

## Pengaruh Limbah Batang Pisang (*Musa Paradisiaca*) Dan Jerami Padi (*Oryza Sativa L.*) Terhadap Produksi Biogas

Adityas Agung Ramandani<sup>1\*</sup>, Salomo Pranata Aji<sup>2</sup>, Shintawati<sup>2</sup>, Aan Hargiawan<sup>2</sup>, M. Julian Herlambang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departement Chemical Engineering and Materials Science, Yuan Ze University

<sup>2</sup>Departement Teknologi Reakayasa Kimia Industri

adityasagungr1212@gmail.com, salomopradataaji@gmail.com, shintawati@polinela.ac.id,

aanhargiawan.ask@gmail.com, julianherlambang28@gmail.com

\*corresponding author

### INFORMASI ARTIKEL

Diterima 21 Agustus 2023  
Direvisi 19 Desember 2023  
Diterbitkan 27 Desember 2023

#### Kata kunci:

*biogas, batang pisang, jerami padi, reaktor batch, gas metana.*

### ABSTRAK

*Biogas merupakan gas alam yang terutama terdiri dari gas metana (CH<sub>4</sub>) dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) yang dihasilkan dari proses fermentasi bahan organik oleh mikroorganisme metanogen secara anaerobik (tanpa oksigen). Proses ini terjadi di dalam digester biogas sebagai tempat terjadinya reaksi oleh mikroorganisme. Tujuan penelitian ini untuk meningkatkan produksi biogas skala rumah tangga. Metode yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) Faktorial 2x2 dengan 3 kali ulangan. Prosedur dalam penelitian ini menggunakan jerami padi dan batang pisang yang dicacah lalu dimasukkan ke dalam digester dan dihitung volume gas yang terbentuk menggunakan media balon. Penambahan jerami padi 50 gram dengan batang pisang 100 gram menghasilkan biogas dengan volume rata-rata 1531,24 mm<sup>3</sup>. Penambahan Jerami padi 100 gram dan batang pisang 100-gram rata-rata volume 2143,15 mm<sup>3</sup>. Penambahan jerami padi 200 gram dan batang pisang 50 gram memiliki rata-rata volume 1170,28 mm<sup>3</sup>. Penambahan jerami padi 200 gram dan batang pisang 100 gram memiliki volume 808,28 mm<sup>3</sup>. Kontrol biogas berisi kotoran ternak 500 gram dengan penambahan air 500 ml memiliki volume 852,95 mm<sup>3</sup>. Sesuai dengan pengamatan selama 7 hari, hasil yang terbaik yaitu pada penambahan jerami padi 100 gram dan batang pisang 100 gram selama 3 kali pengulangan memiliki volume rata-rata 2143,15 mm<sup>3</sup>.*

## Effect Of Banana Stem Waste (*Musa Paradisiaca*) And Rice Straw (*Oryza Sativa L.*) Waste On Biogas Production

### ARTICLE INFO

Received August 21, 2023  
Revised December 19, 2023  
Published December 27, 2023

#### Keyword:

*biogas, banana stems, rice straw, batch reactor, methane gas.*

### ABSTRACT

*Biogas is a natural gas consisting mainly of gas methane (CH<sub>4</sub>) and carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) produced from the anaerobic (without oxygen) fermentation of organic matter by methanogenic microorganisms. This process occurs in the biogas digester as a place for reactions by microorganisms to occur. The aim of this research is to increase household scale biogas production. The method used was a 2x2 Factorial Randomized Block Design (RBD) with 3 replications. The procedure in this study used chopped rice straw and banana stems and then put them into the digester and calculated the volume of gas formed using balloon media. The addition of 50 grams of rice straw with 100 grams of banana stems produced biogas with an average volume of 1531.24 mm<sup>3</sup>. The addition of 100 grams of rice straw and 100 grams of banana stems average volume of 2143.15 mm<sup>3</sup>. The addition of 200 grams of rice straw and 50 grams of banana stems has an average volume of 1170.28 mm<sup>3</sup>. The addition of 200 grams of rice straw and 100 grams of banana stems has a volume of 808.28 mm<sup>3</sup>. Control of biogas containing 500 grams of livestock manure with the addition of 500 ml of water has a volume of 852.95 mm<sup>3</sup>. In accordance with observations for 7 days, the best results were the addition of 100 grams of rice straw and 100 grams of banana stems for 3 repetitions with an average volume of 2143.15 mm<sup>3</sup>.*

