

Pemberdayaan Masyarakat Desa Cibitung Wetan Menuju Pertanian dan Pernakan Berkelanjutan Berbasis Bioenergi Limbah Organik

(Community Empowerment of Cibitung Wetan Village Toward Sustainable Agriculture and Livestock Through Organic Waste Bioenergy Systems)

**Yessie Widya Sari^{1*}, Akhiruddin Maddu¹, Rina Mardiana², Angga Saputra¹, Abdurrahman Bahtiar¹,
Dani Indrawati Berlianingtyas², Zahra Firda Santoso², Desi Alifia Putri², Ibrahim Purawiardi^{1,3},
Prima Zuldian³, Mohamad Ikbai Hidayah¹, Raihan Muhammad Akmal¹**

¹ Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, IPB University, Kampus IPB Dramaga, Bogor, Jawa Barat, Indonesia 16680.

² Departemen Sains Komunikasi dan Pengembangan Masyarakat, Fakultas Ekologi Manusia, IPB University, Kampus IPB Dramaga, Bogor, Jawa Barat, Indonesia 16680.

³ Pusat Riset Teknologi Konversi Energi, Badan Riset dan Inovasi Nasional, KST BJ Habibie Gd. 480, Tangerang Selatan, Banten, Indonesia 15314.

*Penulis Korespondensi: yessie.sari@apps.ipb.ac.id
Diterima Desember 2024/Disetujui Desember 2025

ABSTRAK

Sektor agribisnis dan peternakan merupakan salah satu sektor yang menghasilkan limbah dalam jumlah besar, yang sering kali dibuang tanpa pengolahan, sehingga dapat mencemari lingkungan. Limbah organik, khususnya kotoran ternak, memiliki potensi untuk diolah menjadi produk bermanfaat seperti energi baru terbarukan (EBT), salah satunya biogas. Desa Cibitung Wetan, Kecamatan Pamijahan memiliki potensi peternakan dan pertanian yang besar untuk produksi dan pemanfaatan biogas. Program pengabdian kepada masyarakat yang dilakukan oleh tim Departemen Fisika dan Departemen Sains Komunikasi dan Pengembangan Masyarakat IPB University menasar masyarakat Desa Cibitung Wetan, khususnya peternak domba. Kegiatan ini bertujuan mengembangkan sektor pertanian dan peternakan berkelanjutan yang berkontribusi pada peningkatan produksi serta penurunan emisi gas rumah kaca. Metode pelaksanaan kegiatan dilakukan melalui empat tahapan utama, yaitu sosialisasi, penyuluhan dan pelatihan pembuatan digester, penerapan teknologi digester serta pendampingan dan evaluasi. Pada program ini, tim IPB bekerjasama dengan Kelompok Taruna Tani Transfarmers Desa Cibitung Wetan, Kecamatan Pamijahan dalam proses pembuatan digester. Hasil penyuluhan menunjukkan peningkatan pengetahuan dan sikap masyarakat sebesar 49% berdasarkan *pre-test* dan *post-test*. Pendampingan intensif juga meningkatkan keterampilan mitra dalam instalasi, pemantauan, dan perawatan sistem. Program ini membuktikan bahwa pemanfaatan limbah ternak dan pertanian melalui teknologi digester dapat mendukung kemandirian energi, meningkatkan nilai tambah limbah, serta mendorong terwujudnya sistem pertanian dan peternakan berkelanjutan berbasis masyarakat.

Kata kunci: biogas, kotoran domba, limbah pertanian, pertanian berkelanjutan

ABSTRACT

The agribusiness sector and livestock are among the key contributors to waste production, which is often dumped indiscriminately, resulting in environmental pollution. Organic wastes, such as livestock manure, are also considered to have a great potential for producing energy, including biogas, which is considered a renewable source of energy. Cibitung Wetan Village, Pamijahan District, is a village that has a high potential for agricultural and livestock development, which is very suitable for biogas production and utilization. A community engagement program was conducted by a team of members from the Department of Physics and the Department of Communication and Community Development Sciences, IPB University, to target the community of Cibitung Wetan Village, Pamijahan District, particularly sheep farmers. The main goal of this program is to promote agricultural and livestock development sustainably to increase production, reducing greenhouse gases emitted to the atmosphere. The implementation of this community engagement program was conducted through four stages, including socialization, education and training on digester construction, application of digester technology, and mentoring and evaluation. In this program, a team of members from IPB University worked together with Taruna Tani Transfarmers Farmer Group, Cibitung Wetan Village, on the construction of the digester. The training activities also revealed an increase of 49% in the knowledge and attitude of the

participants, as evaluated through pre-test and post-test methods. Intensive mentoring also improved the partners' skills in the technical areas of installation, monitoring, and maintenance of the digester system. This program shows that the use of livestock and agricultural wastes through the application of the digester system can be an alternative route to self-sufficiency in energy production, can create more added value to the wastes, and can contribute to the development of community-based sustainable agriculture and livestock production systems.

Keywords: agricultural waste, biogas, livestock waste, sustainable agriculture

PENDAHULUAN

Sektor agribisnis dan peternakan merupakan salah satu sektor yang menghasilkan limbah dalam jumlah besar, yang sebagian besar dibuang begitu saja dan dapat memberikan dampak buruk bagi alam. Berdasarkan data KLHK 2023, melalui website resminya timbulan sampah mencapai 38.795.897,60 (ton/tahun) dengan komposisi lebih dari 60% merupakan sampah organik. Di sisi lain, limbah tersebut memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan menjadi berbagai produk bermanfaat yang sangat diperlukan masyarakat. Salah satunya adalah sebagai sumber energi baru dan terbarukan (EBT). Salah satu bentuk EBT adalah biogas. Biogas dapat dihasilkan dari proses anaerobik limbah organik. Salah satu limbah organik yang berpotensi menghasilkan biogas adalah limbah kotoran ternak.

Desa Cibitung wetan merupakan salah satu desa yang berada di kecamatan Pamijahan Kabupaten Bogor. Desa ini memiliki luas wilayah sebesar 2,34 km². Aktivitas peternakan di wilayah Pamijahan didominasi oleh ternak domba. Data Badan Pusat Statistik pada tahun 2020 mencatat terdapat 2.749 peternak domba dengan jumlah domba sebanyak 24.011 (BPS 2024). Berdasarkan data dan informasi yang diberikan Karang Taruna Transfarmers Desa Cibitung Wetan, Kecamatan Pamijahan, Kabupaten Bogor, terdapat peningkatan jumlah peternak baru di wilayah tersebut. Peningkatan peternak domba yang diiringi peningkatan jumlah domba akan menghasilkan peningkatan limbah kotoran domba. Hal ini memberikan potensi yang sangat menjanjikan bagi produksi biogas (Alma'atah *et al.* 2021; Achinas *et al.* 2018). Selain beternak, perekonomian Pamijahan juga meliputi pertanian palawija (padi, ubi kayu, ubi jalar, talas) serta buah dan sayuran. Beberapa contoh komoditas buah dan sayuran yang banyak dihasilkan diantaranya adalah alpukat, pisang, cempedak, timun, buncis, cabai, dan tomat. Selain itu, ini bisa menjadi salah satu solusi untuk mengatasi masalah kekurangan pupuk dengan memanfaatkan limbah organik yang berasal dari

sampah rumah tangga, sisa-sisa hasil pertanian, kotoran hewan, serta limbah dari peternakan dan pasar setempat. Meskipun Pamijahan merupakan salah satu penghasil komoditas pertanian untuk ibu kota, masih dibutuhkan penerapan pertanian yang lebih modern dan berkelanjutan (Ramadhani 2023).

