

PENERAPAN TEKNOLOGI BIOMASS DIGESTER REACTOR DENGAN FEEDBACK CONTROL SYSTEM UNTUK PEMBUATAN BIOGAS DARI KOTORAN SAPI DALAM MEWUJUDKAN SDG'S DESA

Helda Wika Amini¹, Boy Arief Fachri², Elida Novita³, Husnul Khotimah⁴,
M Zikrillah⁵, Moch Irgi Fadhilal Abi⁶, Lutfia Pradisha Budiarti⁷,
Abdul Fatah Ismail⁸, Rafly Surya Permana⁹

^{1,2,4,5,6}Program Studi Teknik Kimia, Universitas Jember, Indonesia

^{1,2}Research Center for Biobased Chemical Product, Universitas Jember, Jember, Indonesia

³Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Jember, Indonesia

^{7,8,9}Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Jember, Indonesia

heldawikaamini@unej.ac.id

ABSTRAK

Abstrak: Desa Tanah Wulan menghadapi masalah penumpukan kotoran sapi yang mencemari lingkungan dan berisiko terhadap kesehatan. Tujuan pengabdian ini adalah memberdayakan masyarakat dengan meningkatkan keterampilan teknis (hardskill) dalam pengoperasian dan pemeliharaan teknologi Biomass Digester Reactor (BDR), serta pemahaman tentang manfaat biogas. Selain itu, kegiatan ini juga bertujuan memperkuat softskill dalam kerja sama pengumpulan dan distribusi kotoran sapi melalui pembentukan kelompok kerja di tingkat RT atau dusun. Kegiatan melibatkan 6 mahasiswa Universitas Jember dan masyarakat setempat, dengan mitra Kelompok Ternak yang berjumlah 20 orang dan Pemerintah Desa yang berjumlah 10 orang. Evaluasi menunjukkan 70% anggota kelompok ternak mampu mengoperasikan reaktor dengan baik, sementara 30% masih kesulitan dalam pemeliharaan. Pemahaman masyarakat terhadap manfaat biogas meningkat sebesar 80%, namun 40% masih kesulitan dalam pengoperasian dan perawatan reaktor. Program ini memberikan manfaat ekonomi, dengan efisiensi energi dan penggunaan pupuk organik, namun memerlukan pelatihan berkelanjutan dan peningkatan kapasitas reaktor untuk mendukung keberlanjutan.

Kata Kunci: Biogas; Energi Terbarukan; Kotoran Sapi; Digester; Reaktor.

Abstract: Tanah Wulan Village faces the issue of accumulated cow manure that pollutes the environment and poses health risks. The aim of this community service project is to empower the community by enhancing their technical skills (hardskill) in operating and maintaining the Biomass Digester Reactor (BDR) technology, as well as increasing their understanding of the benefits of biogas. Additionally, this project aims to strengthen the community's soft skills in collaborating on the collection and distribution of cow manure through the formation of workgroups at the RT (neighborhood) or dusun (village) level. The activity involves 6 students from the University of Jember and local residents, with the Livestock Group and Village Government as partners. Evaluation shows that 70% of livestock group members can operate the reactor well, while 30% still face challenges in maintenance. The community's understanding of biogas benefits increased by 80%, but 40% still struggle with operation and maintenance. The program provides economic benefits through energy efficiency and organic fertilizer use, but requires ongoing training and reactor capacity improvements for sustainability.

Keywords: Biogas; Renewable Energy; Cow Manure; Digester; Reactor.



