

Nanggroe: Jurnal Pengabdian Cendikia
 Volume 3, Nomor 1, April 2024, Halaman 49-54
 Licenced by CC BY-SA 4.0
 ISSN: 2986-7002
 DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.11091491>

Pemanfaatan Biogas Dari Sisa Makanan Sebagai Langkah Pengurangan *Food Waste & Food Loss*

Laila Agustin¹, Rania Deswita², Selpia³

¹²³Universitas Pendidikan Indonesia

e-mail: raniadeswita@upi.edu

Abstrak

Food waste dan *food loss* merupakan permasalahan global yang mempengaruhi keberlanjutan lingkungan dan keamanan pangan. Banyak sekali cara untuk menanggulangi hal ini salah satunya adalah dengan pemanfaatan biogas. Biogas merupakan sumber energi yang dihasilkan dari proses penguraian bahan organik oleh mikroorganisme dalam konteks ini sisa makanan dapat menjadi bahan baku yang ideal untuk produksi biogas melalui proses degradasi, biogas yang dihasilkan terdiri dari gas metana dan karbondioksida. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi biogas yang dihasilkan dari *food waste* dan *food loss*. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif, dengan metode eksperimen pada pengumpulan data nya. Eksperimen pembuatan biogas ini terdapat proses degradasi, yang dimana material yang digunakan disimpan di dalam media tertutup untuk mempercepat proses produksi biogas. Pemanfaatan biogas ini dapat menjadi langkah yang efektif dalam mengurangi jumlah limbah organik yang masuk ke tempat pembuangan akhir, serta dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif bagi masyarakat. Penelitian ini menunjukkan bahwa adanya gas metana yang dihasilkan dari biogas berbahan dasar *food loss* dan *food waste*, sehingga pada saat pengujian nyala api, terdapat respon api yang dihasilkan.

Kata Kunci: *Food Waste & Food Loss, Biogas, Degradasi, Energi Terbarukan*

Abstract

Food waste and *food loss* are global problems that affect environmental sustainability and food safety. There are many ways to overcome this, one of which is by using biogas. Biogas is an energy source produced from the process of decomposing organic materials by microorganisms. In this context, food waste can be an ideal raw material for biogas production through a degradation process, the biogas produced consists of methane and carbon dioxide gas. This research aims to determine the potential of biogas produced from food waste and food loss. The approach used in this research uses a quantitative approach, with experimental methods in data collection. This biogas production experiment involves a degradation process, where the material used is stored in a closed medium to speed up the biogas production process. Utilizing biogas can be an effective step in reducing the amount of organic waste entering landfills, and can be used as an alternative fuel for the community. This research shows that there is methane gas produced from biogas made from food loss and food waste, so that when testing the flame, a fire response is produced.

Keywords: *Food Waste & Food Loss, Biogas, Degradation, Renewable Energy*

Article Info

Received date: 12 April 2024

Revised date: 20 April 2024

Accepted date: 29 April 2024

PENDAHULUAN

Food waste dan *food loss* merupakan permasalahan global yang mempengaruhi keberlanjutan lingkungan dan keamanan pangan. Menurut Organisasi Pangan dan Pertanian PBB (FAO), sekitar sepertiga dari produksi makanan dunia, sekitar 1,3 miliar ton, terbuang setiap tahunnya. Selain itu, menurut laporan dari United Nations Environment Programme (UNEP) bertajuk *Food Waste Index* 2021, Indonesia menjadi negara dengan produksi sampah makanan terbanyak di Asia Tenggara. Total sampah makanan yang diproduksi Indonesia setiap tahunnya mencapai 20,93 juta ton. Disisi lain, masih ada jutaan orang di seluruh dunia yang menderita kelaparan dan kekurangan gizi. Salah satu solusi yang diusulkan untuk mengatasi masalah ini adalah dengan pemanfaatan biogas dari sisa makanan.

