SINERGI *Vol. 24, No.2, pp.270-275, Oktober 2026*
DOI : http://dx.doi.org/10.31963/sinergi.v24i2.5905

Rancang Bangun Alat Biodigester untuk Mengubah Limbah Organik Menjadi Pupuk Cair dan Biogas

Abram Tangkemanda[1)], Uswatul Hasanah Mihdar[2)], Muh. Rafly Dev Rijal[3)], dan Muhammad Fitrah Rahman[4)]

[1,2,3,4] Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia
*E-mail korespondensi: abramtangkemanda@gmail.com

Abstract: *Organic waste management has become a major challenge in environmental sustainability due to its potential to pollute soil, water, and air if not properly processed. This study aims to design and construct a biodigester capable of converting organic waste into useful products, namely liquid fertilizer and biogas. The anaerobic fermentation process utilized a mixture of goat manure, chicken manure, vegetable residues, water, and EM4 with molasses as microbial activators and nutrient sources. The designed biodigester has a 50-liter capacity with a 200 W induction motor as an agitator. The fermentation process lasted 20 days, during which biogas formation began on day 10, with a visible blue flame on day 20 and stable gas pressure. Approximately 300 ml of liquid fertilizer was obtained from 20 liters of raw materials, indicating the need for further improvement in substrate homogenization and fermentation efficiency. This study demonstrates that a simple biodigester can serve as an appropriate technology for converting household and livestock waste into renewable energy and organic fertilizer.*

Keywords: *biodigester; biogas; liquid fertilizer; organic waste; anaerobic fermentation*

Abstrak: Permasalahan limbah organik menjadi tantangan besar dalam pengelolaan lingkungan karena dapat mencemari tanah, air, dan udara jika tidak diolah dengan baik. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun alat biodigester yang mampu mengubah limbah organik menjadi produk bernilai guna, yaitu pupuk cair dan biogas. Proses fermentasi dilakukan secara anaerobik menggunakan campuran kotoran kambing, kotoran ayam, limbah sayuran, air, serta aktivator EM4 dan molase sebagai sumber mikroorganisme dan energi. Kapasitas biodigester yang dirancang sebesar 50 liter dengan sistem pengadukan menggunakan motor induksi 200 W. Pengujian dilakukan selama 20 hari fermentasi, di mana hasil menunjukkan bahwa biogas mulai terbentuk pada hari ke-10 dengan nyala api biru pada uji pembakaran dan tekanan gas yang stabil pada hari ke-20. Pupuk cair yang dihasilkan sebanyak 300 ml dari total bahan 20 liter, menunjukkan perlunya peningkatan efisiensi proses fermentasi dan pencacahan bahan. Penelitian ini membuktikan bahwa biodigester sederhana dapat dimanfaatkan sebagai teknologi tepat guna untuk mengolah limbah organik rumah tangga dan peternakan menjadi energi terbarukan dan pupuk organik cair.

Kata kunci : biodigester; biogas; pupuk cair; limbah organik; fermentasi anaerobik.

I. PENDAHULUAN

Pengelolaan limbah organik merupakan salah satu tantangan penting dalam mewujudkan sistem pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan. Limbah yang berasal dari aktivitas rumah tangga, pertanian, peternakan, dan kegiatan pengolahan pangan mengandung bahan organik yang cukup tinggi sehingga berpotensi dimanfaatkan kembali sebagai sumber energi dan bahan bernilai guna. Apabila tidak dikelola dengan baik, proses dekomposisi bahan organik dapat menghasilkan emisi gas rumah kaca, terutama metana (CH_4), serta menimbulkan permasalahan lingkungan dan kesehatan. Oleh karena itu, pendekatan pengelolaan limbah yang tidak hanya berorientasi pada pembuangan, tetapi juga pada pemulihan energi dan sumber daya menjadi semakin penting [1], [2].

