

Pemanfaatan Limbah Ternak Sapi sebagai Energi Bersih melalui Biogas di Nogosari, Boyolali***(Utilization of Cattle Waste as Clean Energy through Biogas in Nogosari, Boyolali)***

¹Arif Hidayat Purwono, ¹Fatimah Nur Hidayah*, ²Haikal, ²Yehezkiel Petra Kamandungan, ²Bagas Setiawan

¹Program Studi D3 Teknik Mesin, ²Program Studi S1 Teknik Mesin
Sekolah Tinggi Teknologi “Warga” Surakarta

Jl. Raya Solo–Baki No. Km 2, Kwarasan, Grogol, Sukoharjo, Jawa Tengah 57552

*Corresponding author: fatimahnur.h@sttw.ac.id

Abstrak

Program Pemberdayaan Masyarakat Pemula (PMP) ini bertujuan mengalihkan limbah kotoran ternak sapi menjadi sumber energi biogas bagi peternak di Desa Pulutan, Nogosari, Boyolali. Permasalahan utama mitra adalah penumpukan limbah ternak yang mencemari lingkungan serta ketergantungan tinggi terhadap LPG bersubsidi. Pendekatan *Participatory Rural Appraisal* (PRA) dipilih karena melibatkan masyarakat secara aktif mengikuti tahap identifikasi masalah hingga evaluasi, sehingga meningkatkan rasa memiliki, penerimaan teknologi, dan keberlanjutan program dibandingkan dengan pendekatan yang bersifat *top-down*. Hal ini diterapkan melalui sosialisasi, pelatihan teknis, pembangunan biodigester tipe kubah tetap berkapasitas 30 m³, pendampingan operasional, dan evaluasi berkelanjutan. Hasil menunjukkan biodigester berproduksi stabil pada hari ke-30, ditandai dengan nyala api biru yang memenuhi standar kualitas biogas. Sebanyak 85% peserta menyatakan minat mengembangkan biodigester secara mandiri. Penghematan energi rumah tangga diperkirakan mencapai Rp1.500.000–Rp2.000.000 per tahun per keluarga. Sisa fermentasi berupa slurry berpotensi dimanfaatkan sebagai pupuk organik. Program ini berkontribusi pada transisi energi bersih dan ekonomi hijau pedesaan.

Kata Kunci: Biogas, Ekonomi Hijau, Energi Bersih, Kotoran Sapi, Participatory Rural Appraisal

ABSTRACT

Pemberdayaan Masyarakat Pemula (PMP) Program aims to convert cow dung waste into a source of biogas energy for farmers in Pulutan Village, Nogosari, Boyolali. The main problem faced by the partners is the accumulation of livestock waste that pollutes the environment and a high dependence on subsidized LPG. The Participatory Rural Appraisal (PRA) approach was chosen because it actively involves the community from the problem identification stage to program evaluation, thereby increasing ownership, technology acceptance, and program sustainability compared to the top-down approach. This was carried out thru socialization, technical training, the construction of a 30 m³ fixed dome type biodigester, operational assistance, and continuous evaluation. The results show that the biodigester produces a stable output on the 30th day, marked by a blue flame that meets biogas quality standards. As many as 85% of participants expressed interest in independently developing biodigesters. Household energy savings are estimated to reach Rp1,500,000–Rp2,000,000 per year per family. Fermentation residues in the form of slurry have the potential to be used as organic fertilizer. This program contributes to the transition toward clean energy and a green rural economy.

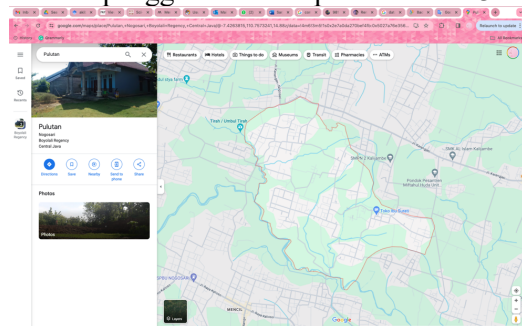
Keywords: Biogas, Cattle Manure, Clean Energy, Green Economy, Participatory Rural Appraisal

PENDAHULUAN

Indonesia menghadapi dua tantangan yang saling berkaitan: pengelolaan limbah peternakan yang belum optimal dan ketergantungan masyarakat perdesaan terhadap bahan bakar fosil, khususnya LPG bersubsidi. Pemerintah Indonesia telah menetapkan target bauran energi terbarukan sebesar 23% pada tahun 2025 melalui Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional, yang menuntut percepatan pemanfaatan energi alternatif di tingkat komunitas (Pemerintah RI, 2014). Pemanfaatan limbah peternakan sebagai sumber biogas merupakan solusi yang relevan secara teknis, ekonomis, dan lingkungan.