Berdasarkan situs dari Databoks, Indonesia menghasilkan sampah sekitar 35 ton sepanjang tahun 2022, mayoritas sampah tersebut dihasilkan dari sisa hasil makanan. Sampah sisa hasil makanan

ini mencapai angka 40,64% dari total sampah nasional, terhitung angka yang sangat besar dibandingkan dengan jenis sampah yang lain. Terfokus dalam wilayah Jawa barat total timbunan sampah mencapai 4,89 juta ton. Menurut Team Leader Kajian Food loss and waste, Annisa Ratna Putri mengatakan, sekitar 49,74% atau hampir separuhnya sampah di Jawa Barat adalah sampah makanan.

Timbunan sampah yang menumpuk dan jika tidak dikelola dengan benar akan mengakibatkan banyak permasalahan seperti masalah kesehatan, lingkungan dan sosial. Sampah ini bila menumpuk di TPA dan terus dibiarkan akan berdampak serius terutama gas metana yang bersifat mudah terbakar yang terkandung di dalam sampah sisa hasil makanan ditambah dengan suhu yang tinggi serta stimulus dari api bisa menyebabkan bencana besar. Salah satu contoh nyata dari permasalahan ini adalah meledaknya bank sampah yang ada di TPA Sarimukti kota Bandung. Hal ini yang menyebabkan sampah harus dipisahkan berdasarkan jenis nya. Banyaknya limbah sampah organik terutama pada sampah sisa hasil rumah tangga seperti sisa-sisa hasil makanan, sampah kering dari dedaunan, sayur-sayuran dan buah-buahan masih belum terolah dengan baik serta kurangnya edukasi pada masyarakat luas sehingga masyarakat kurang peduli terhadap dampak yang akan terjadi jika masalah ini terus dibiarkan. Disisi lain, masih banyak jutaan orang di seluruh dunia yang menderita kelaparan dan kekurangan gizi, di Indonesia saja masih banyak orang yang belum mencukupi kebutuhan dasar yaitu berupa makanan dan masih banyak orang yang kekurangan asupan gizi. Salah satu solusi yang diusulkan untuk mengatasi masalah ini adalah dengan cara pemanfaatan biogas dari sisa-sisa hasil makanan ataupun bahan-bahan makanan lainnya yang sudah tidak layak konsumsi. Bagaimana potensi pemanfaatan biogas dari sisa makanan sehingga dapat mendorong implementasi di kalangan masyarakat.

Biogas merupakan sumber energi yang dihasilkan dari proses anaerobik dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme. Biogas merupakan sumber energi alternatif sehingga bersifat terbarukan (renewable) (Haryanto *et al.*, 2019). Dalam konteks ini, sisa-sisa hasil makanan dapat menjadi bahan baku yang ideal untuk produksi biogas. Melalui proses degradasi material organik di dalam media tertutup dengan menggunakan alat sederhana dengan cara memasukkan material ke tempat penyimpanan selama beberapa hari untuk mempercepat penguraian yang dibantu oleh mikroorganisme anaerobik. Biogas yang dihasilkan sebagian besar terdiri dari (>50%) gas metana (CH₄) dan karbon dioksida (CO₂) yang dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif untuk memasak, menghasilkan listrik serta sisa hasil fermentasi yang mengandung bahan gizi organik (nitrogen, fosfor, kalium dan lainnya) biasanya digunakan sebagai bahan baku untuk produksi pupuk organik. (Sabran, Saharuddin, 2019).

