

## ANALISIS TEKANAN BIOGAS DARI KOTORAN SAPI PADA MINIATUR REAKTOR BIOGAS DARI GALON BEKAS

Ayu Lingga Ratna Sari<sup>(1)</sup>, Siti Maria Ulva<sup>(2)</sup>, Melisa<sup>(3)</sup>

<sup>1,2,3</sup> Jurusan Fisika, Universitas Kaltara, Bulungan

E-mail: [ayulinggaratnasari84@gmail.com](mailto:ayulinggaratnasari84@gmail.com)

### ABSTRACT

*Renewable energy is needed to address the increasing demand for energy. Biogas technology enables the diversification of energy sources, can help reduce dependence on petroleum and reduce the impact of fluctuations in oil prices on the global market. This study aims to provide an alternative biogas reactor to produce biogas from cow dung on a small scale using used and easily available materials. The results showed that a miniature biogas reactor from used materials could produce biogas as indicated by an increase in pressure. The biogas pressure produced increased from day 1 to day 12, on day 1 it produced a biogas pressure of 101,461.93 N/m<sup>2</sup> and on day 13 the gas pressure did not change at a value of 103,300.64 N/m<sup>2</sup>. This shows that the biogas pressure generated by this miniature biogas reactor from used materials can produce the highest biogas pressure on the 13th day of 103,300.64 N/m<sup>2</sup>.*

**Keywords :** *Biogas Reactor, Used Materials, Pressure, Cow Manure*

### ABSTRAK

Energi terbarukan diperlukan untuk mengatasi peningkatan permintaan energi. Teknologi biogas memungkinkan diversifikasi sumber energi, dapat membantu mengurangi ketergantungan pada minyak bumi dan mengurangi dampak fluktuasi harga minyak di pasar global. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan alternatif reaktor biogas untuk menghasilkan biogas dari kotoran sapi pada skala kecil dengan menggunakan bahan bekas dan mudah didapatkan. Hasil penelitian menunjukkan miniatur reaktor biogas dari bahan bekas dapat menghasilkan biogas ditunjukkan dengan adanya peningkatan tekanan. Untuk tekanan biogas yang dihasilkan mengalami peningkatan dari hari ke-1 hingga hari ke-12, pada hari ke-1 menghasilkan tekanan biogas 101.461,93 N/m<sup>2</sup> dan pada hari ke-13 tekanan gas tidak mengalami perubahan pada nilai 103.300,64 N/m<sup>2</sup>. Hal ini menunjukkan bahwa tekanan biogas yang dihasilkan oleh miniatur reaktor biogas dari bahan bekas ini dapat menghasilkan tekanan biogas tertinggi pada hari ke-13 sebesar 103.300,64 N/m<sup>2</sup>.

**Kata kunci:** Reaktor\_Biogas, Bahan\_Bekas, Tekanan, Kotoran\_Sapi

### 1. Pendahuluan

Energi memiliki peran penting dalam menjalankan hampir semua aspek kehidupan kita. Penggunaan energi yang efisien dan berkelanjutan sangat penting untuk menjaga lingkungan, mengurangi dampak negatif perubahan iklim, dan memastikan ketersediaan sumber daya bagi generasi mendatang (Sulaiman et al., 2021b). Seiring dengan perkembangan teknologi dan pemahaman tentang sumber energi, maka perlu dilakukan usaha untuk beralih dari bahan bakar fosil yang terbatas dan menyebabkan polusi menjadi sumber energi terbarukan yang lebih bersih dan berkelanjutan (Romadhoni et al., 2021).

Peningkatan permintaan energi yang disebabkan oleh pertumbuhan populasi penduduk dan menipisnya sumber cadangan minyak dunia serta permasalahan emisi dari bahan bakar fosil memberikan tekanan kepada setiap Negara untuk segera memproduksi dan

menggunakan energi terbarukan (Romadhoni et al., 2021; Sunaryo, 2014). Penting juga untuk menyadari bahwa konsumsi energi yang berlebihan dapat menyebabkan masalah lingkungan dan krisis energi (Ruing & Sulaiman, 2022; Sulaiman et al., 2020). Oleh Karena itu, kesadaran tentang penggunaan energi yang bijaksana dan praktik konversi perlu ditingkatkan agar kita dapat menghadapi tantangan masa depan dengan lebih baik.