Article History:

Received: 28-11-2024

Revised : 04-01-2025

Accepted: 07-01-2025

Online : 01-02-2025



This is an open access article under the
CC-BY-SA license

A. LATAR BELAKANG

Desa Tanah Wulan, yang terletak di Kecamatan Maesan, Kabupaten Bondowoso, Provinsi Jawa Timur, merupakan salah satu desa dengan potensi pertanian dan peternakan yang signifikan. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2022, jumlah penduduk desa ini mencapai 4.544 jiwa (BPS, 2023) dengan sebagian besar penduduknya, yaitu 1.231 orang, bekerja sebagai petani atau pekerja perkebunan (Dinas Komunikasi dan Informatika, 2021). Selain itu, hampir setiap keluarga di desa ini memelihara sapi sebagai sumber penghasilan tambahan, menjadikan peternakan sapi sebagai salah satu kegiatan utama masyarakat, dan tercatat jumlah ternak sapi di Desa Tanah Wulan mencapai 1.614 ekor sapi (BPS Kabupaten Bondowoso, 2020).

Produksi kotoran sapi dengan estimasi 15-20 kg per ekor per hari. Jika tidak dikelola dengan baik, limbah ini berpotensi mencemari lingkungan sekitar dan menimbulkan risiko kesehatan bagi masyarakat (Putra & Seniari, 2024). Selama ini, kotoran sapi hanya dimanfaatkan untuk pembuatan kompos. Namun, metode ini kurang optimal karena masih menghasilkan bau tidak sedap dan tidak sepenuhnya mengurangi dampak pencemaran. Oleh karena itu, diperlukan solusi yang lebih efektif dan berkelanjutan untuk mengelola limbah ini. Salah satu alternatif yang dapat diimplementasikan adalah pengolahan kotoran sapi menjadi biogas (Ratminingsih & Jumadi, 2021).

Biogas merupakan sumber energi terbarukan yang dihasilkan melalui proses anaerobic digestion dari biomassa seperti kotoran sapi. Teknologi ini tidak hanya menghasilkan energi terbarukan, tetapi juga produk sampingan berupa pupuk cair (*bio slurry*) dan pupuk padat, yang dapat dimanfaatkan untuk keperluan pertanian. Kandungan utama biogas terdiri dari metana (CH₄) sebesar 50-70% dan karbon dioksida (CO₂) sebesar 20-40%, yang menjadikannya sumber energi bersih dan efisien (Li et al., 2019; Soeprijanto et al., 2017). Di sisi lain, penggunaan biogas dapat memberikan dampak positif dalam mengurangi ketergantungan masyarakat pada bahan bakar fosil serta mendukung penghematan biaya rumah tangga (Kusmiyati et al., 2023; Shaibur et al., 2021).

Permasalahan utama yang dihadapi oleh Desa Tanah Wulan terkait dengan penumpukan limbah kotoran sapi yang tidak terkelola dengan baik. Penumpukan ini tidak hanya menciptakan bau tidak sedap, tetapi juga meningkatkan risiko penyebaran penyakit akibat kontaminasi mikroba patogen, seperti *Escherichia coli*, yang ditemukan dalam kotoran sapi (Manyi-Loh et al., 2016). Upaya pemerintah desa untuk menyediakan lahan pembuangan yang jauh dari permukiman hanya bersifat sementara, karena metode ini tidak melibatkan pengolahan limbah yang dapat mengatasi akar permasalahan. Akibatnya, dampak negatif terhadap kesehatan masyarakat dan kualitas lingkungan tetap ada (Farid, 2020). Oleh karena itu, diperlukan pendekatan berbasis teknologi yang tidak hanya mengeliminasi limbah

tetapi juga memberikan manfaat tambahan bagi masyarakat. Solusi yang diusulkan adalah pengolahan limbah kotoran sapi menjadi biogas melalui penerapan teknologi *Biomass Digester Reactor* (BDR). Teknologi ini menawarkan keunggulan berupa efisiensi tinggi dan kemampuan menghasilkan produk sampingan yang bermanfaat seperti pupuk organik cair dan padat, sehingga memberikan nilai tambah bagi masyarakat.