Salah satu teknologi yang dapat diterapkan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah anaerobic digestion atau fermentasi anaerobik. Teknologi ini memanfaatkan aktivitas mikroorganisme dalam kondisi tanpa oksigen untuk menguraikan bahan organik dan menghasilkan biogas sebagai produk energi serta digestat sebagai residu yang masih mengandung unsur hara [1], [3]. Biogas terutama terdiri atas metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2), sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan untuk kebutuhan panas maupun pembangkitan listrik. Dengan demikian, penerapan biodigester memberikan manfaat ganda, yaitu mengurangi beban limbah sekaligus menghasilkan energi yang dapat dimanfaatkan kembali [3], [4].

Kinerja proses anaerobik sangat dipengaruhi oleh karakteristik bahan baku dan kondisi operasi biodigester. Faktor seperti komposisi substrat, rasio karbon terhadap nitrogen (C/N), kadar padatan, temperatur, pH, waktu retensi, beban organik, dan aktivitas mikroorganisme berpengaruh terhadap proses degradasi bahan organik serta pembentukan metana [5], [6]. Penggunaan satu jenis substrat juga dapat menyebabkan ketidakseimbangan nutrien atau munculnya senyawa penghambat. Oleh sebab itu, proses co-digestion, yaitu pencampuran dua atau lebih jenis bahan organik, dapat digunakan untuk memperbaiki keseimbangan nutrisi, meningkatkan stabilitas proses, dan berpotensi meningkatkan produksi biogas [5].

Limbah peternakan, seperti kotoran kambing dan ayam, merupakan salah satu bahan yang potensial digunakan dalam proses produksi biogas karena mengandung bahan organik yang dapat didegradasi oleh mikroorganisme anaerobik. Di sisi lain, limbah sayuran memiliki kandungan bahan organik yang dapat berperan sebagai substrat tambahan dalam proses fermentasi. Kombinasi berbagai jenis bahan tersebut memungkinkan terjadinya interaksi substrat yang dapat meningkatkan proses biodegradasi. Penelitian mengenai co-digestion menunjukkan bahwa pencampuran beberapa jenis limbah dapat memberikan keuntungan dalam hal keseimbangan nutrisi dan peningkatan kinerja proses dibandingkan penggunaan substrat tunggal [5], [7].

Selain komposisi substrat, penambahan inokulan atau aktivator mikroorganisme juga dapat memengaruhi proses fermentasi. Effective Microorganisms 4 (EM4) telah digunakan sebagai biokatalis pada berbagai proses pengolahan bahan organik. Penelitian Nurjuwita et al. menunjukkan bahwa penggunaan EM4 pada proses produksi biogas dari limbah organik dapat mendukung proses biodegradasi dan menghasilkan biogas dengan kandungan metana yang tinggi pada kondisi operasi tertentu [8]. Dengan demikian, variasi jumlah aktivator menjadi salah satu aspek yang perlu diperhatikan dalam pengembangan biodigester sederhana, khususnya untuk memperoleh waktu pembentukan gas yang lebih cepat dan produksi biogas yang lebih stabil.

Selain biogas, proses anaerobik menghasilkan digestat yang masih mengandung bahan organik dan unsur hara seperti nitrogen, fosfor, dan kalium. Produk samping tersebut memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan pembenah tanah maupun pupuk organik setelah melalui pengolahan dan pengondisian yang sesuai [2], [9]. Pemanfaatan kedua produk tersebut memperkuat konsep ekonomi sirkular karena limbah tidak hanya dipandang sebagai material yang harus dibuang, tetapi sebagai sumber daya yang dapat dikonversi menjadi energi dan produk pertanian. Namun, kualitas digestat dan kesesuaiannya sebagai pupuk tetap perlu diperhatikan karena karakteristiknya bergantung pada jenis bahan baku dan kondisi proses fermentasi [9].