Pengembangan sektor pertanian dan peternakan yang berkelanjutan diharapkan tidak hanya mampu berkontribusi dalam peningkatan produksi pertanian peternakan namun juga pada penurunan emisi rumah kaca. Departemen Fisika FMIPA IPB telah melakukan penelitian produksi biogas dan pupuk cair menggunakan kotoran sapi yang ditambah dengan cangkang telur dan limbah cair kelapa sawit (Sari *et al.* 2020). Selain itu, biogas juga dapat diproduksi melalui pengolahan kotoran ternak yang dicampur dengan jerami padi (Eswanto *et al.* 2018). Dengan memodifikasi teknologi yang sudah ada, diharapkan dengan proses anaerob kotoran domba dan jerami padi ataupun limbah pertanian lainnya, biogas dan pupuk cair dapat dihasilkan. Biogas dapat digunakan sebagai sumber bahan bakar kompor untuk memasak dan pupuk cair yang dapat digunakan untuk meningkatkan produktivitas pertanian. Program pengabdian kepada masyarakat yang dilakukan oleh tim Departemen Fisika dan Departemen Sains Komunikasi dan Pengembangan Masyarakat IPB University terhadap masyarakat Desa Cibitung Wetan, khususnya peternak domba ini bertujuan untuk mengembangkan sektor pertanian dan peternakan berkelanjutan yang mampu berkontribusi dalam peningkatan produksi pertanian peternakan dan penurunan emisi gas rumah kaca. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah terwujudnya sebuah model untuk memanfaatkan kotoran domba dan limbah pertanian sebagai sumber biogas yang efektif dan berkelanjutan, sehingga meningkatkan kemandirian energi, nilai tambah limbah, serta kapasitas dan partisipasi masyarakat dalam pengelolaan pertanian dan peternakan yang ramah lingkungan.

METODE PELAKSANAAN KEGIATAN

Lokasi, Waktu, dan Partisipan

Kegiatan ini dilaksanakan di Desa Cibitung Wetan, Kecamatan Pamijahan, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Kegiatan dilaksanakan pada Juli–Desember 2024 melalui empat tahapan utama, yaitu sosialisasi, penyuluhan dan pelatihan pembuatan digester, penerapan teknologi digester, serta pendampingan dan evaluasi. Partisipan yang terlibat adalah tiga orang mahasiswa Departemen Fisika dan tiga orang mahasiswa Sains Komunikasi dan Pengembangan Masyarakat, dua orang dosen Departemen Fisika, satu orang dosen Departemen Sains Komunikasi dan Pengembangan Masyarakat IPB University sebagai tim pelaksana kegiatan, dua orang alumni IPB sebagai *project manager*, Kelompok Taruna Tani Transfarmers sebagai mitra sasaran program, serta warga Desa Cibitung Wetan sebagai penerima manfaat program.

Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang digunakan diantaranya terdiri atas, ATK (alat tulis kantor), satu set alat digester, kotoran domba, limbah pertanian, EM4, molase, kantung gas, dan kompor.

Metode Pelaksanaan

Kegiatan ini dilaksanakan dari bulan Juli hingga bulan Desember 2024 dengan beberapa tahapan kegiatan yang terdiri dari eksperimen

laboratorium untuk menentukan formula optimum pembuatan biogas dan proyek turun lapang untuk penyuluhan, pelatihan dan penerapan teknologi digester seperti yang tertera pada Tabel 1. Pelaksanaan program melibatkan mahasiswa aktif, dosen dan alumni dari Departemen Fisika dan Departemen Sains Komunikasi dan Pengembangan Masyarakat IPB University.

Metode Pengumpulan, Pengolahan, dan Analisis Data

Metode pengumpulan data dalam penelitian pemberdayaan masyarakat di Desa Cibitung Wetan, Pamijahan dilakukan melalui beberapa teknik. Pada tahap sosialisasi pengenalan kegiatan, data dikumpulkan menggunakan metode observasi partisipatif dan wawancara dengan tokoh masyarakat serta kelompok tani-ternak untuk mengidentifikasi pemahaman awal dan kebutuhan masyarakat. Dokumentasi berupa foto, video, dan catatan lapangan juga dilakukan untuk merekam proses sosialisasi dan respon masyarakat. Penyuluhan dan pelatihan pembuatan digester, pengumpulan data dilaksanakan melalui *pre-test* dan *post-test* untuk mengukur peningkatan pengetahuan peserta. Selain itu, metode *focus group discussion* (FGD) digunakan untuk menggali persepsi dan tanggapan peserta terhadap materi yang disampaikan. Pada tahap penerapan teknologi digester, data dikumpulkan menggunakan metode eksperimental dengan mencatat parameter-parameter penting seperti

Tabel 1 Pelaksanaan program

Kegiatan	Tempat	Waktu	Deskripsi kegiatan
Sosialisasi pengenalan kegiatan	Balai Desa Cibitung Wetan, Pamijahan	19 Juli 2024	Sosialisasi pengenalan kegiatan ini bertujuan untuk mengenalkan dan mempromosikan pertanian berkelanjutan melalui inovasi dan teknologi biogas kepada mitra dan masyarakat desa.
Penyuluhan <i>zero waste</i> untuk kemandirian energi dan pelatihan pembuatan digester.	Balai Desa Cibitung Wetan, Pamijahan	03 September 2024 dan 12 Oktober 2024	Kegiatan ini bertujuan untuk mengenalkan konsep <i>zero waste</i> melalui pemanfaatan biogas serta pengenalan konsep pembuatan digester kepada mitra dan masyarakat desa.
Penerapan teknologi digester (eksperimen skala laboratorium dan instalasi digester)	Laboratorium Material Fungsional Departemen Fisika dan Kandang domba Transfarmers, Desa Cibitung Wetan.	11 Juli 2024 dan 12 Oktober 2024	Kegiatan ini merupakan praktik penerapan teknologi digester dengan formula yang telah didapat secara eksperimen dengan melibatkan partisipasi aktif mitra.
Pendampingan dan evaluasi program	Kandang ternak kelompok Tani Ternak Transfarmers, Desa Cibitung Wetan	Oktober–Desember 2024	Kegiatan ini merupakan kunjungan lapang secara rutin yang bertujuan untuk memantau kemajuan dan mengevaluasi penerapan teknologi digester yang telah dilakukan.

volume biogas yang dihasilkan, suhu, pH, dan waktu retensi. Pengambilan sampel dilakukan secara berkala untuk analisis laboratorium guna mengetahui kualitas biogas dan *bio-slurry* yang dihasilkan. Untuk tahap pendampingan dan evaluasi program, metode pengumpulan data dilakukan melalui observasi lapangan. Data yang dikumpulkan mencakup adopsi teknologi, kendala yang dihadapi, dan dampak program terhadap kehidupan masyarakat. Dokumentasi berkelanjutan dan pencatatan lapang juga dilakukan untuk memantau perkembangan program. Semua data yang terkumpul kemudian dianalisis secara deskriptif kualitatif dan kuantitatif untuk mengevaluasi keberhasilan program pemberdayaan masyarakat.

