

Penerapan Teknologi Biogas Menggunakan Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) dan Limbah Organik Sebagai Upaya Mengatasi Pencemaran Lingkungan

Dine Agustine¹⁾, Mutia Amyranti²⁾ dan Iin Indriani³⁾

1,2Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Islam Syekh-Yusuf,
Jl. Maulana Yusuf No.10 Kota Tangerang Banten, 15118

dine@unis.ac.id¹, mutiaamyranti@unis.ac.id², 1804010002@students.unis.ac.id³

Abstrak—Krisis energi dan pencemaran lingkungan merupakan masalah yang cukup rumit yang perlu dihadapi. Penerapan teknologi biogas menjadi salah satu alternatif penyelesaian permasalahan tersebut. Biogas merupakan sumber energi alternatif terbarukan masa depan yang dapat memanfaatkan limbah organik seperti kotoran sapi dan eceng gondok sebagai bahan baku produksinya. Biogas adalah gas yang dihasilkan dari proses penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme pada kondisi langka oksigen (anaerob). Eceng gondok (*Eichhornia Crassipes*) memiliki kemampuan tumbuh yang sangat cepat dan memiliki kandungan hemiselulosa tinggi yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan biogas. Penelitian ini bertujuan untuk memproduksi biogas yang terbuat dari limbah eceng gondok dan kotoran sapi. Penambahan limbah kotoran sapi sebagai starter dimanfaatkan untuk meningkatkan produksi gas metana yang dihasilkan. Proses pembuatan biogas dilakukan dengan cara fermentasi selama 35 hari. Fermentasi dilakukan dengan variasi komposisi (kg) eceng gondok dan kotoran sapi yaitu 2:1,5, 2:2, dan 2:2,5. Hasil penelitian menunjukkan variasi komposisi 2:2,5 merupakan hasil yang terbaik dalam memproduksi biogas dengan nilai pH 7,5, suhu 35,66 0C, tekanan 36,66 Psi, kadar gas metana (CH₄) yang dihasilkan 1,665 ppm, uji lama nyala api biogas yang dihasilkan 8 detik.

Kata kunci— Eceng gondok, Kotoran sapi, Biogas, Krisis Energi, Pencemaran Lingkungan

Abstract—The energy crisis and environmental pollution are quite complex problems that need to be faced. The application of biogas technology is an alternative solution to this problem. Biogas is a future renewable alternative energy source that can utilize organic waste such as cow dung and water hyacinth as raw materials for its production. Biogas is a gas produced from the decomposition process of organic materials by microorganisms in rare oxygen (anaerobic) conditions. Water hyacinth (*Eichhornia Crassipes*) has the ability to grow very fast and has a high hemicellulose content which can be used to produce biogas. This study aims to produce biogas made from water hyacinth waste and cow dung. The addition of cow dung waste as a starter is used to increase the production of methane gas produced. The process of making biogas is done by fermentation for 35 days. Fermentation was carried out with variations in the composition (kg) of water hyacinth and cow dung, namely 2:1.5, 2:2 and 2:2.5. The results showed that the 2:2.5 composition variation was the best in producing biogas with a pH value of 7.5, a temperature of 35.66 0C, a pressure of 36.66 Psi, the level of methane gas (CH₄) produced was 1.665 ppm, flame duration test biogas flame produced 8 seconds.

Keywords— Water hyacinth, Cow dung, Biogas, Energy Crisis, Environmental Pollution

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi terus meningkat secara signifikan, konsumsi energi di Indonesia yang tinggi tidak dibarengi dengan sumber daya alamnya yang semakin menipis dari tahun ke tahun. Setelah sumber daya alam yang dihasilkan semakin menipis, maka timbul permasalahan

disekitar masyarakat yaitu naiknya harga bahan bakar dikarenakan oleh harga minyak dunia yang cukup besar [1]. Dengan melonjaknya harga minyak dunia maka masyarakat dihimbau untuk hemat menggunakan energi mengingat cadangan bahan bakar minyak merupakan energi fosil yang tidak berkelanjutan. Salah satu cara untuk menghemat bahan bakar yaitu dengan mencari

sumber energi alternatif [2] khususnya sumber energi terbarukan, salah satu contohnya adalah energi biogas [1].