Penerapan teknologi biodigester pada skala kecil masih menghadapi sejumlah kendala, terutama terkait desain reaktor, homogenisasi substrat, pengadukan, waktu fermentasi, kestabilan produksi gas, serta biaya konstruksi dan pengoperasian. Kajian mengenai penerapan anaerobic digestion di negara berkembang menunjukkan bahwa aspek teknis dan ekonomi menjadi faktor penting dalam pengembangan sistem biodigester, sehingga diperlukan rancangan yang sederhana, mudah dioperasikan, menggunakan material yang tersedia, serta sesuai dengan karakteristik bahan baku lokal [10]. Sistem biodigester skala kecil dengan mekanisme pencacahan dan pengadukan dapat menjadi salah satu alternatif untuk meningkatkan homogenisasi bahan dan mempermudah proses degradasi substrat.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini berfokus pada perancangan dan pembangunan alat biodigester berkapasitas 50 liter yang dilengkapi sistem pencacah dan pengaduk menggunakan motor listrik. Bahan baku yang digunakan merupakan campuran limbah peternakan dan limbah organik, dengan penambahan EM4 dan molase sebagai aktivator proses fermentasi. Penelitian dilakukan untuk mengevaluasi kinerja biodigester berdasarkan waktu pembentukan biogas, kestabilan produksi gas, karakteristik nyala api, serta jumlah pupuk cair yang dihasilkan. Selain itu, penelitian ini membandingkan penggunaan dua variasi volume EM4 untuk mengetahui pengaruhnya terhadap proses pembentukan biogas. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi biodigester sederhana yang dapat diterapkan pada skala rumah tangga maupun peternakan kecil untuk mengubah limbah organik menjadi energi terbarukan dan produk pupuk organik.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang berfokus pada rancang bangun dan pengujian biodigester untuk mengolah limbah organik menjadi biogas dan pupuk organik cair. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mekanik dan Bengkel Mekanik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar, pada bulan Agustus–September 2025. Tahapan penelitian meliputi identifikasi kebutuhan, perancangan alat, pemilihan dan persiapan bahan, proses fabrikasi, pengujian kinerja biodigester, pengamatan proses fermentasi, serta analisis hasil pengujian.

A. Perancangan dan Konstruksi Biodigester

Biodigester dirancang menggunakan drum plastik dengan kapasitas nominal 50 liter sebagai reaktor fermentasi. Pemilihan drum plastik didasarkan pada sifatnya yang relatif tahan terhadap korosi, mudah diperoleh, ringan, dan sesuai untuk pengembangan biodigester skala kecil. Dimensi utama biodigester yang digunakan adalah 550 × 400 × 840 mm.

Sistem biodigester terdiri atas beberapa bagian utama, yaitu tangki fermentasi, saluran pemasukan bahan (inlet), saluran pengeluaran digestat atau pupuk cair (outlet), saluran keluaran biogas, sistem pencacah/pengaduk, motor penggerak, serta sistem transmisi. Tangki fermentasi berfungsi sebagai ruang berlangsungnya proses penguraian bahan organik secara anaerobik. Saluran keluaran gas dihubungkan dengan wadah penampung untuk mengumpulkan biogas yang terbentuk selama proses fermentasi.

Sistem pencacah dan pengaduk digerakkan menggunakan motor induksi satu fasa dengan daya 200 W. Putaran motor diteruskan ke poros melalui mekanisme transmisi pulley dan V-belt. Sistem tersebut dirancang untuk membantu memperkecil ukuran bahan organik sekaligus meningkatkan homogenisasi campuran substrat. Homogenisasi diharapkan dapat meningkatkan kontak antara mikroorganisme dan bahan organik sehingga proses biodegradasi dapat berlangsung lebih merata.

Perancangan mempertimbangkan beberapa aspek, meliputi kapasitas tangki, kekuatan konstruksi, kemudahan pengoperasian, keamanan sistem transmisi, kemudahan pengisian dan pengeluaran bahan, serta kemungkinan terjadinya kebocoran gas selama proses fermentasi.