Meningkatnya harga minyak, ketergantungan pada sumber energi fosil seperti minyak bumi akan menjadi lebih mahal dan tidak berkelanjutan. Mengadopsi teknologi biogas memungkinkan diversifikasi sumber energi, dapat membantu mengurangi ketergantungan pada minyak bumi dan mengurangi dampak fluktuasi harga minyak di pasar global (Sulaiman et al., 2021a). Biogas dihasilkan dari proses anaerobik yang memecah bahan organik seperti limbah pertanian, limbah makanan, dan limbah organik lainnya. Proses ini merupakan peluang besar untuk menghasilkan energi alternatif sehingga akan mengurangi dampak penggunaan bahan bakar fosil (Usman et al., 2021). Indonesia merupakan Negara yang beriklim tropis dan memiliki sumber daya pertanian serta peternakan yang cukup besar. Sumber daya tersebut, selain digunakan untuk kebutuhan pangan juga dapat berpotensi sebagai sumber energi dengan cara pemanfaatan kotoran ternak menjadi biogas (Ulva et al., 2022). Kotoran sapi merupakan salah satu sumber potensial untuk menghasilkan biogas melalui proses anaerobik. Kotoran sapi merupakan substrat yang dianggap paling cocok sebagai bahan untuk membuat biogas, karena substrat tersebut telah mengandung bakteri penghasil gas metana yang terdapat dalam perut hewan ruminansia (Irawan & Suwanto, 2017).

Teknologi biogas sangat bermanfaat dalam menghasilkan energi alternatif sebagai energi terbarukan (Elly et al., 2020). Dalam proses pembentukan biogas dibutuhkan suatu reaktor yang mampu menampung kotoran ternak pada kondisi anaerob (bebas oksigen) sehingga bahan organik tersebut dapat difermentasi oleh bakteri metanogen untuk menghasilkan biogas. Tipe reaktor biogas dengan volume digester yang dibutuhkan merupakan salah satu faktor yang harus diperhatikan, dimana hal tersebut dapat mempengaruhi hasil produksi biogas (Sunaryo, 2014).

Miniatur reaktor biogas memungkinkan eksperimen dan penelitian pada skala kecil. Penggunaan miniatur reaktor biogas dapat membantu pelatihan teknis bagi masyarakat atau petani yang tertarik untuk mengadopsi teknologi biogas. Selain itu dapat menjadi sumber energi alternatif bagi rumah tangga yang dapat digunakan untuk memasak, penerangan, dan keperluan lainnya, terutama di wilayah pedesaan. Hal ini dapat meningkatkan kesadaran tentang manfaat energi terbarukan dan potensi penggunaan limbah organik untuk menghasilkan energi.

## **2. Metode**

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fisika terpadu Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Kaltara, Tanjung Selor Kalimantan Utara. Penelitian ini adalah penelitian eksperimental untuk mengetahui tekanan biogas dari hasil fermentasi kotoran sapi dan EM4 pada miniatur reaktor biogas yang terbuat dari bahan bekas, diantaranya adalah gallon bekas, kaleng bekas, dan manometer yang terbuat dari selang.

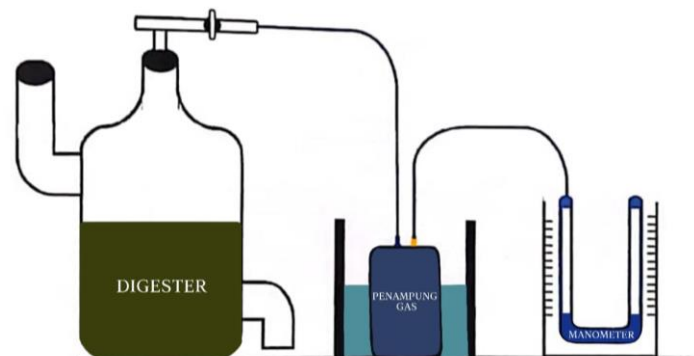
## **Alat dan Bahan**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain galon air mineral, pipa PVC 0,5 inci, pipa PVC ukuran 2 inci, sambungan pipa, keran/klep pipa, lem PVC, lem Foxy, selang air ukuran 5 mm, penggaris, gergaji pipa, kaleng, ember, lakban/isolasi, dan timbangan. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain, Kotoran Sapi, Efektive Mikroorganisme (EM4) dan Air.

