

MEMANFAATKAN LIMBAH SAYURAN MENJADI BAHAN BAKAR GAS

Willy Rahardi

Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Purworejo

e-mail: wilirahardi@gmail.com

Abstrak: Limbah sayuran merupakan salah satu jenis limbah organik yang sering kali tidak dimanfaatkan dengan baik dan berakhir di tempat pembuangan akhir, sehingga menimbulkan masalah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji potensi pemanfaatan limbah sayuran sebagai bahan bakar gas melalui proses fermentasi anaerobik. Jenis penelitian ini menggunakan langkah-langkah STEAM (Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics) dengan menggunakan metode penelitian Research and Development (R&D) model ADDIE, yang meliputi analysis (analisis), design (desain), development (pengembangan), implementation (implementasi), dan evaluation (evaluasi). Pendekatan ini memastikan bahwa setiap tahap dari penelitian ini dilakukan secara sistematis dan komprehensif untuk mencapai hasil yang optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil yang menguntungkan dapat dihasilkan ketika limbah dimanfaatkan secara efektif. Penelitian ini memberikan pemahaman mendalam tentang proses pengelolaan limbah dan efek positif yang dihasilkan dari proses tersebut. Dengan memanfaatkan limbah secara efisien, tidak hanya dapat dihasilkan energi alternatif, tetapi juga dapat dicapai manfaat ekonomi dan lingkungan yang signifikan.

Kata Kunci: Biogas, Limbah Sayuran, STEAM

UTILIZING VEGETABLE WASTE INTO GAS FUEL

Abstract: Vegetable waste is a type of organic waste which is often not used properly and ends up in landfills, causing environmental problems. This research aims to examine the potential for utilizing vegetable waste as gas fuel through an anaerobic fermentation process. This type of research uses STEAM (Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics) steps using the ADDIE Research and Development (R&D) research method, which includes analysis, design, development, implementation (implementation), and evaluation (evaluation). This approach ensures that each stage of this research is carried out systematically and comprehensively to achieve optimal results. The research results show that profitable results can be produced when waste is utilized effectively. This research provides an in-depth understanding of the waste management process and the positive effects resulting from the process. By utilizing waste efficiently, not only can alternative energy be produced, but significant economic and environmental benefits can also be achieved.

Keywords: Biogas, Vegetable Waste, STEAM

PENDAHULUAN

Limbah sayuran adalah sisa-sisa sayuran yang tidak lagi digunakan atau dikonsumsi, baik dari pasar, rumah tangga, maupun industri pengolahan makanan. Limbah ini termasuk kulit, batang, daun, dan bagian lain dari sayuran yang dibuang. Jumlah limbah sayuran sangat signifikan, terutama di kota-kota besar, dan jika tidak dikelola dengan baik, dapat menimbulkan berbagai masalah lingkungan. Limbah sayuran yang dibuang sembarangan bisa menjadi sumber bau tidak sedap, menarik hama, dan menyebabkan pencemaran tanah serta air.

Peningkatan populasi dan urbanisasi yang cepat memperburuk masalah ini karena semakin banyak orang yang tinggal di kota menghasilkan lebih banyak limbah. Banyak dari limbah ini berakhir di tempat pembuangan akhir (TPA), di mana mereka membusuk dan menghasilkan gas metana, sebuah gas rumah kaca yang sangat kuat. Selain itu, limbah organik yang dibiarkan membusuk tanpa pengelolaan yang tepat dapat menyebabkan kontaminasi lingkungan dan kesehatan masyarakat yang buruk.

A. Fermentasi Anaerobik sebagai Solusi

Fermentasi anaerobik adalah proses biologis di mana mikroorganisme menguraikan bahan organik dalam kondisi tanpa oksigen, menghasilkan biogas yang terdiri dari metana (CH₄) dan karbon dioksida (CO₂). Proses ini terjadi dalam beberapa tahap utama: hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis, dan metanogenesis.

