

PERBANDINGAN PRODUKSI BIOGAS DARI LIMBAH BUAH BUSUK DAN KOTORAN SAPI DENGAN FERMENTASI BERBAHAN JERUK NIPIS

Dafif Azfa Nur¹, Muhamad Ibnu Ravasya Putra², Rahmat^{3,*}

¹Departement Teknik Elektro, Universitas Sains Indonesia

^{2,3*}Departement Teknik Mesin, Universitas Sains Indonesia

Jl.Tol Arteri Cibitung No. 50 Kec. Cikarang Barat Kab. Bekasi

*Corresponding author : rahmat.r@lecturer.sains.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan produksi biogas dari beberapa jenis bahan organik, yaitu buah-buahan busuk dan kotoran sapi. Proses pembuatan biogas menggunakan jerigen dan galon Le Minerale sebagai wadah fermentasi anaerob selama empat belas hari. Pada bahan buah ditambahkan jeruk nipis untuk membantu penguraian dan menjaga kestabilan pH. Penelitian ini dilakukan karena limbah organik dari pasar tradisional sering tidak dimanfaatkan, padahal masyarakat membutuhkan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan murah. Tahapan penelitian meliputi penimbangan bahan, pencampuran dengan air, penambahan jeruk nipis pada buah, serta fermentasi dalam wadah tertutup. Volume biogas diukur setiap dua hari menggunakan alat sederhana berbasis perpindahan air. Hasil menunjukkan bahwa kotoran sapi menghasilkan biogas paling tinggi, yaitu 850 mililiter. Mangga busuk menghasilkan 620 mililiter, pepaya 540 mililiter, semangka 470 mililiter, dan melon 410 mililiter. Perbedaan produksi ini dipengaruhi oleh komposisi nutrisi masing-masing bahan. Penelitian ini membuktikan bahwa buah busuk dapat dimanfaatkan sebagai bahan alternatif biogas meskipun hasilnya tidak sebesar kotoran sapi. Temuan ini mendukung pemanfaatan limbah organik sebagai energi terbarukan sederhana bagi masyarakat lokal.

Kata kunci; biogas, buah busuk, energi terbarukan, fermentasi, kotoran sapi

ABSTRACT

This study was conducted to determine the differences in biogas production from several types of organic materials, namely rotten fruits and cow dung. The biogas production process used jerry cans and Le Minerale gallon bottles as anaerobic fermentation containers for fourteen days. Lime juice was added to the fruit materials to support decomposition and maintain pH stability. This study was carried out because organic waste from traditional markets is often not utilized, even though communities need environmentally friendly and low-cost alternative energy sources. The research stages included weighing the materials, mixing them with water, adding lime juice to the fruit samples, and fermenting them in airtight containers. The volume of biogas was measured every two days using a simple water-displacement device. The results show that cow dung produced the highest amount of biogas, reaching 850 milliliters. Rotten mango produced 620 milliliters, papaya 540 milliliters, watermelon 470 milliliters, and melon 410 milliliters. These production differences were influenced by the nutritional composition of each material. Cow dung contains a higher number of methanogenic bacteria, while lime juice helps enhance the fermentation process in fruit-based materials. This study demonstrates that rotten fruits can be utilized as alternative substrates for biogas production, although the output is not as high as that of cow dung. These findings support the use of organic waste as a simple renewable energy source for local communities.

Keywords: *biogas, rotten fruit, renewable energy, fermentation, cow dung*

1. Pendahuluan

Permasalahan energi merupakan salah satu isu global yang terus menjadi perhatian internasional [1]. Ketergantungan masyarakat terhadap bahan bakar fosil seperti minyak bumi, batu bara, dan gas alam telah menyebabkan berbagai dampak negatif, mulai dari meningkatnya emisi gas rumah kaca hingga berkurangnya cadangan energi yang tidak dapat diperbarui. Krisis energi yang muncul di berbagai negara, termasuk Indonesia, mendorong perlunya pengembangan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan, terbarukan, serta mudah diterapkan pada tingkat rumah tangga maupun industri kecil [2].