Berbagai penelitian telah membuktikan manfaat dari pemanfaatan kotoran sapi sebagai bahan baku biogas. Penelitian oleh Manyi-Loh et al., (2016), menunjukkan bahwa pengolahan limbah kotoran sapi dapat mengurangi risiko kesehatan yang diakibatkan oleh mikroba patogen seperti *Escherichia coli*. Essar et al. (2021) menyatakan bahwa biogas dapat menjadi solusi energi alternatif yang tidak hanya ramah lingkungan tetapi juga mendukung ketahanan energi di tingkat lokal. Selain itu, terdapat beberapa penelitian menegaskan bahwa teknologi pengolahan limbah berbasis anaerobic digestion mampu meningkatkan efisiensi produksi energi serta memberikan manfaat lingkungan (Soeprijanto et al., 2017; Li et al., 2019).

Teknologi *Biomass Digester Reactor* (BDR) dengan sistem umpan balik (*feedback control system*) merupakan salah satu solusi inovatif yang dapat diterapkan di Desa Tanah Wulan. Teknologi ini mampu mengoptimalkan proses produksi biogas dengan efisiensi tinggi (Kusmiyati et al., 2023). Implementasi teknologi BDR tidak hanya memberikan manfaat ekonomi bagi masyarakat desa tetapi juga mendukung pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs), khususnya pada poin ketujuh, yaitu Desa Berenergi Bersih dan Terbarukan.

Program ini bertujuan untuk meningkatkan kapasitas masyarakat dalam mengelola limbah kotoran sapi melalui pelatihan dan implementasi teknologi BDR. Dengan adanya program ini, diharapkan masyarakat Desa Tanah Wulan dapat mengatasi permasalahan limbah, meningkatkan kesehatan lingkungan, dan memperoleh manfaat ekonomi yang berkelanjutan. Inisiatif ini juga mendukung visi Rencana Induk Penelitian dan Pengabdian Universitas Jember (RIPP UNEJ) 2021-2025 dalam bidang energi baru dan terbarukan, sehingga memberikan kontribusi nyata bagi pembangunan desa berbasis energi hijau.

B. METODE PELAKSANAAN

Desa Tanah Wulan, yang terletak di Kecamatan Maesan, Kabupaten Bondowoso, berada di lereng Pegunungan Argopuro dan memiliki potensi besar dalam sektor peternakan. Kelompok ternak, yang terdiri dari 20 anggota aktif, menjadi sasaran utama program ini karena peran pentingnya dalam pengelolaan limbah ternak, yang merupakan fokus penerapan teknologi *Biomass Digester Reactor* (BDR) untuk memanfaatkan limbah sebagai sumber energi terbarukan. Selain itu, pemerintah desa menjadi sasaran kedua yang terdiri dari 10 orang dengan dukungan berupa penyediaan fasilitas lokasi, bantuan dalam sosialisasi, serta dorongan untuk

meningkatkan partisipasi masyarakat, sehingga memperkuat pelaksanaan program ini.

Pelaksanaan program pengabdian penerapan teknologi *Biomass Digester Reactor* (BDR) dengan *feedback control system* untuk pembuatan biogas dari kotoran sapi dilaksanakan di Desa Tanah Wulan, bekerja sama dengan Universitas Jember dan melibatkan 6 mahasiswa. Metode kegiatan dalam program ini terdiri dari dua tahapan utama, yaitu sosialisasi dan pembuatan BDR. Pada tahap sosialisasi, metode yang digunakan adalah ceramah dan diskusi interaktif untuk memberikan pemahaman tentang teknologi BDR dan pentingnya pengelolaan limbah ternak. Sementara pada tahap pembuatan BDR, dilakukan simulasi langsung dan praktik lapangan untuk membangun dan mengoperasikan reaktor biogas, dengan bimbingan dari dosen dan mahasiswa yang terlibat dalam program ini. Tahapan Kegiatan Program Pengabdian Teknologi Biomass Digester Reactor (BDR) sebagai berikut:

1. Pra-Pelaksanaan

Pada tahap ini, kegiatan yang dilakukan meliputi koordinasi dengan pihak pemerintah desa, penentuan lokasi yang strategis untuk pemasangan reaktor, serta persiapan materi sosialisasi. Kegiatan utama pada tahap ini adalah penyusunan rencana jadwal pelaksanaan, pengadaan bahan dan peralatan, serta pembentukan tim yang akan terlibat dalam program. Sosialisasi kepada masyarakat desa menjadi langkah pertama yang penting untuk memberikan pemahaman dasar tentang biogas dan manfaatnya.