1. Hidrolisis: Tahap awal di mana enzim-enzim memecah molekul-molekul kompleks seperti karbohidrat, protein, dan lemak menjadi molekul yang lebih sederhana.
2. Asidogenesis: Bakteri penghasil asam mengubah molekul sederhana dari tahap hidrolisis menjadi asam lemak volatil, alkohol, karbon dioksida, hidrogen, dan senyawa lainnya. Asetogenesis:
3. Asetogen mengubah asam lemak volatil dan alkohol menjadi asetat, hidrogen, dan karbon dioksida.
4. Metanogenesis: Metanogen mengubah asetat, hidrogen, dan karbon dioksida menjadi metana dan air.

B. Potensi Energi dari Limbah Sayuran

Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah sayuran memiliki potensi besar sebagai sumber energi alternatif. Metana yang dihasilkan dari proses fermentasi anaerobik dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk memasak, pemanas, dan bahkan pembangkit listrik. Beberapa faktor yang mempengaruhi efisiensi produksi biogas dari limbah sayuran meliputi:

1. Komposisi Limbah: Jenis dan komposisi limbah sayuran sangat mempengaruhi jumlah dan kualitas biogas yang dihasilkan. Sayuran dengan kandungan karbohidrat dan serat tinggi biasanya menghasilkan lebih banyak biogas.
2. Kondisi Lingkungan: Suhu, pH, dan kelembaban sangat mempengaruhi aktivitas mikroorganisme dalam fermentor. Kondisi optimal harus dijaga untuk memastikan produksi biogas yang maksimal.
3. Jenis Mikroorganisme: Mikroorganisme yang terlibat dalam setiap tahap fermentasi harus seimbang dan berfungsi dengan baik. Pengenalan inokulum yang tepat dapat meningkatkan efisiensi proses.

C. Manfaat Ekonomis dan Lingkungan

Pemanfaatan limbah sayuran sebagai bahan bakar gas memiliki berbagai manfaat ekonomis dan lingkungan. Dari segi ekonomi, produksi biogas dapat mengurangi biaya energi bagi rumah tangga dan industri kecil. Selain itu, residu dari proses fermentasi dapat digunakan sebagai pupuk organik yang kaya nutrisi, sehingga dapat menggantikan pupuk kimia yang mahal.

Dari segi lingkungan, pemanfaatan limbah sayuran dapat mengurangi volume limbah yang dibuang ke TPA, mengurangi emisi gas rumah kaca, dan mengurangi pencemaran lingkungan. Pengelolaan limbah organik melalui fermentasi anaerobik juga membantu dalam pengendalian bau dan pengurangan vektor penyakit, seperti lalat dan tikus, yang sering dikaitkan dengan tumpukan sampah organik.

D. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Efisiensi Produksi Biogas Untuk mencapai efisiensi maksimal dalam produksi biogas dari limbah sayuran, beberapa faktor penting harus diperhatikan:

1. Komposisi Limbah: Jenis sayuran yang berbeda memiliki komposisi kimia yang

berbeda pula. Limbah sayuran dengan kandungan air dan serat tinggi cenderung menghasilkan lebih banyak biogas dibandingkan dengan yang rendah serat. Selain itu, limbah yang kaya akan karbohidrat seperti kulit kentang atau jagung sering kali lebih efisien dalam produksi biogas.