---

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



## 1. PENDAHULUAN

Produksi minyak bumi di Indonesia diprediksi akan mengalami peningkatan setiap tahunnya yang kemudian akan berdampak pada kelangkaan energi atau krisis energi. Pemakaian energi dari minyak bumi meningkat sebesar 2,9%, hal ini dapat mengakibatkan cadangan minyak bumi habis dalam kurun waktu 12 tahun [1]. Kenaikan pemakaian energi dari minyak bumi ini juga dapat berdampak pada lingkungan, termasuk meningkatnya emisi gas rumah kaca dan polusi udara yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil. Oleh karena itu, penting untuk terus mencari alternatif energi yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan untuk memenuhi kebutuhan energi global. Krisis energi akan mengakibatkan kelangkaan yang kemudian berdampak pada tingginya harga minyak bumi. Pada situasi ini dibutuhkan pengembangan teknologi energi non BBM yang ramah lingkungan. Kelangkaan bahan bakar minyak (BBM) disebabkan oleh impor dan ketergantungan dunia pada energi fosil yang telah mengalami kelangkaan. Oleh sebab itu, diperlukan energi terbarukan untuk menutupi kelangkaan bahan bakar minyak.

Pada tahun 2017, terdapat sebanyak 35 perusahaan aktif di sektor peternakan yang memiliki kontribusi yang lebih dalam Produk Domestik Bruto (PDB) di Indonesia. Kontribusi sektor peternakan terhadap PDB tahun 2022 sebesar 12,21% dan meningkat lagi tahun 2023 menjadi 12,59% [2]. Oleh sebab itu, perlu dilakukan upaya untuk mendapatkan energi alternatif, salah satunya energi dari biogas. Biogas adalah energi terbarukan yang dapat digunakan sebagai pengganti penggunaan gas LPG dalam kehidupan rumah tangga.

Biogas dihasilkan dari bahan organik biodegradable melalui pencernaan secara anaerobik [3]. Tingginya kontribusi masyarakat dalam sektor peternakan maka akan menghasilkan limbah dari sektor ini, sehingga diperlukan pengolahan yang efektif dan bermanfaat bagi masyarakat. Salah satu cara untuk memanfaatkan limbah dari sektor peternakan adalah dengan Teknologi Tepat Guna Biogas yang dapat diterapkan di masyarakat karena sudah terbukti bahwa teknologi ini dapat meningkatkan nilai tambah. Biomassa yang diubah menjadi biogas adalah suatu langkah untuk menuju teknologi berkelanjutan [4].