Salah satu solusi yang banyak dikembangkan adalah biogas. Biogas merupakan gas hasil fermentasi anaerobik bahan organik oleh mikroorganisme, dengan komponen utama berupa metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2). Gas metana memiliki nilai kalor tinggi dan dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk memasak, penerangan, hingga pembangkit listrik skala kecil [3][4]. Selain itu, residu hasil fermentasi (slurry) juga dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik kaya unsur hara, sehingga biogas tidak hanya berperan sebagai sumber energi, tetapi juga memberikan keuntungan ekologis.

Indonesia memiliki potensi besar dalam pengembangan biogas karena ketersediaan bahan organik yang berlimpah, terutama dari sektor pertanian, peternakan, dan limbah pasar. Salah satu sumber bahan baku biogas yang telah lama dikenal adalah kotoran sapi, yang mengandung bakteri metanogen alami dan memiliki rasio karbon terhadap nitrogen (C/N) yang sesuai untuk proses fermentasi. Namun, di sisi lain, terdapat banyak jenis limbah organik lain yang belum dimanfaatkan secara maksimal, seperti buah-buahan busuk dari pasar tradisional.

Buah-buahan busuk, seperti mangga, pepaya, semangka, dan melon, memiliki

kandungan air, gula, serta karbohidrat yang tinggi, yang secara teoritis sangat potensial sebagai substrat bagi bakteri penghasil biogas. Sayangnya, limbah buah ini biasanya hanya dibuang begitu saja ke tempat pembuangan akhir, sehingga menimbulkan persoalan baru seperti bau tidak sedap, pencemaran air, serta meningkatnya emisi metana ke atmosfer akibat proses pembusukan alami tanpa pengendalian.

Pemanfaatan buah-buahan busuk sebagai bahan baku biogas tidak hanya berpotensi menekan jumlah limbah organik, tetapi juga mampu menghasilkan energi alternatif yang memiliki nilai ekonomi [5][6]. Namun, proses fermentasi buah busuk sering kali terkendala oleh ketidakstabilan pH dan rendahnya kandungan nitrogen, yang pada akhirnya menurunkan aktivitas bakteri metanogen [7]. Oleh karena itu, diperlukan bahan tambahan yang mampu membantu menstabilkan proses fermentasi.

Dalam penelitian ini digunakan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) sebagai agen fermentasi alami. Jeruk nipis mengandung asam sitrat yang memiliki sifat antimikroba dan dapat membantu menjaga kestabilan pH selama proses fermentasi [8]. Keasaman jeruk nipis juga dapat mempercepat proses penguraian bahan organik, sehingga diharapkan mampu meningkatkan produksi gas [4]. Penggunaan bahan alami ini diharapkan menjadi alternatif yang lebih ramah lingkungan dibandingkan penggunaan bahan kimia seperti asam asetat atau buffer sintetis [9].

Selain bahan fermentasi, alat dan metode yang digunakan juga disesuaikan agar sederhana serta mudah diterapkan di lingkungan masyarakat. Dalam penelitian ini digunakan jerigen dan galon bekas Le Minerale sebagai reaktor biogas. Kedua wadah tersebut mudah ditemukan, murah, dan cukup kuat untuk menahan tekanan gas hasil fermentasi dalam skala kecil. Penggunaan alat sederhana ini juga

diharapkan dapat menjadi contoh aplikasi teknologi tepat guna bagi masyarakat pedesaan maupun perkotaan dalam mengolah limbah organik menjadi energi. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan utama untuk:

1. Mengetahui perbedaan volume biogas yang dihasilkan dari berbagai bahan organik, yaitu buah-buahan busuk (mangga, melon, pepaya, dan semangka) serta kotoran sapi.
2. Menganalisis pengaruh penambahan jeruk nipis terhadap proses fermentasi bahan buah busuk.
3. Menilai potensi penggunaan alat sederhana (jerigen dan galon Le Minerale) sebagai digester biogas skala kecil.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan teknologi biogas sederhana berbasis limbah organik rumah tangga dan pasar tradisional. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya pengelolaan limbah organik secara produktif dan berkelanjutan [10]. Dengan demikian, inovasi pemanfaatan limbah buah busuk sebagai bahan dasar biogas dapat menjadi salah satu langkah konkret menuju kemandirian energi dan pengurangan pencemaran lingkungan [11][12].