Kabupaten Boyolali merupakan salah satu sentra peternakan sapi terbesar di Provinsi Jawa Tengah. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Kabupaten Boyolali (2022), populasi sapi potong mencapai 106.765 ekor dan sapi perah sebanyak 94.143 ekor. Tingginya populasi ternak ini menghasilkan limbah organik dalam jumlah besar yang belum dimanfaatkan secara optimal dan menimbulkan pencemaran lingkungan (Hartin & Santoso, n.d.; Novendra Alfianto & Lambelanova, 2021).

Desa Pulutan di Kecamatan Nogosari memiliki populasi ternak sapi yang cukup signifikan. Kelompok Peternak Sapi Lembu Rahayu beranggotakan 25 peternak dengan total 250 ekor sapi, menghasilkan rata-rata 50 kg kotoran per peternak per hari. Sementara itu, 98% warga desa masih bergantung pada *Liquefied Petroleum Gas* (LPG) bersubsidi untuk keperluan memasak sehari-hari. Peta lokasi Desa Pulutan disajikan pada Gambar 1, kondisi limbah ternak pada Gambar 2, dan kondisi penggunaan LPG pada Gambar 3.



Gambar 1. Peta Wilayah Desa Pulutan, Kecamatan Nogosari, Kabupaten Boyolali (Google Maps, 2024)



Gambar 2. Kondisi Limbah Kotoran Ternak Sapi di Desa Pulutan Nogosari (Sumber: Dokumentasi Pribadi)



Gambar 3. Ketergantungan Warga Desa Pulutan terhadap LPG untuk Memasak Sehari-hari

Biogas merupakan energi terbarukan yang dihasilkan melalui proses fermentasi anaerobik bahan organik dalam kondisi tanpa oksigen (Al Seadi *et al.*, 2008). Berbagai kajian ilmiah telah membuktikan tingginya potensi kotoran sapi sebagai substrat biogas. Kunatsa *et al.* (2022) melaporkan potensi produksi biogas dari kotoran sapi mencapai 900 ml/gVS. Obileke *et al.* (2020) menghasilkan kandungan metana hingga 60% dari kotoran sapi menggunakan digester plastik sederhana. Akhator dan Musa (2022) mengevaluasi ko-digestasi kotoran sapi dalam biodigester kubah tetap 6 m³ dan menghasilkan kandungan metana 59,7%.

Kusmiyati *et al.* (2023) mengulas biogas hasil fermentasi anaerobik kotoran sapi umumnya mengandung sekitar 50–70% metana (CH₄) sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif pengganti *Liquefied Petroleum Gas* (LPG) untuk memasak maupun pembangkitan listrik. Kandungan metana tersebut menentukan nilai energi biogas, di mana metana memiliki nilai kalor sekitar 35,3 MJ/m³, sehingga semakin tinggi fraksi metana yang dihasilkan, semakin besar pula potensi energi yang dapat dimanfaatkan. Pada kegiatan pengabdian ini, biodigester menghasilkan nyala

api berwarna biru yang stabil, yang menunjukkan bahwa biogas yang dihasilkan memiliki kualitas pembakaran yang baik dan layak digunakan sebagai bahan bakar domestik.

Hasil ini sejalan dengan temuan Konieczna *et al.* (2024) yang menunjukkan bahwa peningkatan produksi metana selama proses fermentasi berkontribusi terhadap peningkatan kualitas biogas, sehingga pemanfaatan limbah kotoran sapi tidak hanya mampu mengurangi pencemaran lingkungan, tetapi juga berpotensi menjadi sumber energi terbarukan yang dapat mengurangi ketergantungan masyarakat terhadap LPG.

Di Indonesia, program biogas berbasis komunitas telah menunjukkan hasil menjanjikan. Sari *et al.* (2022) menyimpulkan bahwa partisipasi aktif masyarakat merupakan faktor penentu utama keberlanjutan program biogas, jauh melampaui pentingnya ketersediaan teknologi semata. Farid (n.d.) mencatat bahwa pendampingan pengelolaan limbah kotoran ternak berperan penting dalam meningkatkan kesadaran lingkungan dan kemandirian energi masyarakat desa.