Biogas banyak didominasi senyawa metana ( $\text{CH}_4$ ) yang mudah terbakar dan senyawa-senyawa lain dalam jumlah yang sedikit. Kandungan metana dalam biogas bervariasi tergantung pada sumber bahan organik yang digunakan dan kondisi produksi biogasnya. Namun, secara umum, kandungan metana dalam biogas dapat berkisar antara 50% hingga 70% berdasarkan volume [5]. Digester biogas terdapat bakteri anaerob yang dapat menghasilkan gas metana melalui proses fermentasi bahan organik, karena bahan organik mengandung karbohidrat, protein dan lemak yang dapat digunakan sebagai bahan baku produksi biogas [5]. Produksi biogas dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu keadaan di dalam digester atau reaktor biogas, nutrisi, rasio C/N, pH, temperatur, dan kultur. Kondisi di dalam digester harus selalu anaerob dan dijaga dalam kesetimbangan yang dinamis. Suhu yang baik untuk perkembangan bakteri metanogenik yaitu pada kisaran suhu mesofilik ( $30\text{-}38^\circ\text{C}$ ) dan suhu termofilik ( $49\text{-}57^\circ\text{C}$ ), karena pada suhu ini akan terjadinya perombakan oleh microorganism [6]. Hasil biogas yang lebih baik dapat diperoleh dengan memformulasikan atau menambahkan bahan organik lain. Pada dasarnya semua bahan dasar organik yang mengandung senyawa karbohidrat, protein, dan lemak dapat diolah untuk menghasilkan biogas [5]. Bahan organik yang melimpah di lingkungan masyarakat adalah kotoran hewan ternak, limbah sayuran, batang pisang, limbah pertanian, dan sampah organik [7]. Dari bahan organik tersebut yang memungkinkan untuk dijadikan bahan baku biogas adalah limbah ternak, batang pisang, dan limbah pertanian karena melimpah dan mudah didapatkan [8].

Metanogen dan bakteri penghasil metanogenik digunakan untuk menghasilkan biogas. Limbah anorganik, seperti limbah ternak dan limbah pertanian biasanya memiliki banyak bakteri maupun archaea yang mampu menghasilkan gas metan. Selain itu, sisa produksi biogas yang berbentuk slurry dapat dimanfaatkan sebagai pengganti pupuk kimia. Sampah organik untuk makanan rumah tangga tidak dimanfaatkan secara maksimal. Banyak penelitian telah dilakukan dan dapat menunjukkan bahwa berbagai jenis makanan dapat menghasilkan biogas. Bahan campuran limbah pertanian dengan kotoran ternak sapi akan memberikan hasil yang terbaik dalam produktivitas biogas [6].

Limbah hasil pertanian yang ada disekitar kita dan belum diolah lebih lanjut adalah jerami padi dan batang pisang. Bakteri metanogen secara alami terdapat dalam limbah ini karena termasuk kedalam bahan organik. Limbah jerami padi memiliki kandungan gula; selulosa; dan hemiselulosa berturut-turut sebesar 53,39%; 63%; dan 37% [11]. Batang pisang memiliki berbagai manfaat dalam kehidupan sehari-hari [12]. Akan tetapi banyak masyarakat yang belum mengolah limbah ini untuk diolah menjadi biogas ini karena kurangnya pengetahuan dalam sektor energi terbarukan [13]. Menurut penelitian [9] prosedur untuk proses degradasi dalam sistem reaktor tunggal dan kondisi anaerobik dapat berlangsung selama 10 hari. Selain itu dari penelitian [10] disebutkan bahwa dalam memproduksi biogas dari bahan baku jerami padi dan kotoran ternak sapi membutuhkan waktu 14 hari.

Berdasarkan uraian di atas maka peneliti melakukan penelitian mengenai “Pengaruh Limbah Batang Pisang (*Musa Paradisiaca*) dan Jerami Padi (*Oryza Sativa L.*) Terhadap Produksi Biogas”. Konsep ini sejalan untuk menciptakan desa mandiri energi dengan membangun biogas yang menggunakan bahan baku limbah lokal [14]. Hal ini ditujukan agar masyarakat mampu memproduksi biogas yang bermanfaat bagi kebutuhan energi yang digunakan. Selain itu juga agar masyarakat mampu meningkatkan produktivitas biogas dengan bahan jerami padi yang melimpah dan dengan bantuan bahan tambahan yaitu batang pisang. Harapan yang diinginkan agar masyarakat mampu memproduksi biogas dan membantu mengurangi konsumsi bahan bakar fosil.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di *Teaching Factory* Teknologi Rekayasa Kimia Industri Jurusan Teknologi Pertanian Politeknik Negeri Lampung (POLINELA) pada bulan Desember 2020 s.d. April 2021.