2. Pelaksanaan

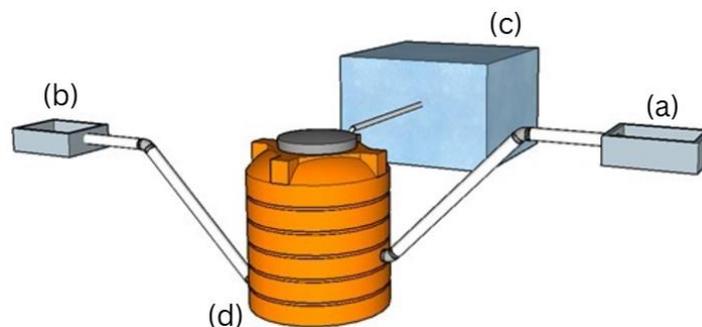
Pada tahap pelaksanaan, program dimulai dengan sosialisasi yang mencakup pemberian materi mengenai pengenalan biogas, proses pembuatan, serta manfaatnya sebagai energi alternatif yang lebih ramah lingkungan dan ekonomis bagi masyarakat Desa Tanah Wulan. Sosialisasi dilaksanakan dengan ceramah dan diskusi interaktif. Tabel 1 menunjukkan materi dan pembekalan kegiatan pengabdian masyarakat yang dilakukan pada tanggal 04 Juli 2024, dengan peserta masyarakat desa Tanah Wulan.

Tabel 1. Materi Sosialisasi dan Pembekalan Kegiatan Pengabdian Masyarakat

No	Tanggal	Materi	Peserta	Pemateri
1	04 Juli 2024	Sosialisasi mengenai pengenalan biogas dan manfaatnya	Masyarakat Desa Tanah Wulan	Helda Wika Amini, S.Si., M.Si., M.Sc.
2	04 Juli 2024	Sosialisasi mengenai pembuatan reaktor biogas	Masyarakat Desa Tanah Wulan	M. Ardy Ardan

Selanjutnya, dilakukan tahap pembuatan BDR yang mencakup pemilihan lokasi strategis dekat dengan sumber kotoran sapi dan bahan tangki yang tahan korosi. Instalasi sistem penyimpanan dan distribusi

biogas yang aman juga dipasang. Proses pembuatan reaktor biogas dimulai dengan penggalian tanah untuk tangki reaktor, inlet, dan outlet. Pemasangan pipa PVC dilakukan untuk menghubungkan tangki reaktor dengan bak inlet dan outlet. Desain instalasi biogas dapat dilihat pada Gambar 1, dengan digester berkapasitas 1100 liter yang dibangun di area Balai Desa Tanah Wulan.



Gambar 1. Rancangan Instalasi Biogas; (a) Inlet kotoran sapi; (b) Outlet *slurry*; (c) Penampung gas; (d) *Biomass Digestion Reactor* (BDR)

3. Evaluasi

Pada tahap evaluasi, sistem yang digunakan untuk mengukur tingkat keberhasilan kegiatan melibatkan observasi dan wawancara. Observasi dilakukan untuk memantau sejauh mana masyarakat dapat mengoperasikan dan memelihara reaktor biogas secara mandiri setelah pelatihan. Wawancara dilakukan dengan anggota kelompok ternak dan pihak terkait untuk mendapatkan umpan balik mengenai pemahaman mereka terhadap teknologi biogas, serta efektivitas distribusi dan pemanfaatan biogas. Evaluasi ini bertujuan untuk mengetahui dampak program terhadap pengelolaan limbah ternak dan keberlanjutan penggunaan biogas di desa.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Diskusi dengan Kepala Desa Tanah Wulan