2. Kondisi Lingkungan Fermentasi: Suhu merupakan faktor kunci dalam proses fermentasi anaerobik. Suhu mesofilik (sekitar 35-40°C) dan termofilik (sekitar 50-60°C) biasanya digunakan untuk fermentasi anaerobik, dengan suhu termofilik memberikan laju reaksi yang lebih cepat namun memerlukan energi lebih untuk pemanasan. pH juga harus dijaga antara 6,8-7,2 untuk mengoptimalkan aktivitas mikroorganisme.
 3. Jenis Mikroorganisme: Komunitas mikroorganisme yang efektif dan seimbang sangat penting untuk setiap tahap fermentasi. Inokulum dari sumber yang kaya mikroorganisme seperti lumpur limbah domestik atau pupuk kandang dapat membantu memulai proses fermentasi dan meningkatkan produksi biogas. Waktu Retensi: Waktu yang dibutuhkan untuk menguraikan bahan organik dalam fermentor juga mempengaruhi efisiensi produksi biogas.
 4. Waktu retensi hidrolis (HRT) optimal perlu ditentukan untuk setiap jenis limbah sayuran untuk memastikan bahwa bahan organik sepenuhnya terurai dan menghasilkan jumlah biogas yang maksimal.
 5. Pemilihan Reaktor: Desain dan jenis reaktor yang digunakan untuk fermentasi anaerobik juga mempengaruhi efisiensi produksi biogas. Reaktor tipe kontinyu, batch, atau reaktor dengan pencampuran yang baik bisa dipilih sesuai dengan skala produksi dan jenis limbah yang diolah.
- E. Implementasi dan Studi Kasus

Berbagai studi kasus menunjukkan keberhasilan pemanfaatan limbah sayuran sebagai bahan bakar gas di berbagai skala, dari rumah tangga hingga skala industri. Misalnya, di beberapa negara berkembang, program komunitas telah berhasil mengubah limbah sayuran dari pasar tradisional menjadi biogas yang digunakan untuk memasak dan penerangan.

Di negara maju, beberapa kota telah mengadopsi teknologi fermentasi anaerobik untuk mengelola limbah organik dari pasar dan restoran, menghasilkan biogas yang digunakan untuk pembangkit listrik dan pemanas. Implementasi ini tidak hanya mengurangi beban limbah di TPA tetapi juga menghasilkan energi terbarukan yang berkelanjutan.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) menurut Borgg dan Gall dalam Sugiyono (2019, hlm 28). Metode ini melibatkan serangkaian langkah yang sistematis untuk mengembangkan dan menguji produk atau proses baru, termasuk analisis kebutuhan, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Pendekatan ini memastikan bahwa hasil penelitian adalah praktis, relevan, dan dapat diterapkan secara efektif dalam konteks nyata. Model yang digunakan pada penelitian ini yaitu model ADDIE, yang merupakan pendekatan sistematis yang terdiri dari lima tahap, digunakan untuk pengembangan produk ini: 1. Analisis: Mengidentifikasi kebutuhan dan tujuan pengembangan produk. 2. Desain: Merancang produk berdasarkan hasil analisis. 3. Pengembangan: Membuat dan mengembangkan produk sesuai dengan desain yang telah dibuat. 4. Implementasi: Menerapkan produk yang telah dibuat dalam situasi nyata. 5. Evaluasi: Mengevaluasi efektivitas dan efisiensi produk yang telah diimplementasikan untuk memastikan bahwa produk tersebut dilaksanakan dengan benar. Metode ini memastikan bahwa setiap tahap pengembangan dilakukan secara sistematis dan berfokus pada kualitas

produk. Peneliti menggunakan pembelajaran STEAM (Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics) untuk membuat biogas. Proses pembelajarannya adalah sebagai berikut: Dalam penelitian ini, peneliti mengembangkan pupuk dari limbah rumah tangga menggunakan pembelajaran berbasis STEAM (Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics). Langkah-langkah pembelajarannya adalah sebagai berikut: 1. Ask (menemukan masalah dan solusi): Mengidentifikasi masalah di daerah yang dituju dan mencari solusi yang tepat. 2. Imagine (membayangkan produk): Membayangkan produk yang bisa memecahkan masalah yang telah ditemukan. 3. Plan (perencanaan produk): Merencanakan pembuatan produk, termasuk bentuk dan bahan yang akan digunakan. 4. Create (membuat): Membuat produk sesuai dengan perencanaan dan masalah yang ada. 5. Improve (uji coba): Melakukan uji coba untuk memastikan produk memenuhi kriteria yang diinginkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah sayuran dari kebun dapat diubah menjadi biogas yang berkualitas tinggi, dengan kandungan utama metana (CH₄) dan karbon dioksida (CO₂). Kandungan tinggi metana adalah tanda bahwa produksi biogas berjalan efisien. Biogas ini dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk memasak, pemanas, dan kebutuhan energi lainnya.