Biogas merupakan sumber energi alternatif, tidak berbahaya bagi ekosistem dan tidak akan habis, seperti (LPG) serta dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk menggerakkan generator listrik Biogas atau pun gas bio merupakan sumber daya yang dihasilkan dari limbah, misalnya sampah, kompos hewan, jerami, eceng gondok dan berbagai bahan lainnya. Sebagian perihal yang paling menarik dari inovasi pembuatan biogas yaitu kemampuannya dalam membuat biogas dari limbah alam yang berlimpah. Bahan baku pembuatan biogas bermacam-macam dengan menggunakan limbah alam dan proses pematangan anaerobik yang digunakan, umumnya biogas memiliki gas metana sebanyak (50-70%), gas karbon dioksida sebanyak (30-40%), serta gas lain seperti gas CO, nitrogen, hidrogen, H₂S, serta oksigen [3].

Eceng gondok (*Eichhornia Crassipes*) merupakan tumbuhan yang hidup di perairan semacam danau, saluran air serta rawa. Eceng gondok merupakan tumbuhan air yang begitu cepat pertumbuhannya namun tidak banyak dimanfaatkan sehingga banyak yang menyebutnya tanaman pengganggu serta tempat yang baik untuk sumber macam penyakit [4]. Selain itu dampak dari tumbuhan eceng gondok yaitu meningkatnya penguapan air, berkurangnya intensitas cahaya dan oksigen terlarut, serta dapat menyebabkan pendangkalan. Oleh karena itu pemanfaatan tanaman eceng gondok menjadi penting, salah satunya untuk penggunaan biogas. Penggunaan tanaman eceng gondok sebagai biogas sebab tanaman eceng gondok mengandung gula dan selulosa [5]. Selulosa tersebut dihidrolisis menjadi glukosa dengan bantuan mikroorganisme penghasil gas metana [6].

Limbah peternakan sapi potong merupakan sisa-sisa limbah dari suatu aktivitas usaha ternak daging sapi. Limbah ternak terdiri dari limbah padat dan cair, seperti sisa makanan, organisme yang belum berkembang, kulit, lemak,

darah, kuku, tulang, tanduk, bahan rumen, dan lain-lain [7]. Kotoran hewan akan menimbulkan dampak yang merugikan, antara lain bertambahnya jumlah penghuni organisme patogen sehingga dapat terjadi pencemaran air, tanah dan udara serta dapat menimbulkan aliran keluar metana (CH₄) dan karbondioksida (CO₂) yang akan berdampak pada efek rumah kaca sehingga itu dapat mempengaruhi perubahan lingkungan pada dasarnya di seluruh dunia [8]. Pemanfaatan limbah hewan untuk pembuatan biogas mungkin adalah solusi yang paling baik untuk mengatasi kenaikan biaya harga minyak dan kelangkaan bahan bakar minyak serta dapat mengurangi pencemaran terhadap lingkungan alam.

Penelitian mengenai biogas yang telah dilaporkan peneliti yang menggunakan bahan baku limbah eceng gondok untuk di manfaatkan sebagai pembuatan biogas sebab eceng gondok mengandung selulosa dan hemiselulosa yang sangat besar bila dibandingkan dengan bagian alam tunggal lainnya. Selulosa dan hemiselulosa merupakan polisakarida dari kombinasi polimer yang pada hidrolisis menghasilkan produk sampingan campuran yang dapat diproduksi secara anaerobik dengan menghasilkan dua campuran langsung senyawa seperti (CH₄) dan (CO₂) yang biasanya dikenal dengan biogas [9]. Penelitian pembuatan biogas dari limbah eceng gondok dengan penambahan starter yang berbeda-beda yaitu EM 4 (Efektif Mikroorganisme 4) dan kotoran sapi serta penambahan air yang berbeda-beda [10]. Penelitian lain menunjukkan penggunaan alat digester C menghasilkan energi biogas paling besar pada perbandingan 1:1 dan 0,9 kg EM 4 (Efektif Mikroorganisme 4) serta nyala api terlalu lama yaitu 60 menit 12 detik pada pembuatan biogas [11].

Penelitian yang dilakukan ini mengenai pembuatan biogas yaitu dengan menggunakan limbah eceng gondok (*Eichhornia Crassipes*) serta menggunakan starter dan penambahan air yang yaitu kotoran sapi dan air bersih. Variasi pemilihan komposisi bahan sesuai dengan hasil penelitian yang telah dilaporkan mengenai

optimalisasi penerapan teknologibiogas pada masyarakat [12].