### 2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah botol plastik 1 liter, balon (mengukur volume biogas), timbangan, beaker glass (Pyrex), corong, dan jangka sorong, sedangkan bahan yang digunakan adalah jerami padi dan batang pisang yang didapatkan di Desa Tanjung Sari, Natar, kotoran ternak sapi (Pernakan POLINELA), dan air.

### 2.2 Pembuatan Rancangan Percobaan

Penelitian ini dirancang menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) pola faktorial 2 x 2 dengan 3 ulangan. Faktor pertama yaitu jerami padi 100 gram yang terdiri dari 1 taraf yaitu dengan penambahan batang pisang 50 mL dan 100 mL. Faktor yang kedua yaitu jerami padi 200 gram yang terdiri dari 1 faktor dengan penambahan batang pisang 50 gram dan 100 gram. Pengamatan yang dilakukan adalah mengukur volume balon selama 7 hari berturut-turut. Variasi masing masing perlakuan yang akan disajikan pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Data Percobaan Metode Rancangan Acak Kelompok (RAK)

Variabel		Ulangan		
X	Y	1	2	3
100 gram	50 gram	X <sub>1</sub> Y <sub>1</sub>	X <sub>1</sub> Y <sub>1</sub>	X <sub>1</sub> Y <sub>1</sub>
	100 gram	X <sub>1</sub> Y <sub>2</sub>	X <sub>1</sub> Y <sub>2</sub>	X <sub>1</sub> Y <sub>2</sub>
200 gram	50 gram	X <sub>2</sub> Y <sub>1</sub>	X <sub>2</sub> Y <sub>1</sub>	X <sub>2</sub> Y <sub>1</sub>
	100 gram	X <sub>2</sub> Y <sub>2</sub>	X <sub>2</sub> Y <sub>2</sub>	X <sub>2</sub> Y <sub>2</sub>

Keterangan:

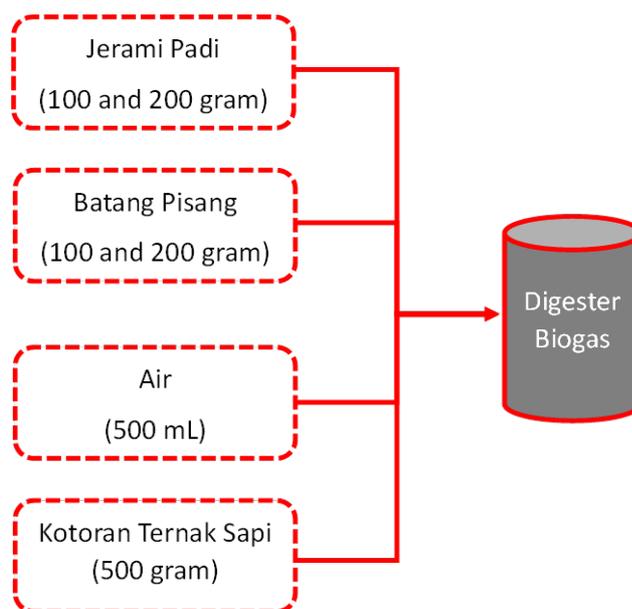
X<sub>1</sub> = 100 gram jerami padi

X<sub>2</sub> = 200 gram jerami padi

Y<sub>1</sub> = 50 gram batang pisang

Y<sub>2</sub> = 100 gram batang pisang

Prosedur kerja yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu dengan menyiapkan kotoran ternak sebanyak 500 gram yang dimasukkan ke dalam botol/reaktor lalu diaduk hingga merata. Setelah itu, ke dalam botol/reaktor ditambahkan air sebanyak 500 ml dan di aduk lagi hingga merata. Jerami padi dan batang pisang disiapkan sesuai dengan kombinasi masing-masing factor, kemudian bahan dihaluskan hingga ukuran mengecil menggunakan pisau. Bahan yang telah dicacah dimasukkan ke dalam botol/digester dengan kombinasi jerami padi dan batang pisang dan diaduk hingga homogen. Lalu dipasangkan balon pada ujung atas botol untuk menampung biogas yang dihasilkan. Lalu diukur volume balon selama 7 hari berturut-turut. Berikut prosedur kerja seperti pada **Gambar 1**.