Metode pengolahan dan analisis informasi dalam studi ini melibatkan beberapa pendekatan. Data kualitatif yang diperoleh dari observasi partisipatif, wawancara, diskusi kelompok terfokus, dan dokumentasi diproses melalui tahap pengurangan data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Tahap pengurangan data dilaksanakan dengan menyusun dan memilih informasi-informasi penting yang relevan dengan tujuan penelitian, selanjutnya data tersebut disajikan dalam bentuk deskripsi dan matriks. Microsoft Excel berfungsi sebagai alat utama untuk membantu pengolahan dan analisis data kuantitatif, di mana data mentah dari hasil pengamatan dimasukkan ke dalam spreadsheet yang teratur. Data *pre-test* dan *post-test* peserta pelatihan diolah menggunakan Excel untuk menghasilkan grafik dan diagram yang menunjukkan peningkatan pemahaman masyarakat. Data eksperimental terkait parameter biogas seperti volume, suhu, pH, dan waktu retensi dianalisis menggunakan metode statistik inferensial untuk mengetahui efektivitas teknologi digester yang diterapkan. Hasil analisis laboratorium terhadap kualitas biogas dan *bio-slurry* diolah secara kuantitatif dan dibandingkan dengan standar yang berlaku. Untuk mengukur tingkat keberhasilan program secara keseluruhan, dilakukan triangulasi data dengan mengintegrasikan hasil analisis kualitatif dan kuantitatif, sehingga diperoleh kesimpulan mengenai dampak program pemberdayaan terhadap masyarakat Desa Cibitung Wetan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Profil Mitra

Desa Cibitung Wetan adalah desa yang terletak di Kecamatan Pamijahan, Kabupaten Bogor, dengan ketinggian antara 300–400 mdpl dan suhu rata-rata berkisar antara 22–28°C. Luas wilayahnya mencapai 243 ha. Dari kondisi yang ada, lahan terbagi menjadi dua ekosistem, yaitu ekosistem lahan pertanian basah dan lahan kering. Lahan sawah seluas 180 ha, sementara lahan kering mencapai 63 ha. Sumber daya alam di desa Cibitung Wetan dimanfaatkan untuk sektor pertanian dan peternakan, dengan padi dan palawija sebagai komoditas utama. Di bagian utara, desa ini berbatasan dengan Sungai Cianten atau Desa Karyasari, di timur berbatasan dengan Sungai Cikuluwung atau Desa Cibitung Kulon, sebelah selatan berbatasan dengan Desa Cibitung Kulon, dan sebelah barat dengan Sungai Cianten atau Desa Purasari. Jika dilihat dari karakteristik wilayahnya, Cibitung Wetan menjadi salah satu kawasan pengembangan pertanian yang berperan penting dalam penyediaan pangan bagi masyarakat Kabupaten Bogor. Selain padi, hasil palawija seperti ubi jalar, jagung manis, dan berbagai jenis kacang juga cukup menonjol. Selain mengandalkan pertanian dan palawija, Cibitung Wetan juga berpotensi dalam pengembangan perikanan dan peternakan. Pengembangan ini didukung oleh adanya usaha pembesaran kambing, ayam ras, serta ikan mas, nila, dan lele.

Transfarmers merupakan kelompok Taruna Tani di Cibitung Wetan yang berfokus pada pengembangan pertanian dan peternakan berkelanjutan. Kelompok ini beranggotakan 21 pemuda berusia 20–30 tahun yang berdedikasi memberdayakan petani dan peternak melalui inovasi teknologi, pelatihan kewirausahaan dan pendekatan agribisnis. Dengan paradigma pembangunan ekonomi lokal, Transfarmers bertujuan meningkatkan kesejahteraan petani, memperkuat ketahanan pangan dan memajukan ekonomi masyarakat setempat. Transfarmers juga berencana untuk memperkenalkan profesi tani ternak kepada generasi muda di desa sejak dini. Melalui kegiatan eduwisata di lapangan, Transfarmer akan mengajarkan tentang pen-

tingnya pertanian dan peternakan sebagai sektor produktif dan potensial untuk dijadikan usaha. Upaya tersebut diharapkan dapat membuat pemahaman bahwa budaya bertani dengan menjadi petani atau peternak tidak hanya sekedar bekerja di lahan atau peternakan, tetapi juga menjadi pengusaha yang memaksimalkan hasil dan berinovasi dalam penggunaan teknologi. Upaya tersebut juga diharapkan terus dikembangkan dengan dukungan berbagai pihak sehingga dapat meningkatkan produktivitas dan daya saing produk pertanian dan peternakan, meningkatkan kesejahteraan dan mengubah mindset petani Desa Cibitung Wetan terhadap pertanian dan peternakan.

Hasil Sosialisasi Pengenalan Kegiatan

Kegiatan penyuluhan tentang program pengabdian masyarakat dengan tema pemberdayaan masyarakat Desa Cibitung Wetan Kecamatan Pamijahan menuju pertanian dan peternakan yang berkelanjutan: penggunaan kotoran domba dan limbah pertanian sebagai sumber bioenergi (Gambar 1). Agenda utama dalam sosialisasi ini adalah sambutan serta pengenalan tim abdimas dan presentasi inti mengenai program pengabdian masyarakat yang membahas peran dan keuntungan dari pembuatan digester bagi pertanian dan peternakan. Selain itu, dijelaskan bahwa melalui program ini diharapkan dapat memberikan pembelajaran kepada masyarakat dan menjadikan desa ini mandiri secara ekonomi dengan memanfaatkan sumber daya yang ada di Cibitung Wetan. Setelah tersebut, acara dilanjutkan dengan sesi diskusi dan tanya jawab yang dihadiri oleh perwakilan serta masyarakat desa. Kegiatan ini berlangsung dengan sukses dan disambut dengan semangat oleh warga.



a

Hasil dari kegiatan sosialisasi tersebut berupa pengenalan dan terbentuknya *bonding* atau kedekatan oleh tim pengabdian dengan mitra sekaligus masyarakat secara luas. Hal tersebut sangat penting dilakukan terciptanya satu kesepahaman demi terlaksananya program pengabdian yang lancar dan mendapat dukungan dari seluruh pihak yang terlibat didalamnya.