Berdasarkan uraian masalah tersebut maka perlu dilakukannya penelitian mengenai pembuatan biogas dari limbah eceng gondok (*Eichhornia Crassipes*) dan limbah organik sebagai penerapan teknologi biogas untuk mengurangi pencemaran lingkungan.

II. METODE PENELITIAN

A. Alat dan bahan penelitian

Pada penelitian ini pertama dilakukan perancangan dan pembuatan reaktor biogas. Alat - alat dalam penelitian ini antara lain :

- a. Rangkaian reaktor biogas
- b. Termometer (pengukur suhu)
- c. Manometer (pengukur tekanan)
- d. Timbangan digital
- e. *Stopwatch*
- f. pH meter (pengukur pH)
- g. Gelas ukur

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah eceng gondok (*Eichhornia Crassipes*) dan limbah organik yang digunakan adalah kotoran sapi kotoran sapi. Bahan baku penelitian diperoleh dari Daerah Sukaharja, Kecamatan Sindang Jaya, Kabupaten Tangerang. Adapun bahan penunjang pada penelitian ini :

- a. Aquades (H_2O)
- b. Zink Sulfat ($ZnSO_4$)
- c. Amonium Sulfat ($(NH_4)_2SO_4$)
- d. Natrium Hidroksida ($NaOH$)

Perbandingan komposisi bahan baku (P1) eceng gondok 4 kg ditambahkan air 4 liter dan kotoran sapi 2 kg untuk perbandingan 2:1,5 dengan berat 10 kg, (P2) eceng gondok 4 kg ditambahkan air 4 liter dan kotoran sapi 4 kg, untuk perbandingan 2:2 dengan berat 12 kg, (P3) eceng gondok 4 kg ditambahkan air 4 liter dan kotoran sapi 6 kg untuk perbandingan 2:2,5 dengan berat 14 kg. 2. Waktu Pengambilan Sampel: Pada hari ke 0, 7, 14, 21, 28, dan 35 dengan menggunakan komposisi yang berbeda.

B. Pengujian Parameter

Parameter yang akan diuji yaitu pH, suhu dan tekanan yang dihasilkan pada biogas dari limbah eceng gondok serta limbah sapi yang menggunakan perbandingan sebanyak 10 kilogram untuk perbandingan 2:1,5, 12 kilogram untuk perbandingan 2:2, dan 14 kilogram untuk perbandingan 2:2,5 [12].

C. Analisa Gas Metana (CH_4)

Analisa gas metana (CH_4) dilakukan dengan memakai alat spektrofotometri UV-Vis. Pengujian gas metana dilakukan pada hari ke 0, 7, 14, 21, 28, dan 35 hari dengan mengambil larutan sampel atau substrat didalam alat reaktor biogas yang sudah difermentasikan melalui kran dengan menggunakan gelas ukur.

D. Uji Lama Nyala Api Biogas

Uji lama nyala api biogas dilakukan pada hari terakhir penelitian yang bertujuan untuk mengetahui adanya api yang dihasilkan selama 35 hari, sehingga bisa menjadi patokan gas yang terbentuk dan dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar lampu atau LPG. Uji lama nyala api biogas dilakukan secara fisik dengan mengalirkan gas langsung ke sumber api, khususnya dengan membuka katup udara pada kran kompresor dan kemudian membawanya lebih dekat ke sumber api.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dimulai dari tahap awal pembuatan alat reaktor biogas dengan melubangi bagian pinggir atas galon menggunakan solder listrik sebagai tempat memasukkan termometer, pipa, selang, dan manometer.

