

Reaktor Portabel Biogas Tipe *Batch* Dari Limbah Kotoran Sapi

Windia Hanifah^{1*}, Amelia Sri Rezki², Livia Rhea Alvita³

^{1,2,3} Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Politeknik Negeri Lampung

windiahanifah@polinela.ac.id

*corresponding author

INFORMASI ARTIKEL

Diterima 18 November 2024
Direvisi 20 Desember 2024
Diterbitkan 3 Februari 2025

Kata kunci:

**Biogas, Energi Terbarukan,
Reaktor, Kotoran Sapi**

ABSTRAK

Sumber energi terbarukan perlu terus dikembangkan untuk menekan ketersediaan bahan bakar fosil yang sudah semakin menipis. Biogas merupakan salah satu energi alternatif yang menjanjikan kedepannya dengan memanfaatkan limbah organik seperti kotoran sapi. Pengolahan kotoran sapi sebagai bahan baku biogas dapat menggunakan biodigester tipe kontinyu dan tipe batch. Metode yang digunakan dalam penelitian terdiri dari studi literatur tentang produksi biogas menggunakan biodigester batch skala kecil dengan desain portable. System pada reaktor didesain secara anaerobic menggunakan kotoran ternak sapi dengan penambahan molases. Dalam penelitian ini, kotoran sapi dicampur dengan air dan molases dalam perbandingan 1:2, kemudian dilakukan proses fermentasi didalam reaktor batch tertutup. Hasil menunjukkan peningkatan tekanan biogas yang signifikan selama 15 hari, dengan tekanan maksimum tercatat pada hari ke-12 yaitu sebesar 101334,81 N/m² dan mengalami penurunan pada hari ke-15 yaitu 101295,57 N/m². Kenaikan yang terjadi pada keseluruhan waktu proses fermentasi dinyatakan fluktuatif, hal ini dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Berdasarkan hasil penelitian dinyatakan bahwasanya potensi kotoran sapi dapat dijadikan sebagai sumber energi terbarukan yang dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mendukung keberlanjutan lingkungan.

Portable Batch Type Biogas Reactor from Cow Manure Waste

ARTICLE INFO

Received November 18, 2024
Revised December 20, 2024
Published February 3, 2025

Keyword:

**Biogas, Renewable energy,
reactor, cow manure waste**

ABSTRACT

Renewable energy sources need to be continuously developed to reduce the availability of fossil fuels that are increasingly depleted. Biogas is one of the alternative energies that promises a future by utilizing organic waste such as animal waste (cow dung). Processing animal waste as cow dung as a raw material for biogas can use continuous and batch type biodigesters. The method used in the study consisted of a literature study on biogas production using small-scale batch biodigesters with a portable design. The system in the reactor was designed anaerobically using cow dung with the addition of molasses. In this study, cow dung was mixed with air and molasses in a ratio of 2:1, then the fermentation process was carried out in a closed batch reactor. The results showed a significant increase in biogas pressure for 15 days, with the maximum pressure recorded on the 12th day of 101334.81 N/m² and decreased on the 15th day of 101295.57 N/m². The increase that occurred during the entire fermentation process was stated to be fluctuating, this was influenced by environmental conditions. Based on the research results, it was stated that cow dung has the potential to be used as a renewable energy source that can reduce dependence on fossil fuels and support environmental sustainability.

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



1. PENDAHULUAN

Bahan bakar fosil seperti minyak bumi dan juga batu bara merupakan sumber energi utama di Indonesia. Bukan hanya di Negara Indonesia, ternyata saat ini hampir seluruh global bergantung pada bahan bakar fosil. Akibatnya, bahan bakar fosil rentan terhadap guncangan dan krisis geopolitik. Sebaliknya, efek pada lingkungan dari penggunaan bahan bakar fosil yaitu pencemaran udara dan juga gas rumah kaca [1]. Badan Energi Terbarukan Internasional (IRENA) memperkirakan bahwa 90 persen listrik dunia dapat berasal dari sumber energi terbarukan pada 2050[2]. Hal ini didukung dengan ketidakseimbangan antara kebutuhan bahan bakar minyak dari waktu ke waktu yang semakin meningkat dan mengakibatkan harga minyak mentah semakin melonjak pesat sehingga sangat membebani negara-negara pengimpor minyak khususnya di Negara Indonesia.

