

Potensi Pemanfaatan Biogas Dari Sampah Organik Sebagai Sumber Energi Terbarukan

Aulia Wulansari Agustin¹, Sudarti^{2*}, Yushardi³

^{1,2*,3}Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember, Jember, Indonesia
Email: auliawln1908@gmail.com

Abstract

Waste is one of the most serious problems experienced by the world, and Indonesia is no exception. Waste generated by human activity or nature will continue to increase, if this waste is not managed properly, it will cause new problems such as being a source of disease, can cause global warming and can cause foul odors. On the other hand, energy demand will continue to increase along with the increasing population and economic growth. The limitations of available energy sources are dwindling, thus demanding attention to switch energy sources using renewable energy sources to meet the increasing energy needs. This study aims to identify the potential utilization of biogas from organic waste in various potential applications that can support renewable energy sources. In this research, the method used is a literature study which is analyzed by descriptive analysis method. The results obtained in this study are the making of biogas is done by several processes and using a digester. This biogas has the potential to be a renewable energy source because it contains very high methane and carbon dioxide compounds. Biogas from organic materials can be used as cooking fuel, a substitute for petrol (gasoline), lighting, and power generation. Of course, the utilization of biogas from organic waste can reduce the amount of waste supply and become a source of energy that is very beneficial for daily life.

Keywords: Organic Waste, Biogas, Renewable Energy

Abstrak

Sampah merupakan salah satu permasalahan yang sangat serius yang dialami oleh berbagai dunia, tidak terkecuali Indonesia sendiri. Sampah-sampah yang timbul oleh aktivitas manusia ataupun alam akan terus meningkat, apabila sampah-sampah ini tidak dikelola dengan baik akan menyebabkan permasalahan yang baru seperti akan menjadi sumber penyakit, dapat menjadi penyebab pemanasan global dan dapat menimbulkan bau busuk. Di sisi lain, kebutuhan energi akan terus meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk dan pertumbuhan ekonomi. Keterbatasan sumber energi yang tersedia kian menipis, sehingga menuntut perhatian untuk melakukan peralihan sumber energi menggunakan sumber energi terbarukan untuk memenuhi kebutuhan energi yang terus meningkat. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi pemanfaatan biogas dari sampah organik pada berbagai aplikasi potensial yang dapat mendukung menjadi sumber energi terbarukan. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan yaitu studi literatur yang dianalisis dengan metode analisis deskriptif. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini yaitu pembuatan biogas dilakukan dengan beberapa proses dan menggunakan suatu alat digester. Biogas ini mempunyai potensi dijadikan sumber energi terbarukan dikarenakan mengandung senyawa metana dan karbon dioksida yang sangat tinggi. Biogas dari bahan organik dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar memasak, pengganti petrol (bensin), pencahayaan, dan pembangkit listrik. Tentunya pemanfaatan biogas dari sampah organik ini dapat mengurangi jumlah pasokan sampah dan menjadi sumber energi yang sangat bermanfaat bagi kehidupan sehari-hari.

Kata Kunci: Sampah Organik, Biogas, Energi Terbarukan

1. PENDAHULUAN

Sampah ialah bahan sisa yang sudah tidak terpakai yang bersumber dari sisa hasil aktivitas manusia ataupun alam yang tidak bernilai ekonomis. Sampah berdasarkan tiap fase materinya mempunyai bentuk yang beragam yaitu berupa padat, cair, dan gas. Jika berdasarkan pada sifatnya, sampah dikelompokkan menjadi dua yaitu sampah organik (*degradable*) dan sampah anorganik (*undergradable*). Sampah organik (*degradable*) merupakan jenis sampah yang berasal dari organisme hidup seperti manusia, hewan, dan tumbuhan serta mempunyai sifat yang sangat mudah terurai, misalnya daun-daun kering, kertas, kayu, dan lain sebagainya. Sedangkan, sampah anorganik (*undergradable*) merupakan jenis sampah yang berasal dari benda-benda yang sulit untuk terurai seperti plastik, karet, kaca, dan lain-sebagainya (Damayanti *et al*, 2021).