Pertemuan dengan Bapak Mulyono selaku Kepala Desa Tanah Wulan untuk membahas rencana pembangunan reaktor biogas berbasis kotoran sapi di Desa Tanah Wulan bertujuan untuk memperkenalkan program, mengidentifikasi permasalahan lokal, serta mendapatkan dukungan dan masukan dari pihak desa. Tim pengabdian memaparkan tujuan utama program, yaitu mengatasi permasalahan penumpukan limbah ternak yang berdampak negatif terhadap kebersihan dan kesehatan lingkungan, sekaligus memanfaatkan potensi biogas sebagai sumber energi terbarukan. Hasil diskusi menunjukkan dukungan penuh dari Bapak Mulyono, dengan harapan program ini dapat memberikan manfaat langsung bagi kesejahteraan masyarakat desa.

Pertemuan selanjutnya dilakukan untuk membahas desain teknis reaktor, lokasi instalasi, dan strategi distribusi biogas. Diskusi difokuskan pada penyesuaian desain reaktor agar sesuai dengan kondisi lokal, termasuk efisiensi penggunaan lahan dan kemudahan operasional. Bersama dengan pihak desa, tim pengabdian melakukan survei lokasi untuk instalasi reaktor, dengan mempertimbangkan aksesibilitas, jarak dari permukiman, dan aspek keamanan. Selain itu, strategi distribusi biogas kepada masyarakat turut dibahas untuk memastikan pemanfaatan energi yang adil dan efektif.

2. Sosialisasi Biogas

Program pengabdian yang dilaksanakan di Desa Tanah Wulan, Kecamatan Maesan, Kabupaten Bondowoso, diawali dengan kegiatan sosialisasi untuk memberikan pemahaman kepada masyarakat mengenai pentingnya pengolahan kotoran sapi sebagai salah satu potensi energi terbarukan. Kegiatan ini bertujuan untuk memperkenalkan konsep dasar biogas, manfaatnya, serta langkah-langkah pembuatan reaktor biogas yang sesuai dengan kebutuhan lokal. Sosialisasi diadakan pada hari Rabu, 4 Juli 2024, dan dihadiri oleh 15 warga desa serta Kepala Desa Tanah Wulan, Bapak Mulyono. Peserta sosialisasi ini dipilih sebagai tim pengelola reaktor biogas yang nantinya akan bertanggung jawab dalam pengoperasian dan pengelolaan reaktor biogas di Desa Tanah Wulan.

Antusiasme warga selama kegiatan sangat tinggi, ditunjukkan melalui partisipasi aktif dan tanggapan positif terhadap materi yang disampaikan seperti pada Gambar 2. Acara dibuka dengan penjelasan mengenai pengolahan kotoran sapi sebagai bahan baku utama biogas dan potensi manfaatnya bagi masyarakat, seperti pengurangan limbah, peningkatan kebersihan lingkungan, dan penyediaan energi alternatif. Materi ini disampaikan oleh Helda Wika Amini, S.Si., M.Si., M.Sc., selaku Ketua Tim Pengabdian. Selanjutnya, sesi kedua membahas teknik pembuatan reaktor biogas, mulai dari desain hingga operasional, yang dijelaskan oleh M. Ardy Ardan, salah satu asisten tim pengabdian. Pada sosialisasi ini diharapkan masyarakat tidak hanya memahami manfaat biogas, tetapi juga memiliki kemampuan untuk mengelola teknologi tersebut secara mandiri. Kegiatan ini mendorong Desa Tanah Wulan menuju pengelolaan limbah ternak yang lebih berkelanjutan sekaligus pemanfaatan energi terbarukan yang ramah lingkungan.