A. Pengujian Parameter

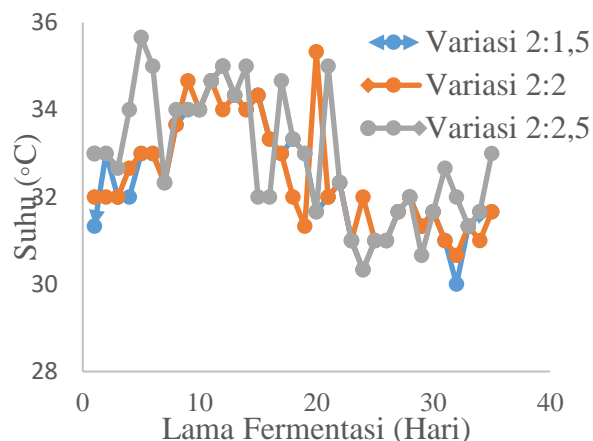
Pada pengujian parameter dilakukan pengamatan pada pH, suhu dan tekanan. Berdasarkan pengukuran derajat keasaman (pH) dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisa pH biogas

Hari ke-	Nilai pH Komposisi 2:1,5	Nilai pH Komposisi 2:2	Nilai pH Komposisi 2:2,5
0	6,3	6,6	7,5
7	7,0	7,0	7,0
14	6,6	7,3	7,0
21	6,0	7,0	7,0
28	6,3	6,0	6,5
35	6,6	6,3	7,0

Tabel 1. menunjukkan hasil pengamatan perubahan nilai pH selama proses fermentasi dengan lama waktu percobaan selama 35 hari memberikan hasil yang berbeda dalam setiap variasi komposisi. Pada variasi komposisi 2:1,5 nilai pH tertinggi terjadi pada hari ke- 7 yaitu dengan nilai 7.0 dan turun pada hari ke- 21 yaitu nilai 6,0. Pada variasi komposisi 2:2 nilai pH tertinggi terjadi pada hari ke- 14 yaitu nilai 7,3 dan turun pada hari ke- 28 yaitu 6,0. Sedangkan pada variasi komposisi 2:2,5 nilai pH tertinggi terjadi pada hari ke- 0 yaitu nilai 7,5 dan turun pada hari ke- 28 yaitu 6,5. Perbedaan ini dipengaruhi oleh kondisi lingkungan yang lembab dan aktivitas mikroorganisme penghasil gas metana. Nilai pH yang rendah dapat menghentikan tahapan selanjutnya yaitu proses fermentasi [13]. Nilai pH berdasarkan literatur dalam pembuatan biogas yaitu sekitar 6,8 - 7,8. Dari hasil yang diperoleh bahwa pada variasi komposisi 2:2,5 menghasilkan nilai pH yang terbaik yaitu sebesar 7,5.

Pengamatan suhu dilakukan setiap hari selama penelitian yaitu 35 hari. Hasil pengamatan suhu pada penelitian ini disajikan pada gambar 2.

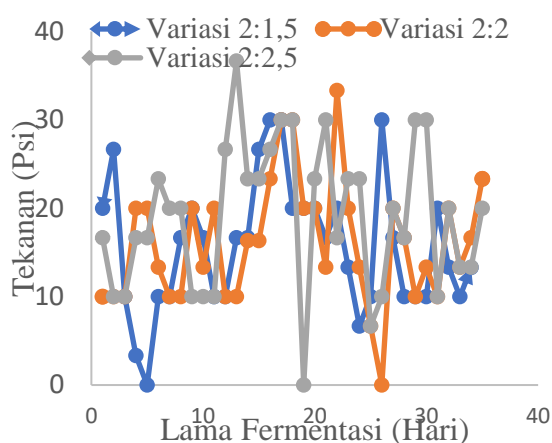


Gambar 2. Hasil pengamatan parameter suhu biogas terhadap lama fermentasi

Berdasarkan gambar 2 menunjukkan perubahan suhu selama proses fermentasi 35 hari. Pada variasi komposisi 2:1,5 suhu tertinggi pada hari ke-12 yaitu 35°C dan turun pada hari ke- 24 yaitu 30,33°C. Pada variasi komposisi 2:2 suhu tertinggi pada hari ke- 20 yaitu 35,33°C dan turun pada hari ke- 32 yaitu 30,66°C. Sedangkan pada variasi komposisi 2:2,5 suhu tertinggi pada hari ke- 5 yaitu 35,66 °C dan turun pada hari ke- 24 yaitu 30,33°C. Suhu pada reaktor biogas terus berubah-ubah setiap harinya akibat adanya aktivitas bakteri dalam reaktor biogas.

Perubahan suhu dapat mempengaruhi keadaan mikroorganisme didalam substrat selama fermentasi [14]. Bakteri metanogenik tidak aktif pada suhu yang tinggi atau suhu rendah. Suhu optimumnya yaitu sekitar 35°C [15]. Dari hasil penelitian ke tiga variasi komposisi yang berbeda-beda diperoleh nilai suhu yang optimum pada variasi komposisi 2:2,5 yaitu 35,66°C.