Kondisi ini disebabkan dari setiap aktivitas manusia yang selalu membutuhkan energi berbahan bakar fosil sehingga penggunaan energi pun semakin meningkat dan menyebabkan ketersediaan sumber energi yang semakin menipis. Sebuah regulasi atau kebijakan terkait dengan pengurangan penggunaan energi berbahan bakar fosil dan peningkatan penggunaan energi terbarukan harus segera dikeluarkan dan diperkuat guna mengurangi pencemaran udara. Pengembangan energi terbarukan dapat memenuhi kebutuhan energi sendiri dan juga mengurangi ketergantungan pada impor bahan bakar fosil. Oleh karenanya beralih ke energi terbarukan adalah langkah penting untuk masa depan yang berkelanjutan dan mengurangi dampak negatif pada lingkungan dan Masyarakat.

Salah satu cara penerapan dari energi terbarukan adalah dengan memanfaatkan hasil peternakan yaitu kotoran hewan untuk dijadikan biogas[3]. Biogas adalah gas alam yang dihasilkan dari proses dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme dalam kondisi lingkungan tanpa oksigen. Selain itu, biogas merupakan sumber *renewal energy* yang mampu menyumbangkan andil dalam usaha memenuhi kebutuhan bahan bakar. Sumber bahan baku dari *renewal energy* yaitu bahan *nonfossil* [4], umumnya adalah limbah atau kotoran ternak yang dipilih sebagai substrat hal ini dikarenakan produksinya selalu ada selama ternak tersebut hidup dan dirawat dengan baik.

Kotoran ternak atau hewan sering dipilih menjadi bahan utama karena mengandung bakteri penghasil gas metana yang terdapat dalam perut ruminansia khususnya pada sapi. Gas-gas yang terbentuk pada pembuatan biogas adalah metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2), dengan sedikit kandungan gas lainnya seperti hidrogen sulfida (H_2S), nitrogen (N_2), dan uap air[5]. Didalam ruminansia pada sapi terdapat bakteri yang dapat membantu proses fermentasi sehingga mempercepat proses pembentukan biogas. Bakteri tersebut merupakan pembentuk biogas yang memerlukan kondisi anaerob untuk menghasilkan biogas yang optimal [6]. Secara aktualisasinya, proses fermentasi ini dapat terjadi secara alami dilingkungan yang sesuai, tetapi juga dapat diinduksi dan dikelola dalam sistem biogas yang dirancang khusus. Pembuatan biogas dalam penelitian ini di rancang dengan menggunakan biodigester substrat (kotoran ternak) ke dalam digester anaerob dan gas akan terbentuk dalam waktu tertentu[7]. Pada dasarnya semua jenis bahan organik dapat digunakan sebagai bahan baku biogas, tetapi hanya bahan organik homogen padat dan cair. Pembentukan gas dalam reaktor juga dapat menggunakan *reactor system* tipe kontinu maupun tipe *batch* [5]. Pada penelitian ini dipilih menggunakan *reactor anaerob tipe batch* yang didesain portable dengan menggunakan perbandingan 2:1 dari kotoran sapi dan air, serta penambahan molases sebagai sumber makanan bakteri pada kotoran hewan yang berfungsi untuk mempercepat proses fermentasi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

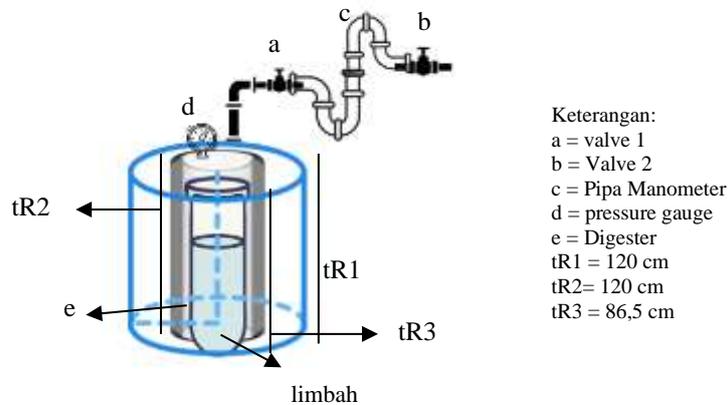
Metode penelitian ini dilakukan dengan menggunakan reactor Batch tertutup dengan suhu lingkungan 32°C dan perbandingan yang digunakan 2:1 (kotoran sapi : Air)[5], dimana rangkaian alat dan bahan disajikan pada bagian bawah berikut:

2.1. Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian:

- a. Timbangan analitis
- b. Gelas Beaker 1000 ml
- c. Ember
- d. Kertas pH
- e. Penggaris

Adapun rangkaian alat yang digunakan pada penelitian:



Gambar 1. Rangkaian Alat Biogas

Bahan Penelitian:

- Kotoran Sapi yang masih segar 6 kg
- Molases 1 kg

2.2. Prosedur Penelitian

Proses awal pada proses pembuatan biogas yaitu merangkai alat hingga membentuk rangkaian seperti pada Gambar 1. Tahap selanjutnya ialah persiapan bahan sebelum masuk ke dalam reactor untuk dilakukan proses fermentasi ialah dengan mengambil kotoran sapi yang masih segar berasal dari peternakan sapi Politeknik Negeri Lampung Departemen Peternakan sebanyak 11,789 kg. Kemudian dilanjutkan dengan menimbang bahan molases 1 kg dilarutkan dengan air sebanyak 1000 ml dengan gelas beaker. Tahap proses fermentasi ini dilakukan dengan melakukan pencampuran semua bahan yang telah dilakukan penimbangan pada masing-masing bahan. Proses selanjutnya menambahkan air sebanyak 17,4 kg air. Selanjutnya, isi air pada reactor 1 hingga reactor kedua sedikit naik keatas, hal ini supaya kondisi reactor tidak bercelah sehingga gas yang dihasilkan nantinya tidak keluar menguap keudara. Proses selanjutnya yaitu mengisi selang yang terdapat pada kran dengan air sehingga dapat terlihat selisih tinggi gas yang keluar. Kemudian tutup kran ke-2 sehingga gas yang dihasilkan dari dalam reactor tidak terbuang. Kemudian amati tinggi biogas selama 15 hari.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Hasil Penelitian

Tabel 1. Hasil Tekanan Pada Reaktor Batch

Waktu/ Hari-	Tinggi (m)	Beda Ketinggian (m)	Tekanan (h. ρ.g) + Tekanan Atmosfer (N/m ²)
0	0	-	-
1	0,008	-0,008	101246,52
2	0,009	0,001	101334,81
3	0,011	0,002	101344,62
4	0,013	0,002	101344,62
5	0,015	0,002	101344,62
6	0,017	0,002	101344,62
7	0,018	0,001	101334,81
8	0,019	0,001	101334,81
9	0,019	0	101325
10	0,02	0,001	101334,81
11	0,021	0,001	101334,81

12	0,022	0,002	101334,81
13	0,022	-0,001	101315,19
14	0,022	0	101325
15	0,019	-0,003	101295,57

3.2. Persamaan

Analisa desain diperlukan untuk menghitung kebutuhan limbah kotoran sapi dan kapasitas maksimal yang dapat dicapai pada alat biodigester:

$$\begin{aligned}
 V \text{ alat biodigester} &= \pi r^2 \cdot t \dots\dots\dots(1) \\
 &= \pi \cdot 16^2 \cdot 86,5 \\
 &= 69.532,16 \text{ cm}^3 = 0,069532 \text{ m}^3 \\
 &= 69,53 \text{ Liter} \\
 V \text{ Digester} &= \pi r^2 \cdot (\text{tinggi kohe} + \text{air} + \text{makanan mikroorganisme}) \\
 &= \pi \cdot 16^2 \cdot (47) \\
 &= 37.780,48 \text{ cm}^3 = 0,03778048 \text{ m}^3 \\
 &= 37,78 \text{ Liter} \\
 V \text{ Rektor 2} &= \pi r^2 \cdot t \\
 &= \pi \cdot 17^2 \cdot 120 \\
 &= 108.895,2 \text{ cm}^3 = 0,108895 \text{ m}^3 \\
 &= 108,89 \text{ Liter}
 \end{aligned}$$