Sampah-sampah yang timbul oleh aktivitas manusia ataupun alam, akan terus bertambah sejalan dengan peningkatan jumlah pemukiman di suatu wilayah. Semakin banyak masyarakat yang mengkonsumsi barang dan semakin banyak perusahaan-perusahaan didirikan, maka akan semakin banyak juga volume sampah yang dihasilkan. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan dan Kementerian Perindustrian (2016), Indonesia menghasilkan jumlah timbunan sampah mencapai 65,2 juta ton per tahun. Kemungkinan jumlah timbunan sampah ini akan selalu meningkat setiap tahunnya (Wardani *et al*, 2020).

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2015) mengemukakan bahwa di Indonesia melakukan pengelolaan sampah melebihi 175.000 ton sampah setiap harinya. Praktik pengelolaan sampah yang dilakukan seperti sebanyak 69% sampah diangkut dan dikubur di Tempat Pembuangan Akhir (TPA), sebanyak 10% sampah ditimbun, sebanyak 7% sampah dikomposkan dan didaur ulang, sebanyak 5% sampah dibakar, dan sisanya sebanyak 7% tidak dikelola dengan baik. Apabila sampah tidak dikelola dengan baik dapat menyebabkan sumber penyakit, sumber pencemaran yang akan memproduksi sebuah cairan *leachate* dan berpotensi untuk mencemari air tanah, dan gas yang berisi metana berpotensi untuk mencemari udara yang akan berperan sebagai faktor penyumbang terjadinya pemanasan global dan menimbulkan bau yang tidak sedap (Nirmala *et al*, 2020).

Sampah-sampah ini menjadi salah satu pokok permasalahan yang sangat serius di berbagai dunia, tidak terkecuali Indonesia sendiri. Pada umumnya, sekitar 80% dari seluruh sampah yang dihasilkan yaitu sampah organik yang hanya dianggap sampah belaka yang tidak mempunyai nilai ekonomi. Sampah organik yang berasal dari sampah rumah tangga merupakan salah satu jenis sampah yang turut berkontribusi terhadap pencemaran lingkungan. Sebanyak 68% sampah rumah tangga berisi sampah organik (Budidayanto *et al*, 2022).

Di sisi lain, seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk dan ekonomi, kebutuhan energi akan terus mengalami peningkatan. Pada saat ini masih banyak yang memakai energi fosil untuk penyediaan kebutuhan energi di dunia. Meskipun, seiring dengan perkembangan teknologi baru untuk mendukung penghematan penggunaan energi fosil, seiring dengan berjalannya waktu jumlah cadangan energi fosil kian menipis. Hal ini menuntut perhatian untuk melakukan peralihan sumber energi menggunakan sumber energi terbarukan (Fitriana dan Febriana, 2021). Contoh salah satu sumber energi yang dimaksud yaitu energi biogas yang dihasilkan melalui limbah sampah organik, dimana proses pembuatannya dilakukan dengan menggunakan alat kedap suara yang biasa disebut dengan digester. Biogas adalah campuran dari berbagai jenis gas seperti metana (CH_4), karbon dioksida (CO_2), dan sebagian kecil uap air (H_2O), hidrogen sulfida (H_2S), dan hidrogen (H_2) (Annur *et al*, 2020). Biogas ini berupa gas yang mudah

terbakar yang diperoleh dari hasil fermentasi bahan organik yang dilakukan oleh bakteri anaerob, dimana komponen utama proses ini ialah gas metana.

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi pemanfaatan biogas dari sampah organik pada berbagai aplikasi potensial yang dapat mendukung menjadi sumber energi terbarukan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode penelitian studi literatur atau yang disebut juga dengan studi pustaka. Menurut Nazir (2014) dalam Jurnal Putrihapsari dan Fauziah (2020) mengemukakan bahwa penelitian studi literatur merupakan jenis penelitian yang dilakukan dengan menggunakan cara mengkaji berbagai kajian kepustakaan yang diperlukan untuk tujuan penelitian. Selain itu, menurut Creswell, John. W. (2014:40) dalam jurnal Habsy dkk (2023), studi literatur merupakan suatu kumpulan ringkasan tertulis yang mencakup artikel, jurnal, buku, dan dokumen lainnya yang bertujuan untuk mendefinisikan teori dan memberikan suatu informasi tentang masa lalu dan masa sekarang, dimana informasi yang diperoleh disusun berdasarkan topik dan dokumen yang relevan.