2. Metodologi Penelitian

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama 14 hari, mulai dari proses persiapan bahan hingga pengamatan hasil fermentasi biogas. Kegiatan dilakukan di lingkungan rumah dan laboratorium sederhana yang disesuaikan untuk penelitian energi terbarukan [13]. Suhu ruangan selama proses fermentasi berkisar antara 28°C–32°C, yang merupakan kisaran optimal bagi aktivitas bakteri metanogen dalam kondisi tropis.

2.2 Alat dan Bahan

2.2.1 Alat yang digunakan:

Beberapa alat yang digunakan pada penelitian adalah sebagai berikut:

1. Jerigen plastik 5 liter dan galon bekas Le Minerale 19 liter sebagai reaktor biogas (digester).



Gambar 1. Galon Le mineral 19 liter



Gambar 2. Jerigen 5 liter

2. Selang plastik fleksibel (diameter 1 cm, panjang 50 cm) sebagai saluran penghubung antara reaktor dan wadah penampung gas.



Gambar 3. Selang plastik fleksibel

3. Botol plastik kecil (1,5 liter) berisi air sebagai penampung gas (gas holder) dan alat ukur volume gas secara sederhana melalui metode perpindahan air.



Gambar 4. Botol plastik kecil (1,5 liter)

4. Timbangan digital untuk mengukur berat bahan yang digunakan.



Gambar 5. Timbangan digital

5. Corong plastik dan pisau dapur untuk mempermudah proses pencacahan dan pengisian bahan ke dalam wadah fermentasi.



Gambar 6. Corong plastik dan pisau dapur

6. pH meter digital atau kertas laksus untuk mengukur tingkat keasaman (pH) pada awal dan akhir fermentasi.



Gambar 7. pH meter digital

7. Karet pengikat, lem silikon, dan lakban untuk memastikan sistem fermentasi tertutup rapat (kondisi anaerob).



Gambar 8. Karet pengikat, lem silikon, dan lakban

2.2.2 Bahan yang digunakan:

Beberapa alat yang digunakan pada penelitian adalah sebagai berikut:

1. Buah-buahan busuk yang terdiri atas mangga, melon, pepaya, dan semangka, masing-masing sebanyak 500 gram.



Gambar 9. mangga, melon, pepaya, dan semangka

2. Kotoran sapi segar sebanyak 500 gram sebagai pembanding (kontrol).



Gambar 10. Kotoran sapi

3. Jeruk nipis sebanyak 50 mL untuk setiap sampel buah busuk sebagai agen fermentasi alami.



Gambar 3. Jeruk nipis

4. Air bersih sebanyak 1 liter per reaktor sebagai media pelarut untuk menjaga kelembapan bahan fermentasi.



Gambar 4. Air bersih 1 liter

2.3 Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan dua jenis variabel, yaitu:

1. Variabel bebas (independen): jenis bahan fermentasi (buah mangga, pepaya, semangka, melon, dan kotoran sapi).

2. Variabel terikat (dependen): volume biogas yang dihasilkan (dalam satuan mL).
3. Variabel kontrol: lama fermentasi (14 hari), volume air (1 liter), suhu ruangan (28–32°C), dan penggunaan jeruk nipis sebagai agen fermentasi khusus untuk buah busuk.

2.4 Prosedur Penelitian

2.4.1 Persiapan Bahan

Setiap buah busuk (mangga, pepaya, semangka, dan melon) dibersihkan dari kotoran permukaan, kemudian dipotong menjadi bagian-bagian kecil menggunakan pisau untuk memperbesar area kontak bahan sehingga proses dekomposisi berlangsung lebih cepat. Buah yang sudah dipotong kemudian dicampurkan dengan air menggunakan perbandingan 1:2 (500 gram bahan : 1 liter air). Setelah itu, larutan jeruk nipis ditambahkan sebanyak 50 mL pada masing-masing campuran buah untuk mendukung proses fermentasi.

Untuk sampel pembanding, yaitu kotoran sapi, bahan juga dicampurkan dengan air dalam rasio yang sama tanpa penambahan jeruk nipis karena kotoran sapi sudah memiliki mikroba alami penghasil metana.

2.4.2 Persiapan Alat dan Perakitan Digester

Jerigen 5 liter dan galon bekas Le Minerale 19 liter dibersihkan dan dikeringkan. Tutup wadah diberi lubang untuk pemasangan selang yang menghubungkan ke botol penampung gas. Sambungan antara tutup wadah dan selang direkatkan menggunakan lem silikon dan lakban agar tidak terjadi kebocoran udara.