Dalam perhitungan untuk menentukan jumlah kotoran sapi yang dibutuhkan untuk menghasilkan biogas yang akan digunakan, terlebih dahulu dihitung massa jenis kotoran sapi dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\rho = \frac{\text{massa}}{\text{Volume}} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 \rho &= \text{masa jenis kg/m}^3 \\
 m &= \text{masa (kg)} \\
 v &= \text{Volume m}^3
 \end{aligned}$$

- Diketahui massa kotoran sapi ditimbang seberat 18 kg dalam 1 ember dengan volume 0,005298 m³, sehingga massa jenis kotoran sapi:
 $\rho = \text{massa} / \text{volume}$
 $= 339,7508 \text{ kg/m}^3$
- Volume alat digester = 69,53 Liter, untuk volume bubur kotoran adalah 3/4 dari volume digester maka diperoleh = 52,15 Liter atau 0,05215 m³. Perbandingan yang digunakan antar kotoran sapi dan air ialah 2:1 maka diperlukan 0,0347 m³ kotoran hewan dan juga air 0,0174 m³
- Masa Kotoran sapi yang dibutuhkan :
 $= 339,7508 \text{ kg/m}^3 \times 0,0347 \text{ m}^3$
 $= 11,789 \text{ kg}$
- Masa air yang dibutuhkan:
 $= 1000 \text{ kg/m}^3 \times 0,0174 \text{ m}^3$
 $= 17,4 \text{ kg}$

3.3. Tekanan Biogas

Tekanan pada biogas yang dihasilkan dapat dihitung dengan menggunakan Hukum Boyle[8] sebagai berikut:

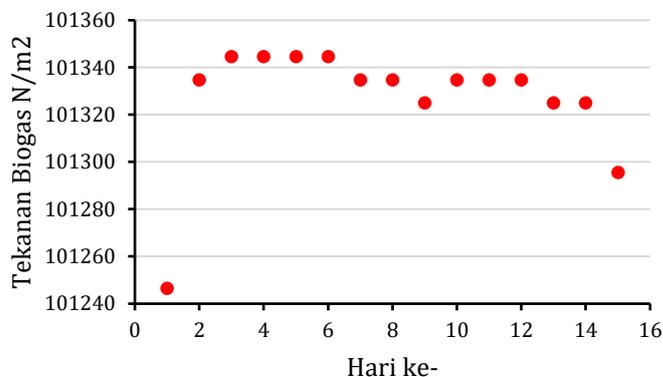
$$P = \rho \cdot g \cdot h + \text{tekanan atmosfer} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

$$\begin{aligned}
 P &= \text{Tekanan absolut (N/m}^2) \\
 \rho &= \text{Densitas zat cair (kg/m}^3) = 1000 \text{ kg/m}^3 \\
 g &= \text{Percepatan gravitasi (9,81 m/s}^2) \\
 h &= \text{Perbedaan ketinggian kolom zat cair yang digunakan (m)} \\
 1 \text{ atm} &= 101.325 \text{ N/m}^2
 \end{aligned}$$

$$1 \text{ N/m}^2 = 9,869 \times 10^{-6} \text{ atm}$$

Tekanan biogas selama fermentasi cenderung mengalami perubahan yaitu mengalami kenaikan dan penurunan. Dari grafik dibawah ini dapat dilihat perubahan tekanan selama fermentasi yakni 15 hari.



Gambar 2. Tekanan Biogas dengan Molases

Berdasarkan **gambar 1** diatas rangkaian alat yang digunakan dalam penelitian ini merupakan *reactor floating drum* dimana pipa U manometer yang dibuat secara sederhana dengan menggunakan bahan trasnparan sehingga dapat terlihat jelas kenaikan gas. Kemudian, berdasarkan gambar pada grafik terlihat kenaikan gas yang konstan dibeberapa titik. Hal ini dikarenakan tempat penyimpanan gas yang didesain terapung pada *reactor 2*. Hasil dari data memperlihatkan hubungan tekanan yang dihasilkan oleh biogas dengan berbagai variasi waktu selama 15 hari meningkat secara flutuatif. Pada hari ke-1 bahwasanya terlihat adanya kenaikan tekanan sebesar 101246,52 N/m². Semakin bertambahnya hari, tekanan dalam *reactor* biogas terus bertambah. Kenaikan tekanan ini mengindikasikan bahwa biogas yang dihasilkan semakin banyak, hal ini terjadi pada hari ke-1 hingga hari ke- 6 dan kembali meningkat pada hari ke-10. Adanya penurunan tekanan pada *reactor* biogas di hari ke-7 , 8 dan 9 ini dikarenakan berbagai *factor* lingkungan seperti penurunan suhu yang lebih rendah akibat hujan.