## Prosedur Penelitian

### Perancangan Alat

Tahapan awal dari penelitian ini adalah merancang dan merakit miniatur reaktor biogas dari galon bekas air mineral, dan dirangkai seperti Gambar 1 di bawah ini.



**Gambar 1.** Miniatur Reaktor Biogas Dari Bahan Bekas

Setelah miniatur reaktor biogas dari galon bekas dirangkai, tahap berikutnya adalah menyiapkan bahan untuk pembuatan biogas dengan perbandingan 1 : 1 yaitu 9 kg bahan baku (feses sapi), 9 liter air dan ditambah 9 mili EM4, dan campur bahan menjadi satu hingga berbentuk seperti lumpur pada bak atau ember penampungan sementara. Fermentasi kotoran sapi yang telah dicampur ke dalam galon bekas yang telah dirancang sebagai reaktor biogas yang memiliki fungsi sebagai digester, kemudian biogas hasil dari fermentasi dialirkan melalui selang untuk menuju ke tabung penampungan gas dan akan menghasilkan gas metana ( $\text{CH}_4$ ).

### Pengujian Miniatur Reaktor Biogas

Untuk mengetahui tekanan biogas yang dihasilkan dari miniatur reaktor biogas, tabung penampungan gas direndam dalam bejana/ember berisi air dengan posisi bagian terbuka diletakkan pada bagian bawah dan bagian tertutup yang terhubung oleh selang dibagian atas. Kemudian alirkan gas metana dari digester pada tabung penampung gas, dan setelah itu alirkan pada alat ukur manometer. Ketika gas dialirkan maka tabung penampung gas akan semakin mengapung dan manometer akan menunjukkan perubahan tekanan yang terjadi. Gas yang dihasilkan dalam proses digester ini relatif kecil, sehingga pengukuran dapat dilakukan dengan menggunakan manometer, sedangkan untuk pengukuran tekanan biogas tersebut digunakan rumusan sebagai berikut.

$$P_g = P_{udara} + \rho \cdot g \cdot h$$

## 3. Hasil dan Pembahasan

Digester reaktor biogas dalam penelitian ini terbuat dari galon bekas air mineral sebagai tempat fermentasi kotoran sapi. Dalam penelitian ini galon dipilih sebagai alat digester karena merupakan suatu alat yang mudah untuk didapatkan dan memiliki harga yang terjangkau yang ditunjukkan pada Gambar 1. Gambar 1 menunjukkan gambar dari miniatur reaktor biogas dari bahan bekas yang terdiri dari 3 bagian, diantaranya adalah digester atau tempat untuk menghasilkan biogas dari hasil fermentasi kotoran sapi, penampung gas sebagai tempat menampung gas yang dihasilkan dari digester, dan bagian manometer yang dipergunakan untuk mengukur tekanan yang dihasilkan dari produksi biogas.

Untuk memasukkan bahan dasar biogas dan membuang ampas hasil fermentasi digunakan pipa PVC berukuran 0,5 inch dan 2 inch yang banyak dijual secara komersil sehingga mudah untuk didapatkan. Untuk menampung gas metana ( $\text{CH}_4$ ) hasil fermentasi digunakan kaleng yang terbuat dari seng yang telah dihubungkan dengan galon bekas air

mineral dengan menggunakan selang sebagai saluran untuk mengalirkan biogas. Sedangkan untuk mengukur tekanan biogas pada miniatur reaktor biogas digunakan manometer yang didesain dan dibuat dengan menggunakan selang dibentuk menyerupai pipa U, kemudian diisi air untuk mengetahui kenaikan tekanan yang dihasilkan dan kenaikan tekanan gas yang terjadi diukur dengan menggunakan penggaris. Sehingga ketika tekanan gas pada tabung penampung gas naik maka air dibagian bawah selang akan mengalami tekanan dan naik, dimana tekanan yang terjadi pada biogas akan sebanding dengan tekanan yang dialami oleh air.