**Gambar 1.** Prosedur riset yang dilakukan dalam pembuatan produk biogas.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pengamatan Volume Biogas yang dihasilkan

Berdasarkan penelitian dengan penambahan jerami padi dan batang pisang dapat meningkatkan produktivitas biogas seperti yang disajikan pada **Tabel 2**.

**Tabel 2.** Hasil Pengamatan Volume Balon (mm)

Sampel	Ulangan			Rata Rata (mm <sup>3</sup> )
	1	2	3	
X <sub>1</sub> Y <sub>0</sub>	852,95	852,95	852,95	852,95
X <sub>1</sub> Y <sub>1</sub>	1531,24	1349,61	335,92	1072,26
X <sub>1</sub> Y <sub>2</sub>	2143,15	1963,34	1521,22	1875,90
X <sub>2</sub> Y <sub>0</sub>	852,95	852,95	852,95	852,95
X <sub>2</sub> Y <sub>1</sub>	1163,46	1401,73	945,64	1170,28
X <sub>2</sub> Y <sub>2</sub>	1061,81	441,17	921,86	808,28

Hasil pengamatan volume balon selama percobaan bahwa pada kombinasi jerami padi 100 gram dengan batang pisang 100 gram memiliki volume balon yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang lainnya, hal ini menunjukkan bahwa dalam penambahan jerami padi dan batang pisang dengan jumlah yang tinggi maka dapat meningkatkan gas gas metane yang terbentuk didalam digester. Hal ini membuktikan bahwa dalam penambahan bahan lain kedalam digester reaktor dalam jumlah yang banyak akan menghasilkan gas metane yang diproduksi. Sedangkan pada kondisi jerami padi 100 gram dan batang pisang 50 gram pada ulangan ke-3 memiliki nilai yang tidak akurat, hal ini dikarenakan adanya kebocoran pada media balon yang digunakan dalam menampung gas gas metane yang terbentuk, oleh sebab itu sebelum dilakukan penelitian maka sangat penting dalam mengecek kondisi alat yang akan digunakan. Hasil gas metane yang tertampung didalam balon sebagai pengukuran menggunakan jangka sorong ditunjukkan pada **Gambar 2**. Penggunaan balon dalam penelitian ini sangat krusial karena hal ini dapat melihat gas metane yang dihasilkan dalam skala laboratorium. Akan tetapi, penelitian ini dapat diaplikasikan dalam skala besar dengan digester reaktor yang sebenarnya, seperti digester dari beton, atau dari drum bekas.



**Gambar 2.** Menunjukkan hasil biogas dalam voluem balon dari masing masing kombinasi pada hari ke-7.

Minyak bumi, gas alam dan batubara yang sumbernya terbatas harus memiliki pembaruan untuk terus dapat memasok sumber bahan bakar yang dibutuhkan. Minyak bumi, gas alam dan batubara yang penambangannya merusak alam, proses pengolahannya pun memberikan dampak buruk ke lingkungan seperti emisi karbon yang menyebabkan perubahan iklim. Dengan produktivitas biogas yang menjanjikan, diharapkan mampu menggantikan penggunaan minyak bumi, gas alam dan batubara yang saat ini mendominasi pasokan sumber bahan bakar. Dengan memanfaatkan bahan yang mudah didapatkan yaitu kotoran sapi, limbah pertanian seperti jerami padi dan batang pisang dapat menghasilkan energy yang lebih bersih dan tidak menghasilkan emisi karbon yang dapat menyebabkan efek rumah kaca. Diharapkan dimasa yang akan datang, pengolahan limbah pertanian, peternakan dan rumah tangga dapat menggantikan ketergantungan dari penggunaan bahan bakar fosil. Proses pembuatan biogas sangat sederhana. Substrat (kotoran hewan atau manusia) ditempatkan di dalam digester, diaduk kuat-kuat dalam waktu singkat, dan kemudian dipanaskan untuk menghasilkan biogas yang dapat digunakan sebagai bahan bakar. Selain itu, pengolahan kotoran sapi dapat membantu mengembangkan sistem pertanian melalui daur ulang kotoran hewan dan limbah pertanian untuk menghasilkan biogas.