Botol penampung gas diisi sebagian dengan air dan dihubungkan dengan selang dari reaktor biogas. Ketika proses fermentasi berlangsung, gas yang terbentuk akan mengalir melalui selang dan mendorong air keluar dari botol, sehingga

volume gas dapat diukur berdasarkan jumlah air yang tergantikan [14].

2.4.3 Proses Fermentasi

Bahan yang telah disiapkan dimasukkan ke dalam wadah fermentasi hingga terisi sekitar 2/3 volume wadah, menyisakan ruang kosong untuk akumulasi gas. Wadah kemudian ditutup rapat dan disimpan di tempat teduh dengan suhu stabil antara 28°C–32°C. Kondisi anaerob (tanpa udara) dijaga dengan memastikan tidak ada kebocoran udara pada tutup maupun sambungan selang.

Fermentasi dilakukan selama 14 hari, di mana setiap dua hari dilakukan pengamatan terhadap:

- Volume biogas yang terbentuk, diukur menggunakan metode perpindahan air.
- pH bahan fermentasi untuk memantau kestabilan kondisi lingkungan mikroba.
- Perubahan warna dan aroma bahan sebagai indikator proses dekomposisi.

2.4.4 Pengukuran Volume Biogas

Volume gas yang dihasilkan dihitung berdasarkan volume air yang berpindah dari botol penampung gas. Setiap 2 hari, volume gas dicatat dalam satuan mililiter (mL). Pengukuran dilakukan pada waktu yang sama setiap hari untuk menjaga konsistensi data. Jika terdapat penurunan atau fluktuasi volume gas pada hari tertentu, hal ini diamati dan dicatat sebagai bagian dari analisis dinamika fermentasi.

2.5 Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran volume biogas kemudian dianalisis secara deskriptif kuantitatif.

Setiap bahan fermentasi dibandingkan berdasarkan:

1. Total volume biogas yang dihasilkan selama 14 hari fermentasi.
2. Kestabilan pH sebelum dan sesudah fermentasi.
3. Kondisi visual bahan fermentasi (warna, bau, tekstur).

Hasil perbandingan kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk menunjukkan perbedaan performa setiap bahan. Analisis dilakukan untuk mengidentifikasi bahan mana yang paling potensial menghasilkan biogas dengan volume terbesar dan kualitas fermentasi paling stabil.

Selain itu, dilakukan interpretasi terhadap pengaruh jeruk nipis terhadap proses fermentasi buah busuk. Data dibandingkan dengan literatur terdahulu mengenai produksi biogas dari limbah organik, guna melihat kesesuaian tren hasil penelitian ini dengan penelitian sebelumnya [15].

2.6 Validasi dan Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan peralatan sederhana, sehingga hasil volume gas bersifat perkiraan. Faktor lingkungan seperti suhu, intensitas cahaya, dan tingkat keasaman sangat memengaruhi aktivitas mikroorganisme [16]. Oleh karena itu, penelitian berikutnya disarankan untuk memakai digester dengan sistem pengaturan suhu dan tekanan yang lebih stabil agar menghasilkan data yang lebih presisi.

Meskipun demikian, penelitian ini tetap sah secara ilmiah karena dilakukan dalam kondisi anaerob, memakai bahan yang konsisten, dan memiliki prosedur pengukuran yang teratur selama masa fermentasi.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Data Hasil Produksi Biogas

Setelah proses fermentasi anaerob dilakukan selama 14 hari, diperoleh hasil pengamatan terhadap volume biogas yang dihasilkan dari masing-masing bahan organik. Pengamatan dilakukan setiap dua hari dengan metode perpindahan air.

