambar 3.** Grafik perubahan tekanan dan suhu selama proses fermentasi pada perbandingan 1:2:0



**Gambar 4.** Grafik perubahan tekanan dan suhu selama proses fermentasi pada perbandingan 1:2:0,5

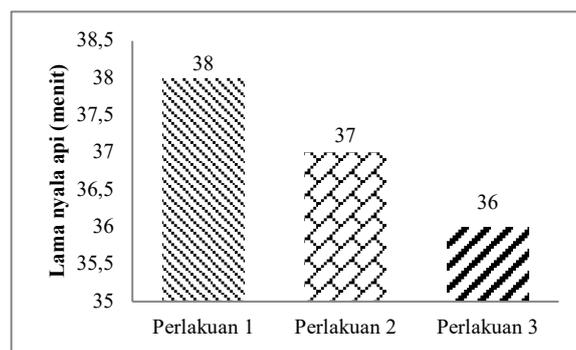


**Gambar 5.** Grafik perubahan tekanan dan suhu selama proses fermentasi pada perbandingan 1:2:2

Tekanan biogas selama proses fermentasi sampai dilakukan proses pembakaran cenderung mengalami perubahan yaitu mengalami kenaikan dan penurunan pada masing-masing perlakuan walaupun tidak signifikan. Penurunan tekanan pada biodigester terjadi apabila suhu dalam biodigester juga mengalami penurunan. Hal ini sesuai dengan hukum gas ideal yang dikemukakan oleh Gay-Lussac yang menyatakan tekanan gas berbanding lurus dengan temperatur mutlak gas tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa selain dipengaruhi oleh peningkatan volume gas dalam biodigester, tekanan gas juga sangat dipengaruhi oleh suhu dalam biodigester tersebut.

### Lama Nyala Api

Lama nyala api diperoleh dari pengujian pembakaran pada kompor biogas dengan bukaan api kecil. Pengujian dilakukan pada saat volume drum penampung biogas telah mencapai volume optimum untuk masing-masing perlakuan. Pada perlakuan pertama uji pembakaran dilakukan pada hari ke-10 dengan volume optimum yang diperoleh  $0,101 \text{ m}^3$  dan tekanan sebesar  $0,0081 \text{ atm}$ . Pada perlakuan ke-2 uji pembakaran dilakukan pada hari ke-21 dengan volume optimum yang diperoleh  $0,0775 \text{ m}^3$  dan tekanan sebesar  $0,0131 \text{ atm}$ . Sedangkan pada perlakuan ke-3 uji pembakaran dilakukan pada hari ke-33 dengan volume optimum yang diperoleh  $0,0771 \text{ m}^3$  dan tekanan sebesar  $0,013 \text{ atm}$ .



**Gambar 6.** Grafik perbandingan lama nyala api saat pembakaran pada setiap perlakuan

Grafik pada **Gambar 6** menunjukkan lama nyala api yang diperoleh pada masing-masing perlakuan saat dilakukan uji pembakaran pada biogas. Berdasarkan grafik tersebut, dapat diketahui bahwa lama nyala api yang diperoleh berbeda-beda pada masing-

masing perlakuan. Hal ini disebabkan karena perbedaan tekanan dan volume pada setiap campuran pada tiap-tiap perlakuan. Perlakuan dengan perbandingan kotoran sapi, air, dan jerami 1:2 :0 menghasilkan lama nyala api 38 menit, perlakuan dengan

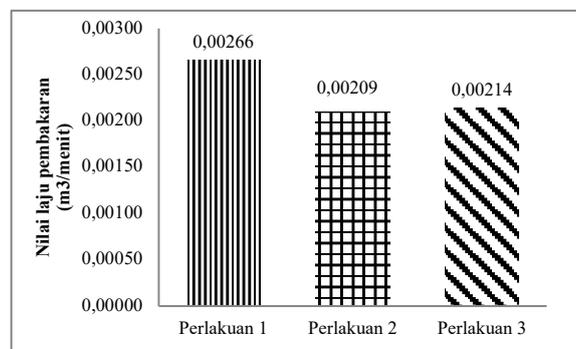
perbandingan 1 : 2: 0,5 menghasilkan lama nyala api 37 menit, sedangkan perlakuan dengan perbandingan 1:2:2 menghasilkan lama nyala api 36 menit.

Lama nyala api mengalami penurunan seiring dengan penambahan rasio jerami pada campuran di setiap perlakuan. Nyala api paling lama terdapat pada perlakuan pertama yaitu pada perbandingan air, kotoran sapi dan jerami 1:2:0, sedangkan yang terendah terdapat pada perlakuan ke-3 yaitu pada perbandingan air, kotoran sapi dan jerami 1:2:2. Hal ini disebabkan karena volume optimum yang dihasilkan pada perlakuan pertama paling tinggi sehingga lama waktu pembakaran yang diperoleh lebih lama. Sebaliknya pada perlakuan ke-3, volume optimum yang dihasilkan paling rendah sehingga lama waktu pembakaran yang diperoleh lebih singkat.