Gambar 2. Kegiatan sosialisasi biogas

3. Pembangunan *Biomass Digester Reactor* (BDR)

Biomass Digester Reactor (BDR) merupakan teknologi yang dirancang untuk mengonversi biomassa, khususnya kotoran sapi menjadi biogas. Penerapan teknologi BDR menjadi solusi inovatif untuk mengelola limbah ternak sekaligus menyediakan sumber energi terbarukan bagi masyarakat. BDR dirancang menggunakan konsep *fixed dome digester*, yang telah terbukti efektif dalam memproses biomassa menjadi biogas (Suwandi et al., 2021). Pembangunan digester dengan kapasitas 1100 liter dengan bentuk menyerupai kubah yang terdiri dari 3 bagian utama. Bagian pertama berupa inlet yang berfungsi sebagai tempat pencampuran kotoran sapi dengan air sebelum masuk ke reaktor. Bagian kedua adalah reaktor biogas yang berfungsi sebagai tempat berlangsungnya proses fermentasi yang menghasilkan biogas sebelum disalurkan ke kantong penampung gas. Bagian terakhir berupa outlet yang terbagi menjadi 2 yaitu outlet gas dan outlet *bio slurry*.

Kotoran sapi membutuhkan waktu \pm dua minggu yaitu lebih singkat dari bahan lainnya seperti limbah cair tahu untuk memproduksi biogas (Muanah et al., 2023). Proporsi pencampuran air dan kotoran sapi adalah 2 : 1 untuk memastikan proses fermentasi berlangsung dengan baik (Soliu & Onunka, 2019). Total kotoran sapi 200 liter digunakan bersama dengan 400 liter air sehingga jumlah substrat keseluruhan di digester 600 liter yang mewakili 54,55% dari volume digester. Proses pembentukan biogas dari kotoran sapi berlangsung melalui dekomposisi bahan organik secara anaerob, yaitu tanpa adanya kontak dengan udara bebas. Proses ini menghasilkan gas yang sebagian besar terdiri atas metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2) yang dikenal sebagai biogas. Biogas tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar karena kandungan metana yang mudah terbakar. Pembusukan anaerob ini melibatkan aktivitas mikroorganisme, terutama bakteri metanogen, yang berperan dalam merombak bahan organik. Proses fermentasi berlangsung optimal pada suhu antara 25-55°C, karena pada rentang suhu ini mikroorganisme bekerja dengan efisien. Komposisi gas yang dihasilkan selama pembentukan biogas dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi gas pembentukan biogas

Jenis Gas	Jumlah (%)
Metana (CH ₄)	54 – 70
Karbon dioksida (CO ₂)	27 – 45
Nitrogen (N)	0,5 – 3
Karbon monoksida (CO)	0,1
Oksigen (O ₂)	0,1
Hidrogen sulfida (H ₂ S)	Sedikit sekali

(Sumber: Wardana et al., 2021)

4. Evaluasi Kegiatan

Evaluasi program penerapan teknologi *Biomass Digester Reactor* (BDR) di Desa Tanah Wulan dilakukan dengan menggunakan dua metode, yaitu observasi dan wawancara. Tujuan evaluasi ini adalah untuk mengukur sejauh mana masyarakat, khususnya anggota kelompok ternak dan pemerintah desa, memahami dan dapat mengoperasikan reaktor biogas, serta untuk mengetahui kendala yang masih ada dalam pelaksanaan program.

a. Metode Observasi

Observasi dilakukan terhadap pengoperasian dan pemeliharaan reaktor biogas oleh masyarakat. Aspek yang diamati meliputi: (1) Kemampuan masyarakat dalam mengoperasikan reaktor; (2) Pemahaman masyarakat terhadap prosedur pemeliharaan dan perawatan reaktor; dan (3) Efektivitas sistem pengumpulan dan transportasi kotoran sapi. Berdasarkan hasil observasi terhadap 20 anggota kelompok ternak, sekitar 70% (14 orang) masyarakat mampu mengoperasikan reaktor dengan baik, namun 30% (6 orang) masih mengalami kesulitan dalam proses pemeliharaan dan perawatan reaktor. Beberapa anggota masyarakat belum sepenuhnya memahami prosedur yang diperlukan untuk menjaga kinerja reaktor secara optimal.

b. Metode Wawancara

Wawancara dilakukan dengan 20 anggota kelompok ternak dan 10 orang pemerintah desa untuk mendapatkan umpan balik mengenai pemahaman masyarakat tentang biogas dan pengoperasian reaktor. Pertanyaan wawancara mencakup topik-topik berikut: (1) Pemahaman tentang manfaat biogas sebagai energi alternatif; (2) Kemampuan dalam mengoperasikan dan merawat reaktor biogas; dan (3) Persepsi tentang masalah pengumpulan dan distribusi kotoran sapi.