Pelaksanaan Penyuluhan Zero Waste untuk Kemandirian Energi

Kegiatan ini merupakan penyuluhan yang bertujuan untuk mengenalkan konsep *zero waste* melalui pemanfaatan biogas (Gambar 2). Kegiatan ini dilaksanakan pada tanggal 12 Oktober 2024 di Balai Desa Cibitung Wetan. Pihak yang terlibat dalam kegiatan ini diantaranya mahasiswa dan dosen Departemen Sains Komunikasi Pengembangan Masyarakat selaku fasilitator dan 35 warga Desa Cibitung Wetan yang merupakan perwakilan dari Kelompok Taruna Tani Transfarmers, Kelompok Wanita Tani, Ketua RW dan RT serta Ibu Rumah Tangga Desa Cibitung Wetan. Terdapat beberapa agenda utama pada kegiatan tersebut, yaitu *pre-test*, penyampaian materi interaktif, dan *post-test*. Materi penyuluhan yang disampaikan di antaranya konsep bioenergi, khususnya biogas dan *bio-slurry*, bahan baku biogas, manfaat biogas dan *bio-slurry* serta biaya instalasi alat biogas skala rumah tangga. Setelah penyampaian materi juga terdapat diskusi tanya jawab dengan peserta penyuluhan, pada proses tersebut warga desa cukup aktif dalam bertanya mengenai biogas yang telah disampaikan. Berdasarkan hasil *pre-test* dan *post-test* diketahui bahwa terdapat peningkatan pengetahuan dan sikap sebanyak 49% yang secara rinci tertera pada Gambar 3.

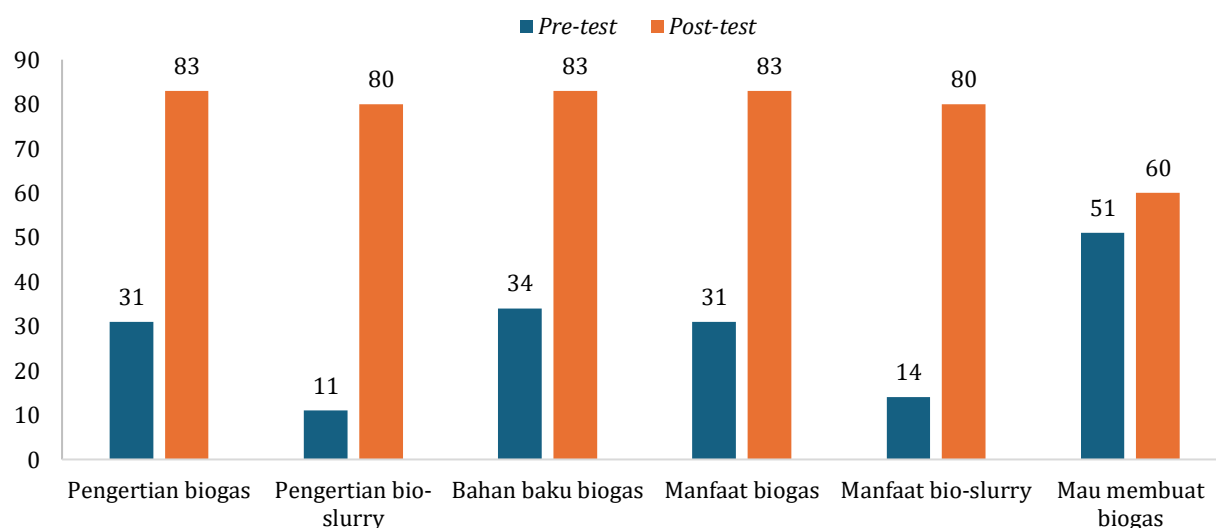


b

Gambar 1 a dan b) Sosialisasi program pengabdian kepada masyarakat di Desa Cibitung Wetan Kecamatan Pamijahan.



Gambar 2 a dan b) Pelaksanaan penyuluhan *zero waste* untuk kemandirian energi.



Gambar 3 Hasil *pre-test* dan *post-test*.

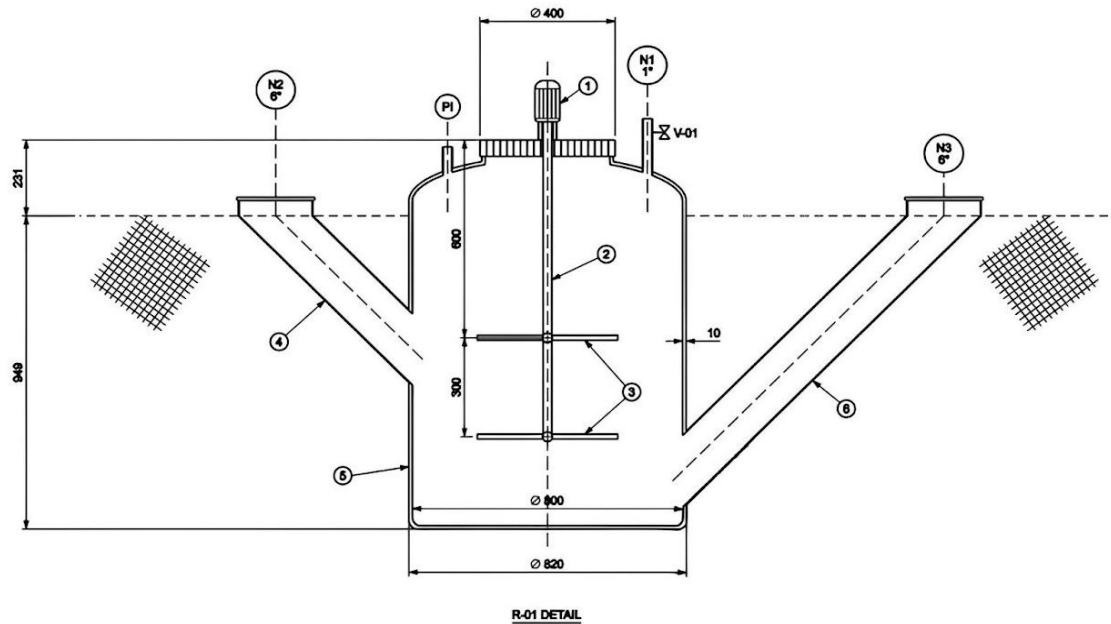
Selain itu juga diketahui bahwa, kesediaan peserta untuk menganggarkan anggaran rumah tangganya untuk biaya instalasi alat biogas untuk skala rumah tangga adalah rata-rata senilai Rp 503.914. Temuan ini mencerminkan adanya penerimaan ekonomi terhadap teknologi yang diperkenalkan. Usulan peserta agar instalasi diterapkan secara berkelompok di tingkat RW juga menunjukkan kesadaran kolektif untuk menekan biaya dan mengoptimalkan sumber daya, sekaligus membuka peluang penerapan model pengelolaan komunal yang lebih efisien. Hal ini menjadi modal sosial penting dalam mendorong pemanfaatan limbah kotoran ternak sebagai bahan baku biogas secara berkelanjutan di Desa Cibitung Wetan.