Metode penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan data dari penelitian-penelitian terdahulu yang relevan dengan topik penelitian yang akan dibahas dalam artikel ini. Tujuan dilakukannya pengumpulan data-data tersebut adalah untuk memberikan informasi yang relevan dengan beberapa penelitian yang berdasarkan literatur yang ada. Sumber data yang diperoleh untuk penelitian ini menggunakan referensi dari artikel ilmiah pada pencarian di Google Scholar (www.scholar.google.com) dengan kata kunci pencarian “biogas, energi terbarukan, sampah organik, pemanfaatan sampah organik”. Adapun juga melalui berbagai sumber yang mendukung seperti buku maupun internet. Langkah-langkah yang digunakan untuk mendapatkan data ini meliputi mengumpulkan, merangkum dan mencatat hasil penelitian, ulasan, ataupun melalui kesimpulan dari berbagai sumber pustaka. Kemudian, data yang diperoleh dianalisis menggunakan metode analisis deskriptif yang meliputi penggambaran fakta dan kemudian dianalisis untuk tidak hanya menjelaskan tetapi juga memberikan pemahaman dan penjelasan yang memadai.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengertian Biogas

Biogas merupakan gas yang dihasilkan oleh bahan-bahan organik melalui aktivitas anaerobik atau fermentasi. Bahan-bahan organik tersebut diantaranya yaitu limbah makanan ataupun sampah sayur-sayuran dan buah-buahan dari pasar, limbah kotoran manusia dan hewan, limbah pertanian dan lain sebagainya. Komponen utama biogas terdiri dari metana (CH_4) yang berkisar 50-70% dan gas karbondioksida (CO_2) yang berkisar 30-40%. Selain itu, komponen biogas terdiri dari hidrogen sulfida (H_2S) sebanyak 0-3%, air (H_2O) sebesar 0,3%, oksigen (O_2) sebesar 0,1-0,5%, hidrogen (H) sebesar 1-5%, dan sejumlah kecil gas yang lain. Namun, komponen biogas sangat bervariasi tergantung asal proses anaerobik yang terjadi (Ermawati *et al*, 2023). Konsentrasi metana (CH_4) pada biogas yang menentukan jumlah energi yang terkandung didalamnya. Apabila kandungan metana (CH_4) semakin banyak maka kandungan energi kalor atau nilai kalor akan semakin besar. Sebaliknya, apabila kandungan metana (CH_4) semakin kecil maka kandungan energi kalor atau nilai kalor akan semakin kecil (Aji dan bambang, 2019).

3.2 Pengolahan Sampah Organik Menjadi Biogas

Sampah organik dapat dimanfaatkan sebagai biogas yang dihasilkan melalui aktivitas anaerobik atau fermentasi bahan-bahan organik. Sampah-sampah organik ini mempunyai banyak kandungan organik yang mudah untuk terurai, lembab, dan mengandung sedikit cairan, sehingga cocok untuk dimanfaatkan sebagai biogas. Oleh karena itu, sampah organik ini lebih cepat terurai terutama pada saat suhu hangat. Berikut ini komponen dan komposisi sampah organik yaitu sebagai berikut: (Annur *et al*, 2020).

Tabel 1. Komposisi Sampah Organik

Komponen	Kandungan (%)
Air	30-60%
Serat kasar	4,1-6%
Lemak	3-9%
Ammonium	0,5-1,14 mg/g
N organik	4,8-14 mg/g
Total nitrogen	4-17 mg/g
Protein	3,1-9,3%
Tingkat keasaman (pH)	5,0-8,0

Proses terbentuknya biogas terdiri dari beberapa tahap yaitu (Wardana *et al*, 2021):

1. Tahap hidrolisis (Hydrolysis)

Pada tahap ini, bakteri akan memotong rantai panjang karbohidrat kompleks yang terdiri dari lipid dan protein untuk menjadi senyawa rantai pendek. Sebagai contoh, protein dapat diubah menjadi peptida dan asam amino, sedangkan polisakarida dapat diubah menjadi monosakarida.