Kenaikan hari ke-10 hingga ke-13 ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan sebelumnya yang menyatakan bahwa peningkatan biogas terjadi pada hari ke-10 dan tekanan biogas dapat ditampung ataupun langsung digunakan untuk menyalakan api [5]. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan kotoran sapi dalam reaktor biogas tipe batch dapat menjadi solusi yang efektif untuk menghasilkan energi terbarukan, serta mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Hal ini juga mendukung upaya keberlanjutan lingkungan dengan memanfaatkan limbah peternakan secara optimal. Selain dari factor lingkungan, pembentukan biogas juga dipengaruhi oleh kandungan protein, karbohidrat dan lemak dalam sampah organik, semakin tinggi kandungan protein, karbohidrat dan lemak, maka biogas yang dihasilkan juga semakin tinggi [3].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Penelitian ini menunjukkan bahwa reaktor biogas tipe batch yang menggunakan kotoran sapi sebagai substrat dapat menghasilkan biogas secara efektif. Dengan perbandingan 1:2 antara kotoran sapi dan air, serta penambahan molases sebagai sumber makanan mikroorganisme dapat menghasilkan tekanan yang signifikan hingga hari ke-6 yaitu sebesar 101344,62 N/m².
- Hasil pengamatan pada data diatas menunjukkan bahwa tekanan biogas meningkat secara konsisten kenaikannya dari hari ke-10 hingga ke 12 yaitu 101334,81 N/m², kemudian terjadi penurunan bertahap yang disebabkan oleh fluktuasi suhu lingkungan pada hari ke-13 hingga 15.

Secara keseluruhan, pengembangan sistem biogas ini dapat menjadi langkah penting dalam memanfaatkan limbah peternakan untuk menghasilkan energi yang bersih dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Achinas, V. Achinas, and G. J. W. Euverink, "A Technological Overview of Biogas Production from Biowaste," *Engineering*, vol. 3, no. 3, pp. 299–307, 2017, doi: 10.1016/J.ENG.2017.03.002.
- [2] "Satuta Badan Energi Terbarukan Internasional (International Renewable Energy Agency, IRENA)," pp. 1–29,

- 2009.
- [3] A. Review, L. M. Shitophyta, M. H. Darmawan, and Y. Rusfidiantoni, "Journal of Chemical Process Engineering Produksi Biogas dari Kotoran Sapi dengan Biodigester Kontinyu dan Batch : Review (Biogas Production from Cattle Dung using Continue and Batch Digester ;," vol. 7, no. 2655, 2022.
- [4] T. Haryati, "Biogas : limbah peternakan yang menjadi sumber energi alternatif."
- [5] S. Wahyuni, S. H. Sutjahjo, Y. A. Purwanto, A. M. Fuah, and R. Kurniawan, "Application of small digester biogas for energy supply in rural areas," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 141, no. 1, 2018, doi: 10.1088/1755-1315/141/1/012035.
- [6] H. T. Prayitno, "Strategi pemanfaatan kotoran sapi strategy of utilization cow feces," vol. X, no. 1, pp. 43–51, 2014.
- [7] F. A. Batzias, D. K. Sidiras, and E. K. Spyrou, "Evaluating livestock manures for biogas production: A GIS based method," *Renew. Energy*, vol. 30, no. 8, pp. 1161–1176, 2005, doi: 10.1016/j.renene.2004.10.001.
- [8] G. Mahardhian Dwi Putra, S. Haji Abdullah, A. Priyati, D. Ajeng Setiawati, and S. Abdul Muttalib, "Rancang Bangun Reaktor Biogas Tipe Portable Dari Limbah Kotoran Ternak Sapi," *J. Ilm. Rekayasa Pertan. dan Biosist.*, vol. 5, no. 1, pp. 369–374, 2017, doi: 10.29303/jrpb.v5i1.49.