Namun demikian, kesiapan tersebut tetap perlu diiringi dengan strategi mitigasi terhadap berbagai tantangan, seperti keterbatasan kemampuan finansial sebagian rumah tangga, keberlanjutan pemeliharaan instalasi, serta konsistensi pasokan bahan baku. Kegagalan program biogas skala rumah tangga seringkali bukan disebabkan oleh rendahnya minat,

melainkan oleh lemahnya pendampingan teknis dan ketiadaan skema kelembagaan yang mengatur operasional kolektif (Husen *et al.* 2024; Gómez *et al.* 2025). Oleh karena itu, model instalasi berbasis kelompok yang diusulkan peserta perlu diintegrasikan dengan penguatan kelembagaan lokal, mekanisme pembiayaan bersama, serta sistem monitoring dan pendampingan berkelanjutan agar implementasi biogas berbasis *zero waste* dapat berjalan efektif dan berkelanjutan secara teknis, ekonomi, dan sosial.

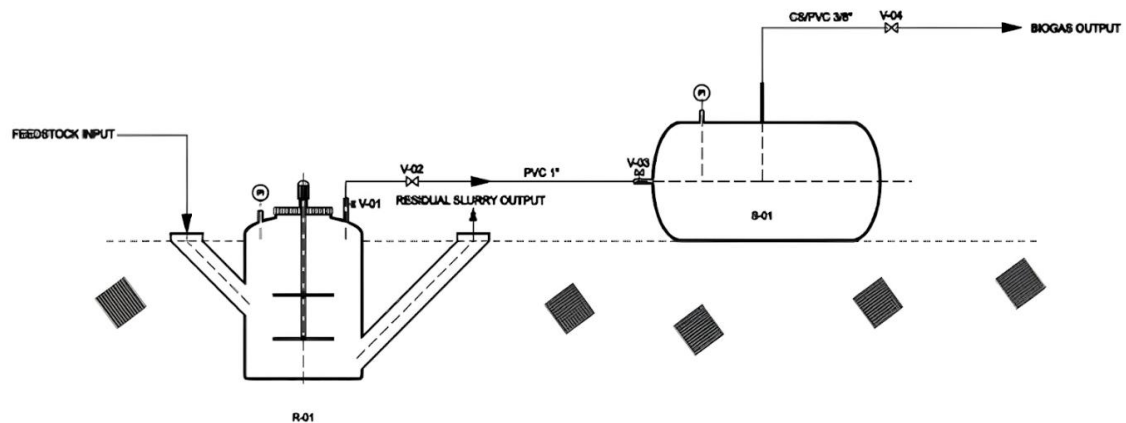
Pelaksanaan Pelatihan Pembuatan Digester

Kegiatan ini bertujuan untuk pengenalan konsep pembuatan digester kepada mitra dan masyarakat desa. Materi yang disampaikan yaitu sosialisasi: instalasi biogas Desa Pamijahan, Bogor. Materi yang disampaikan diantaranya, skema sistem biogas (Gambar 4), instalasi unit digester model tanam (Gambar 5), penjelasan digester dan kantong penampung biogas (Gambar 6), dan komposisi bahan biogas yang digunakan. Komposisi (% volume) bahan biogas:



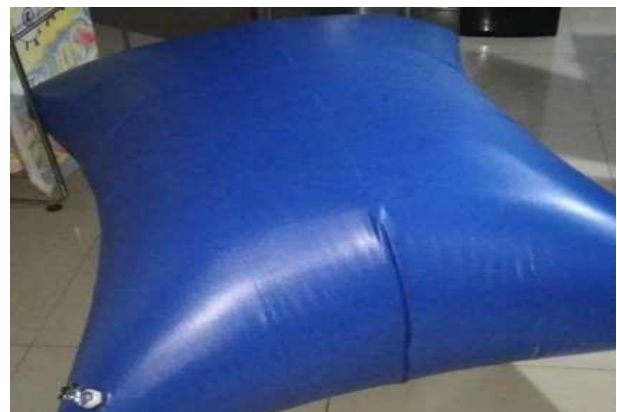
Keterangan: 1= Motor penggerak; 2 = Poros pengaduk; 3 = Paddle pengaduk; 4 = Pipa inlet; 5 = Badan tangki; 6 = Pipa outlet; N1 = Nozzle vent; N2 = Nozzle inlet; N3 = Nozzle outlet

Gambar 4 Skema sistem biogas



Keterangan: PI = Indikator tekanan; V-01 = Katup digester; V-02 = Keran; V-03 = Katup penghubung; V-04 = Katup penampung biogas; R-01 = Digester; S-01 = Kantong penampung biogas

Gambar 5 Instalasi unit biogas digester model tanam.

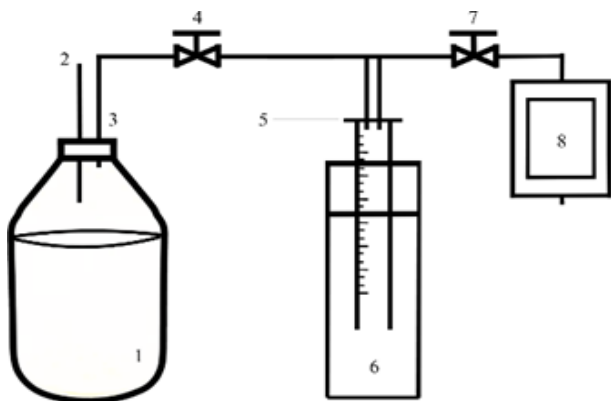


a
b
Gambar 6 a dan b) Digester dan kantong penampung biogas.

molase (tetes tebu) 3%, pupuk cair (EM 4) 6%, air 58%, dan kotoran domba/sampah pertanian 33%. Digester dapat diisi oleh bahan digester maksimum $\frac{3}{4}$ volume atau 70%. Setelah gas metana terbentuk gas bisa disalurkan untuk keperluan memasak.

Penerapan Teknologi Digester

Biogas adalah hasil dari proses pemecahan bahan organik melalui fermentasi tanpa oksigen (Wahyuni 2013). Untuk menghasilkan biogas dalam penelitian ini, bahan mentah yang digunakan terdiri dari campuran kotoran domba dan sisa-sisa pertanian. Di samping itu, penambahan EM4 sebagai bahan tambahan dilakukan dalam setiap digester dengan konsentrasi yang konsisten, seperti yang ditampilkan pada Gambar 7. Ada satu variasi tanpa penambahan EM4 untuk mengevaluasi dampaknya terhadap produksi biogas. Proses produksi biogas dimulai dengan pemeriksaan digester untuk memastikan tidak ada kebocoran. Rasio campuran kotoran domba dan limbah pertanian ditunjukkan dalam Tabel 2. Setelah seluruh bahan dimasukkan ke dalam digester, proses pengadukan dilakukan pada semua digester. Tujuan dari pengadukan substrat adalah untuk memastikan bahwa substrat menjadi merata dan tidak ada gumpalan, sehingga proses fermentasi tanpa oksigen bisa berjalan dengan lancar (Al-Zoubi *et al.* 2024).



Keterangan: 1 = Botol duran; 2 = Termometer; 3 = Selang; 4 = Kran gas 1; 5 = Gelas ukur; 6 = Tabung mika; 7 = Kran gas 2; 8 = Urine bag

Gambar 7 Skema digester anaerob.

Durasi fermentasi anaerob diamati selama 20 hari.