Selain suhu yang di amati pada pembuatan biogas ini adalah tekanan. Tekanan merupakan salah satu parameter yang harus dijaga pada penerapan teknologi biogas khususnya pada penggunaan bahan dasar limbah organik [16]. Hasil pengamatan tekanan pada penelitian ini disajikan pada gambar 3.



Gambar 3. Hasil pengamatan temperatur terhadap lama fermentasi

Pada gambar 3 menunjukkan perubahan tekanan selama proses fermentasi selama 35 hari. Pada variasi komposisi 2:1,5 diperoleh tekanan tertinggi pada hari ke- 3 yaitu 26,66 Psi dan menurun pada hari ke- 6 yaitu 0 Psi. Pada variasi komposisi 2:2 diperoleh tekanan tertinggi pada hari ke- 22 yaitu 33,33 Psi dan menurun pada hari ke- 26 yaitu 0 Psi. Sedangkan pada variasi komposisi 2:2,5 diperoleh tekanan tertinggi pada hari ke- 13 yaitu 36,66 Psi dan menurun pada hari ke- 19 yaitu 0 Psi. Semakin tinggi tekanan di dalam suatu tempat dengan kandungan yang sama, maka suhunya akan semakin tinggi [17], [18]. Dari hasil penelitian ke tiga variasi komposisi yang berbeda-beda diperoleh nilai tekanan yang optimum pada variasi 2:2,5 yaitu 36,66 Psi.

B. Analisa Gas Metana (CH_4)

Gas metana (CH_4) yang diperoleh dari fermentasi kemudian diukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometri UV-Vis. Nilai absorbansi dimasukkan ke dalam persamaan pada kurva kalibrasi, Sehingga diperoleh persamaan garis $y = 0,029x + 0,0303$, dengan nilai R^2 sebesar 0,9471. Persamaan garis yang didapatkan dari kurva kalibrasi digunakan untuk menentukan konsentrasi CH_4 sampel. Kadar gas metana yang diperoleh dari proses fermentasi eceng gondok dan kotoran sapi selama 35 hari yang dilakukan pengujian sampel pada hari ke 0, 7, 14, 21, 28, dan 35 seperti yang dapat dilihat pada table 2.

Tabel 2. Hasil analisa Metana (CH_4) pada biogas

Hari Ke-	(CH_4) ppm	(CH_4) ppm	(CH_4) ppm
	Komposisi 2:1,5	Komposisi 2:2	Komposisi 2:2,5
0	19,5068	30,6447	36,8862
7	20,0241	34,7482	41,1965
14	25,4378	40,1275	47,0585
21	28,2654	40,6447	47,9896
28	30,1965	44,3344	54,0688
35	36,4034	47,9206	56,3689

Table 2 menunjukkan perbedaan yang signifikan dari setiap variasi komposisi. Pada variasi komposisi 2:1,5 diperoleh kadar gas metana (CH_4) tertinggi pada hari ke- 35 yaitu 36,4034 ppm dan menurun pada hari ke- 0 yaitu 19,5068 ppm. Pada variasi komposisi 2:2 diperoleh kadar gas metana (CH_4) tertinggi pada hari ke- 35 yaitu 47,9206 ppm dan menurun pada hari ke- 0 yaitu 30,6447 ppm. Sedangkan untuk variasi komposisi 2:2,5 diperoleh kadar gas metana (CH_4) tertinggi pada hari ke- 35 yaitu 56,3689 ppm dan menurun pada hari ke- 0 yaitu 36,8862 ppm. Produksi gas yang kurang maksimal bisa dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu, terjadi penumpukan bahan organik berlebihan sehingga menghambat bakteri untuk menguraikan senyawa bahan organik, sehingga pencernaan anaerobik akan terganggu [19]. Dari hasil penelitian ke tiga variasi komposisi yang berbeda-beda diperoleh nilai kadar gas metana (CH_4) yang optimum pada variasi 2:2,5 yaitu 56,3689 ppm.