Hasil wawancara menunjukkan bahwa 80% (16 orang) masyarakat anggota kelompok ternak memahami manfaat biogas sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan ekonomis. Namun, sekitar 40% (8 orang) dari masyarakat mengungkapkan kesulitan dalam mengoperasikan dan memelihara reaktor, terutama terkait dengan pemahaman teknis yang

masih kurang. Mengenai masalah pengumpulan dan distribusi kotoran sapi, 60% masyarakat setuju bahwa pembentukan kelompok kerja di tingkat RT atau dusun dapat membantu meringankan beban. Di sisi lain, 90% (9 orang) dari pemerintah desa yang diwawancarai mendukung keberlanjutan program ini dan mengakui pentingnya distribusi biogas yang lebih efisien. Pemerintah desa juga menilai bahwa pelatihan lebih lanjut untuk masyarakat sangat diperlukan untuk menjaga keberhasilan program jangka panjang.

D. SIMPULAN DAN SARAN

Program penerapan teknologi Biomass Digester Reactor (BDR) di Desa Tanah Wulan berhasil mengelola limbah ternak menjadi biogas, meskipun terdapat tantangan dalam pemahaman teknis dan pengoperasian reaktor. Evaluasi menunjukkan bahwa 70% masyarakat dapat mengoperasikan reaktor dengan baik, tetapi 30% masih kesulitan dalam pemeliharaan. Selain itu, 80% masyarakat memahami manfaat biogas, namun 40% mengalami kesulitan dalam operasional reaktor. Pemerintah desa mendukung program ini dan menilai pelatihan lanjutan sangat penting untuk menjaga keberlanjutan program serta efisiensi distribusi biogas.

Saran untuk meningkatkan keberhasilan program dapat melakukan pelatihan lanjutan secara berkala yang disertai dengan modul atau video tutorial. Peningkatan kapasitas reaktor dan pembentukan kelompok kerja di tingkat RT dapat membantu mengatasi masalah pengumpulan limbah. Selain itu, dapat dilakukan penelitian untuk meningkatkan efisiensi fermentasi dengan menambahkan *bio-activators* atau *co-digestion* dengan limbah organik lain seperti limbah dapur atau pertanian. Penelitian juga dapat dilakukan pada analisis ekonomi dan dampak lingkungan dari implementasi BDR untuk mengukur efisiensi biaya dan kontribusi terhadap pengurangan emisi karbon.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim penulis menyampaikan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LP2M) Universitas Jember atas pendanaan pengabdian dengan skema Program Dosen Mengabdikan di Desa Asal (PROSENDI DESA) 2024, sehingga kegiatan pengabdian ini dapat terlaksana dengan baik. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada Tim Pelaksana Pengabdian, kelompok ternak, Pemerintah Desa Tanah Wulan, dan mahasiswa yang sudah meluangkan waktunya dalam kegiatan ini sehingga dapat berjalan dengan lancar.