B. Bahan dan Komposisi Substrat

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian terdiri atas kotoran kambing, kotoran ayam, limbah sayuran, air, EM4, molase, dan bahan penambah berupa sekam padi. Kotoran kambing dan kotoran ayam digunakan sebagai sumber bahan organik sekaligus sumber mikroorganisme, sedangkan limbah sayuran digunakan sebagai substrat tambahan yang mudah terdegradasi. Air ditambahkan untuk memperoleh konsistensi substrat yang sesuai dengan proses fermentasi anaerobik.

EM4 digunakan sebagai sumber mikroorganisme untuk membantu proses biodegradasi bahan organik, sedangkan molase berfungsi sebagai sumber karbon yang dapat mendukung aktivitas mikroorganisme pada tahap awal fermentasi. Penggunaan campuran beberapa jenis bahan merupakan pendekatan co-digestion yang diharapkan dapat menghasilkan substrat dengan karakteristik nutrisi yang lebih seimbang.

Penelitian menggunakan dua variasi volume EM4 untuk mengetahui pengaruh jumlah aktivator terhadap pembentukan biogas. Variasi pertama menggunakan 1 liter EM4, sedangkan variasi kedua menggunakan 3 liter EM4. Komposisi bahan pada masing-masing perlakuan dicatat dan dipertahankan selama proses pengujian agar perbedaan hasil dapat dikaitkan dengan perubahan volume EM4.

Sebelum dimasukkan ke dalam biodigester, bahan organik dipilah untuk menghilangkan material anorganik seperti plastik, logam, dan material lain yang tidak mudah terurai. Limbah sayuran kemudian dipotong atau dicacah menjadi ukuran yang lebih kecil. Seluruh bahan selanjutnya dicampur dengan air, EM4, dan molase hingga diperoleh campuran yang relatif homogen.

C. Prosesedur Pengoperasian Biodigister

Prosedur pengoperasian biodigester dilakukan melalui beberapa tahap. Tahap pertama adalah pemeriksaan kondisi fisik alat, meliputi kondisi tangki, sambungan pipa, saluran pemasukan dan

pengeluaran, serta sistem penampungan biogas. Pemeriksaan dilakukan untuk memastikan tidak terdapat kebocoran yang dapat menyebabkan hilangnya biogas selama proses fermentasi.

Tahap kedua adalah persiapan dan pencampuran bahan. Bahan baku yang telah dipersiapkan dimasukkan ke dalam sistem pencacah dan pengaduk. Motor listrik kemudian dioperasikan untuk membantu proses pencacahan dan homogenisasi bahan. Setelah campuran homogen, substrat dimasukkan ke dalam tangki biodigester dan sistem ditutup untuk menciptakan kondisi anaerobik.

Tahap ketiga adalah proses fermentasi. Setelah tangki ditutup, bahan dibiarkan mengalami fermentasi secara anaerobik selama 20 hari. Selama proses berlangsung, sistem dipantau secara berkala untuk mengetahui perkembangan pembentukan biogas dan kondisi fermentasi.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Desain dan Konstruksi Biodigester

Biodigester memiliki dimensi 550 x 400 x 840 mm dengan kapasitas efektif 50 liter. Pencacah menggunakan motor induksi 200W yang menghasilkan putaran sekitar 1926 rpm. Struktur alat memanfaatkan bahan drum plastic yang tahan korosi dan mudah didapat.[10]



Gambar 1 (a) Hasil Perancangan dan (b) Hasil Pembuatan

Gambar 1 menunjukkan hasil perancangan dan pembuatan prototipe biodigester. Gambar 1(a) merupakan hasil perancangan tiga dimensi (3D) yang dibuat menggunakan perangkat lunak desain teknik, sedangkan Gambar 1(b) menunjukkan hasil realisasi alat setelah proses fabrikasi

Secara umum, rancangan biodigester terdiri atas beberapa komponen utama, yaitu tangki fermentasi, saluran masuk bahan organik, saluran keluaran gas biometana, dan saluran pembuangan residu hasil fermentasi. Pada bagian atas sistem dilengkapi unit pencacah bahan organik yang digerakkan oleh motor listrik untuk mempercepat proses dekomposisi sebelum bahan dimasukkan ke dalam tangki fermentasi.