Proses fermentasi tanpa oksigen dalam produksi biogas dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk nilai pH dan suhu (Dwiyanto 2012). Kondisi mikroba yang terdapat dalam biogas dapat diidentifikasi melalui pengukuran nilai pH. Pengukuran pH dilakukan pada awal dan akhir fase produksi biogas. Selama 20 hari pengamatan, rentang pH yang diperoleh pada setiap variasi adalah antara 5,3–7,1, sebagaimana tertera di Tabel 3. Nilai pH berpengaruh terhadap kinerja enzim dalam mikroorganisme, di mana setiap enzim hanya bisa berfungsi pada pH tertentu dan mencapai aktivitas puncaknya pada pH yang paling sesuai. Setiap jenis mikroorganisme memiliki rentang pH optimal yang berbeda. Mikroorganisme yang menghasilkan metana dapat tumbuh dalam rentang pH dari 5,5–8,5, dengan pH terbaik antara 6,5 dan 8,0 (Li *et al.* 2022). Di antara mikroorganisme yang menghasilkan gas metana, ada bakteri yang dapat hidup pada pH di bawah 6,5, yaitu bakteri methanosarcina, sehingga pada variasi A–D diharapkan dapat menghasilkan metana (Shitophyta *et al.* 2020).

Pengukuran suhu dilakukan setiap hari di masing-masing digester. Suhu berperan penting dalam kecepatan proses penguraian bahan organik menjadi biogas. Selama pengamatan yang berlangsung 20 hari, suhu dari setiap variasi berkisar antara 28°C hingga 29°C seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 4. Suhu juga memengaruhi aktivitas bakteri penghasil metana. Rentang suhu yang ada dalam digester dipengaruhi oleh suhu lingkungan. Suhu selama proses berhubungan dengan kemampuan bakteri dalam memproduksi biogas, yaitu dalam kisaran 27°C hingga 28°C, sehingga suhu pada sampel B-D dapat memproduksi metana dengan baik (Sitorus 2011).

Campuran kotoran domba dan limbah pertanian yang dimasukkan ke dalam digester akan melalui dua fase sebelum menghasilkan biogas. Pada fase pertama, campuran ini akan diurai menjadi asam-asam rantai pendek berkat bantuan bakteri penghasil asam. Bakteri tersebut

Tabel 2 Persentase perlakuan kotoran domba dan limbah pertanian

Kode sampel	Formula (%)	Keterangan
A	100:0 tanpa aditif	100% kotoran domba
B	100:0	100% kotoran domba + EM4
C	70:30	70% kotoran domba + 30% limbah pertanian + EM4
D	50:50	50% kotoran domba + 50% limbah pertanian + EM4
E	30:70	30% kotoran domba + 70% limbah pertanian + EM4

Tabel 3 Pengaruh variasi campuran biogas terhadap pH

Sampel	Rata-rata pH
A	7,1 ± 0,3
B	6,7 ± 0,6
C	6,1 ± 0,4
D	6,1 ± 0,6
E	5,3 ± 0,9

Tabel 4 Pengaruh variasi campuran biogas terhadap suhu

Sampel	Rata-rata suhu
A	29,8 ± 0,5
B	28,3 ± 0,5
C	28,8 ± 0,4
D	28,7 ± 0,8
E	29,0 ± 0,6

akan memecah substrat melalui proses hidrolisis dan asidifikasi. Hidrolisis akan memecah senyawa-senyawa kompleks atau senyawa rantai panjang seperti lemak, protein, dan karbohidrat menjadi senyawa yang lebih sederhana, sedangkan asidifikasi adalah proses pembentukan asam dari senyawa yang sudah sederhana tersebut. Setelah campuran tersebut bertransformasi menjadi asam-asam, fase kedua dari pengolahan anaerobik adalah produksi gas metana dengan peran bakteri penghasil metana (Supriyanto 2016). Karena pada proses pembentukan metana membutuhkan bantuan bakteri, EM4 menjadi bahan yang dapat digunakan sebagai aktivator dari bakteri tersebut. Ditambahkannya EM4 pada campuran akan mempercepat proses penguraian menjadi senyawa sederhana sehingga pembentukan metana dapat berlangsung optimum (Al-Zoubi *et al.* 2024).

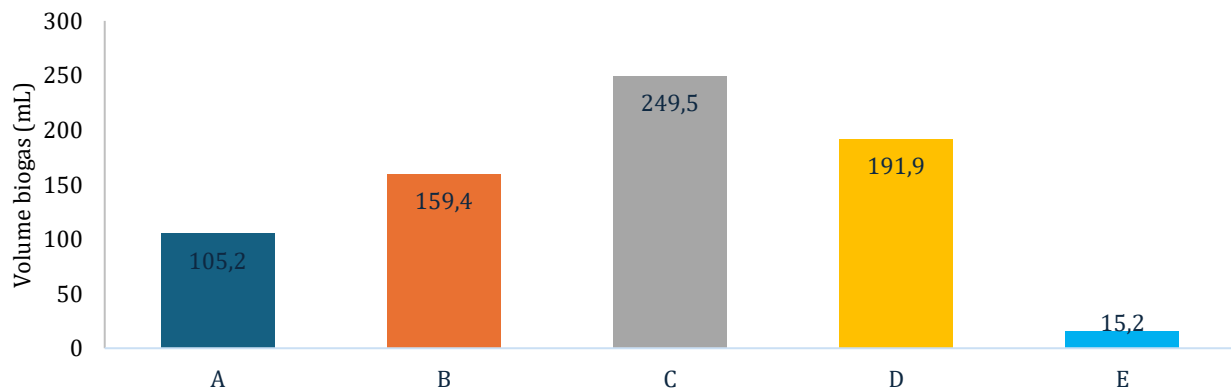
Kotoran dari domba berfungsi sebagai bahan utama dalam proses pembuatan biogas, tetapi memiliki rasio C/N yang cukup rendah karena kandungan nitrogen yang tinggi (Tanimu *et al.* 2014). Limbah dari sektor pertanian memiliki rasio C/N yang lebih tinggi, sehingga mencampurkannya dengan kotoran domba bisa menjadi pilihan yang tepat untuk menghasilkan biogas (Zahara 2014). Selain itu, pemanfaatan limbah pertanian juga memungkinkan pengolahan limbah menjadi sumber energi terbarukan. Proses pengukuran volume biogas dilakukan dengan cara mengalirkan gas yang terdapat di dalam digester ke dalam wadah ukur. Ketika gas biogas dari digester mengisi wadah ukur, maka wadah tersebut akan terangkat ke atas dan

memberikan informasi mengenai volume biogas yang dihasilkan.