### 3.2 Hasil Analisa Anova

Data hasil pengamatan kemudian dianalisis dengan menggunakan sidik ragam (Anova) Rancangan Acak Kelompok (RAK) menggunakan software Minitab 19 yang disajikan pada **Tabel 3**.

**Tabel 3.** Hasil sidik ragam (Anova) Biogas yang dihasilkan

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: Hasil

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2851582.36 <sup>a</sup>	6	475263.727	5.542	.007
Intercept	22435597.76	1	22435597.76	261.620	.000
Jerami_Padi	705096.998	1	705096.998	8.222	.015
Batang_Pisang	146291.484	1	146291.484	1.706	.218
Ulangan	407355.637	2	203677.818	2.375	.139
Jerami_Padi * Batang_Pisang	1019050.979	1	1019050.979	11.883	.005
Error	943319.811	11	85756.346		
Total	25790719.13	18			
Corrected Total	3794902.170	17			

a. R Squared = .751 (Adjusted R Squared = .616)

Hasil uji Anova menunjukkan nilai P-value jerami padi dan batang pisang yang ditunjukkan pada Tabel 5 menunjukkan bahwa jerami padi dan batang pisang tidak berpengaruh nyata apabila dimasukkan secara terpisah

dibuktikan dengan nilai P-value  $>0,05$  dan apabila dikombinasikan antara jerami padi dan batang pisang memiliki pengaruh yang nyata dengan nilai P-value  $<0,05$ .

Pembuatan biogas dari campuran jerami padi dan batang pisang dengan menggunakan biodigester dapat terjadi selama 7 hari dan masih terbentuk seterusnya. Dengan memanfaatkan limbah seperti limbah pertanian, limbah manusia, dan limbah ternak, biogas menjadi produk pembangkit energy [15]. Secara umum, biogas bermanfaat untuk menghasilkan energi, membatasi kapasitas dan ketersediaan tenaga kerja, serta melestarikan lingkungan melalui pencegahan kerusakan udara. Jenis bahan organik, derajat keasaman, keseimbangan C/N, suhu, laju penggumpalan, zat beracun, pengadukan, starter dan waktu tanggap semuanya dapat mempengaruhi produksi biogas.

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah terdapat kombinasi yang optimal dalam penambahan jerami padi dan batang pisang yaitu dengan penambahan jerami padi 100 gram dengan penambahan batang pisang 100 gram selama 3 kali pengulangan memiliki volume balon 1875,910 mm<sup>3</sup>. Selain itu terdapat kondisi terendah yang didapatkan dalam memproduksi biogas yaitu pada penambahan jerami padi 200 gram dan batang pisang 100 gram memiliki volume balon 808,285 mm<sup>3</sup>. Dari hasil yang diperoleh di atas, dengan memanfaatkan limbah jerami padi dan batang pisang sebagai bahan tambahan dapat menghasilkan biogas yang lebih banyak.

#### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada pemberi pendanaan penelitian atau telah memberikan kontribusi lain dalam penelitian.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Silitonga, A. S., Atabani, A. E., Mahlia, T. M. I., Masjuki, H. H., Badruddin, I. A., & Mekhilef, S. (2011). A review on prospect of *Jatropha curcas* for biodiesel in Indonesia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(8), 3733–3756. doi: 10.1016/j.rser.2011.07.011
- [2] BPS Republik Indonesia. (2021). Peternakan dalam Angka Tahun 2021. *Badan Pusat Statistik Indonesia*, 122. Retrieved from <https://www.bps.go.id>
- [3] Awe, O. W., Zhao, Y., Nzihou, A., Minh, D. P., Awe, O. W., Zhao, Y., ... Lyczko, N. (2017). A Review of Biogas Utilisation , Purification and Upgrading Technologies. *Waste and Biomass Valorization*, 8(2), 267–283.
- [4] Baba, Y., Tada, C., Fukuda, Y., & Nakai, Y. (2013). Improvement of production from waste paper by pretreatment with rumen fluid. *Bioresource Technology*, 128, 94–99. doi: 10.1016/j.biortech.2012.09.077
- [5] Anggraini, D., Pertiwi, M. B., & Bahrin, D. (2012). Biogas dari sampah organik. *Jurnal Teknik Kimia*, 18(1), 17–23.
- [6] Haryanto, A. (2017). *Energi Terbarukan*.
- [7] Dewilda, Y., Aziz, R., & Fauzi, M. (2019). Kajian Potensi Daur Ulang Sampah Makanan Restoran di Kota Padang. *Jurnal Serambi Engineering*, 4(2), 482–487.
- [8] Maria Ulva, S., Damayanti, P., & Syarif Abd Syukur, M. S. (2022). The Analysis of Calorific Value based on Biogas Fuel using The Cow Dung Based Ethnoscience. *Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online*, 10(1), 64–69.
- [9] Sholeh, A., Sunyoto, & Dony, H. al-janan. (2012). Analisis Komposisi Campuran Air dengan Limbah Kotoran Sapi dan Peletakan Posisi Digester Terhadap Tekanan Gas yang Dihasilkan. *Journal of Mechanical Engineering Learning*, 1(1).
- [10] Fajri, N., Haidina, A., & Mualim. (2018). Efektifitas Kotoran Sapi Sebagai Aktifator Pembuatan Biogas Dari Jerami Padi. *Jurnal Media Kesehatan*, 7(1), 01–05. doi: 10.33088/jmk.v7i1.215
- [11] Gu, F., Yang, L., Jin, Y., Han, Q., Chang, H. min, Jameel, H., & Phillips, R. (2012). Green liquor

- pretreatment for improving enzymatic hydrolysis of corn stover. *Bioresource Technology*, 124, 299–305. doi: 10.1016/j.biortech.2012.08.054
- [12] Dhalika, T., Mansyur, & Budiman, A. (2012). Evaluasi Karbohidrat Dan Lemak Batang Tanaman Pisang (*Musa paradisiaca*. Val) Hasil Fermentasi Anaerob Dengan Suplementasi Nitrogen Dan Sulfur Sebagai Bahan Pakan Ternak. *Pastura: Jurnal Ilmu Tumbuhan Pakan*, 1(2), 97–101.
- [13] Bansari, K., Temanggung, K., Apriandi, N., Yanuar, P., Kristiawan, T. A., & Widodo, I. G. (2022). Penyuluhan Potensi Biogas Dari Limbah Kotoran Ternak Di Desa, 01(02), 45–49.
- [14] Nanang, A. M., Lily, M. A., & Nurul, Q. (2021). Optimalisasi Pengelolaan Limbah Tahu Menjadi Biogas Menuju Desa Mandiri Energi. *Unram Journal of Community Service*, 2(1), 29–32. doi: 10.29303/ujcs.v2i1.25
- [15] Muzayin. (2008). *Analisis Kelayakan Usaha Instalasi Biogas Dalam Mengelola Limbah Ternak Sapi Potong (PT. Widodo Makmur Persada, Cianjur)*. Institut Pertanian Bogor.