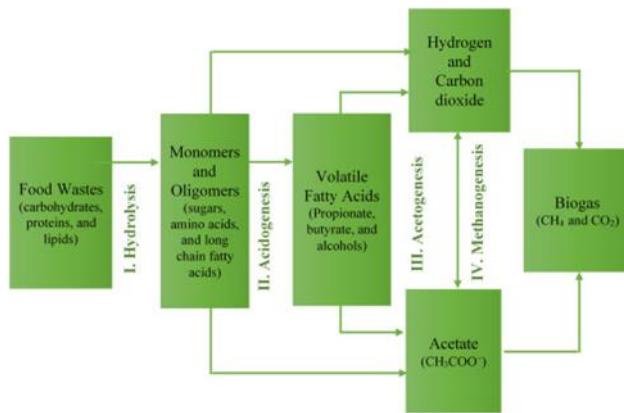
2. Tahap Asidogenesis dan Asetogenesis (Tahap Pengasaman)

Selama tahap ini, senyawa rantai pendek yang dihasilkan dari proses hidrolisis akan diubah menjadi asam asetat, hidrogen, dan karbon dioksida yang dilakukan oleh bakteri yang dikenal sebagai bakteri *Acetobacter aceti*, yang merupakan bakteri anaerobik yang dapat tumbuh subur di lingkungan yang bersifat asam. Bakteri perlu untuk menghasilkan asam asetat yang diperoleh dari oksigen dan karbodioksida melalui oksigen terlarut. Proses selanjutnya oleh mikroorganisme yang memproduksi gas metana dan membutuhkan penciptaan asam dalam keadaan anaerobik. Selanjutnya, bakteri dapat mengubah senyawa rantai pendek menjadi karbon dioksida, hidrogen sulfida, asam organik, alkohol, asam amino, dan sejumlah kecil gas metana. Pada tahap ini $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2 + 2ATP$ (-118kJ/mol) merupakan reaksi eksotermis yang menghasilkan energi.

3. Tahap pembentukan gas metana (Methanogenesis)

Pada tahap ini, dalam kondisi anaerob mengubah senyawa yang dihasilkan dari proses asidifikasi menjadi metana dan CO₂ melalui bakteri yang dikenal dengan bakteri *Methanobacterium omelianski*, dimana proses ini termasuk ke dalam reaksi eksotermis.

Gambar berikut ini akan menggambarkan tahapan terbentuknya biogas secara keseluruhan.



Gambar 1. Tahapan Pembentukan Biogas
Sumber: Mirmohamadsadeghi dkk (2019)

Pada proses pembentukan biogas membutuhkan suatu alat khusus yaitu digester atau reaktor biogas. Pada umumnya, digester mempunyai bentuk tabung yang digunakan sebagai tempat proses fermentasi anaerob terjadi. Berdasarkan cara pengisiannya, digester dibedakan menjadi dua jenis yaitu *batch feeding* (sekali pengisian) dan *continuous* (pengisian secara terus menerus). Alat utama yang digunakan untuk digester yaitu tabung digester yang berfungsi sebagai ruang penampungan limbah biogas, pipa penyambung, katup, dan alat identifikasi gas. Sistem biogas bekerja dengan cara memasukkan bahan organik ke dalam tabung digester yang bertindak sebagai perombak (digester), sehingga memungkinkan bakteri anaerob dapat membusukkan bahan organik didalamnya dan akan menghasilkan gas. Kemudian, mengalirkan biogas dari digester melalui pipa penyalur/penyambung ke tabung penyimpanan gas ataupun dapat dialirkan langsung ke tempat penggunaanya seperti tungku (Selan *et al*, 2021).

Bahan yang digunakan untuk proses pembentukan biogas berupa bahan organik yang harus mengandung bahan kering yang berkisar 7-9%. Bahan-bahan tersebut dicampur dengan air untuk mengencerkannya yang perbandingannya sekitar 1:3. Pada umumnya, untuk menghasilkan produk biogas yang baik diperlukan temperatur yang tinggi. Namun, temperaturnya tidak boleh melebihi suhu kamar. Pada proses pembentukan biogas yang baik menggunakan kisaran suhu 20-40 °C dan suhu optimalnya antara 28-30 °C. Sebelum melakukan pembuatan biogas, penting untuk memperkirakan dan mempertimbangkan jumlah biogas yang ingin diproduksi. Hal ini dikarenakan biogas dapat digunakan secara efektif dan dapat mengurangi biaya pembelian dan perawatan alat (Pratiwi *et al*, 2019).