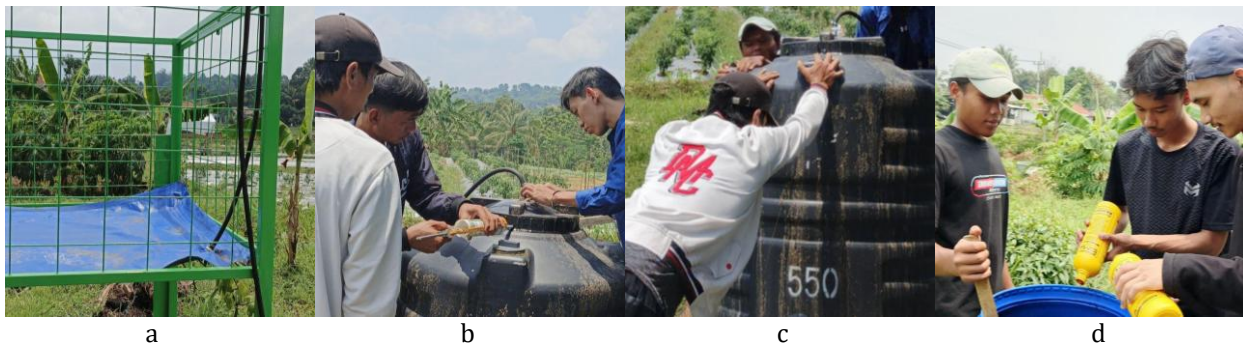
Pada pengamatan hingga hari ke 20, rata-rata volume biogas yang terukur berada pada rentang 15,2–249,5 mL. Sampel C menjadi variasi dengan produksi biogas paling tinggi diantara sampel yang lain menunjukkan bahwa perbandingan campuran antara kotoran domba dan limbah pertanian yang optimum adalah 70 : 30 seperti terlihat pada Gambar 8. Pada pembuatan biogas yang tidak ditambahkan limbah pertanian (sampel A dan B) menunjukkan produksi biogas yang berada dibawah sampel C dan D. Hal ini dikarenakan rasio C/N yang dimiliki oleh kotoran domba saja belum cukup untuk menghasilkan biogas yang optimal karena konsentrasi nitrogen yang tinggi justru akan membentuk amonia yang akan membunuh mikroorganisme yang mengubah senyawa organik menjadi biogas (Tanimu *et al.* 2014). Ketika perbandingan limbah pertanian lebih banyak dibanding kotoran domba pada campuran (sampel D dan E), maka rasio C/N akan terlalu tinggi sehingga menghambat proses penguraian senyawa kompleks sehingga proses fermentasi tidak berjalan dengan baik (Zahara 2014). Variasi terbaik (sampel C) kemudian digunakan sebagai formula untuk pembuatan biogas yang akan diaplikasikan dengan menggunakan digester skala besar di Desa Cibitung Wetan, Kecamatan Pamijahan, Bogor.

Pendampingan dan Evaluasi Kegiatan

Proses pendampingan dan evaluasi kegiatan dilaksanakan mulai bulan Oktober–Desember 2024. Kegiatan ini berlangsung di kandang ternak kelompok Tani Ternak Transformasi, Desa Cibitung Wetan, dengan tujuan untuk memantau kemajuan dan mengevaluasi penerapan digester biogas yang telah diinstalasi. Kelompok Taruna Tani Transformasi sebagai mitra sasaran turut berperan aktif dalam pendampingan ini. Pendampingan kegiatan dibagi ke dalam tiga tahapan utama. Tahapan pertama adalah proses instalasi dan pengisian digester skala besar (Gambar 9). Alat yang digunakan terdiri dari toren air berukuran 550 L yang difungsikan sebagai digester atau tempat fermentasi kotoran domba dan limbah pertanian. Selain itu, terdapat komponen tambahan berupa penampung biogas dan selang gas. Formulasi campuran yang digunakan dalam digester adalah kotoran domba dan limbah pertanian sebanyak 33%, molase 3%, EM4 6%, dan air 58%. Total campuran tersebut diisi sebanyak 70% dari kapasitas digester. Setelah pengisian, digester



Gambar 8 Rata-rata produksi biogas pada masing-masing variasi selama 20 hari.



Gambar 9 a, b, c) Instalasi dan d) Pengisian digester skala besar.

ditutup rapat dan proses fermentasi dimulai untuk menghasilkan biogas.

Tahapan kedua adalah proses pemantauan rutin yang dilakukan oleh Kelompok Taruna Tani Transfarmers. Proses ini mencakup pengecekan berbagai aspek seperti kondisi penampung biogas, potensi kebocoran gas, serta memastikan seluruh sistem berjalan optimal. Tim fisika dan komunikasi turut mendampingi mitra dalam setiap sesi pemantauan guna memastikan pemahaman dan keterampilan teknis yang diberikan dapat diaplikasikan secara mandiri oleh mitra program. Pemantauan rutin ini bertujuan untuk memastikan tidak ada hambatan dalam produksi biogas dan sistem yang telah dipasang dapat berfungsi secara maksimal.

Pada tahapan ketiga, dilakukan penggantian penampung biogas yang sudah terisi penuh (Gambar 10). Berdasarkan hasil observasi, penampung biogas umumnya penuh pada hari ke-5 setelah proses fermentasi dimulai. Pada tahap ini, tim fisika memberikan arahan kepada Kelompok Taruna Tani Transfarmers untuk mengganti penampung biogas dengan yang baru. Kegiatan penggantian ini menjadi salah satu bentuk pendampingan teknis sekaligus memastikan bahwa sistem biogas dapat berkelanjutan tanpa adanya kendala teknis. Dengan peng-



Gambar 10 Penampung biogas yang sudah penuh.

gantian yang rutin, produksi biogas dapat berjalan lancar dan pemanfaatannya pun dapat lebih optimal.

Proses evaluasi mencakup penilaian terhadap performa digester, jumlah biogas yang dihasilkan, serta kemampuan mitra dalam melakukan pemantauan dan perawatan sistem. Selama evaluasi, tantangan seperti kebocoran digester dan masalah pada sambungan selang gas diatasi dengan solusi yang tepat, seperti

penggunaan lem epoxy untuk perbaikan. Evaluasi ini juga menjadi sarana bagi tim untuk mengidentifikasi tantangan dan solusi yang dihadapi dalam penerapan teknologi biogas. Selain itu, evaluasi juga menjadi kesempatan untuk menilai perkembangan keterampilan mitra dalam mengoperasikan sistem digester secara mandiri. Hasil evaluasi menunjukkan peningkatan pemahaman dan keterampilan Kelompok Taruna Tani Transfarmers dalam mengelola teknologi biogas. Dengan demikian, pendampingan ini tidak hanya berfokus pada instalasi teknologi tetapi juga memastikan adanya transfer ilmu, keterampilan perawatan, dan keberlanjutan program dalam jangka panjang.

Meskipun hasil evaluasi menunjukkan adanya peningkatan pemahaman dan keterampilan Kelompok Taruna Tani Transfarmers dalam mengelola teknologi biogas, kegiatan ini masih memiliki keterbatasan karena penerapan teknologi baru dilakukan pada skala percontohan di tingkat kelompok tersebut. Artinya, dampak langsung program belum menjangkau seluruh masyarakat Desa Cibitung Wetan. Walaupun sosialisasi dan pelatihan pembuatan digester telah disampaikan kepada perwakilan masyarakat desa, tingkat adopsi aktual masih terbatas pada mitra inti sehingga manfaat ekonomi dan energi yang dihasilkan belum terdistribusi secara merata. Keterbatasan ini menunjukkan bahwa program masih berada pada tahap demonstratif (*pilot project*), sehingga diperlukan strategi perluasan agar implementasi teknologi biogas dapat diakses oleh lebih banyak rumah tangga. Perluasan tersebut dapat dilakukan melalui replikasi instalasi berbasis kelompok serta pelatihan lanjutan yang lebih aplikatif dan berkelanjutan. Upaya ini penting untuk memastikan keberlanjutan program, memperluas dampak sosial-ekonomi, serta mendorong terwujudnya kemandirian energi secara inklusif di Desa Cibitung Wetan.