Berdasarkan uraian di atas, tim pengabdian STTW Surakarta merancang program Pengabdian Masyarakat Pemula (PMP) dengan tiga tujuan: (1) meningkatkan pengetahuan dan keterampilan peternak mengenai teknologi biogas; (2) membangun unit biodigester yang fungsional; serta (3) mengurangi dampak pencemaran lingkungan sekaligus menekan pengeluaran energi rumah tangga melalui substitusi LPG dengan biogas.

SOLUSI/TEKNOLOGI

Kegiatan pengabdian dilaksanakan di Desa Pulutan, Kecamatan Nogosari, Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah, sepanjang tahun 2025. Mitra utama adalah Nur Solikin, Ketua Kelompok Peternak Sapi Lembu Rahayu, yang memiliki 12 ekor sapi penggemukan. Profil mitra disajikan pada Tabel 1 dan permasalahan prioritas pada Tabel 2.

Tabel 1. Profil Mitra Kelompok Peternak Sapi Lembu Rahayu

No.	Kriteria	Keterangan
1	Nama Ketua	Nur Solikin
2	Alamat	Pomahan RT 03/RW 03, Pulutan, Nogosari, Boyolali
3	Jumlah Anggota	25 peternak
4	Total Sapi	250 ekor (dominan sapi penggemukan; sebagian sapi perah)
5	Produksi Limbah	50 kg kotoran sapi/hari/peternak
6	Pengelolaan Limbah	Ditumpuk di kandang; sebagian dijadikan pupuk mentah di ladang
7	Harapan Mitra	Kotoran sapi diolah menjadi biogas untuk mengurangi pencemaran dan menghemat LPG

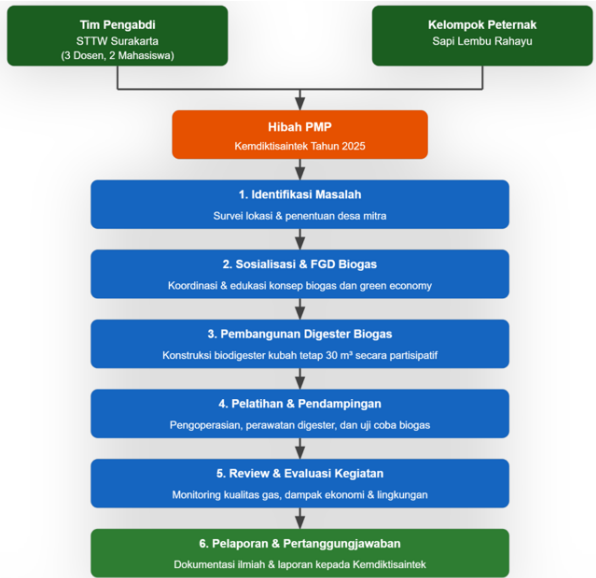
Tabel 2. Permasalahan Prioritas Mitra

No.	Permasalahan Prioritas
1	Belum adanya pemanfaatan kotoran sapi secara optimal sebagai sumber energi
2	Timbulnya pencemaran lingkungan (bau, limpasan cair) akibat penumpukan kotoran sapi
3	Kurangnya pengetahuan masyarakat tentang teknologi biogas dan cara pembuatannya
4	Tingginya ketergantungan terhadap LPG bersubsidi yang membebani ekonomi rumah tangga

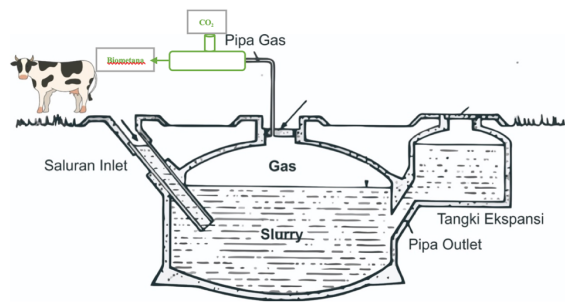
Pendekatan yang digunakan adalah PRA, sebuah metode pemberdayaan yang mengajak masyarakat terlibat langsung dalam setiap tahap kegiatan, mulai dari identifikasi masalah, perencanaan solusi, hingga implementasi dan evaluasi (Putri et al., n.d.). Pendekatan ini dipilih karena keberhasilan program teknologi tepat guna di pedesaan sangat bergantung pada sejauh mana masyarakat memahami dan merasa memiliki teknologi yang diintroduksi.