3.3 Potensi Pemanfaatan Biogas Sebagai Energi Terbarukan

Seiring dengan berjalananya waktu pasokan energi semakin lama akan menipis maka memerlukan strategi untuk menghasilkan energi terbarukan. Salah satu contohnya yaitu energi biogas yang dihasilkan dari limbah sampah organik merupakan salah satu jenis sumber energi terbarukan yang sederhana. Menurut Saptaji dkk (2021), Biogas yang dihasilkan dari sampah organik berpotensi menjadi sumber energi terbarukan. Biogas tersebut berpotensi untuk dijadikan sebagai pengganti bahan bakar memasak yang bisa digunakan oleh masyarakat sekitar untuk kompor ataupun peralatan memasak lainnya. Jika biogas diproduksi dalam skala besar atau di tingkat industri dapat dimanfaatkan sebagai energi pembangkit listrik. Oleh karena itu, pemanfaatan biogas dari sampah organik yang berasal dari sampah rumah tangga, sampah pasar, ataupun bahan makanan lainnya dapat mengatasi masalah krisis pasokan energi yang kian bertambahnya hari akan habis. Hasil akhir yang diperoleh dari biogas yaitu gas yang terdiri dari metana (CH_4) dan

karbon dioksida (CO_2) tersebut yang digunakan untuk bahan bakar kompor yang dapat mempercepat proses memasak.

Biogas dengan tingginya jumlah kandungan metana (CH_4) dan jumlah nilai kalornya, mempunyai keunggulan dapat menggantikan peran LPG dan Petrol (bensin). Kandungan metana (CH_4) dalam biogas ini yang dapat menghasilkan hasil pembakaran lebih ramah lingkungan. Selain itu, keunggulan lain dari biogas yaitu tidak akan menghasilkan asap pembakaran serta dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar minyak ataupun gas alam yang dihasilkan melalui proses pencemaran anaerob. Tidak hanya itu, limbah dari hasil pembuatan biogas tidak hanya dibuang begitu saja karena dapat dimanfaatkan untuk membuat pupuk. Keuntungan dari penerapan biogas ini dapat dirasakan oleh masyarakat, petani, dan peternak karena dapat memasak dengan harga yang terjangkau dan ramah lingkungan, dapat meningkatkan produksi ternak, dan dapat memperbaiki perekonomian masyarakat (Mustikawati, 2019). Hal ini sama halnya yang dikatakan oleh Sastrawan dkk (2021) dalam penelitiannya. Selain itu, menurut Sahri dkk (2019), biogas juga dapat dimanfaatkan untuk menggerakkan generator listrik.

Adapun, menurut kamandang dkk (2021), pemanfaatan biogas dari sampah organik mempunyai banyak manfaat yang diperoleh. Manfaat yang diperoleh dapat berasal dari berbagai bidang, misalnya pada bidang pertanian yang pemanfaatannya dilakukan untuk mendukung para petani meningkatkan produktivitas dan keuntungan pendapatan yang diperoleh melalui membudidayakan tanaman organik. Hal ini dikarenakan oleh limbah sisa dari hasil pengolahan biogas dapat diolah lebih lanjut menjadi pupuk organik, yang dimana akan membantu para petani untuk menekan biaya pupuk kimia. Biogas juga dapat dimanfaatkan di bidang energi, termasuk dimanfaatkan sebagai sumber daya untuk pencahayaan, bahan bakar motor, dan pembangkit listrik yang tentu dapat mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan bahan bakar fosil. Selain itu juga, pemanfaatan biogas juga dimanfaatkan di bidang lingkungan yang mempunyai manfaat ganda, misalnya membantu menekan pertumbuhan gulma dan mengurangi pemakaian herbisida. Ini juga dapat dimanfaatkan sebagai mengurangi emisi penyebab bau tidak sedap dan memanfaatkan aliran dari energi limbah yang dapat digunakan sebagai bahan bakar.