Setelah miniatur reaktor biogas telah dirangkai seperti pada Gambar 1 langkah selanjutnya adalah membuat campuran bahan penghasil biogas. Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini untuk menghasilkan biogas adalah kotoran sapi. Langkah pertama yang dilakukan adalah membuat campuran kotoran sapi dan air dengan perbandingan 1:1. Langkah selanjutnya adalah mencampurkan Efektive Mikroorganisme (EM4) dalam campuran kotoran sapi dan air dan diaduk hingga rata. Setelah tercampur rata dan bertekstur seperti lumpur, campuran bahan biogas dimasukkan dalam digester galon bekas dan didiamkan hingga menghasilkan biogas. Kotoran sapi digunakan sebagai bahan utama biogas dalam penelitian ini karena pada kotoran sapi mengandung suatu bakteri penghasil gas metana sebagai sumber pembuatan biogas, dimana bakteri dalam usus besar sapi ini membantu dalam proses fermentasi, sehingga pembentukan biogas menjadi lebih cepat. Selain itu penambahan Efektive Mikroorganisme (EM4) dilakukan untuk mempercepat proses degradasi pada kotoran sapi untuk menghasilkan biogas (Irawan & Suwanto, 2017).

Untuk mengukur produksi tekanan biogas digunakan manometer yang didesain dan dibuat dengan menggunakan selang berbentuk U. Biogas yang telah dihasilkan dari proses fermentasi kotoran sapi pada digester dialirkan melalui selang penghubung ke dalam tabung penampung gas. Untuk mengukur kenaikan tekanan biogas yang dihasilkan, salah satu ujung manometer dihubungkan dengan menggunakan selang pada keleng penampung gas dan ujung lainnya dibiarkan terbuka. Kenaikan tekanan gas yang ditunjukkan oleh manometer menunjukkan peningkatan konsentrasi biogas yang dihasilkan dari hasil fermentasi kotoran sapi pada digester galon bekas. Adanya produksi biogas dari digester ditandai dengan meningkatnya konsentrasi gas yang dihasilkan, dimana konsentrasi gas yang dihasilkan akan sebanding dengan tekanan yang terjadi pada kaleng penampung gas dan sebanding juga dengan perubahan ketinggian air dalam manometer yang terbuat dari selang berbentuk U. Sehingga untuk mengetahui perubahan tekanan gas yang menunjukkan perubahan konsentrasi biogas dapat dilihat dengan mengamati perubahan ketinggian air dalam manometer.

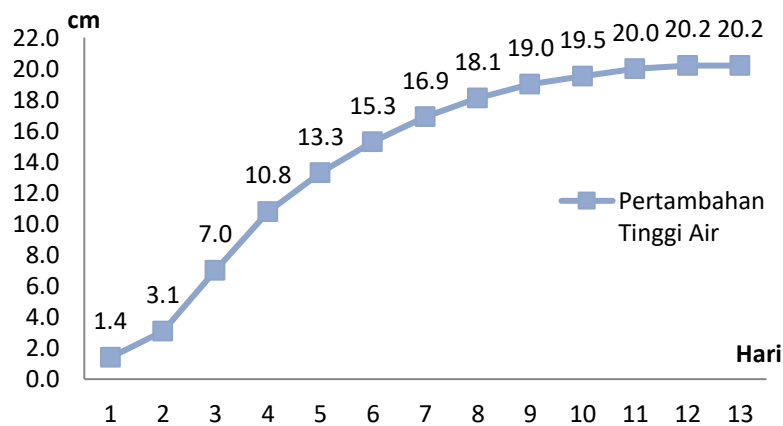
Hasil pengukuran perubahan ketinggian air pada manometer dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