Tim pengabdian terdiri dari 3 dosen sesuai bidang keahlian dan 2 mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi “Warga” (STTW) Surakarta. Sosialisasi dan pelatihan melibatkan 30 peserta: 5 peternak anggota Kelompok Lembu Rahayu dan 25 ibu rumah tangga Desa Pulutan.

Secara teknis, biodigester yang dibangun menggunakan tipe kubah tetap (fixed-dome) berkapasitas 30 m³, terdiri dari empat komponen utama: saluran inlet, slurry tank, kubah pengumpul gas, dan tangki ekspansi. Tipe ini dipilih karena konstruksinya relatif sederhana, tahan lama tanpa komponen bergerak, dan menggunakan material lokal yang mudah diperoleh (Akhatior & Musa, 2022). Skema kegiatan pengabdian ditampilkan pada Gambar 4 dan desain teknis biodigester pada Gambar 5.



Gambar 4. Skema Kegiatan Pengabdian Masyarakat Pemberdayaan Masyarakat Pemula (PMP) Tahun 2025 (Sumber: Pribadi)



Gambar 5. Skema Gambaran Iptek Biodigester Tipe Kubah Tetap untuk Pemanfaatan Kotoran Sapi menjadi Biogas

Pengisian awal (*start-up*) biodigester menggunakan campuran kotoran sapi segar dan air dengan perbandingan volume 1:1. Proses fermentasi dipantau melalui pengamatan visual terhadap pembentukan gas (gelembung pada pipa *outlet*) dan stabilitas nyala api pada kompor biogas. Evaluasi program dilakukan melalui wawancara terstruktur untuk mengukur tingkat peningkatan pengetahuan dan minat adopsi teknologi. Tahapan lengkap pelaksanaan pengabdian disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Tahapan pelaksanaan kegiatan pengabdian di Desa Pulutan Nogosari, Boyolali

No.	Tahapan	Kegiatan	Output
1	Persiapan & Koordinasi	Survei lokasi, identifikasi potensi limbah ternak, koordinasi dengan peternak, sosialisasi konsep biogas dan green economy	Komitmen dan dukungan dari masyarakat dan mitra peternak
2	Edukasi & Pelatihan	Pelatihan teknis biogas, sosialisasi fermentasi anaerobik, manfaat biogas, dan pengelolaan slurry sebagai pupuk organik	Masyarakat memahami teknologi biogas secara komprehensif
3	Implementasi Teknologi	Pembangunan biodigester kubah tetap 30 m ³ secara partisipatif, konversi kotoran sapi menjadi biogas, monitoring input dan output reaktor	Sistem biogas fungsional di Pomahan Pulutan Nogosari Boyolali
4	Pendampingan & Evaluasi	Pendampingan operasional dan perawatan instalasi, evaluasi kualitas dan kuantitas gas, serah terima sistem biogas kepada mitra	Sistem biogas berjalan optimal; peternak mampu mengoperasikan secara mandiri

No.	Tahapan	Kegiatan	Output
5	Penguatan Ekonomi Sirkular	Pelatihan pemanfaatan slurry sebagai pupuk organik, simulasi nilai ekonomi biogas dan pupuk, penanaman nilai keberlanjutan	Terbentuknya ekosistem green economy berbasis biogas di tingkat komunitas

Material yang digunakan sebagian besar bersumber dari bahan lokal sehingga relatif terjangkau dan mudah diperoleh. Material tersebut meliputi semen, pasir, batu bata, pipa PVC, sambungan pipa (fitting), selang biogas, serta komponen pendukung instalasi seperti katup dan klem. Proses pembangunan biodigester secara rinci didokumentasikan pada Gambar 6.

HASIL DAN DISKUSI

Kondisi Awal dan Potensi Limbah Ternak

Berdasarkan hasil observasi dan wawancara awal, kandang mitra utama memiliki sekitar 15 ekor sapi aktif dengan rata-rata produksi kotoran 15–20 kg per ekor per hari. Potensi limbah padat yang dapat diolah berkisar 225–300 kg per hari hanya dari satu kandang mitra. Jika diproyeksikan ke seluruh kelompok (250 ekor, 25 peternak), total potensi limbah yang dapat dikonversi menjadi biogas mencapai 3.750–5.000 kg per hari. Hal ini merupakan potensi biomassa yang sangat signifikan.