Pemanfaatan biogas dari sisa makanan dapat mengurangi jumlah sampah organik yang masuk ke tempat pembuangan akhir, serta mengurangi emisi gas rumah yang dihasilkan setelah pembusukan. Penggunaan biogas dari sisa makanan seperti *food loss* dan *food waste* sebagai sumber alternatif untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil serta dapat memberikan manfaat ekonomi yang signifikan, terutama dalam hal pengurangan biaya energi dan pengelolaan limbah (Wardana, 2023). Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi potensi pemanfaatan biogas dari sisa makanan sebagai langkah strategis dalam mengurangi *food waste* dan *food loss*, untuk menganalisis seberapa besar CH₄ yang dihasilkan dan di uji oleh nyalanya respon api yang dihasilkan. Energi yang dihasilkan dari biogas ini tergantung dari tingkatan konsentrasi dari material yang digunakan, semakin banyak material yang digunakan maka semakin banyak pula gas-gas yang akan dihasilkan setelah proses penguraian hal ini bisa berguna untuk menciptakan keberlangsungan energi terbarukan (Harun & Sokku, 2020). Kami berharap dari penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang nyata dalam upaya global untuk mengurangi sisa hasil makanan yang dihasilkan masyarakat, juga dapat mendorong keberlanjutan ekonomi masyarakat dengan cara mengadopsi, mengembangkan, dan mengimplementasikan pemanfaatan biogas dari sisa makanan sebagai upaya global untuk mencapai keberlanjutan pangan dan energi.

METODE

Dari sekian banyak nya pendekatan pengumpulan data, penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan menggunakan metode eksperimen yang dimana dilakukan pengumpulan terhadap bahan yang dicari. Pada tahap pengumpulan data diambil dari sampah-sampah organik yang dibagi menjadi dua jenis yaitu kategori *food waste* atau makanan sisa yang masih layak

untuk dikonsumsi dan variabel kedua yaitu *food loss* atau makanan yang sudah basi dan tidak layak untuk dikonsumsi serta cenderung mulai terjadi pembusukan yang disebabkan oleh pertumbuhan bakteri dan kapang. Terlihat dalam proses dari diagram alir yang telah disajikan dalam Gambar.1. Proses penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan dimulai dari tahap persiapan, yaitu dengan menentukan tempat untuk mengumpulkan sampel yang dibutuhkan serta mencari tahu dalam penelitian-penelitian dari jurnal terdahulu terkait jenis apa saja yang dapat mendorong percepatan penguraian pada sampel. Dalam tahap pengumpulan data dilakukan di dua tempat yaitu dilakukan di lingkungan pasar dan tempat di salah satu kosan. Pada tahapan selanjutnya dilakukan proses analisis data, untuk mengetahui perbandingan gas yang dihasilkan dari kedua sampel tersebut mana konsentrasi gas yang menghasilkan lebih banyak dari kedua sampel tersebut. Terakhir proses tahap penelitian yang dilakukan adalah menyusun data-data sesuai hasil sampel yang dikumpulkan untuk dapat mengerjakan penyusunan ini.

Pada tahap penelitian ini menggunakan dilanjutkan dengan pendekatan analisis deskriptif untuk memberikan deskripsi atau gambaran yang komprehensif tentang variabel yang akan diamati, dalam tujuannya yaitu untuk menggambarkan karakteristik dasar yang diuji tanpa membuat kesimpulan lebih lanjut tentang hubungan sebab dan akibat pada sampel yang diuji. Dimulai dari pengumpulan sampel kategori *food waste* kemudian dilakukan dengan cara mengumpulkan sisa sayuran dan buahan yang sudah di grading yaitu mengklasifikasikan berdasarkan kualitas, dan sisa makanan basah. Dalam kategori *food waste* ini sampel yang dikumpulkan terdiri dari buah-buahan 65%, sayuran 20% dan sisa-sisa makanan basah 15% sampel yang di dapat dihasilkan dari sisa makanan yang tidak habis yang didapat dari salah satu konstan. Untuk sampel *food loss* pada pengumpulan nya dilakukan dengan hasil yang didapat seperti buah-buahan 25%, sayuran 55%, dan sisa-sisa makanan basah yang sudah ditumbuhi bakteri dan tidak layak dikonsumsi sebanyak 20%, serta terdapat penambahan tanah yang telah dilarutkan dalam air sebagai starter agar mempercepat proses penguraian.