3.4 Tantangan Pemanfaatan Biogas Sebagai Energi Terbarukan

Pemanfaatan biogas dari sampah organik mempunyai banyak tantangan untuk mengembangkannya sebagai sumber energi terbarukan. Padahal Indonesia mempunyai potensi dan peluang yang besar untuk mengubah biogas menjadi sumber Energi Baru Terbarukan (EBT). Tantangan yang dialami seperti halnya kurangnya infrastruktur yang memadai, jumlah dana, kebijakan yang tidak tepat yang akan menghambat keberhasilan untuk implementasi (Patinvoh dan Taherzadeh, 2019). Selain itu, kurangnya kebijakan pemerintah untuk mempromosikan sumber energi terbarukan pada masyarakat, kurangnya keterampilan masyarakat, tidak fleksibelnya adat dan budaya, dan kurang insentif untuk mengembangkan penelitian yang relawan turut menjadi tantangan untuk mengembangkan biogas menjadi sumber energi terbarukan (Pertiwiningrun et al., (2023: 18). Menurut fauziah dan hidayatullah (2023), rendahnya harga LPG bersubsidi juga menjadi tantangan untuk melakukan pengembangan biogas sebagai sumber energi terbarukan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan hasil dan pembahasan pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan sampah organik yang diolah menjadi biogas dapat menjadi permasalahan yang sangat relawan dalam upaya mengatasi jumlah pasokan

energi yang kian hari akan semakin menipis ataupun permasalahan lingkungan terhadap populasi sampah.. Pemanfaatan sampah organik yang diolah menjadi biogas terdiri dari beberapa tahap dalam proses pembuatannya yaitu hidrolisis, asidifikasi, dan tahap pembentukan gas metana serta membutuhkan alat yang dikenal digester atau reaktor biogas. Biogas merupakan gas yang dihasilkan oleh bahan-bahan organik melalui aktivitas anaerobik atau fermentasi. Pengolahan sampah organik menjadi biogas mempunyai banyak sekali manfaatnya seperti penganti bahan bakar memasak, energi pembangkit listrik, penganti petrol (bensin) dan penggerak generator listrik. Selain itu, pengolahan sampah organik menjadi biogas juga dimanfaatkan di berbagai bidang, misalnya di bidang pertanian yang digunakan untuk meningkatkan produktivitas dalam membudidayakan tanaman organik melalui limbah dari sisa hasil proses pembuatan biogas. Pada bidang energi biogas dimanfaatkan untuk sumber daya untuk pencahayaan, bahan bakar motor, dan pembangkit listrik. Selain itu, biogas juga dimanfaatkan di bidang lingkungan untuk membantu menekan pertumbuhan gulma dan mengurangi pemakaian herbisida. Pemanfaatan sampah organik sebagai biogas dapat mengurangi ketergantungan kita terhadap bahan bakar fosil yang semakin menipis dan berdampak buruk pada lingkungan. Selain itu, pemanfaatan sampah organik menjadi biogas juga mengatasi masalah pengelolaan limbah organik. Oleh karena itu, diharapkan kedepannya terdapat pengembangan lebih lanjut mengenai pemanfaatan biogas menggunakan bahan lain yang dapat digunakan sebagai sumber energi terbarukan.

5. REFERENCES

- Aji, K. P., dan Bambang, A. N. 2019. Konversi Energi Biogas Menjadi Energi Listrik Sebagai Alternatif Energi Terbarukan dan Ramah Lingkungan di Desa Langse, Kecamatan Margorejo Kabupaten Pati. In *Prosiding SENTIKUIN (Seminar Nasional Teknologi Industri, Lingkungan dan Infrastruktur)* (Vol. 2, pp. B4-1).
- Annur, S., Kusmasari, W., Wulandari, R., dan Sumiati, S. (2020). Pengembangan biogas dari sampah untuk energi listrik dan bahan bakar kompor di TPA Cilowong, Kota Serang, Banten. *KUAT: Keuangan Umum dan Akuntansi Terapan*, 2(1): 48-51.
- Budiyanto, C. W., Yasmin, A., Fitdaushi, A. N., Rizqia, A. Q. S. Z., Safitri, A. R., Anggraeni, D. N., dan Pratama, Y. A. 2022. Mengubah Sampah Organik Menjadi Eco Enzym Multifungsi: Inovasi di Kawasan Urban. *DEDIKASI: Community Service Reports*, 4(1).
- Damayanti, A. A., Fuadina, Z. N., Azizah, N. N., Karinta, Y., dan Mahardika, I. K. 2021. Pemanfaatan Sampah Organik Dalam Pembuatan Biogas Sebagai Sumber Energi Kebutuhan Hidup Sehari-Hari. *Eksperi. 17*(3): 182-190.
- Ermawati, Y., E. Yulistia, dan P. Alamsyah. 2023. Prospek dan Potensi Biogas sebagai Energi Alternatif Menghadapi Krisis Energi. *UEEJ-Unbara Environmental Engineering Journal*. 3(2).
- Fauziah, L. H., dan Hidayatullah, A. F. 2023. Studi literatur: pemanfaatan teknologi biogas dari limbah organik di Indonesia. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan (Journal of Environmental Sustainability Management)*, 1-18.
- Fitriana, W., dan W. Febriana. 2021. Analisis Potensi Briket Bio-Arang Sebagai Sumber Energi Terbarukan. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung* Vol. 10(2):147-154.
- Habsy, B. A., Mufidha, N., Shelomita, C., Rahayu, I., & Muckorobin, M. I. (2023). Filsafat Dasar dalam Konseling Psikoanalisis: Studi Literatur. *Indonesian Journal of Educational Counseling*, 7(2), 189-199.
- Kamandang, Z. R., Solin, D. P., & Casita, C. B. (2021). Pemanfaatan Teknologi Biogas untuk Pengelolaan Sampah Organik. *Jurnal Abdimas Teknik Kimia*. 2(1), 45-49.