Pemanfaatan limbah sayuran menjadi biogas tidak hanya membantu mengelola limbah organik, tetapi juga memberikan alternatif energi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan gas metana dengan mengonversinya menjadi biogas dan mengaplikasikan metode pembelajaran STEAM melalui langkah-langkah seperti 1) Ask (menemukan masalah dan solusi), 2) Image (membayangkan produk), 3) Plan (perencanaan produk), 4) Create (membuat), 5) Improve (uji coba).

Tahap pertama yang dilakukan yaitu *Ask* (Menemukan Masalah) merupakan langkah awal dalam mengidentifikasi masalah. Setelah masalah ditemukan dalam lingkungan yang sudah ditentukan, langkah selanjutnya adalah menentukan standar dan hambatan untuk desain produk. Dalam penelitian ini, masalah yang diidentifikasi berada di sekitar rumah terkait dengan limbah sayuran yang berlebihan. Limbah sayuran tersebut tidak hanya dibuang begitu saja, tetapi biasanya dijadikan pupuk. Proses fermentasi pada pembuatan pupuk, apapun bentuk fermentasinya, akan menghasilkan gas metana. Gas metana ini, jika tidak ditangkap dan dimanfaatkan, akan terbuang ke atmosfer dan dapat merusak lapisan ozon jika dalam skala besar.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengatasi masalah tersebut dengan mengonversi gas metana yang dihasilkan dari fermentasi limbah sayuran menjadi biogas yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif. Dengan menggunakan alat yang tepat, biogas dapat ditangkap dan digunakan secara efisien, sehingga mengurangi emisi gas metana ke atmosfer dan membantu mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, termasuk kerusakan lapisan ozon.

Tahap *Image* (membayangkan produk), langkah ini dilakukan bertujuan untuk memberikan gambaran tentang apa produk yang akan dibuat untuk mengatasi masalah yang ada. Pada penelitian ini terbayangkan produk berupa biogas yang dibuat dari limbah kebun seperti kangkung, bayam, kubis dan sebagainya

Tahap *Plan* (perencanaan produk), Peneliti dalam penelitian ini merancang dan mendesain produk, serta menulis bahan dan peralatan yang akan digunakan selama proses pembuatan.

Alat dan bahan :

1. botol bekas(tidak ada tutup botol)
2. kran angin
3. alat penusuk
4. lem bakar
5. balon

6. potongan sayuran
7. air
8. gelas atau tempat lainnya
9. EM4
10. selang
11. jarum suntik

Tahap *Create* (membuat), langkah yang selanjutnya yaitu menciptakan produk yang telah direncanakan.

Cara Pembuatan

1. buatlah lubang di bagian bawah tutup botol kira-kira bisa di masukan kran angin
2. pasang kran ke lubang yang sudah di buat
3. kemudian kuatkan dengan lem bakar dan diamkan sebentar agar lem merekat
4. pasang jarum suntik di bagian ujung selang kemudian pasang selang bagian ujung yang satunya ke dalam kran angin, kran angin posisi tertutup agar gas yang di dalam tidak keluar
5. masukan potongan sayuran ke dalam botol
6. selanjutnya larutkan EM4 kedalam gelas yang sudah terisi air
7. masukan gelas yang berisi larutan EM4 ke dalam botol
8. pasang balon pada bagian tutup botol, balon ini berfungsi sebagai
9. penampung gas yang di hasilkan selama proses fermentasi
10. diamkan beberapa hari, apa bila balon sudah mengembang itu tandanya
11. gas sudah bisa di gunakan

Tahap *Improve* (uji coba) Setelah produk dibuat, tahap uji coba dilakukan untuk mengevaluasi apakah produk tersebut memenuhi kriteria yang diinginkan. Tahap uji coba ini penting untuk memastikan bahwa produk memiliki kualitas, kinerja, dan fungsi yang sesuai dengan standar yang telah ditetapkan sebelumnya. Dengan demikian, uji coba merupakan langkah krusial dalam proses pengembangan produk untuk memastikan keberhasilan dan kepuasan pengguna.