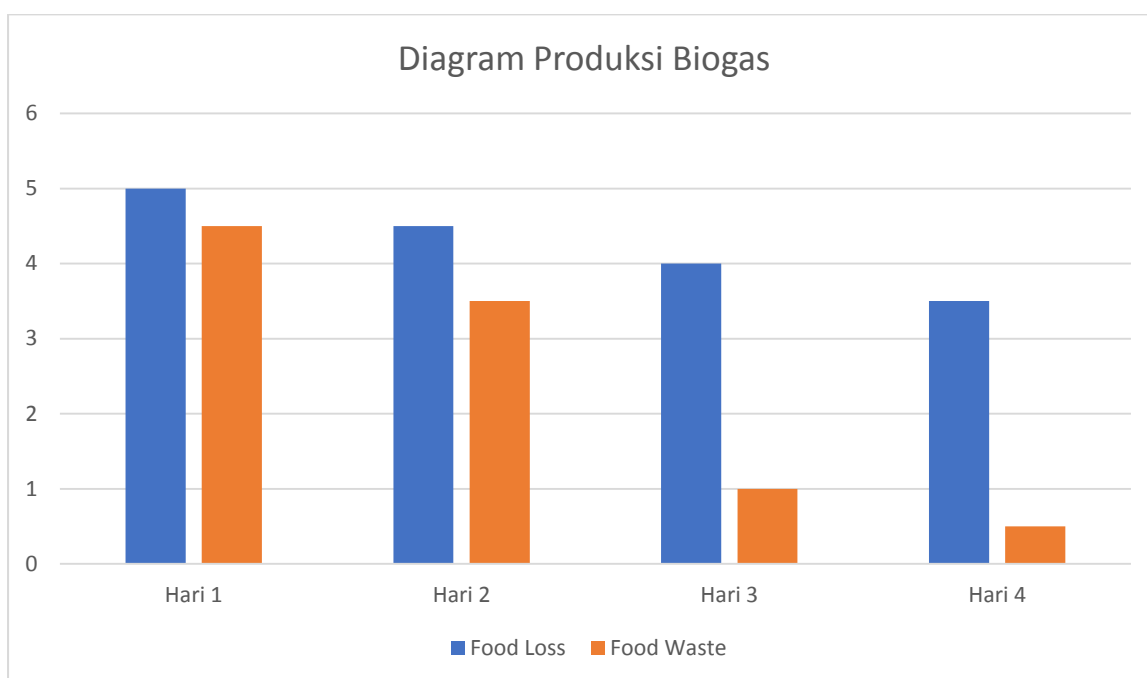
Untuk melakukan eksperimen, pembuatan wadah botol dikerjakan melalui prosedur dengan beberapa alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya ada balon, botol le mineral 1,5L, lem tembak, selang penyambung dan infus set yang terdiri dari jarum dan roller clamp. Penggunaan balon pada penelitian ini bertujuan untuk melihat perkembangan pada produksi biogas yang dihasilkan selama proses penguraian. Botol le mineral 1,5L digunakan sebagai reaktor atau alat sederhana untuk proses degradasi, selang penyambung berfungsi untuk menyambungkan botol menggunakan lem tembak ke dalam selang infus, serta menggunakan roller clamp yang dimana fungsinya untuk mengalirkan gas tersebut yang dihasilkan yang nanti nya akan mengatur keluar masuknya gas pada saat proses percobaan nyala api. setelah itu dimasukkan dua variabel yang sudah dipotong kecil-kecil dimasukan ke dalam dua wadah berbeda yang kedap udara. Dengan melihat perubahan pada balon yang dipasangkan pada tutup botol, jika balon tersebut terisi dan membesar maka terbukti jika setelah melalui proses degradasi terdapat produksi CH₄ dan CO₂ di dalam nya. Proses penyimpanan dilakukan ditempat lembab agar mempercepat proses penguraian, proses ini dilakukan selama 4 hari. Hal ini dilakukan karena pada penelitian ini alat yang digunakan merupakan alat-alat yang sederhana.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan eksperimen yang telah dilakukan sumber yang dihasilkan dari proses degradasi tanpa adanya oksigen oleh mikroorganisme dari bahan-bahan organik menghasilkan sisa hasil metabolisme utamanya yaitu gas metana yang berpotensi sebagai sumber energi yang ramah lingkungan. Mikroorganisme anaerobik dapat membantu mempercepat pemecahan menjadi substrat yang kemudian mengubahnya menjadi biogas. (Sabran, Saharuddin, 2019). Pada digester penguraian bahan organik terjadi dalam tiga tahapan, yaitu tahap hidrolisis, tahap pengasaman (asidifikasi) dan tahap metanogenesis. Pada tahap awal, bahan organik kompleks yang mudah larut (karbohidrat, protein dan lemak) diurai menjadi senyawa yang lebih sederhana. Pada tahap asidifikasi, senyawa yang sederhana diproses menjadi senyawa asam dan beberapa produk sampingan. Tahap terakhir adalah memproses hasil senyawa asam menjadi gas metana, karbondioksida dan air. Komposisi ini merupakan penyusun biogas.