**Tabel 1.** Perubahan Ketinggian Air Pada Manometer

| Hari | Pertambahan Tinggi Air |
|------|------------------------|
| 1    | 1,4 cm                 |
| 2    | 3,1 cm                 |
| 3    | 7 cm                   |
| 4    | 10,8 cm                |
| 5    | 13,3 cm                |
| 6    | 15,3 cm                |
| 7    | 16,9 cm                |
| 8    | 18,1 cm                |
| 9    | 19 cm                  |
| 10   | 19,5 cm                |

|    |         |
|----|---------|
| 11 | 20 cm   |
| 12 | 20,2 cm |
| 13 | 20,2 cm |

Dari Tabel 1 terlihat bahwa terjadi peningkatan ketinggian air pada manometer dari hari ke-1 hingga ke-13. Pada hari ke-1 terjadi kenaikan ketinggian air 1,4 cm, pada hari ke-2 3,1 cm, pada hari ke-3 7 cm, pada hari ke-4 10,8 cm, hari ke-5 13,3 cm, hari ke-6 15,3 cm, hari ke-7 16,9 cm, hari ke-8 18,1 cm, hari ke-9 19 cm, hari ke-10 19,5 cm, hari ke-11 20 cm, dan hari ke-12 mengalami perubahan ketinggian 20,2 cm, sedangkan pada hari ke-13 sudah tidak terjadi peningkatan ketinggian air. Adanya peningkatan ketinggian air pada manometer pada hari ke-1 hingga ke-12 menunjukkan bahwa terjadi peningkatan konsentrasi produksi biogas hasil fermentasi kotoran sapi dari digester, sedangkan pada hari ke-13 sudah tidak terjadi peningkatan ketinggian air yang menunjukkan bahwa produksi gas hasil fermentasi kotoran sapi telah berhenti. Peningkatan konsentrasi gas yang dihasilkan juga ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Grafik Peningkatan Ketinggian Air Pada Manometer

Gambar 2 menunjukkan adanya pertambahan ketinggian pada manometer yang terbuat dari selang, penambahan ini juga menunjukkan peningkatan konsentrasi biogas yang dihasilkan dari proses fermentasi kotoran sapi dengan penambahan EM4 pada digester yang terbuat dari galon bekas. Adanya peningkatan konsentrasi gas yang dihasilkan dari digester juga menunjukkan terjadinya peningkatan tekanan pada penampung gas yang ditunjukkan pada Tabel 2 di bawah ini.

**Tabel 2.** Tekanan Pada Penampung Biogas

| Hari | Tekanan Biogas              |
|------|-----------------------------|
| 1    | 101.456,93 N/m <sup>2</sup> |
| 2    | 101.628,19 N/m <sup>2</sup> |
| 3    | 102.009,63 N/m <sup>2</sup> |
| 4    | 102.381,28 N/m <sup>2</sup> |
| 5    | 102.625,79 N/m <sup>2</sup> |
| 6    | 102.821,40 N/m <sup>2</sup> |
| 7    | 102.977,89 N/m <sup>2</sup> |
| 8    | 103.095,25 N/m <sup>2</sup> |
| 9    | 103.183,28 N/m <sup>2</sup> |
| 10   | 103.232,18 N/m <sup>2</sup> |
| 11   | 103.281,08 N/m <sup>2</sup> |
| 12   | 103.300,64 N/m <sup>2</sup> |
| 13   | 103.300,64 N/m <sup>2</sup> |