Nilai rata-rata dari hasil penelitian mencapai 81,4 untuk aspek ide, kreativitas, tampilan, dan kebermanfaatan. Rinciannya adalah sebagai berikut:

- a) Ide Biogas: 84,6
- b) Desain Biogas: 81,5
- c) Visualisasi Biogas: 80,4
- d) Kebermanfaatan Biogas: 79,1

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses fermentasi anaerobik limbah sayuran dapat menghasilkan biogas dengan kandungan utama metana (CH₄) dan karbon dioksida (CO₂). Kandungan metana dalam biogas adalah indikator utama efisiensi produksi biogas, dan penelitian ini menghasilkan biogas dengan kandungan metana yang signifikan, mencapai tingkat yang dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif. Penelitian ini menunjukkan potensi besar limbah sayuran sebagai bahan baku untuk produksi biogas yang efisien dan ramah lingkungan.

Biogas yang dihasilkan dari limbah sayuran memiliki kualitas yang cukup baik untuk digunakan sebagai bahan bakar. Kandungan metana yang tinggi membuat biogas ini cocok untuk berbagai keperluan seperti memasak, pemanas, dan kebutuhan energi lainnya di rumah tangga maupun industri kecil. Ini menunjukkan bahwa limbah sayuran dapat menjadi sumber energi alternatif yang efisien dan berkelanjutan, membantu mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil.

Proses fermentasi anaerobik juga terbukti efisien dalam mengonversi limbah sayuran menjadi energi, mengurangi volume limbah organik yang masuk ke tempat pembuangan akhir. Hal ini berkontribusi pada pengurangan dampak lingkungan dari penumpukan limbah organik serta mengurangi emisi gas rumah kaca. Dengan demikian, penggunaan teknologi fermentasi anaerobik tidak hanya menghasilkan energi alternatif, tetapi juga memberikan manfaat lingkungan yang signifikan.

Selain biogas, proses fermentasi juga menghasilkan produk sampingan berupa residu fermentasi yang kaya akan nutrisi. Residu ini dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik yang ramah lingkungan dan efektif dalam meningkatkan kesuburan tanah. Dengan demikian, seluruh proses fermentasi anaerobik tidak hanya memproduksi energi bersih, tetapi juga memberikan manfaat tambahan berupa pupuk organik yang dapat mendukung praktik pertanian berkelanjutan.

Berbagai faktor mempengaruhi efisiensi produksi biogas dari limbah sayuran, seperti komposisi limbah, suhu fermentasi, pH, kehadiran penghambat mikroorganisme, dan ketersediaan nutrisi. Penelitian ini melakukan analisis mendalam terhadap faktor-faktor tersebut untuk memastikan proses fermentasi berjalan dengan optimal. Dengan mengoptimalkan kondisi-kondisi ini, produksi biogas dapat dimaksimalkan, sehingga menghasilkan output energi yang lebih tinggi dan lebih efisien.

Pemanfaatan limbah sayuran menjadi biogas memiliki potensi untuk memberikan manfaat ekonomi, terutama bagi rumah tangga dan industri kecil yang dapat mengurangi biaya energi dengan menggunakan biogas sebagai bahan bakar. Dengan memanfaatkan limbah sayuran yang tersedia, biaya produksi energi dapat ditekan, sehingga memberikan solusi yang lebih ekonomis dan berkelanjutan bagi kebutuhan energi sehari-hari.

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan limbah sayuran sebagai bahan baku untuk produksi biogas melalui proses fermentasi anaerobik adalah solusi yang berkelanjutan, ramah lingkungan, dan memiliki potensi ekonomi yang baik. Diperlukan lebih lanjut pengembangan teknologi dan kebijakan yang mendukung agar pemanfaatan biogas dari limbah organik dapat lebih luas dan berdampak positif bagi lingkungan dan ekonomi.