Tabel 1. Hasil rata-rata total volume gas yang dihasilkan ditunjukkan pada Tabel berikut:

No	Bahan Fermentasi	Volum e Biogas (mL)	pH Aw al	pH Ak hir	Warna & Aroma	Hari Maks imal Prod uksi Gas
1	Kotora n sapi	850	7,2	7,1	Coklat pekat, bau amonia kuat	Hari ke-10
2	Mangg a busuk + jeruk nipis	620	6,9	6,8	Coklat muda, bau asam manis	Hari ke-8
3	Pepaya busuk + jeruk nipis	540	6,7	6,6	Coklat muda, bau fermentasi ringan	Hari ke-9
4	Seman gka busuk + jeruk nipis	470	6,6	6,5	Merah kecoklata n, bau alkohol ringan	Hari ke-8
5	Melon busuk + jeruk nipis	410	6,5	6,4	Kuning muda, bau asam lemah	Hari ke-7

Berdasarkan data tersebut, terlihat bahwa kotoran sapi menghasilkan volume biogas tertinggi, sedangkan melon busuk menghasilkan volume terendah. Nilai pH seluruh sampel masih berada pada rentang ideal untuk fermentasi anaerob (6,4–7,2), menandakan kondisi fermentasi berlangsung cukup stabil [17].

3.2 Tren Produksi Biogas Selama 14 Hari

Secara umum, pola produksi biogas dari seluruh bahan menunjukkan tiga fase utama [18]:

1. Fase awal (hari ke-1 hingga ke-3):
Pada tahap ini, aktivitas mikroorganisme masih rendah. Gas yang dihasilkan relatif kecil (sekitar 50–100 mL per hari) karena bakteri anaerob sedang beradaptasi terhadap substrat baru.
2. Fase puncak (hari ke-6 hingga ke-10):
Volume gas meningkat tajam karena proses degradasi bahan organik berlangsung optimal. Pada fase ini, kandungan gula,

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan selama 14 hari mengenai produksi biogas dari bahan organik berupa buah-buahan busuk (mangga, pepaya, semangka, dan melon) serta kotoran sapi dengan penambahan jeruk nipis sebagai agen fermentasi alami, dapat diambil beberapa kesimpulan penting sebagai berikut [19]:

1. Perbedaan jenis bahan organik memberikan pengaruh yang signifikan terhadap volume biogas yang dihasilkan.

Kotoran sapi menghasilkan volume biogas tertinggi yaitu sebesar **850 mL**, diikuti oleh buah mangga busuk (**620 mL**), pepaya busuk (**540 mL**), semangka busuk (**470 mL**), dan melon busuk (**410 mL**). Hal ini menunjukkan bahwa kandungan nutrisi, kadar air, serta komposisi kimia pada masing-masing bahan sangat memengaruhi aktivitas mikroorganisme penghasil metana (metanogen).

2. Kotoran sapi terbukti menjadi bahan paling efektif dalam menghasilkan biogas.

Hal ini disebabkan oleh tingginya populasi mikroba anaerob alami dalam kotoran sapi serta keseimbangan rasio karbon terhadap nitrogen (C/N ratio) yang ideal, yaitu sekitar 25–30. Kondisi ini mendukung proses fermentasi yang stabil dan efisien, sehingga produksi gas metana berlangsung lebih optimal dibandingkan bahan buah busuk.

3. sebagai bahan alternatif penghasil Buah-buahan busuk memiliki potensi biogas.

Walaupun volume gas yang dihasilkan lebih rendah daripada kotoran sapi, buah-buahan busuk seperti mangga dan pepaya tetap menunjukkan potensi yang cukup baik karena kandungan gula dan karbohidratnya tinggi, yang mudah diuraikan menjadi asam organik dan metana. Pemanfaatan limbah buah

dapat menjadi solusi pengurangan sampah organik di pasar tradisional dan rumah tangga, serta mengurangi emisi gas rumah kaca dari proses pembusukan alami [20].

4. busuk Jeruk nipis berperan penting dalam menstabilkan proses fermentasi buah.

Kandungan asam sitrat dalam jeruk nipis membantu menjaga pH fermentasi pada kisaran ideal (6,4–6,8) serta menekan pertumbuhan bakteri pembusuk aerob yang dapat menghambat aktivitas metanogen. Dengan demikian, jeruk nipis berfungsi sebagai **agen fermentasi alami** yang mempercepat dekomposisi bahan organik buah tanpa menurunkan kualitas gas yang dihasilkan.

5. Penggunaan alat sederhana seperti derijen dan galon Le Minerale efektif digunakan sebagai digester biogas skala kecil.

Kedua alat tersebut mudah diperoleh, biaya murah, dan cukup kuat menahan tekanan gas hasil fermentasi. Hal ini menunjukkan bahwa masyarakat dapat mempraktikkan teknologi biogas sederhana di rumah sebagai bentuk penerapan energi terbarukan yang ramah lingkungan dan ekonomis.