Sebelum program berlangsung, limbah tersebut umumnya dibiarkan menumpuk di sekitar kandang sebelum dijadikan pupuk kompos mentah. Jarak rata-rata dari kandang ke rumah peternak hanya 2–4 meter, sehingga dampak bau dan risiko higienitas sangat terasa bagi penghuni rumah dan tetangga terdekat. Kondisi tersebut juga berpotensi menimbulkan dampak kesehatan, antara lain gangguan kenyamanan pernapasan akibat paparan gas hasil dekomposisi serta peningkatan risiko berkembangnya vektor penyakit, seperti lalat, akibat penumpukan limbah ternak. Oleh karena itu, pengelolaan limbah ternak yang tepat diperlukan untuk mendukung terciptanya lingkungan yang lebih bersih, sehat, dan nyaman bagi masyarakat sekitar. Kondisi ini merupakan contoh nyata dari potensi biomassa yang tidak dimanfaatkan, padahal nilai energinya sangat tinggi (Liebetrau et al., 2021).

Pembangunan dan Operasional Biodigester

Tim pengabdian bersama masyarakat membangun satu unit biodigester tipe kubah tetap berkapasitas 30 m³ secara partisipatif selama kurang lebih tiga minggu. Keterlibatan langsung peternak dalam proses konstruksi memiliki dua manfaat, yaitu mempercepat proses pembangunan sekaligus mendukung transfer pengetahuan dan keterampilan teknis, sehingga peternak mampu melakukan perawatan secara mandiri di kemudian hari.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Gambar 6. Proses Pembangunan Biodigester secara Partisipatif: (a) Pematokan, (b) Penggalian, (c) Instalasi Dinding *Slurry Tank*, (d) Instalasi Pipa Biogas, dan (e) Tangki Ekspansi

Setelah pengisian pertama dengan campuran kotoran sapi dan air (1:1), gas mulai terbentuk pada hari ke-3 hingga ke-5, ditandai munculnya gelembung pada pipa keluaran. Produksi gas meningkat bertahap dan mencapai kondisi stabil pada hari ke-30. Pola ini sesuai dengan karakteristik fermentasi anaerobik kotoran sapi pada kondisi suhu tropis, di mana fase adaptasi mikrobial berlangsung sekitar 2–4 minggu (Ahlberg-Eliasson et al., 2021; Malik et al., 2020). Pada kondisi stabil, biogas yang dihasilkan diestimasi mampu memenuhi kebutuhan memasak 10–15 keluarga secara bergantian.

Kualitas Biogas dan Uji Penggunaan

Pengujian kualitas biogas dilakukan menggunakan kompor biogas sederhana. Nyala api yang dihasilkan berwarna biru kehijauan dengan intensitas stabil (Gambar 7), mengindikasikan kandungan metana yang cukup tinggi dan memenuhi standar minimum biogas untuk penggunaan domestik. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa biogas memiliki kandungan metana sekitar 60%, yang menunjukkan kualitas biogas yang cukup baik untuk pemanfaatan domestik. Biodigester yang digunakan memiliki kapasitas 30 m³. Secara teoritis, kapasitas tersebut memiliki ekuivalensi energi sekitar 14,1 kg LPG atau setara dengan 4,7 tabung LPG 3 kg. Sementara itu, kebutuhan LPG mitra sebelum program mencapai 2 tabung per bulan dengan harga Rp 25.000 per tabung.

Dengan demikian, pemanfaatan biogas berpotensi menggantikan seluruh kebutuhan LPG rumah tangga mitra, sehingga dapat mengurangi pengeluaran energi hingga Rp 50.000 per bulan atau sekitar Rp 600.000 per tahun. Pemanfaatan biogas tersebut berpotensi mengurangi kebutuhan LPG rumah tangga dan memberikan penghematan biaya energi bagi mitra.

Waktu memasak yang diperlukan setara dengan penggunaan LPG, dan tidak ditemukan bau menyengat berlebihan, menandakan kadar H₂S berada dalam rentang yang dapat diterima. Temuan ini konsisten dengan Kusmiyati et al. (2023), yang menyatakan bahwa kotoran sapi murni adalah substrat efektif untuk menghasilkan biogas berkualitas tinggi bila fermentasi anaerobik berlangsung optimal.



