



e-ISSN Number
2655 2967

Available online at <https://jurnal.teknologiindustriumi.ac.id/index.php/JCPE/index>

Journal of Chemical Process Engineering

Volume 7 Nomor2 (2022)



SINTA Accreditation
Number 28/E/KPT/2019

Produksi Biogas dari Kotoran Sapi dengan Biodigester Kontinyu dan Batch: Review

(Biogas Production from Cattle Dung using Continue and Batch Digester: A Review)

Lukhi Mulia Shitophyta^{*}, Masreza Hari Darmawan, Yestri Rusfidiantoni

Program Studi Teknik Kimia, Universitas Ahmad Dahlan, Jl. Ringroad Selatan, Kragilan, Bantul, Yogyakarta, 55191, Indonesia

Inti Sari

Sumber energi terbarukan perlu terus dikembangkan untuk menekan ketersediaan bahan bakar fosil yang sudah semakin menipis. Biogas merupakan salah satu energi alternatif dengan memanfaatkan limbah organik seperti kotoran sapi. Pengolahan kotoran sapi sebagai bahan baku biogas dapat menggunakan biodigester tipe kontinyu dan tipe batch. Tujuan dari penelitian ini adalah membandingkan volume biogas menggunakan biodigester kontinyu dan biodigester batch. Metode penelitian terdiri dari studi literatur tentang produksi biogas yang menggunakan biodigester kontinyu dan biodigester batch. Biodigester kontinyu selalu berisi 80% umpan dari volume total (50 L) dan 20% sisanya sebagai ruang gas. Biodigester tipe batch kapasitas 220 L memiliki komposisi kotoran sapi dan rumput gajah sebesar 25 kg : 25 kg dengan penambahan air 100 liter. Produksi biogas dilakukan selama 70 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biodigester kontinyu menghasilkan volume biogas total 17,520 L dan kandungan CH₄ 51,37%, sedangkan untuk biodigester batch menghasilkan volume biogas total 66,484 L dan kandungan CH₄ 31,37%. Uji nyala untuk biodigester kontinyu menunjukkan bahwa setelah hari ke-12 nyala api berwarna biru dan menyembur tetapi pada biodigester batch tidak menghasilkan nyala api karena kadar CH₄ kurang dari 45%. Biodigester tipe kontinyu dengan kapasitas 50 L menghasilkan volume biogas lebih tinggi dibandingkan dengan tipe batch yang berkapasitas 220 L.

Kata Kunci: Biogas; Digester Batch; Digester Kontinyu; Kotoran Sapi; Metana

Key Words: Biogas; Batch Digester; Continuous Digester; Methane

Abstract

Renewable energy sources need to be continuously developed to reduce the availability of fossil fuels that are extremely running low. Biogas is alternative energy by utilizing organic wastes such as cattle dung. Processing of cattle dung as the raw material of biogas can use continuous and batch biodigesters. This study aims to compare biogas volume using batch and continue biodigester. The research method consists of literature studies on biogas production using continuous and batch biodigester. The continuous biodigester always contains 80% feed of total volume (50 L) and 20% remaining as a

Published by

Department of Chemical Engineering
Faculty of Industrial Technology
Universitas Muslim Indonesia, Makassar

Address

Jalan Urip Sumohardjo km. 05 (Kampus 2 UMI)
Makassar- Sulawesi Selatan

Email :

jcpe@umi.ac.id

Corresponding Author

lukhi.mulia@che.uad.ac.id



Journal History

Paper received : 30 Juni 2021

Received in revised : 12 November 2022

Accepted : 19 November 2022

gas chamber. The batch biodigester with a capacity of 220 L has a composition of cattle dung and elephant grass of 25 kg: 25 kg with the addition of 100 liters of water. Biogas production was carried out for 70 days. The results showed that the continuous biodigester produced a total biogas volume of 17.520 L and a CH₄ content of 51.37%, while the batch biodigester produced a total biogas volume of 66.484 L and CH₄ content of 31.37%. The flame test for the continuous biodigester showed that after the 12th day the flame was blue and gushed quite strongly, but the batch biodigester did not produce a flame because the CH₄ content was less than 45%. The continuous type biodigester with a capacity of 50 L produces a higher volume of biogas compared to the batch type with a capacity of 220 L.