DAFTAR RUJUKAN

- BPS. (2023). *Kecamatan Maesan Dalam Angka*. 1–125.
- Dinas Komunikasi dan Informatika, B. (2021). *Desa Tanah Wulan 2022*.
- Essar, M. Y., Kazmi, S. K., Hasan, M. M., Costa, A. C. dos S., & Ahmad, S. (2021). The Rampant Use of Cow Dung to Treat COVID-19: Is India at the Brink of a Zoonotic Disease Outbreak? *Journal of Medical Virology*, *93*(12), 6471–6473. <https://doi.org/10.1002/jmv.27258>
- Farid, M. (2020). Pendampingan pengelolaan limbah kotoran sapi menjadi pupuk organik kepada peternak sapi di Desa Pandanarum Kecamatan Tempeh Lumajang. *Khidmatuna: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, *1*(1), 59–74.
- Kusmiyati, K., Wijaya, D. K., Hartono, B. J. R., Shidik, G. F., & Fudholi, A. (2023). Harnessing the power of cow dung: Exploring the environmental, energy, and economic potential of biogas production in Indonesia. *Results in Engineering*, *20*(July), 101431. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101431>
- Li, Y., Alaimo, C. P., Kim, M., Kado, N. Y., Peppers, J., Xue, J., Wan, C., Green, P. G., Zhang, R., & Jenkins, B. M. (2019). Composition and toxicity of biogas produced from different feedstocks in California. *Environmental Science & Technology*, *53*(19), 11569–11579.
- Manyi-Loh, C. E., Mamphweli, S. N., Meyer, E. L., Makaka, G., Simon, M., & Okoh, A. I. (2016). An Overview of The Control of Bacterial Pathogens In Cattle Manure. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *13*(9), 1-27. <https://doi.org/10.3390/ijerph13090843>
- Muanah, M., Wiryono, B., Huda, A. A., Afriatin, A., Julkarnain, J., Pasae, Y., Songli, Y., & Yubelina, S. (2023). Penyuluhan Dan Pembuatan Instalasi Biogas Berbahan Limbah Ternak Sapi Di Desa Andalan Lombok Utara. *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, *7*(6), 6136–6144.
- Putra, I. K. P., & Seniari, N. M. (2024). A Analisis Potensi Limbah Kotoran Sapi Sebagai Sumber Energi Listrik Terbarukan. *Electrician: Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Elektro*, *18*(3), 348–353.
- Ratminingsih, & Jumadi. (2021). A Study on the Potential of Cow Dung Waste as an Environmentally Friendly Alternative Energy Source. *Proceedings of the 7th International Conference on Research, Implementation, and Education of Mathematics and Sciences (ICRIEMS 2020)*, *528*(Icriems 2020), 76–80. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.210305.012>
- Shaibur, M. R., Husain, H., & Arpon, S. H. (2021). Utilization of cow dung residues of biogas plant for sustainable development of a rural community. *Current Research in Environmental Sustainability*, *3*(2), 100026. <https://doi.org/10.1016/j.crsust.2021.100026>
- Soeprijanto, Suprpto, Hari P, D., Puspita, N. F., Pudjiastuti, L., Setiawan, B., Eka T, W., Ferdiansyah, A., Nurlaili, & Anzip, A. (2017). Pembuatan Biogas dari Kotoran Sapi Menggunakan Biodigester di Desa Jumput Kabupaten Bojonegoro. *Sewagati*, *1*(1), 17. <https://doi.org/10.12962/j26139960.v1i1.2984>
- Soliu, G. A., & Onunka, C. (2019). The Use of Solid Fuel for Biogas Production in a Biodigester. *Journal of Physics: Conference Series*, *1378*(2), 22093.
- Suwandi, A., Nicko Deva, H., Nuryadin, R., Maulana, E., & Suyitno, B. M. (2021). Perancangan Produk dan Proses Manufaktur Biodigester Tipe Fixed Dome untuk Rumah Mandiri Energi. *JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa)*, *6*(2), 285–298. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.31544/jtera.v6.i2.2021.285-296>
- Wardana, L. A., Lukman, N., Mukmin, M., Sahbandi, M., Bakti, M. S., Amalia, D. W., Wulandari, N. P. A., Sari, D. A., & Nababan, C. S. (2021). Pemanfaatan Limbah Organik (Kotoran Sapi) Menjadi Biogas dan Pupuk Kompos. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, *4*(1), 201–207.