Gambar 7. Nyala Api Biru Stabil pada Kompor Biogas sebagai Indikator Kandungan Metana yang Memadai

Aspek Sosial dan Partisipasi Masyarakat

Kegiatan sosialisasi dan pelatihan dihadiri 30 peserta, terdiri dari 5 peternak anggota Kelompok Lembu Rahayu dan 25 ibu rumah tangga. Antusiasme peserta tercermin dari keaktifan dalam sesi diskusi, banyaknya pertanyaan yang diajukan, serta respons positif saat uji coba kompor biogas (Gambar 8). Sekitar 85% peserta menyatakan minat untuk mengembangkan unit biodigester serupa secara mandiri atau kolektif bersama kelompok.



Gambar 8. Kegiatan Sosialisasi Biogas yang Dihadiri Peternak dan Ibu Rumah Tangga Desa Pulutan

Ibu-ibu rumah tangga yang turut hadir dalam sosialisasi menunjukkan ketertarikan yang tinggi terhadap biogas sebagai energi memasak alternatif (Gambar 9), mengingat mereka adalah pengguna langsung LPG sehari-hari yang paling merasakan dampak penghematan energi dari substitusi biogas.



Gambar 9. Ketertarikan Ibu-Ibu Rumah Tangga Desa Pulutan Terhadap Pemanfaatan Biogas untuk Memasak

Uji coba memasak menggunakan kompor biogas yang dilakukan secara langsung di hadapan peserta menjadi demonstrasi paling efektif dalam membangun kepercayaan terhadap teknologi ini (Gambar 10). Temuan ini mengonfirmasi Sari et al. (2022) yang menekankan bahwa demonstrasi langsung dan keterlibatan aktif merupakan strategi paling efektif dalam mendorong adopsi teknologi biogas di pedesaan. Proses serah terima sistem biogas kepada mitra peternak (Gambar 11) menjadi momen penting yang memperkuat rasa kepemilikan dan tanggung jawab masyarakat.



Gambar 10. Uji Coba Memasak menggunakan Kompor Biogas dalam Rangkaian Kegiatan Sosialisasi



Gambar 11. Serah Terima Satu Unit Sistem Biogas dari Tim Pengabdian STTW Surakarta kepada Mitra Peternak

Dampak Ekonomi dan Lingkungan

Dari aspek ekonomi, penggunaan biogas sebagai pengganti LPG diperkirakan menghemat pengeluaran rumah tangga Rp1.200.000–Rp2.000.000 per keluarga per tahun. Biogas yang dihasilkan memiliki kandungan metana sekitar 60%, dengan nilai kalor sekitar 21–22 MJ/m³. Berdasarkan kapasitas biodigester sebesar 30 m³, potensi energi yang tersimpan secara teoritis mencapai sekitar 630–660 MJ. Pemanfaatan biogas tersebut menunjukkan potensi sebagai sumber energi alternatif untuk kebutuhan memasak rumah tangga. Berdasarkan penggunaan di tingkat mitra, pemanfaatan biogas dapat mengurangi konsumsi sekitar 2–3 tabung LPG 3 kg per bulan. Selain itu, *slurry* yang dihasilkan dari fermentasi mengandung nitrogen, fosfor, dan kalium dalam bentuk yang lebih mudah diserap tanaman, sehingga berpotensi mengurangi kebutuhan pupuk kimia dan memberikan nilai tambah ekonomi bagi peternak yang juga bertani (Konieczna et al., 2024; Fransiscus & Simangunsong, 2021).

Dari aspek lingkungan, operasional biodigester mengurangi akumulasi limbah di permukaan tanah, menekan emisi metana (CH₄) tidak terkontrol ke atmosfer gas rumah kaca dengan potensi pemanasan global 28 kali lebih tinggi dari CO₂, serta mengurangi risiko pencemaran air tanah. Nadan dan Baroutian (2023) menggarisbawahi bahwa pencernaan anaerobik tidak hanya menghasilkan energi, tetapi secara bersamaan mengelola limbah dan mengurangi dampak lingkungan secara signifikan.