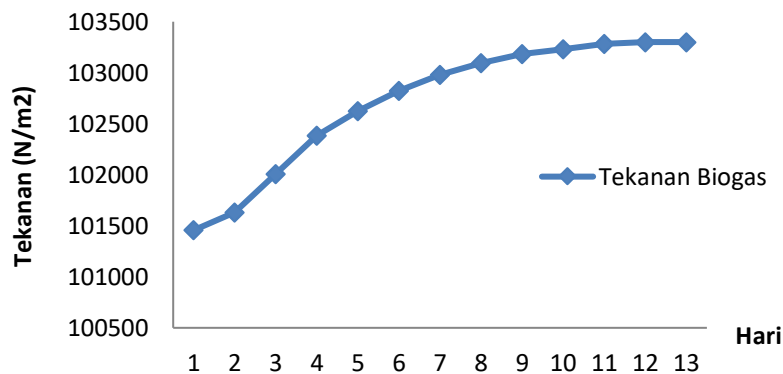
Data pada tabel 2 menunjukkan adanya kenaikan tekanan gas yang dihasilkan pada penampung gas akibat meningkatnya konsentrasi biogas yang dihasilkan dari proses fermentasi kotoran sapi. Pada hari ke-1 didapatkan tekanan gas 101.456,93 N/m<sup>2</sup>, hari ke-2 101.628,19 N/m<sup>2</sup>, hari ke-3 102.009,63 N/m<sup>2</sup>, hari ke-4 102.381,28 N/m<sup>2</sup>, hari ke-5 102.625,79 N/m<sup>2</sup>, hari ke-6 102.821,4 N/m<sup>2</sup>, hari ke-7 102.977,89 N/m<sup>2</sup>, hari ke-8 103.095,25 N/m<sup>2</sup>, hari ke-9 103.183,28 N/m<sup>2</sup>, hari ke-10 103.232,18 N/m<sup>2</sup>, hari ke-11 103.281,08 N/m<sup>2</sup> dan hari ke-12 103.300,64 N/m<sup>2</sup>. Hasil ini didapatkan dari perhitungan secara manual dengan menggunakan rumusan.

$$P_g = P_{udara} + \rho \cdot g \cdot h$$

Dengan :

- $P_g$  = Tekanan Biogas (N/m<sup>2</sup>)
- $P_{udara}$  = Tekanan udara luar (atm)
- $\rho$  = Massa Jenis (kg/m<sup>3</sup>)
- $g$  = Gravitasi Bumi (m/s<sup>2</sup>)
- $h$  = Perbedaan tinggi air (m)

Dari data tersebut dapat diketahui bahwa tekanan gas pada hari ke-1 dan ke-2 masih relatif kecil, hal ini disebabkan karena campuran bahan antara kotoran sapi, air, dan EM4 belum homogen, sehingga belum menghasilkan gas secara maksimal. Pada hari ke-3 dan ke-4 hasil perhitungan menunjukkan tekanan biogas semakin meningkat yaitu 102.009,63 N/m<sup>2</sup> dan 102.381,28 N/m<sup>2</sup>, hasil ini menunjukkan bahwa campuran antara kotoran sapi, air, dan EM4 sudah homogen. Pada hari ke-5 hingga hari ke-12 tidak terjadi peningkatan secara signifikan tekanan biogas yang terjadi, hingga pada hari ke-13 tekanan gas masih menunjukkan nilai yang sama dengan hari ke-12, hal ini menunjukkan bahwa digester sudah berhenti memproduksi gas dari hasil fermentasi kotoran sapi. Adanya peningkatan tekanan gas yang dihasilkan juga ditunjukkan Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Pertambahan Tekanan Biogas

Gambar 3 menunjukkan adanya peningkatan tekanan yang dihasilkan dari fermentasi kotoran sapi dengan EM4 pada digester yang berasal dari bahan bekas, hal ini juga menunjukkan bahwa produksi konsentrasi biogas meningkat dari hari ke-1 hingga hari ke-12 dan pada hari ke-13 digester sudah tidak menunjukkan tekanan gas. Hasil ini menunjukkan bahwa rancangan miniatur reaktor biogas ini dapat digunakan untuk menghasilkan biogas pada skala kecil dengan menggunakan bahan bekas yang murah dan mudah untuk didapatkan. Miniatur reaktor biogas ini dapat membantu dalam memproduksi biogas untuk dimanfaatkan sebagai pengganti bahan bakar minyak ataupun LPG pada skala kecil.