Tabel 1. Pengamatan Biogas *Food Loss* dan *Food Waste*

Variabel	Diameter Balon (cm)	Tampak Balon	Lama Degradasi (Hari)
<i>Food loss</i> <i>Food Waste</i>	5 4,5	Tegak Tegak sedikit mengempis	1
<i>Food Loss</i> <i>Food Waste</i>	4,5 3,5	Tegak sedikit mengempis Tegak sedikit mengempis	2
<i>Food Loss</i> <i>Food Waste</i>	4 1	Balon mulai mengerut Balon mulai mengerut	3
<i>Food Loss</i> <i>Food Waste</i>	3,5 0,5	Gas dalam balon mulai menghilang Gas dalam balon perlahan menghilang	4



Grafik 1. Laju pertumbuhan produksi biogas

Berdasarkan pada pengujian yang telah dilakukan pada bahan-bahan organik yang berkategori variabel *food waste* menggunakan reaktor wadah botol dapat dihasilkan pada hari pertama terbukti bahwa pada kategori *food waste* pun dapat menghasilkan gas-gas metana dan karbon dioksida dengan dilihat dari terisinya balon yang dipasang pada tutup botol tersebut, tetapi pada digester untuk variabel ini saat dipegang masih sedikit lunak bila dibandingkan dengan variabel *food loss*, hal ini dikarenakan variabel ini masih tergolong layak untuk dikonsumsi dan belum ada pertumbuhan bakteri atau kapang yang terdeteksi karena pada intinya *food waste* merupakan sampah sisa hasil makanan yang masih layak dikonsumsi dan membutuhkan waktu lebih lama dibandingkan dengan *food loss* dalam proses penguraian oleh mikroorganisme. Setelah itu kembali dengan eksperimen yang dilakukan semakin hari sampai pada pengujian hari keempat variabel *food waste* semakin berkurang produksi gas-gasnya ditandai dengan mengempisnya balon udara dan pada saat dipegang tetap sedikit lunak. Selanjutnya dilakukan eksperimen pengujian terhadap respon api, api

yang dihasilkan pada variabel ini berhasil menyala namun dalam konsentrasi yang kecil dengan warna nyala api merah dominan dan sedikit biru