### Laju Pembakaran

Laju pembakaran diperoleh dari pengujian pembakaran pada kompor biogas. Data diambil bersamaan

dengan data lama nyala api pada saat uji pembakaran. Pada penelitian ini, laju pembakaran diperoleh dengan cara membandingkan volume optimum yang diperoleh pada masing-masing perlakuan dengan lama waktu yang diperoleh saat uji pembakaran sampai biogas pada volume tersebut habis. Sama halnya dengan lama nyala api, laju pembakaran juga sangat dipengaruhi oleh volume biogas yang dihasilkan dan tekanan pada drum penampungan gas. Laju pembakaran berbanding lurus dengan volume biogas yang dihasilkan dan berbanding terbalik dengan lama nyala api saat pembakaran. semakin tinggi volume biogas yang dihasilkan maka laju pembakaran akan semakin besar. Laju pembakaran juga dipengaruhi oleh tekanan biogas dalam biodigester. Semakin tinggi tekanan biogas maka aliran gas akan semakin cepat sehingga laju pembakaran akan semakin besar. Berikut ini data perbandingan laju pembakaran pada masing-masing perlakuan.



**Gambar 7.** Perbandingan nilai laju Pembakaran pada setiap perlakuan

**Gambar 7** menunjukkan laju pembakaran yang diperoleh pada masing-masing perlakuan saat dilakukan uji pembakaran pada biogas. Berdasarkan tabel dan grafik tersebut, dapat diketahui bahwa laju pembakaran yang diperoleh berbeda-beda pada masing-masing perlakuan. Hal ini disebabkan karena perbedaan tekanan dan volume pada setiap campuran pada tiap-tiap perlakuan. Perlakuan dengan perbandingan kotoran sapi, air, dan jerami 1:2:0 menghasilkan laju pembakaran sebesar 0,0027 m<sup>3</sup>/menit, perlakuan dengan perbandingan 1:2:0,5 menghasilkan laju pembakaran sebesar 0,00209 m<sup>3</sup>/menit, sedangkan perlakuan dengan perbandingan 1:2:2 menghasilkan laju pembakaran hampir sama besar dengan perlakuan ke-2 yaitu 0,00214 m<sup>3</sup>/menit atau 2,14 liter/menit.

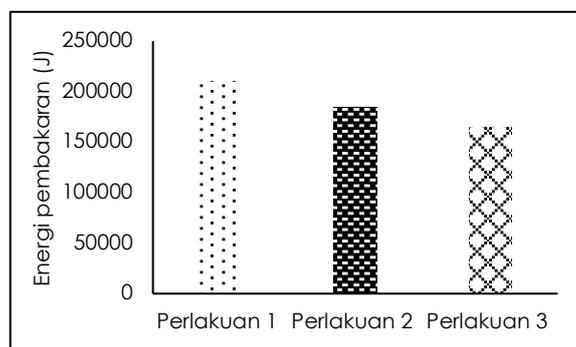
Laju pembakaran berbanding lurus dengan volume gas dan berbanding terbalik dengan waktu pembakaran (lama nyala api) pada saat uji pembakaran. Semakin besar volume gas dalam biodigester laju pembakaran akan semakin tinggi, sebaliknya jika waktu pembakaran (lama nyala api) semakin tinggi maka laju pembakaran akan semakin rendah. Laju pembakaran paling tinggi terdapat pada perlakuan pertama yaitu pada perbandingan air, kotoran sapi dan jerami 1:2:0, sedangkan yang paling rendah terdapat pada perlakuan ke-2 yaitu pada perbandingan air, kotoran sapi

dan jerami 1:2:0,5. Hal ini disebabkan karena volume optimum yang dihasilkan pada perlakuan pertama paling tinggi sehingga laju pembakaran yang diperoleh semakin tinggi. Sedangkan pada perlakuan ke-2 volume optimum yang dihasilkan tidak berbeda jauh dibandingkan dengan perlakuan ke-3, namun waktu pembakaran yang diperoleh pada perlakuan ke-2 lebih lama jika dibandingkan dengan perlakuan ke-3. Ini dikarenakan tekanan gas pada perlakuan ke-3 lebih besar dibandingkan dengan perlakuan ke-2. Tekanan gas yang lebih tinggi ini menyebabkan laju aliran gas pada perlakuan pertama lebih cepat dibandingkan dengan perlakuan ke-3.