PENDAHULUAN

Bahan bakar fosil seperti minyak bumi dan batubara merupakan sumber energi utama di Indonesia, akan tetapi sumber energi fosil merusak lingkungan yang menyebabkan pencemaran udara, emisi gas rumah kaca dan pemanasan global [1]. Kebutuhan bahan bakar minyak dari waktu ke waktu semakin meningkat yang mengakibatkan harga minyak mentah semakin melonjak pesat sehingga sangat membebani negara-negara pengimpor minyak khususnya negara Indonesia [2]. Kondisi ini disebabkan setiap aktivitas manusia selalu membutuhkan energi sehingga penggunaan energi semakin meningkat dan mengakibatkan ketersediaan sumber energi semakin menipis [3]. Pada 2011, BP Migas memperkirakan bahwa cadangan minyak potensial di Indonesia hanya akan bertahan sampai 12 tahun, sedangkan untuk gas hanya akan bertahan sampai 46 tahun [4]. Hal ini mendorong dikeluarkannya kebijakan pengurangan konsumsi bahan bakar fosil dan peningkatan penggunaan energi terbarukan yang dituangkan dalam bentuk sasaran (primer) Energi Mix Nasional tahun 2025. Salah satu upaya yang dilakukan untuk memenuhi target itu adalah penggunaan biomassa sebagai sumber energi terbarukan [5].

Pemanfaatan energi terbarukan akan membantu masyarakat untuk memenuhi kebutuhan energi dengan biaya murah [6]. Biogas merupakan salah satu energi alternatif yang memanfaatkan limbah organik sebagai bahan baku karena mengandung unsur karbon, hidrogen dan nitrogen [7]. Biogas dapat digunakan sebagai bahan bakar karena memiliki nilai kalori yang tinggi berkisar antara 4800-6700 kkal/m³ (gas metana murni dengan konsentrasi 100% memiliki nilai kalori 8.900 kkal/m³) [8]. Proses pembuatan biogas dipengaruhi beberapa faktor, antara lain: suhu, pH, substrat, pengadukan dan starter. Suhu optimum bakteri metanogenik yang bersifat mesofilik

adalah 35°C, bakteri metanogenik termofilik adalah 50-60°C dan pH optimal pembentukan gas metana antara 5,5-8,5 [9]. Pembuatan biogas membutuhkan digester yang tertutup rapat dan kedap udara agar proses produksi biogas optimal. Komposisi biogas bervariasi tergantung pada jenis bahan baku, komposisi masukan, waktu fermentasi dan kapasitas digester [10]. Rasio C/N optimal untuk pembentukan biogas berkisar 20-30. Limbah organik yang digunakan sebagai bahan baku biogas antara lain: limbah sayuran, kotoran ternak dan limbah pertanian [11].

Pada umumnya kotoran ternak yang digunakan sebagai bahan baku biogas adalah kotoran sapi karena mengandung bakteri penghasil gas metana yang terdapat dalam perut ruminansia. Bakteri tersebut membantu proses fermentasi sehingga mempercepat proses pembentukan biogas [12]. Bakteri pembentuk biogas memerlukan kondisi anaerob untuk menghasilkan biogas yang optimal. Studi proses produksi biogas dilakukan untuk memperoleh kondisi optimal pembentukan biogas [13]. Pengolahan limbah ternak sapi menjadi biogas yang ramah lingkungan merupakan teknik yang sangat menguntungkan karena tidak merusak alam sehingga siklus ekologi tetap terjaga [14]. Kotoran sapi memiliki kandungan selulosa yang tinggi dan beberapa nutrient seperti nitrogen, fosfor dan kalium yang berfungsi sebagai bahan pengisi biogas [15]. Kandungan utama biogas berupa gas metana (CH₄) 55% - 75%, gas karbon dioksida (CO₂) 25% - 45% dan beberapa gas lain dalam jumlah lebih kecil [16]. Biogas merupakan energi alternatif yang paling siap diolah menjadi sumber energi yang jumlahnya banyak dan bersifat bisa diperbarui (*renewable*) [17].