6. Proses fermentasi selama 14 hari sudah cukup untuk menunjukkan perbedaan volume gas antar bahan. Namun, volume biogas kemungkinan dapat meningkat jika waktu fermentasi diperpanjang hingga 21–28 hari, karena sebagian besar bahan organik belum sepenuhnya terdegradasi dalam 14 hari pertama. Oleh karena itu, penelitian lanjutan dengan variasi waktu fermentasi disarankan untuk memperoleh hasil yang lebih optimal.

7. Penelitian ini membuktikan bahwa kombinasi bahan organik, agen fermentasi alami, dan peralatan sederhana dapat menghasilkan

energi alternatif yang berkelanjutan. Pengembangan lebih lanjut dapat dilakukan dengan memodifikasi rasio campuran bahan (misalnya mencampur buah busuk dengan kotoran sapi) untuk meningkatkan kandungan mikroorganisme penghasil gas, sekaligus mengoptimalkan keseimbangan nutrisi bagi bakteri metanogen.

8. **Sumber energi terbarukan Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan kontribusi terhadap upaya pemanfaatan limbah organik sebagai.** Dengan pendekatan sederhana dan ramah lingkungan, masyarakat dapat mengubah limbah organik yang sebelumnya mencemari lingkungan menjadi energi bermanfaat. Hal ini sejalan dengan program nasional pengelolaan sampah menjadi sumber daya serta pengembangan energi terbarukan berbasis biomassa di Indonesia

4. Kesimpulan

Setiap jenis bahan yang digunakan menghasilkan jumlah biogas yang berbeda. Kotoran sapi memberikan produksi gas tertinggi, yaitu 850 mL, disusul mangga busuk sebanyak 620 mL, pepaya 540 mL, semangka 470 mL, dan melon 410 mL. Perbedaan ini muncul karena setiap bahan memiliki kandungan nutrisi dan komposisi yang tidak sama. Kotoran sapi menjadi bahan yang paling efektif untuk menghasilkan biogas. Hal ini disebabkan kandungan bakteri metanogen yang tinggi serta keseimbangan nutrisi yang mendukung proses fermentasi sehingga produksinya lebih optimal dibandingkan bahan buah.

Buah-buahan busuk tetap berpotensi sebagai bahan pembuat biogas. Walaupun volumenya lebih kecil daripada kotoran sapi, kadar gula dan karbohidrat yang tinggi pada buah membantu proses penguraian dan pembentukan gas. Selain itu, pemanfaatan limbah buah juga membantu mengurangi sampah organik dari pasar dan rumah tangga. Penggunaan jeruk nipis berperan dalam memperlancar fermentasi buah busuk. Asam sitrat yang terkandung di dalamnya dapat menjaga pH tetap stabil serta menghambat bakteri pembusuk yang dapat mengganggu proses. Dengan kondisi pH yang ideal, bakteri penghasil gas dapat bekerja lebih baik.

Jerigen dan galon bekas terbukti dapat digunakan sebagai alat pembuatan biogas yang sederhana. Kedua wadah ini mudah diperoleh, murah, dan cukup kuat menahan tekanan gas, sehingga cocok digunakan masyarakat sebagai teknologi energi terbarukan skala kecil.