Berdasarkan tabel hasil penelitian menggunakan balon sebagai parameter terjadi atau tidaknya produksi CH₄ dan CO₂ pada *food loss*, telah membuktikan jika biogas yang berbahan dasar dari *food loss* ini memiliki potensi produksi gas metana yang cukup besar. Terlihat pada hari pertama balon sudah mulai mengembang tegak lurus, serta pada digester sederhana tersebut terjadi pengerasan dan agak hangat percepatan produksi gas metana dan karbondioksida, hal ini disebabkan karena bakteri dan jamur yang memang sudah ada sebelum proses biodigester, sehingga pada saat dilakukan proses biodigester ini bakteri semakin banyak bertumbuh dan *food loss* semakin terurai. Lingkungan anaerob yang lembab dan kaya akan nutrisi dari *food loss* sangat mendukung pada pertumbuhan mikroorganisme dan jamur yang dihasilkan. Nutrisi yang terdapat pada biodigester *fo* ini sangat cukup untuk pertumbuhan bakteri dapat dilihat dari bahan-bahan yang digunakan seperti buah, dan sayuran yang kaya akan mineral, protein, serta serat yang menjadi faktor pendukung percepatan produksi mikroorganisme. Mikroorganisme anaerobik membantu mempercepat pemecahan *food loss* menjadi substrat yang kemudian mengubahnya menjadi biogas (Grace Roma Artha Samosir & Merry Meryam Martgrita, 2021). Pada produksi biogas yang dilihat dari hari kedua dan seterusnya terjadi pengurangan pada produksi biogas yang dihasilkan, dilihat dari penyusutan dari balon yang semakin hari semakin mengecil. Meskipun balon tersebut sedikit menyusut akan tetapi masih terdapat produksi biogas di dalam nya, sehingga pada saat proses pengujian nyala api masih terdapat respon api yang dihasilkan, selain itu pada respon api yang di hasilkan dari *food loss* sedikit lebih besar dibandingkan respon api yang dihasilkan dari *food waste*.

Pada penjelasan diatas mengapa hal tersebut bisa terjadi terhadap kedua variabel baik itu *food loss* ataupun *food waste* diketahui pada saat proses analisis bahwa reaktor wadah botol pada bagian penyambung selang yang direkatkan menggunakan lem tembak mengalami sedikit kebocoran yang menyebabkan hal ini memungkinkan menjadi salah satu faktor penyebab terjadinya penyusutan gas yang dihasilkan oleh kedua variabel yang disimpan didalam wadah botol kedap udara, tetapi hal itu bukan menjadi permasalahan yang nyata sebab pada saat diuji coba menggunakan stimulus dari korek api, berdasarkan hasil eksperimen pengamatan karakteristik nyala api, api berhasil menyala terlihat dari hasil pembakaran warna nyala api merah lebih dominan dari warna api biru terhadap kedua variabel. Hal ini menunjukkan gas metana yang dihasilkan kurang terhadap konsentrasinya, yang menandakan gas metana untuk perlu mencukupi hingga terbilang dominan ditunjukkan oleh CO₂ dengan kandungan sekitar 44% dan metana serta kotoran lainnya sekitar 56%(Yoseph et al., 2022).

Pada percobaan ini dapat disimpulkan bahwa percobaan yang dilakukan kurang sesuai dengan apa yang diharapkan di awal. Hal ini mungkin disebabkan oleh beberapa faktor, selain faktor yang telah disebutkan di awal ada pula beberapa faktor yang menjadikan proses tersebut tidak dapat berjalan dengan optimal yang dapat memungkinkan menyebabkan kekurangan gas yaitu dikarenakan faktor suhu lingkungan. Pada saat proses degradasi suhu yang terjadi kurang optimal karena terjadi perubahan suhu yang ekstrem faktor yang mempengaruhi nya adalah perubahan cuaca yang tidak dapat diprediksi. Suhu pada proses degradasi *food loss* terdapat pada rentan suhu 27°C -29°C dan pada suhu *food waste* terdapat pada rentan suhu 21°C -27°C, hal tersebut berpengaruh terhadap proses pembentukan biogas yang dihasilkan kurang optimal. Suhu lingkungan dapat mempengaruhi aktivitas mikroorganisme pada saat proses pembentukan biogas, suhu optimal untuk proses pembentukan biogas terdapat pada rentan 28°C -29°C(Studi et al., 2024). Selain suhu ada pula kelembaban yang berlebih pada tempat saat melakukan proses degradasi sehingga aktivitas mikroorganisme tersebut menjadi terganggu dan tidak seimbang. Kelembaban yang dapat diperlukan untuk menjaga keberlangsungan aktivitas mikroorganisme dalam kondisi yang lembab basah atau terlalu kering itu dapat mengganggu keseimbangan dalam proses tersebut dan kondisi faktor lingkungan sekitar seperti cahaya, cuaca, polusi udara, di sekitar lingkungan dalam proses tersebut dapat mempengaruhi atau menghambat proses penguraian terhadap variabel yang diuji.