Dalam perspektif yang lebih luas, program ini berkontribusi pada tiga Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs): SDG 7 (Energi Bersih dan Terjangkau), SDG 11 (Kota dan Komunitas Berkelanjutan), serta SDG 13 (Penanganan Perubahan Iklim) (United Nations, 2015). Integrasi aspek teknis, sosial, dan lingkungan yang dilaksanakan secara simultan merupakan prasyarat keberhasilan program biogas komunitas yang berdampak jangka panjang (Liebetrau et al., 2021). Hal ini sekaligus selaras dengan agenda nasional green economy dalam Asta Cita pemerintah dan Rencana Induk Riset Nasional bidang Energi Baru dan Terbarukan (RISTEKDIKTI, 2017). Kegiatan ini sejalan dengan Asta Cita pemerintah dan Rencana Induk Riset Nasional bidang Energi Baru dan Terbarukan (RISTEKDIKTI, 2017). Sebagai tindak lanjut keberlanjutan program, mitra diberikan pengetahuan dan keterampilan mengenai pengoperasian serta perawatan biodigester dan jaringan biogas, termasuk pemeriksaan kebocoran pada sambungan pipa, katup, dan selang secara berkala. Selain itu, mitra diberikan pemahaman mengenai prinsip keselamatan dan kesehatan kerja (K3) dalam pemanfaatan biogas, seperti menjauhkan sumber api dari instalasi biogas, memastikan ventilasi ruang memasak memadai, segera memeriksa dan memperbaiki kebocoran, serta tidak melakukan modifikasi instalasi tanpa prosedur yang tepat. Penerapan prinsip K3 tersebut diharapkan dapat meminimalkan risiko kebocoran gas, kebakaran, dan gangguan keselamatan lainnya, sekaligus mendukung keberlanjutan pemanfaatan biogas sebagai sumber energi alternatif bagi masyarakat.

KESIMPULAN

Program Pengabdian Masyarakat Pemula (PMP) di Desa Pulutan Nogosari, Boyolali berhasil mengimplementasikan teknologi biodigester tipe kubah tetap berkapasitas 30 m³ berbasis limbah kotoran sapi secara partisipatif. Tiga simpulan utama dapat ditarik dari kegiatan ini.

Pertama, secara teknis, biodigester mencapai produksi gas yang stabil pada hari ke-30 dengan kualitas nyala api biru yang memenuhi standar penggunaan domestik, membuktikan feasibilitas teknologi biogas skala komunitas di wilayah peternakan sapi

tropis.

Kedua, secara sosial, kegiatan sosialisasi dan demonstrasi langsung berhasil meningkatkan pengetahuan dan minat adopsi masyarakat secara signifikan, dengan 85% peserta menyatakan keinginan mengembangkan biodigester secara mandiri atau kolektif.

Ketiga, secara ekonomi-lingkungan, program ini menghasilkan manfaat ganda: pengurangan pencemaran lingkungan, penghematan energi rumah tangga Rp1,2–2 juta per tahun, dan produksi slurry sebagai pupuk organik bernilai tambah yang mendukung pertanian berkelanjutan.

Untuk menjamin keberlanjutan program, tiga rekomendasi diajukan: (1) pendampingan teknis rutin selama minimal satu tahun pertama operasional; (2) dukungan kebijakan dan akses pendanaan dari pemerintah daerah untuk pengembangan unit biodigester baru di kelompok yang lebih luas; serta (3) kajian lanjutan mengenai kuantifikasi produksi biogas aktual, analisis kelayakan ekonomi komprehensif, dan optimasi pemanfaatan slurry sebagai pupuk organik cair.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan penghargaan dan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan, Sains, dan Teknologi (Kemdiktisaintek) atas dukungan pendanaan melalui Program Hibah Pemberdayaan Masyarakat Pemula (PMP) Tahun Anggaran 2025, sesuai Kontrak Nomor: 003/A/P2MEx/PMP/PPPM/STTW/VI/2025.

Apresiasi juga disampaikan kepada Kelompok Peternak Sapi Lembu Rahayu, khususnya Bapak Nur Solikin selaku Ketua Kelompok, serta seluruh warga Desa Pulutan yang telah berpartisipasi aktif dalam seluruh rangkaian kegiatan pengabdian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Ahlberg-Eliasson, K., Westerholm, M., Isaksson, S., & Schnürer, A. (2021). Anaerobic digestion of animal manure and influence of organic loading rate and temperature on process performance, microbiology, and methane emission from digestates. *Frontiers in Energy Research*, 9.