C. Analisa Uji Nyala Api

Pengujian nyala api biogas dilakukan dengan menyambungkan selang pada reaktor penyimpan biogas yang dihubungkan dengan korek api atau lilin lalu memutar kran selang pada reaktor penyimpan biogas untuk menguji lamanya nyala api yang dihasilkan. Pengujian uji nyala api biogas ini dilakukan pada hari ke- 35 hari seperti yang dapat dilihat pada table 3.

Tabel 3. Hasil uji nyala api biogas

Pengujian Pada Hari Ke – 35	
Perbandingan Eceng Gondok dan Kotoran Sapi	Waktu Lama Nyala (Detik)
2:1,5	2 detik
2:2	5 detik
2:2,5	8 detik

Berdasarkan Tabel 3 diperoleh hasil bahwa pada variasi komposisi 2:1,5 diperoleh hasil biogas yang dihasilkan dapat terbakar hanya saja lama nyala api biogas sangat singkat yaitu 2 detik. Kemudian pada variasi komposisi 2:2 diperoleh hasil bahwa biogas yang dihasilkan dapat terbakar dan nyala api yang diperoleh yaitu selama 5 detik. Selanjutnya pada variasi komposisi 2:2,5 diperoleh hasil bahwa biogas yang dihasilkan dapat terbakar dan nyala api yang diperoleh yaitu selama 8 detik. Dari hasil penelitian ke tiga variasi komposisi yang berbeda-beda diperoleh untuk lama nyala biogas yang terbaik pada variasi komposisi 2:2,5 yaitu menyala dengan lama 8 detik. Hal ini dikarenakan jumlah variasi komposisi biogas pada perbandingan 2:2,5 lebih banyak bahan isian serta dikarenakan beberapa faktor lainnya yang dapat menyebabkan proses lamanya nyala api pada biogas yang dihasilkan [20].

D. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian penerapan biogas menggunakan limbah organik dan eceng gondok dapat disimpulkan bahwa nilai pH dan suhu sangat mempengaruhi dalam pembuatan biogas dan pada variasi komposisi 2:2,5 merupakan hasil yang terbaik dalam pembuatan biogas dengan nilai pH 7,5, suhu 35,66°C, tekanan 36,66 Psi dengan kadar gas metana (CH₄) yang dihasilkan 56,3689 ppm serta uji lama nyala api biogas yang dihasilkan selama 8 detik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Rhozman dan N. Nuryosuwito, "Analisa Matematis Hasil Biogas Dari Sampah Sayuran Berdasarkan Perbedaan Jumlah Bahan," *Jurnal Mesin Nusantara*, vol. 4, no. 2, hlm. 84–89, Des 2021, doi: 10.29407/jmn.v4i2.17092.
- [2] M. Amyranti, I. Nurlatifah, dan D. S. Maftukhah, "Konversi Batubara Menjadi Syngas Menggunakan Metode Gasifikasi Dengan Variasi Air Fuel Ratio." [Daring]. Available: http://ejournal.unis.ac.id/index.php/UNI_STEK
- [3] R. F. Saputra, "Rancang Bangun Dan Operasional Reaktor Biogas Tipe Portable Untuk Mengolah Limbah Kotoran Ternak Sapi," *Ruwa Jurai: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, vol. 15, no. 3, hlm. 130, Feb 2022, doi: 10.26630/rj.v15i3.3070.
- [4] F. Akbar Prihutama dkk., *SNITT-Politeknik Negeri Balikpapan 2017 Pemanfaatan Biogas Sebagai Energi Alternatif Ramah Lingkungan Daerah Desa Monggol, Kabupaten Gunungkidul, Yogyakarta The Utilization Of Biogas As An Eco-Friendly Energy At Monggol Village, Gunungkidul District, Yogyakarta. 2017.*
- [5] E. G. Kristyan, Y. Ratih Pratiwi, dan H. S. Putra, "Rancang Bangun Biogas Limbah Tahu Skala Rumah Tangga Household-scale Tofu Biogas Installation," 2021.
- [6] A. M. Ritonga, M. Mastukhi, dan A. I. Safi'i, "Karakterisasi Biogas Hasil Pemurnian dengan Down-Up Purifier Termodifikasi," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 12, no. 1, hlm. 171, Mei 2021, doi: 10.21776/ub.jrm.2021.012.01.19.
- [7] N. Indriyani dkk., "Pemanfaatan Kotoran Ternak Sebagai Biogas Dan Pupuk Organik Di Desa Klasmek," *No.x pJurnal ABDIMASA Pengabdian Masyarakat*, vol. x, no. 1, hlm. 69–74, 2022.