#### 4. Simpulan dan Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa miniatur reaktor biogas yang dibuat dari bahan bekas yang mudah didapatkan dan murah dengan

memanfaatkan galon sebagai tempat digester, kaleng sebagai tempat penampung gas dan selang sebagai alat ukur tekanan atau yang disebut dengan manometer dapat menghasilkan biogas. Untuk tekanan biogas yang dihasilkan mengalami peningkatan dari hari ke-1 hingga hari ke-12, pada hari ke-1 menghasilkan tekanan biogas 101.461,93 N/m<sup>2</sup> dan pada hari ke-13 tekanan gas tidak mengalami perubahan pada nilai 103.300,64 N/m<sup>2</sup>. Hal ini menunjukkan bahwa tekanan biogas yang dihasilkan oleh miniatur reaktor biogas dari bahan bekas ini dapat menghasilkan tekanan biogas tertinggi pada hari ke-13 sebesar 103.300,64 N/m<sup>2</sup>. Peningkatan tekanan yang dihasilkan juga menunjukkan bahwa digester miniatur reaktor biogas dapat menghasilkan biogas dengan konsentrasi yang semakin meningkat dari hari ke-1 hingga hari ke-13.

### Daftar Pustaka

- Elly, F. H., Lomboan, A., Kaunang, C. L., Polakitan, D., & Kalangi, J. K. J. (2020). Teknologi Biogas dengan Bahan Baku Bersumber dari Limbah Sapi. *PROSIDING SNITT POLTEKBA*, 4, 455–459.
- Irawan, D., & Suwanto, E. (2017). Pengaruh EM4 (Effective Microorganism) terhadap produksi biogas menggunakan bahan baku kotoran sapi. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 5(1).
- Romadhoni, W., Sulaiman, D., & Purnama, P. (2021). Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hydro Pada Anak Sungai di Bulungan. *Jurnal Kumparan Fisika*, 4(1), 61–66. <https://doi.org/10.33369/jkf.4.1.61-66>
- Ruing, A. P. T., & Sulaiman, D. (2022). Analisis karakteristik briket berbahan cangkang kelapa sawit dan sekam padi menggunakan perekat tapioka. *Jurnal Sains Benuanta*, 1(1), 15–24. [http://karya.brin.go.id/id/eprint/12531/%0Ahttp://karya.brin.go.id/id/eprint/12531/1/1\\_1\\_2022\\_15-24\\_2964-7169-3.pdf](http://karya.brin.go.id/id/eprint/12531/%0Ahttp://karya.brin.go.id/id/eprint/12531/1/1_1_2022_15-24_2964-7169-3.pdf)
- Sulaiman, D., Romadhoni, W., & Arlina. (2020). Analisis Karakteristik Kelistrikan Campuran Belimbing Wuluh dan Jeruk Lemon Sebagai Sumber Listrik. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, 8(2), 63–68.
- Sulaiman, D., Syahdan, S., & Ulva, S. M. (2021a). Analisis uji karakteristik bioetanol dari pisang hutan terhadap variasi massa ragi. *Jurnal Kumparan Fisika*, 4(3), 169–176.
- Sulaiman, D., Syahdan, S., & Ulva, S. M. (2021b). Characteristics of Bioethanol from Musa Salaccensis ZOLL. *International Journal of Science and Society*, 3(4), 16–23.
- Sunaryo, S. (2014). Rancang bangun reaktor biogas untuk pemanfaatan limbah kotoran ternak sapi di desa limbangan kabupaten banjarnegara. *Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat UNSIQ*, 1(1), 21–30.
- Ulva, S. M., Damayanti, P., & Syukur, M. S. S. A. (2022). Analisis Nilai Kalor Berbahan Bakar Biogas dengan Memanfaatkan Kotoran Sapi Kalor Berbasis Etnosains. *JPFT (Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online)*, 10(1), 64–69.
- Usman, U., Hasan, H., Kaharm, M. A., & Elihami, E. (2021). Pemanfaatan Kotoran Ternak Sebagai Bahan Pembuatan Biogas. *MASPUL JOURNAL OF COMMUNITY EMPOWERMENT*, 3(1), 13–20.