Waktu fermentasi selama 14 hari sudah mampu menunjukkan perbedaan produksi gas, meskipun hasilnya belum maksimal. Jika fermentasi diperpanjang hingga 21–28 hari, kemungkinan volume gas akan meningkat karena bahan belum terurai sepenuhnya dalam dua minggu pertama.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa limbah organik dan bahan alami bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif. Dengan peralatan sederhana dan bahan yang mudah ditemukan, masyarakat dapat menghasilkan energi ramah lingkungan dari limbah organik. Penelitian ini juga mendukung upaya pengelolaan sampah menjadi sumber energi, sekaligus mendorong pengembangan energi dalam ini terbarukan berbasis biomassa di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. H. Muhammad Ikhsan Lubis, M. T. Lenny Herawati, S.T., A. Nelly Suryani, S.E., M.A.B., C. Yudha Witanto, S.T., M.T., MBB., M. S. Novienda, S.T., and M. T. Rahmat, S.T., *OTOMASI INDUSTRI Teknologi dan Implementasi*, 1st ed. Malang: Duta Technology, 2025. [Online]. Available: <https://penerbitdutatechnology.com/book/56>
- [2] Rahmat, “Rancang bangun mesin stirling tipe gamma menggunakan metode vdi 2221,” *Ekselenta, J.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–9, 2024.
- [3] S. Wulandari, “Pemanfaatan Asam Sitrat pada Fermentasi Organik untuk Peningkatan Produksi Gas Metana,” *J. Sains Terap.*, vol. 5, no. 3, pp. 77–85, 2022.
- [4] R. Rahmat *et al.*, “Project control using S Curve in provision of pedestal crane at PT . Medco E & P Natuna - West Belut Platform,” *Priviet Soc. Sci. J.*, vol. 5, no. 8, pp. 115–124, 2025, doi: 10.55942/pssj.v5i8.489.
- [5] M. Arifin, “Pemanfaatan Limbah Organik untuk Produksi Biogas Skala Rumah Tangga,” *J. Energi Terbarukan*, vol. 8, no. 2, pp. 45–52, 2020.
- [6] R. Rahmat, “Analisa Kinerja Mesin T-101 Dan TM-660 Pada Proses Mock Up Hot Tapping Pipa LNG,” *Ekselenta, J.*, vol. 1, no. 1, pp. 57–63, 2024, doi: DOI: 10.13140/RG.2.2.19364.59522.
- [7] R. Handayani and L. Sitorus, “Pengaruh pH dan Suhu terhadap Produksi Biogas dari Kotoran Ternak,” *J. Lingkung.*, vol. 7, no. 1, pp. 23–30, 2019.
- [8] U. Suriawiria, *Mikrobiologi Dasar*. Jakarta: Rineka Cipta, 2020.
- [9] D. Lestari, “Analisis Biogas dari Limbah Buah Pasar dengan Variasi Waktu Fermentasi,” *Pros. Semin. Nas. Teknol. Terap.*, vol. 4, no. 1, pp. 15–22, 2021.
- [10] R. Rahmat, D. A. Putra, and W. Sutomo, “SINTEK JURNAL : Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Utilizing Environmentally Friendly Materials as Sustainable Urban Vertical Farming Racks with Maximum Load,” *SINTEK J. J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 19, no. 1, pp. 1–10, 2025.
- [11] T. Gunawan, “Pemanfaatan Limbah Organik sebagai Substrat Biogas di Lingkungan Rumah Tangga,” *J. Ilmu Lingkung.*, vol. 13, no. 1, pp. 44–52, 2019.
- [12] M. Natawibawa, R. Rahmat, J. Imron, and D. A. Putra, “Kaji Experimental AC Residensial Inverter Untuk Menjadi Solusi AC Hemat Energi,” vol. 10, no. 8, pp. 6006–6014, 2025.
- [13] A. Sutanto, *Energi Terbarukan untuk Pembangunan Berkelanjutan*. Jakarta: Gramedia, 2015.
- [14] I. N. Wardana, *Bioenergi: Konsep dan Aplikasi*. Bandung: Alfabeta, 2017.
- [15] E. Yulistiani, “Produksi Biogas dari Limbah Organik sebagai Energi Terbarukan,” *J. Energi dan Lingkung.*, vol. 14, no. 2, pp. 55–63, 2018.
- [16] M. Sulaiman and M. Ridwan,

- “Pengaruh Penambahan Bahan Asam terhadap pH Fermentasi Biogas,” *J. Teknol. Energi*, vol. 10, no. 1, pp. 35–44, 2021.
- [17] S. Pratama and A. Widodo, “Pengaruh Variasi pH terhadap Produksi Biogas dari Limbah Buah,” *J. Ris. Energi*, vol. 7, no. 2, pp. 67–75, 2021.
- [18] A. Budhyantoro, *Buku saku: “Biogas.”* Surabaya: Universitas Surabaya Repository, 2020.
- [19] W. Putra and S. Lestari, “Analisis Pengaruh Variasi Bahan Organik terhadap Produksi Biogas,” *J. Tek. Kim.*, vol. 25, no. 3, pp. 120–130, 2019.
- [20] N. Sari and A. Rahman, “Studi Pemanfaatan Limbah Pasar sebagai Bahan Baku Biogas,” *J. Teknol. Hijau*, vol. 5, no. 1, pp. 22–29, 2020.