Biogas merupakan gas mudah terbakar (*flammable*) yang dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik oleh bakteri anaerob [18]. Gas metana merupakan gas rumah kaca yang lebih

berbahaya dibanding dengan karbon dioksida karena mudah meledak dan menjadi faktor utama penyebab pemanasan global dengan laju 1% per tahun [19]. Metanogenesis ialah proses pembentukan gas metana dengan bantuan bakteri Metanogen seperti *Mathanobacterium*, *Mathanobacillus*, *Methanosacari*, dan *Methanococcus*. Energi yang terkandung dalam biogas tergantung dari konsentrasi CH_4 [20].

Biogas dapat dibakar seperti elpiji dan dapat digunakan sebagai pembangkit energi listrik sebagai sumber energi yang ramah lingkungan dan terbarukan [21]. Pembuatan biogas dapat dilakukan menggunakan biodigester yaitu dengan memasukkan substrat (kotoran ternak) ke dalam digester anaerob dan gas akan terbentuk dalam waktu tertentu [22]. Semua jenis bahan organik dapat digunakan sebagai bahan baku biogas, tetapi hanya bahan organik homogen padat dan cair yang cocok untuk sistem biogas sederhana. Sampah organik yang membusuk akan menghasilkan gas CH_4 dan CO_2 , tetapi hanya CH_4 yang dimanfaatkan sebagai bahan bakar [23]. Biodigester tipe kontinyu dan tipe batch dapat digunakan untuk pembentukan biogas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji perbandingan hasil produksi biogas dari kotoran sapi ditinjau dari sistem operasi biodigester.

METODE PENELITIAN

Alat yang digunakan untuk biodigester tipe kontinyu adalah drum, mesin bor, paralon, selang *waterpass*, klem, ban dalam, nepel T, *ball valve*, kran, dan gelas ukur. Bahan yang digunakan adalah limbah makanan, kotoran sapi, air dan slurry [24]. *Gas Chromatography* (GC) untuk mengukur komposisi biogas. Biodigester tipe *batch* dibuat dari drum, selang dan balon penampung gas. Bahan baku yang digunakan adalah rumput gajah (*Pennisetum Purpureum*), kotoran sapi dan air [25].

Prosedur Penelitian

Biodigester Tipe Kontinyu

Pada biodigester (drum) selalu terisi umpan yaitu kotoran sapi sebanyak 80% dari volume total (50 liter) yaitu 40 liter dan sisanya 20% dari volume biodigester yang digunakan sebagai ruang gas. Untuk pengisian umpan awal digester terdiri dari 20 liter air, 10 liter kotoran sapi dan 10 liter slurry. Umpan awal ini selanjutnya disimpan dan dibiarkan terdegradasi secara alami selama tiga hari sebelum dilakukan pemasukan bahan secara rutin. Untuk asupan bahan

rutin, setiap hari dimasukkan campuran limbah makanan yang sudah halus sebanyak 1 kg dan dicampur dengan air hingga 10 liter, yang sebelumnya telah dilakukan pengeluaran dari biodigester sebanyak 10 liter campuran bahan.

Biodigester yang telah diisi bahan baku dibiarkan terdegradasi secara alami oleh mikroba yang terdapat dalam kotoran sapi dan limbah makanan tersebut sedangkan untuk temperatur dan kelembaban mengikuti kondisi lingkungan. Selanjutnya setiap periode waktu tertentu dilakukan pengambilan sampel dan pengujian volume serta komposisi biogas, pengukuran volume biogas dilakukan dengan gelas ukur yang sudah diisi air dengan posisi terbalik dan jumlah air yang dipindahkan oleh gas merupakan volume biogas. Sedangkan pengujian komposisi biogas dilakukan dengan menggunakan alat *Gas Chromatography* (GC) [24].

Biodigester Tipe Batch

Rumput gajah dicacah dengan panjang maksimum 5 cm, kemudian dicampur dengan kotoran sapi yang telah diencerkan terlebih dahulu dengan air. Komposisi antara kotoran sapi dan rumput gajah yaitu 25 : 25 (kg/kg) dengan penambahan air 100 liter untuk proses pengenceran yang diamati hingga 70 hari pada biodigester yang berkapasitas 220 liter. Produksi biogas harian ditampung di dalam balon dan diukur volumenya dengan prinsip pemindahan volume air dimana balon yang digunakan untuk menampung gas dimasukan ke dalam bak berisi air. Volume air yang tumpah dinilai sebagai volume gas dalam balon [25].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Bahan