- Wardani, I. A. K., B. A. Pangestu, R. Putri, A. M. Mandagi, dan S. I. Puspikawati. 2020. Implementasi Bank Sampah Jelun (BSJ) sebagai Alternatif Solusi Permasalahan Sampah Desa Jelun Banyuwangi. *E-Dimas: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. 11(3): 340-350.
- Mirmohamadsadeghi, S., K. Karimi, M. Tabatabaei, M. Aghbashlo. 2019, Biogas Productionfrom Food Wastes: A Review on Recent Developments and Future Prespectives, *Bioresource Technology Reports*. 7, 1002002.
- Mustikawati, I. 2019. Manfaat Biogas Sebagai Bahan Bakar Alternatif Bagi Rumah Tangga. *Majalah Ilmiah Pelita Ilmu*. 2(2): 27-34.
- Nirmala, W., P. Purwaningrum, dan D. Indrawati. 2020. Pengaruh Komposisi Sampah Pasar Terhadap Kualitas Kompos Organik Dengan Metode Larva Black Soldier Fly (Bsf). *Proseding Seminar Nasional Pakar*.
- Patinvoh RJ and Taherzadeh MJ. 2019. Challenges of biogas implementation in developing countries. *Current Opinion in Environmental Science and Health*. 12: 30–37.
- Pertiwiningrum, A., Budiarto, R., dan Widhyharto, D. S. 2023. *Biogas untuk Kemandirian Energi di Perdesaan*. UGM PRESS.
- Putrihapsari, R., dan P. Y. Fauziah. 2020. Manajemen Pengasuhan Anak Usia Dini Pada Ibu Yang Bekerja: Sebuah Studi Literatur. *JIV-Jurnal Ilmiah Visi*. 15(2): 127-136.
- Pratiwi, I., R. Permatasari, dan O. F. Homza. 2019. Pemanfaatan Limbah Kotoran Ternak Sapi Dengan Reaktor Biogas di Kabupaten Ogan Ilir. *IKRAITH-ABDIMAS*. 2(3): 1-10.
- Sahri, M., Fachrudin, F., & Setiawidayat, S. (2020). Rancang Bangun Purwarupa Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa. *Proton*, 11(2), 78-85.
- Saptaji, K., Fikri, M. R., Hadisujoto, I. B. S., & Harjon, A. (2021). Sosialisasi Pemanfaatan Sampah Organik Rumah Tangga untuk Biogas dan Pemasangan Biodigester. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Teknik*, 4(1), 11-18.
- Sastrawan, S., Ridhana, F., Erita, E., & Pitriyanto, N. (2021). Teknik Pengolahan Limbah Kotoran Sapi Bali Untuk Pembuatan Biogas Di Kampung Paya Tungel Kecamatan Jagong Jeget. *JIPVET: Jurnal Ilmu Peternakan dan Veteriner*, 3(2), 30-40.
- Selan, R. N., B. V. Tarigan, K. Boimau, dan M. Jafri. 2021. Pelatihan Pembuatan Biogas dari Kotoran Ternak di Kecamatan Oebobo Kota Kupang. *Jurnal Pengabdian Vokasi*. 2(1): 38-41.
- Wardana, L. A., N. Lukman, M. Mukmin, M. Sahbandi, M. S. Bakti, D. W. Amalia, dan C. S Nababan. 2021. Pemanfaatan Limbah Organik (Kotoran Sapi) Menjadi Biogas dan Pupuk Kompos. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 4(1).