### Nilai Kalor Biogas

Menurut Giancoli (2001), kalor adalah suatu bentuk energi yang secara alamiah dapat berpindah dari benda yang suhunya tinggi menuju suhu yang lebih rendah saat bersinggungan. Nilai kalor adalah jumlah energi yang dilepaskan ketika suatu bahan bakar dibakar secara sempurna. Pada penelitian ini, nilai kalor pembakaran biogas dihitung dengan pendekatan teoritis melalui uji pembakaran biogas pada kompor. Uji pembakaran dilakukan dengan cara memanaskan air kemudian mencatat penambahan/perubahan suhu setiap menitnya sampai diperoleh suhu air maksimum yang dapat dipanaskan oleh biogas. Hasil uji pembakaran biogas

pada masing-masing perlakuan tertera pada grafik berikut.



**Gambar 8.** Grafik perbandingan energi pembakaran pada setiap perlakuan

Grafik pada **Gambar 8** menunjukkan nilai kalor yang dihasilkan pada saat uji pembakaran dengan cara memanaskan air hingga tercapai suhu maksimum pada masing-masing perlakuan. Berdasarkan tabel dan grafik tersebut, dapat diketahui bahwa suhu maksimum dan nilai kalor yang diperoleh pada saat uji pembakaran berbeda-beda pada masing-masing perlakuan. Hal ini disebabkan karena perbedaan konsentrasi jerami pada setiap campuran pada tiap-tiap perlakuan, sehingga mengakibatkan kualitas biogas yang dihasilkan pada masing-masing perlakuan berbeda-beda. Perlakuan dengan perbandingan kotoran sapi, air, dan jerami 1:2:0 menghasilkan suhu maksimum 95°C dan nilai kalor sebesar 210.045 joule, perlakuan dengan perbandingan 1:2:0,5 menghasilkan suhu maksimum 91°C dan nilai kalor sebesar 184.965 joule, sedangkan perlakuan dengan perbandingan 1:2:2 menghasilkan suhu

maksimum 82°C dan nilai kalor sebesar 164.587,5 joule.

Nilai kalor serta suhu maksimum tertinggi yang dihasilkan terdapat pada perlakuan pertama yaitu pada perbandingan air, kotoran sapi dan jerami 1:2:0, sedangkan yang terendah terdapat pada perlakuan ke-3 yaitu pada perbandingan air, kotoran sapi dan jerami 1:2:2. Menurut Yulistiawati (2008), hal ini disebabkan karena perbandingan C/N untuk masing-masing bahan organik yang digunakan sebagai bahan isian biodigester akan mempengaruhi komposisi biogas yang dihasilkan. Perbandingan C/N yang terlalu rendah akan menghasilkan biogas dengan kandungan CH<sub>4</sub> rendah, CO<sub>2</sub> tinggi, H<sub>2</sub> rendah dan N<sub>2</sub> tinggi. Perbandingan C/N yang terlalu tinggi akan menghasilkan biogas dengan kandungan CH<sub>4</sub> rendah, CO<sub>2</sub> tinggi, H<sub>2</sub> tinggi dan N<sub>2</sub> rendah. Perbandingan C/N yang seimbang akan menghasilkan biogas dengan CH<sub>4</sub> tinggi, CO<sub>2</sub> sedang,

H<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub> rendah. Perbandingan C/N dari bahan organik sangat menentukan kualitas biogas yang dihasilkan. Rasio optimum perbandingan C/N yang dibutuhkan untuk mendapatkan kualitas biogas yang baik sama dengan rasio optimum perbandingan C/N pembentukan gas optimum yang diungkapkan oleh (Fry & Merrill, 1973) yaitu berkisar antara 20:1 sampai 30:1. Rasio C/N pada kotoran sapi berkisar antara 10-20:1 sehingga kualitas biogas yang dihasilkan lebih baik dimana CH<sub>4</sub> yang dihasilkan lebih banyak. Sedangkan pada jerami padi, rasio C/N berkisar antara 80-140:1, sehingga semakin banyak jerami padi yang digunakan rasio C/N akan semakin besar sehingga jumlah CH<sub>4</sub> yang dihasilkan lebih rendah.

## SIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa perlakuan ke-1 (campuran kotoran sapi dengan air) menghasilkan hasil uji coba yang paling baik dari uji nyala api, laju pembakaran, dan volume biogas yang dihasilkan. Volume total biogas yang paling banyak terdapat pada perlakuan satu yaitu 101 liter, sedangkan pada perlakuan ke-2 dan ke-3 menghasilkan volume biogas 77,5 liter dan 77,1 liter.

## DAFTAR PUSTAKA

Anggari, V. S., & Prayitno, P. (2020). Studi Literatur Limbah Tapioka Untuk Produksi Biogas: Metode Pengolahan dan Peranan Starter Substrat. *Jurnal Teknologi Separasi*, 6(2), 176–187.