Rasio C/N bahan organik mempengaruhi aktivitas mikroba, pertumbuhan mikroba dan produksi biogas. Kebutuhan unsur karbon dapat dipenuhi dari karbohidrat, lemak, dan asam-asam organik, sedangkan kebutuhan nitrogen dipenuhi dari protein, amoniak dan nitrat. [26]. Rentang rasio C/N 25-30 merupakan rentang rasio optimal untuk proses penguraian anaerob. Jika rasio C/N terlalu tinggi, maka nitrogen akan terkonsumsi sangat cepat oleh metanogen untuk memenuhi kebutuhan protein dan tidak akan lagi bereaksi dengan sisa karbonnya sehingga menghasilkan biogas yang lebih rendah, sedangkan jika rasio C/N sangat rendah, nitrogen

akan dibebaskan dan terkumpul dalam bentuk NH_4OH [27]. Karakteristik bahan baku ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik bahan baku

Parameter (%)	Biodigester Tipe Kontinyu		Biodigester Tipe Batch	
	Kotoran Sapi	Limbah Makanan	Kotoran Sapi	Rumput Gajah
Kadar Air	79,81	73,40	71,32	87,03
Karbon	43,55	44,91	39,87	55,51
Nitrogen	1,5	0,59	1,42	1,81
Rasio C/N	29,03	76,12	28,08	30,62

(Sumber:[24]; [25])

Produksi Biogas

Pembentukan biogas dihasilkan dari proses fermentasi sampah organik yang dipengaruhi oleh kandungan protein, karbohidrat dan lemak dalam sampah organik. Semakin tinggi kandungan protein, karbohidrat dan lemak, maka biogas yang dihasilkan juga semakin tinggi [28]. Volume biogas diukur mulai hari ke 3 untuk biodigester tipe kontinyu dan hari ke 7 untuk biodigester tipe *batch*. Pengukuran volume biogas harian pada biodigester kontinyu dan digester batch dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan produksi biogas

Hari ke-	Volume biogas harian (mL)	
	Biodigester kontinyu	Biodigester batch
3	1631	7857
7	1654	4726
10	1675	8354
14	1852	5587
17	1987	6984
21	1886	7891
25	1855	7753
28	1687	7479
32	1683	5027
35	1610	4826
Total	17520	66484

(Sumber: [24]; [25])

Kadar Metana

Gas CH_4 terbentuk karena terjadinya proses fermentasi secara anaerob oleh bakteri. Semakin banyak kandungan CH_4 yang dihasilkan maka

semakin bagus kualitas biogas [29]. Pengukuran kandungan CH_4 dilakukan mulai hari ke 7 untuk biodigester tipe kontinyu dan hari ke 30 serta 60 untuk biodigester tipe *batch* menggunakan *Gas Chromatography* (GC) dengan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan kandungan CH_4

Hari ke-	Kadar CH_4 (%)	
	Biodigester kontinyu	Biodigester batch
7	33,94	-
14	51,37	-
21	36,03	-
28	35,93	-
30	-	2,09
35	35,96	-
60	-	31,37

(Sumber: [24]; [25])

Dari Tabel 3 terlihat bahwa biodigester tipe kontinyu memiliki kandungan metana yang lebih tinggi daripada biodigester tipe *batch* yang hanya menghasilkan 2,09% dan 31,37% untuk hari ke 30 dan 60.

Nyala Api Pembakaran

Uji nyala terhadap biogas merupakan salah satu cara untuk mengetahui ada tidaknya kandungan CH_4 dalam biogas. Gas hasil produksi yang mengandung CH_4 akan ikut terbakar apabila didekatkan pada sumber api. Kadar CH_4 minimal yang dapat terbakar sebesar 45%. Pembakaran bahan bakar tanpa CO_2 akan menghasilkan api berwarna biru sedangkan api berwarna kuning kemerahan akibat adanya CO_2 [30]. Dari hasil uji pembakaran untuk biodigester tipe kontinyu, nyala api yang terjadi pada hari ke 3 sampai ke 7 masih belum sempurna dan hanya menyala sebentar. Setelah hari ke-12 nyala api sudah cukup baik karena api berwarna biru dan menyembur cukup kuat pada saat katup pengaturan gas dibuka dan dikenakan api. Sedangkan untuk biodigester tipe *batch*, uji nyala tidak maksimal dikarenakan CH_4 yang terkandung dalam biodigester tipe *batch* ini tidak mencapai 45%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil review dapat disimpulkan bahwa biodigester tipe kontinyu menghasilkan kadar CH_4 lebih tinggi dibandingkan biodigester tipe batch. Biodigester tipe kontinyu menghasilkan volume biogas kumulatif sebesar 17520 ml selama 35 hari, sedangkan biodigester tipe batch menghasilkan