- <https://doi.org/10.3389/fenrg.2021.740314>
- Akhatior, P., & Musa, B. (2022). Anaerobic co-digestion of food waste and cow dung in a pilot fixed-dome bio-digester for biogas production. *International Journal of Engineering Science and Application*, 6(3).
- Al Seadi, T., Rutz, D., Prassl, H., Köttner, M., Finsterwalder, T., Volk, S., & Janssen, R. (2008). *Biogas handbook*. University of Southern Denmark Esbjerg.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Boyolali. (2022). *Populasi ternak menurut kecamatan dan jenis ternak di Kabupaten Boyolali 2019–2022*. <https://boyolalikab.bps.go.id>
- Farid, M. (n.d.). Pendampingan pengelolaan limbah kotoran sapi menjadi pupuk organik kepada peternak sapi di Desa Pandanarum Kecamatan Tempeh Lumajang. Universitas Sebelas Maret.
- Fransiscus, Y., & Simangunsong, T. L. (2021). Anaerobic digestion of industrial tempeh wastewater with sludge from cow manure biogas digester as inoculum: Effect of F/M ratio on the methane production. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 11(3).
- Google Maps. (2024). Peta wilayah Desa Pulutan Nogosari Boyolali. <https://www.google.com/maps/place/Pulutan,+Nogosari,+Boyolali+Regency>
- Hartin, A. G. S. P., & Santoso, E. B. (n.d.). Analisa nilai tambah produk olahan susu segar dalam penentuan produk unggulan lokal di Desa Sukorejo Kecamatan Musuk Kabupaten Boyolali.
- Konieczna, A., Borek, K., Hołaj-Krzak, J. T., Dybek, B., Anders, D., Szymenderski, J., ... & Wałowski, G. (2024). The potential of utilizing cattle (cow) manure for biomethane production — An experiment for photofermentation. *Energies*, 17(23). <https://doi.org/10.3390/en17236119>
- Kunatsa, T., Zhang, L., & Xia, X. (2022). Biogas potential determination and production optimisation through optimal substrate ratio feeding in co-digestion of water hyacinth, municipal solid waste and cow dung. *Biofuels*, 13(5), 631–641. <https://doi.org/10.1080/17597269.2020.1835452>
- Kusmiyati, Wijaya, D. K., & Ridwan Hartono, B. J. (2023). Advancements in biogas production from cow dung: A review of present and future innovations. *E3S Web of Conferences*, 448. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202344804005>
- Liebetrau, J., Wellisch, M., Lyng, K.-A., Bochmann, G., McCabe, B. K., Harris, P. W., ... & Murphy, J. D. (2021). Potential and utilization of manure to generate biogas in seven countries. *IEA Bioenergy*.
- Malik, W., Mohan, C., & Annachhatre, A. P. (2020). Community based biogas plant utilizing food waste and cow dung. *Materials Today: Proceedings*, 28, 1910–1915. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.312>
- Nadan, M. K., & Baroutian, S. (2023). Prospective of pretreatment and anaerobic digestion of dairy cow manure in Fiji. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 98(7), 1584–1597. <https://doi.org/10.1002/jctb.7388>
- Novendra Alfianto, D., & Lambelanova, R. (2021). Pemberdayaan usaha mikro kecil menengah susu sapi perah di Kabupaten Boyolali. *Jurnal Ilmu Pemerintahan Suara Khatulistiwa*, 6(2), 91–114. <https://doi.org/10.33701/j-3p.v6i2.1960>
- Obileke, K., Mamphweli, S., Meyer, E. L., Makaka, G., & Nwokolo, N. (2020). Design and fabrication of a plastic biogas digester for the production of biogas from cow dung. *Journal of Engineering*, 2020, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2020/1848714>
- Ojo, O. M. (2021). Biogas quantity and quality from digestion and co-digestion of food waste and cow dung. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 25(7), 1289–1293. <https://doi.org/10.4314/jasem.v25i7.26>
- Pemerintah Republik Indonesia. (2014). *Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional*. Sekretariat Kabinet RI.
- Putri, A., Rahmah, E. M., Rifanela, H., & Qonita, N. B. (n.d.). Penerapan teknik Participatory Rural Appraisal (PRA) dalam menangani permasalahan lingkungan di Desa Sukamaju Kabupaten Sukabumi. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 2022(20), 378–385.

- <https://doi.org/10.5281/zenodo.7243114>
RISTEKDIKTI. (2017). Rencana Induk Riset Nasional 2017–2045. Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi RI. <https://www.sci.ui.ac.id/wp-content/uploads/2022/02/Rencana-Induk-Nasional-Tahun-2017-2045.pdf>
- Sari, A. I., Suwanto, Suminah, & Purnomo, S. H. (2022). Community participation in utilizing livestock waste biogas to support sustainable energy development. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 17(3), 841–848.
<https://doi.org/10.18280/ijstdp.170314>
- United Nations. (2015). Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development. UN General Assembly Resolution A/RES/70/1. <https://sdgs.un.org/2030agenda>