Anwar, H., Widjaja, T., & Prajitno, D. H. (2021). Produksi Biogas dari Jerami Padi Menggunakan Cairan Rumen dan Kotoran Sapi. *CHEESA: Chemical Engineering Research Articles*, 4(1), 1. <https://doi.org/10.25273/cheesa.v4i1.7406.1-10>

Elly, F. H., Lomboan, A., Kaunang, C. L., Polakitan, D., & Kalangi, J. K. J. (2020). Teknologi Biogas dengan Bahan Baku Bersumber dari Limbah Sapi. *Sniff Poltekba*, 4, 455–459.

Faizin, N., Anugrah, H. E., Ulma, Z., Faizin, N., Eka Anugrah, H., & Ulma, Z. (2022). Analisis Fisis Briket Berbahan Baku Sludge Biogas dengan Perikat Daun Randu (Ceiba Pentandra). *Jurnal Teknologi Sumberdaya Mineral*, 3(2), 2022.

Fry, L. J., & Merrill, R. (1973). *Methane digesters for fuel gas and fertilizer* (Issue 3). New Alchemy Institute Hatchville, MA.

Giancoli, D. C. (2001). Fisika edisi kelima jilid 1. Jakarta: Erlangga.

Haryanto, A., Oktafri, O., Triyono, S., & Zulyantoro, M. R. (2019). pengaruh Komposisi Substrat Campuran Kotoran Sapi dan Jerami Padi terhadap Produktivitas Biogas Pada Digester Semi Kontinyu. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem*, 7(1), 116–125. <https://doi.org/10.29303/jrpb.v7i1.105>

Irsyad, F., Yanti, D., & Andasuryani, A. (2018). Sosialisasi Dan Pelatihan Pemanfaatan Biogas Dari Kotoran Ternak Dan Jerami Padi Sebagai Sumber Energi Alternatif Ramah Lingkungan. *Buletin Ilmiah Nagari Membangun*, 1(03), 15–20. <https://doi.org/10.25077/bnm.1.03.15-20.2018>

Khaidir. (2016). Pengolahan Limbah Pertanian Sebagai Bahan Bakar Alternatif. *Jurnal Agrium*, 13(2), 63–68.

Kurniawati, M., & Krisnaningsih, A. T. N. (2021). Pengembangan biodigester anaerob

- portabel penghasil biogas dari limbah kotoran ayam. *Jurnal Sains Peternakan*, 9(2), 95–99.
- Luthfi, S. A. C., & Fitria, R. (2022). Optimalisasi Biogas Dari Kotoran Sapi Dengan Penambahan Bahan Organik Dari Limbah Pertanian Dan Pasar. *AGRISAINTEFIKA: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 6(1), 21. <https://doi.org/10.32585/ags.v6i1.2451>
- Megawati, M., & Aji, K. W. (2014). Pengaruh Penambahan EM4 (Effective Microorganism-4) Pada Pembuatan Biogas dari Eceng Gondok dan Rumen Sapi. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 3(2), 42–49. <https://doi.org/10.15294/jbat.v3i2.3696>
- Putra, G. M. D., Setiawati, D. A., Abdullah, S. H., Priyati, A., & Muttalib, S. A. (2017). Rancang Bangun Reaktor Biogas Tipe Portable Dari Limbah Kotoran Ternak Sapi. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem*, 5(1), 369–374.
- Rahmadi, H., & Sudirman, S. (2014). Pengaruh Pemberian Water Trap Pada Biogas Terhadap Warna Nyala Api. *Jurnal Logic*, 14(1), 50.
- Rahmat, F. N., Sudarti, S., & Yushardi, Y. (2023). Analisis Pemanfaatan Sampah Organik Menjadi Energi Alternatif Biogas. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 4(2), 118–122. <https://doi.org/10.14710/jebt.2023.16497>
- Setiarto, R. H. B. (2013). Prospek dan Potensi Pemanfaatan Lignoselulosa Jerami Padi Menjadi Kompos, Silase, dan Biogas melalui Fermentasi Mikroba. *Jurnal Selulosa*, 3(2), 51–66.
- Setiawati, D. A., Putra, G. M. D., & Sugandi, K. W. (2017). Uji Kinerja Sistem Pemantauan Volume Biogas Berbasis Mikrokontroler Arduino Pada Biodigester Tipe Floating Drum. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem*, 5(2).
- Ulva, S. M., Damayanti, P., & Syukur, M. S. S. (2022). Analisis Nilai Kalor Berbahan Bakar Biogas dengan Memanfaatkan Kotoran Sapi Kalor Berbasis Etnosains. *Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online*, 10(1), 64–69.
- Widjaja, A., Sato, A., & Soeprijanto, S. (2021). Peningkatan Produksi Biogas dari Jerami Padi: Proses Digester An-aerobik Semikontinu pada Suhu Thermofilik dan Mesofilik. *Jurnal Riset Teknik*, 1(1), 1–9.