Hasil pembuatan menunjukkan bahwa konstruksi alat telah sesuai dengan rancangan awal. Rangka alat menggunakan baja ringan agar memiliki kekuatan struktural yang memadai serta ketahanan terhadap beban dinamis dari motor pencacah. Tangki fermentasi menggunakan bahan plastik drum yang tahan terhadap korosi serta mampu menahan tekanan gas selama proses fermentasi anaerob berlangsung.

Dari hasil pengujian awal, seluruh sistem dapat berfungsi sesuai dengan perancangan. Motor penggerak bekerja stabil dalam mencacah bahan organik, dan gas yang dihasilkan berhasil dialirkan menuju wadah penampung melalui pipa penghubung. Secara keseluruhan, tingkat kesesuaian antara desain konseptual dan hasil realisasi tergolong tinggi, dengan beberapa penyesuaian minor yang dilakukan pada tahap fabrikasi akibat keterbatasan material di lapangan.

Dengan demikian, proses perancangan dan pembuatan biodigester ini dinilai berhasil karena rancangan konseptual dapat diwujudkan menjadi prototipe yang berfungsi sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu menghasilkan biogas dari bahan organik melalui proses fermentasi anaerob secara efektif dan efisien.

Adapun data yang telah diperoleh dari proses fermentasi selama 20 hari dengan 2 kali proses fermentasi dengan menggunakan ukuran EM4 yang berbeda seperti pada tabel berikut ini:

Tabel 1 Hasil Produksi Biogas dan Pupuk Cair

Bahan	Hari ke	Tekanan(Mpa)	Keterangan.
Kotoran Kambing 5 Kg Kotoran Ayam 5 Kg Air 15 liter EM4 1 liter Molase 1 liter Bahan penambah (sekam padi)	1	Tidak ada	Api tidak menyala.
	3	Tidak ada	Api tidak menyala.
	5	Tidak ada	Api tidak menyala.
	10	Tidak terbaca	Api menyala namun kecil.
	15	Tidak terbaca	Api menyala sedang.
	20	Tidak terbaca	Api menyala sedang dan terus.

Tabel 2 Hasil Produksi Biogas dan Pupuk cair

Bahan	Hari ke	Tekanan(Mpa)	Keterangan
Kotoran kambing 5 Kg Kotoran ayam 5 Kg Air 15 liter EM4 3 liter Molase 1 liter Bahan penambah (sekam padi)	1	Tidak ada	Api belum menyala(proses fermentasi awal).
	3	Rendah	Mulai terbentuk gas, api mulai tampak kecil.
	5	Mulai terbaca	Gas mulai meningkat, api menyala kecil.
	10	Terbaca sedang	Aktivitas mikroba tinggi, api menyala cukup besar dan stabil.
	15	Terbaca sedang	Api menyala sedang dan stabil
	20	Terbaca sedang	Api menyala sedang dan lebih tahan lama dibandingkan penggunaan EM4 1 liter.

Pada pengujian pertama (Tabel 1), digunakan campuran kotoran sapi 5 kg, kotoran ayam 5 kg, air 15 liter, EM4 1 liter, dan molase 1 liter. Berdasarkan hasil pengamatan, produksi gas belum terlihat signifikan hingga hari ke-15, dan api yang dihasilkan masih kecil serta tidak stabil. Hal ini menunjukkan bahwa proses fermentasi berjalan lambat akibat rendahnya aktivitas bakteri metanogen yang dipengaruhi oleh jumlah inokulan (EM4) yang terbatas.