volume biogas kumulatif sebesar 66484 ml selama 70 hari.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Sasongko, "The production of biogas and biomass from cow faces fix dome biodigester by dilution and adding agitation," 2010.
- [2] R. Renatha, R. Dewi, and A. Putri, "pembuatan biogas dari limbah peternakan," Jurusan Teknik Kimia, Universitas Diponegoro, no. 024, pp. 6–7, 2008.
- [3] K. Karakteristik, D. Kotoran, and S. Berdasarkan, "Komposisi Air Berbasis Kinetika Gas Metana," vol. 5, no. 1, 2017.
- [4] Ghevanda and Inechia "Analisis Peran Limbah Sayuran dan Limbah Cair Tahu pada Produksi Biogas Berbasis Kotoran Sapi," Insitut Teknologi Sepuluh November, vol. 2, no. 1, pp. 1–5, 2013.
- [5] I. Wiratmana, I. Sukadana, and I. Tenaya, "Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Bahan Kering Terhadap Produksi dan Nilai Kalor Biogas Kotoran Sapi," *J. Energi Dan Manufaktur*, vol. 5, no. 1, pp. 22–32, 2012.
- [6] S. Soeprijanto, "Pembuatan Biogas dari Kotoran Sapi Menggunakan Biodigester di Desa Jumpat Kabupaten Bojonegoro," *Sewagati*, vol. 1, no. 1, p. 17, 2017, doi: 10.12962/j26139960.v1i1.2984.
- [7] D. A. Putri and R. R. Saputro, "Biogas Production from Cow Manure," vol. 1, no. 2, pp. 61–64, 2012.
- [8] B. R. Prasetyo and C. Rangkuti, "Produksi gasbio menggunakan Limbah Sayuran," *Semin. Nas. Cendekiawan*, vol. 3, pp. 611–615, 2015.
- [9] Y. Widyastuti, S & Suryantara, "Penambahan Sampah Sayuran Pada Fermentasi Biogas Dari Kotoran Sapi Dengan Starter Em4," *J. Tek. Waktu*, vol. 15, no. 1, pp. 36–42, 2017.
- [10] R. S. Ronaldo, R. S. Wahjudi, R. H. Subrata, and S. Sulaiman, "KOCENIN Serial Konferensi No. 1 (2020) Webinar Nasional Cendekiawan Ke 6 Tahun 2020, Indonesia," *KOCENIN Ser. Konf.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–7, 2020.
- [11] M. A. Fitri and T. K. Dhaniswara, "Pemanfaatan kotoran sapi dan sampah sayur pada pembuatan biogas dengan fermentasi sampah sayuran," *J. Res. Technol.*, vol. 4, no. 1, pp. 47–54, 2018.
- [12] H. T. Prayitno, "Strategi pemanfaatan kotoran sapi, Jurnal Litbang" vol. 10, no. 1, pp. 43–51, 2014.
- [13] E. Tresna and M. Nurhanisa, "Pengaruh pH dalam Produksi Biogas dari Limbah Kecambah Kacang Hijau," vol. V, no. 2, pp. 72–76, 2017.
- [14] S. Ningrum, Supriyadi, and Zulkarnain, "Strategy Analysis Of Biogas Development As Domestic Alternative Energy By Utilizing Cow Manure," *J. Penelit. Pertan. Terap.*, vol. 17, no. 3, pp. 45–57, 2019.
- [15] L. Wati, Y. Ahda, and D. Handayani, "Pengaruh Volume Cairan Rumen Sapi Terhadap Berbagai Feses Dalam Menghasilkan Biogas," *Eksakta*, vol. 1, no. 1, pp. 20–28, 2014.
- [16] J. Sutrisno, "Pembuatan biogas dari bahan sampah sayuran (kubis, kangkung dan bayam)," *J. Tek. UNIPA*, vol. 8, no. 1, pp. 100–112, 2010, doi: 10.36456/waktu.v8i1.885.
- [17] A. Yonathan, A. R. Prasetya, B. Pramudono, and Dkk, "Produksi Biogas Dari Eceng Gondok (Eicchornia Crassipes): Kajian Konsistensi Dan Ph Terhadap Biogas Dihasilkan," *J. Teknol. Kim. dan Ind.*, vol. 2, no. 2, pp. 211–215, 2013.
- [18] Mujahidah, Mappiratu, and R. Sikanna, "Kajian Teknologi Produksi Biogas Dari Sampah Basah Rumah Tangga," *J. Nat. Sci.*, vol. 2, no. 1, pp. 25–34, 2013.
- [19] R. Ratnaningsih, H. Widyatmoko, and T. Yananto, "Potensi pembentukan biogas pada proses biodegradasi campuran sampah organik segar dan kotoran sapi dalam batch reaktor anaerob," *J. Teknol. Lingkung. Univ. Trisakti*, vol. 5, no. 1, pp. 19–26, 2009.
- [20] M. N. Dewi, R. Visca, and A. Mustopa, "Pengaruh Penambahan EM (Effective Microorganism) Terhadap Produksi Biogas dari Air Limbah Industri Makanan," *J. Teknol.*, vol. 6, no. 1, pp. 25–38, 2019, doi: 10.31479/jtek.v6i1.3.
- [21] D. Irawan and E. Suwanto, "Pengaruh Em4 (Effective Microorganisme) Terhadap Produksi Biogas Menggunakan Bahan Baku Kotoran Sapi," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 1, pp. 44–49, 2017, doi:

10.24127/trb.v5i1.118.

- [22] S. y. S. S. Z. B. Satata, "Pemanfaatan Kotoran Sapi Sebagai Sumber Biogas," *J. Udayana Mengabdi*, vol. 15, no. 2, pp. 150–158, 2016.
- [23] D. Anggraini, M. B. Pertiwi, and D. Bahrin, "Pengaruh Jenis Sampah, Komposisi Masukan dan Waktu Tinggal terhadap Komposisi Biogas Dari Sampah Organik," *Tek. Kim.*, vol. 18, no. 1, pp. 17–23, 2012.
- [24] T. M. Gantina and I. Yuliyani, "Kajian Potensi Biogas Limbah Makanan dengan Umpan Awal Kotoran Sapi," *Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, pp. 2–5, 2012.
- [25] C. Afrian, A. Haryanto, U. Hasanudin, and I. Zulkarnain, "Produksi Biogas Dari Campuran Kotoran Sapi Dengan Rumput Gajah (*Pennisetum Purpureum*)," *J. Tek. Pertan. Lampung*, vol. 6, no. 1, pp. 21–32, 2017.
- [26] E. S. Siboro, E. Surya, and N. Herlina, "Pembuatan pupuk cair dan biogas dari campuran limbah sayuran," *J. Tek. Kim. USU*, vol. 2, no. 3, pp. 40–43, 2013.
- [27] L. Widyasmara, A. Pratiwiningrum, and L. M. Yusiati, "Pengaruh Jenis Kotoran Ternak Sebagai Substrat Dengan Penambahan Serasah Daun Jati (*Tectona Grandis*) Terhadap Karakteristik Biogas Pada Proses Fermentasi," *Bul. Peternak.*, vol. 36, no. 1, p. 40, 2012, doi: 10.21059/buletinpeternak.v36i1.1275.
- [28] T. S. Sutanto, "Proses Produksi Biogas Dari Sampah Organik," *Semin. Nas. Tek. Mesin*, pp. 355–363, 2018.
- [29] T. K. Dewi and C. K. Dewi, "Pembuatan gas bio dari serbuk gergaji, kotoran sapi, dan larutan em4," *J. Tek. Kim.*, vol. 20, no. 1, pp. 1–9, 2014.
- [30] Y. Yahya, T. Tamrin, and S. Triyono, "Produksi Biogas Dari Campuran Kotoran Ayam, Kotoran Sapi, Dan Rumput Gajah Mini (*Pennisetum Purpureum* Cv. Mott) Dengan Sistem Batch," *J. Tek. Pertan. Lampung (Journal Agric. Eng.)*, vol. 6, no. 3, p. 151, 2018, doi: 10.23960/jtep-l.v6i3.151-160.