PENUTUP

Pemanfaatan limbah sayuran menjadi bahan bakar gas melalui proses fermentasi anaerobik merupakan solusi yang ramah lingkungan dan ekonomis dalam mengatasi masalah limbah serta memenuhi kebutuhan energi. Proses ini tidak hanya mengurangi volume limbah organik yang dibuang ke TPA tetapi juga menghasilkan biogas yang dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif. Dengan proyek ini dapat memanfaatkan pendekatan STEAM yang holistik, yang memadukan sains, teknologi, teknik, seni, dan matematika untuk menghasilkan solusi yang berkelanjutan dengan dampak positif pada masyarakat dan lingkungan. Pendekatan ini memungkinkan integrasi berbagai disiplin ilmu untuk menciptakan inovasi yang tidak hanya teknis dan efisien, tetapi juga estetis dan bermanfaat secara luas.

Pengembangan lebih lanjut dalam penelitian ini diperlukan untuk mengoptimalkan proses produksi biogas, termasuk penentuan kondisi lingkungan yang optimal, pemilihan jenis mikroorganisme yang efisien, dan desain reaktor yang tepat. Dengan inovasi dan investasi yang berkelanjutan, teknologi ini berpotensi menjadi solusi utama dalam pengelolaan limbah organik dan produksi energi terbarukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Azizah, Nofi Nur, et al. "Pembuatan Lindi Dari Hasil Pengelolaan Sampah Organik Desa Lugosobo Kecamatan Gebang." *MULTIPLE: Journal of Global and Multidisciplinary* 1.6 (2023): 753-758.
- Cahyadi, Rahmat Arofah Hari. "Pengembangan bahan ajar berbasis ADDIE model." *Halaqa: Islamic Education Journal* 3.1 (2019): 35-42.
- Cahyono, Yudha Heldy, and Naniek Ratni JAR. "Efektifitas Kombinasi Limbah Sayur Dan Kotoran Sapi Sebagai Bahan Utama Pembuatan Biogas Dalam Digester Anaerob." *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi* 2.4 (2023): 719-729.VI.
- Damayanti, Amira Ana, et al. "Pemanfaatan sampah organik dalam pembuatan biogas sebagai sumber energi kebutuhan hidup sehari-hari." *Eksergi: Jurnal Teknik Energi* 17.3 (2021): 182-190.
- Dhaniswara, Trisna Kumala, and Medya Ayunda Fitri. "Pengaruh Perlakuan Awal Sampah Organik terhadap Produksi Biogas secara Anaerobic Digestion." *Journal of Research and Technology* 3.2 (2017): 23-31.
- Putra, Aldi Rizki, et al. "Pelatihan Kelompok Wanita Tani Dalam Pemanfaatan Em4 Terhadap Pembuatan Pupuk Kompos." *Jurnal abdi masyarakat saburai (JAMS)* 2.02 (2021): 73-81.
- Rahayuningtyas, Lita Widiyanti, Dimas Bayu Aji, and Nur Ngazizah. "Pemberdayaan Masyarakat Melalui Bank Sampah "Sejahtera" Di Desa Salam Kecamatan Gebang Kabupaten Purworejo."
- Rambe, Siti Masriani, Iriany Iriany, and Irvan Irvan. "Pengaruh waktu tinggal terhadap reaksi hidrolisis pada pra-pembuatan biogas dari limbah cair pabrik kelapa sawit." *Jurnal Dinamika Penelitian Industri* 25.1 (2014): 23-30
- Sutrisno, Joko. "Pembuatan biogas dari bahan sampah sayuran (kubis, kangkung dan bayam)." *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA* 8.1 (2010): 100-112.
- Yuliani, Wiwin, and Nurmauli Banjarnahor. "Metode penelitian pengembangan (rnd) dalam bimbingan dan konseling." *Quanta* 5.3 (2021): 111-118.