Sementara itu, pada pengujian kedua (Tabel 2) dilakukan penambahan volume EM4 menjadi 3 liter dan pengurangan air menjadi 3 liter. Hasilnya menunjukkan peningkatan yang signifikan terhadap waktu pembentukan gas. Pada hari ke-5 sudah mulai terbentuk gas, dan pada hari ke-10 api mulai menyala dengan stabil. Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan jumlah EM4 mempercepat proses fermentasi anaerob karena ketersediaan mikroorganisme yang lebih banyak untuk menguraikan bahan organik.[6]

Secara keseluruhan, hasil perbandingan menunjukkan bahwa variasi volume EM4 berpengaruh terhadap laju pembentukan biogas dan kualitas nyala api yang dihasilkan. Penambahan EM4 hingga 3 liter terbukti lebih efektif dalam mempercepat proses fermentasi dan meningkatkan kestabilan produksi biogas dibandingkan dengan penggunaan EM4 sebanyak 1 liter.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan terhadap alat biodigester untuk mengubah limbah organic menjadi pupuk cair dan biogas, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada alat biodigester yang telah dibuat secara fermentasi menghasilkan pupuk cair sebanyak 300ml yang dilakukan selama 20 hari.
2. Pada alat biodigester yang telah dibuat secara fermentasi menghasilkan biogas dengan nyala api sedang dan terus-menerus yang dilakukan selama 20 hari.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Astutik, D., Rahhutami, R., Handini, A, S., & Sutopo, A (2020). The Utilization of Effective Microorganism 4 (EM4) on Growth of Oil Palm Seeding in Pre Nursery Citra Widya Edukasi Palm Oil Polytechnic,. *International Journal of Multi Discipline Science (IJ-MDS, 3*(2), 39-43.

[2] Bhatia, A. (2012). *Basic fundamentals of gear drives (Course No. M06-031).* Continuing Education and Developments Inc. https:www.cedengineering.com/userfiles/M06-031%20-%20Basic%20Fundamentals%20of520Gear%20Dreives%20-%20US.pdf

[3] Febrianti, P., & Sitorus, N. (2024). Pembuatan Biosigester Type Batch Skala 120 Liter Untuk menghasilkan Biogas dari Campuran Bahan Baku Kotoran Kambing, Kotoran Ayam dan Limbah Sayur.*Jurnal Sains Dan Teknologi, 2*. https:/doi.org/10.58169/saintek.v3i2.678

[4] Fitzgerald, A. E., Kingsley, C., & Umans, S. D. (2013). *Electric Machinery (7th ed.).* New York: McGraw-Hill Education.

[5] Halim, N., & Irawan, A. (2016). *RANCANG BANGUN ALAT PERAGA BIODIGESTER TIPE SILINDER (FLOATING DRUM).*

[6] Hidayat, C., Widiawati, Y., Tiesnamurti, B., Pramono, A., Krisnan, R., & Shiddieqy, M. I (2021). *Comparison of methane production from cattle, buffalo, goat, rabbit, chicken and duck manure. IOP Conference Series: Earth and Enviromental Science, 648*(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/648/1/012112

[7] Indonesia, U., Teknik, F., Studi, P., & Kimia, T. (2009). *UNIVERSITAS INDONESIA UNTUK MENGHASILKAN GAS METAN.*

[8] Mahardhian Dwi Putra, G., Haji Abdullah, S., Priyati, A., Ajeng Setiawati, D., & Abdul Mutallib, S. (2017). Rancang Bangun Reaktor Biogas Tipe Portabel Dari Limbah Kotoran Ternak Sapi. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem, 5*(1), 369-374. https://doi.org/10.29303/jrpb.v5il.49

[9] Otogwung, O. M., & Idonibuoyeobu, D. C. (2022). *Optimization of Single-Phase Induction Motor for Improved Optimal Control*. *6*(3), 67–82

[10]Sularso, 1997. Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin. Jakarta: Pradnya Pramita