- [8] A. Haryanto *dkk.*, “Rancang Bangun Dan Uji Kinerja Digester Biogas Rumah Tangga Tipe Floating Tank Dengan Substrat Kotoran Sapi,” *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, vol. 9, no. 2, hlm. 130–142, Sep 2021, doi: 10.29303/jrpb.v9i2.255.
- [9] A. A. Damayanti, Z. N. Fuadina, N. N. Azizah, Y. Karinta, dan D. I. Ketut Mahardika, “Pemanfaatan Sampah Organik Dalam Pembuatan Biogas Sebagai Sumber Energi Kebutuhan Hidup Sehari-Hari,” 2021.
- [10] P. Gayuh Laksono Putro, *Biogas sebagai Alternatif Pembangunan Berkelanjutan dalam Mengatasi Pencemaran Limbah Tahu dan Penerapannya di Indonesia Biogas as Alternative a Sustainable Development in Overcoming Tofu Waste Pollution and Its Application in Indonesia*. 2020
- [11] C. Afrian, A. Haryanto, U. Hasanudin, dan I. Zulkarnain, “Produksi Biogas Dari Campuran Kotoran Sapi Dengan Rumput Gajah (*Pennisetum Purpureum*) [The Production Of Biogas From A Mixture Of Cow Dung And Elephant Grass (*Pennisetum Purpureum*)].” 2017
- [12] Evi Arianingsih, Irdha Mirdhayati, dan Anwar Efendi Harahap, “Kualitas Biogas Berbahan Feses Sapi dan Jerami Jagung (*Zea mays L.*) pada C/N Rasio dan Lama Fermentasi yang Berbeda,” *Jurnal Triton*, vol. 12, no. 1, hlm. 58–67, Jun 2021, doi: 10.47687/jt.v12i1.155.
- [13] Y. Yahya, Tamrin, dan S. Triyono, “Produksi Biogas Dari Campuran Kotoran Ayam, Kotoran Sapi, Dan Rumput Gajah Mini (*Pennisetum Purpureum* Cv. Mott) Dengan Sistem Batch,” *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, vol. 6, no. 3, hlm. 151–160, 2017.
- [14] S. Sastrawan, F. Ridhana, Erita, dan Pitriyanto, “Teknik Pengolahan Limbah Kotoran Sapi Bali Untuk Pembuatan Biogas Di Kampung Paya Tungel Kecamatan Jagong Jeget,” *Jurnal Ilmu Peternakan dan Veteriner (JIPVET)*, vol. 3, no. 2, hlm. 30–40, 2021.
- [15] V. Niobe, M. K. Salli, Yosefus F, dan da-Lopez, “Perception of Biogas Users in Noelbaki Village, Central Kupang District, Kupang Regency on the Biogas Technology,” *Journal of Applied Science on Dryland and Agribusiness*, vol. 1, no. 1, hlm. 11–14, 2021.
- [16] Daniel Anshelmus, “Produksi Dan Karakteristik Biogas Dari Bahan Baku Kol Bayam Dan Kangkung Dalam Biodigester Anaerob,” Universitas Islam Riau, PekanbaruU, 2021.
- [17] Indri Oktavia, “Pemanfaatan Teknologi Biogas sebagai Sumber Bahan Bakar Alternatif di Sekitar Wilayah Operasional PT. Pertamina EP Asset 2 Prabumulih Field,” Institut Pertanian Bogo, Bogor, 2021.
- [18] Megawati, “Pengaruh Penambahan Em4 (Effective Microorganism-4) Pada Pembuatan Biogas Dari Eceng Gondok dan Rumen Sap,” Indonesia, 2020.
- [19] S. Widodo dan N. A. Firdaus, “Studi Timbulan Dan Komposisi Sampah Rumah Tangga Kota Magelang,” *Jurnal Georafflesia*, vol. 3, no. 2, hlm. 74–80, 2018.
- [20] Jurnal Pengabdian Masyarakat :Trisna Mas, “Pupuk Organik Sebagai Produk Unggulan Bumdes Mitra Usaha Desa Banjar Rejo Kecamatan Belitang Jaya Ogan Komering Ulu Timur,” *Winda Feriyana*, vol. 1, no. 1, 2021