SIMPULAN

Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan biogas dengan menggunakan alat sederhana mampu menghasilkan nyala api dengan konsentrasi yang berbeda dari 2 variabel yang digunakan dan lebih diperhatikan terkait faktor-faktor yang

mempengaruhi serta ketelitian dalam eksperimen kali ini. Terlepas dari itu gas-gas yang dihasilkan berpotensi menjadi energi terbarukan, hal ini menunjukkan bahwa produksi biogas dari bahan organik *food waste* dan *food loss* melalui proses penguraian anaerobik dapat menghasilkan biogas dengan efisiensi yang cukup baik dan dapat lebih di kembangkan di masa yang akan datang. Dengan dilakukan nya penerapan ini, sampah sisa makanan seperti *food loss* dan *food waste* ini bisa dikelola dengan baik, salah satunya seperti mengurangi emisi gas rumah kaca dengan mengubah limbah sampah organik menjadi sumber energi yang berguna untuk masyarakat. Potensi aplikasi biogas dalam skala yang luas dapat memperlihatkan bahwa teknologi ini dapat menjadi solusi yang ramah lingkungan serta dapat memenuhi kebutuhan energi keberlanjutan di masa depan. Perlu adanya penelitian yang lebih lanjut untuk menganalisis biogas yang dihasilkan dengan menggunakan alat yang lebih canggih untuk mendukung di penelitian selanjutnya, serta perlu diperhatikan tentang penyimpanan saat proses degradasi agar produksi biogas yang dihasilkan lebih maksimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada pihak pihak terkait yang mendukung pada penelitian ini.

REFERENSI

- Grace Roma Artha Samosir, & Merry Meryam Martgrita. (2021). Analisis Pendahuluan Pemanfaatan Konsorsium Bakteri Termofilik dari Kotoran Sapi Untuk Produksi Biogas. *Journal of Applied Technology and Informatics Indonesia*, 1(1). <https://doi.org/10.54074/jati.v1i1.5>
- Harun, S. F., & Sokku, S. R. (2020). Analisis Pemanfaatan Limbah Rumah Tangga Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Prosiding Seminar Nasional LP2M UNM*, 14(4), 551–556.
- Studi, P., Pertanian, T., Pertanian, F., Mataram, U. M., Mataram, K., Statistika, P. S., Hamzanwadi, U., & Indonesia, L. T. (2024). *Rona Teknik Pertanian*, 17 (1) April 2024. 17(April), 46–54.
- Wardana, D. A. (2023). Pengaturan Hukum tentang Pemanfaatan Biogas Sebagai Energi Terbarukan Dalam Mendorong Ekonomi Hijau (Green Economy) di Indonesia. *Jurnal Bevinding*, 1(05), 27–42.
- Yoseph, O., Mago, T., Misa, A., & Bare, Y. (2022). Pengaruh Campuran Limbah Tahu Dan Kotoran Sapi Terhadap Produksi Biogas. *Oktober*, 9(1), 10–18. <https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/biopendix/article/view/6843%0Ahttps://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/biopendix/article/download/6843/4690>
- Mutia, Cindi. (2022). Komposisi Timbulan Sampah di Indonesia Berdasarkan Jenisnya. Retrieved April 29, 2024, from <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2023/10/19/indonesia-hasilkan-35-juta-ton-sampah-sepanjang-2022-mayoritas-sisa-makanan>
- Maulana (2023) Indonesia Penyumbang Sampah Makan Terbanyak Se-Asean. Retrived April, 29, 2024, from <https://infid.org/indonesia-penyumbang-sampah-makanan-terbanyak-se-asean/>