SIMPULAN

Kegiatan pengabdian masyarakat memberikan edukasi kepada masyarakat Desa Cibitung Wetan tentang pentingnya pemanfaatan limbah organik untuk menghasilkan energi terbarukan berupa biogas dan *bio-slurry*, yang bermanfaat sebagai sumber energi dan pupuk cair. Hasil kegiatan menunjukkan peningkatan pemahaman, keterampilan, dan partisipasi aktif masyarakat

dalam memanfaatkan teknologi yang dikembangkan. Formula optimum dalam produksi biogas yaitu pada campuran 70% kotoran domba dan 30% limbah pertanian, yang dapat menghasilkan volume biogas paling tinggi dan mengisi kantong biogas secara penuh dalam 3 hari. Penerapan teknologi digester sebagai reaktor produksi biogas dari kotoran domba berhasil diterapkan. Selain itu, pendampingan instalasi teknologi tetapi juga memastikan adanya transfer ilmu, keterampilan perawatan, dan keberlanjutan program dalam jangka panjang. Terdapat beberapa rekomendasi dan saran yang dapat dilakukan agar keberlanjutan program dapat berjalan. Diperlukan upaya penyadaran kritis akan pentingnya regenerasi petani dan kolaborasi dari berbagai pihak dalam pemanfaatan potensi usaha pertanian dan peternakan melalui: a) Penyuluhan dan pelatihan terpadu secara rutin dan berkala; b) Peningkatan akses pemodal oleh pemerintah desa dan dinas-dinas terkait; c) Perluasan jangkauan program yang melibatkan masyarakat secara luas; dan d) Berkolaborasi dengan sektor swasta maupun mitra potensial lainnya juga dapat membantu meningkatkan keberhasilan program.

UCAPAN TERIMA KASIH

Program ini didukung oleh Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRTPM) Kemenristekdikti untuk tahun 2024 dengan nomor kontrak 053/E5/PG. 02. 00/PM. BARU/2024 dan 22423/IT3. D11/PM. 01. 01/P/B/2024.

DAFTAR PUSTAKA

- Achinas S, Li Y, Achinas V, Willem Euverink GJ. 2018. Influence of sheep manure addition on biogas potential and methanogenic communities during cow dung digestion under mesophilic conditions. *Sustainable Environment Research*. 28(5): 240–6. <https://doi.org/10.1016/j.serj.2018.03.003>
- Alma'atah BM, Alzoubi AI, Alkhamis TM. 2021. Biogas Production from Sheep Manure by a Simulated Underground Burial System Heated with Cascade-Controlled Solar Water Heated System, as an Indicator of Biomass Potential Contribution to Power Mix in Jordan. *J Environ*

- Prot (Irvine, Calif)*. 12(02): 125–40. <https://doi.org/10.4236/jep.2021.122009>
- Al-Zoubi AI, Alkhamis TM, Alzoubi HA. 2024. Optimized biogas production from poultry manure with respect to pH, C/N, and temperature. *Results in Engineering*. 22: 102040. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102040>
- [BPS] Badan Pusat Statistik. Kabupaten Bogor Dalam Angka, Volume 41. Bogor: BPS Kabupaten Bogor.
- Dwiyanto L. 2012. Produksi biogas dari palm oil mill effluent (POME) menggunakan sludge biogas dari campuran kotoran sapi potong dan pome sebagai aktivator. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Eswanto, Ilmi, Siahaan AR. 2018. Analisa Reaktor Biogas Campuran Limbah Kotoran Kambing dengan Jerami dan EM4 Sistem Menetap. *SINTEK Jurnal*. 12(1): 40–46.
- Gomez FH, Vasquez NJ, Torres KC, Meza CM, Vaccari M. 2025. Sustainability Assessment of Rural Biogas Production and Use Through a Multi-Criteria Approach: A Case Study in Colombia. *Sustainability*, 17(15): 6806. <https://doi.org/10.3390/su17156806>.
- Husen MA, Firman F, Sheftiana US, Hidayatulloh MI, Relatami A, Dwinhoven I. 2024. Community empowerment based on utilization of livestock waste to become biogas in Bacukiki Energy Independent Village. *Journal of Community Service and Empowerment*, 5(3): 454–459. <https://doi.org/10.22219/jcse.v5i3.28261>.
- Li D, Yuan J, Ding J, Wang H, Shen Y, Li G. 2022. Effects of carbon/nitrogen ratio and aeration rate on the sheep manure composting process and associated gaseous emissions. *Journal of Environmental Management*. 323: 116093. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116093>
- Ramadhani U. 2023. Menggelorakan Produktivitas dalam Peningkatan Sektor Pertanian di Pemijahan Menuju Konsep Pertanian Mutahir dan Berkelanjutan. [diunduh 2024 Des 15]. Tersediapada: <https://jurnalpost.com/menggelorakan-produktivitas-dalam-peningkatan-sektor-pertanian-di-pemijahan-menuju-konsep-pertanian-mutahir-dan-berkelanjutan/46847/>.
- Sari YW, Listiani E, Putri SY, Abidin Z. 2020. Prospective of Eggshell Nanocalcium in Improving Biogas Production from Palm Oil Mill Effluent. *Waste Biomass Valorization*. 11(9): 4631–8. <https://doi.org/10.1007/s12649-019-00786-8>
- Shitophyta LM, Budiarti GI, Nugroho YE, Hanafi M. 2020. The effect of effective microorganisms-4 (em-4) on biogas yield in solid-state anaerobic digestion of corn stover. *Materials Science and Engineering*. 830(2): 022024. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/830/2/022024>
- Sitorus. 2011. Pemanfaatan lumpur selokan sebagai bahan baku biogas dengan metode Batch Feeding [Skripsi]. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Supriyanto. 2016. Produksi biogas dari campuran limbah cair pabrik kelapa sawit dan kotoran sapi menggunakan bioreaktor cstr. [Tesis]. Bandar Lampung (ID): Universitas Lampung.
- Tanimu MI, Ghazi TIM, Harun RM, Idris A. 2014. Effect of carbon to nitrogen ratio of food waste on biogas methane production in a batch mesophilic anaerobic digester. *International journal of innovation, management and technology*. 5(2): 116–119.
- Wahyuni S. 2013. *Panduan Praktis Biogas*. Jakarta (ID): Penebar Swadaya.
- Zahara I. 2014. Pengaruh pengadukan terhadap produksi biogas pada proses metanogenesis berbahan baku limbah cair pabrik kelapa sawit [Disertasi]. Medan (ID): Universitas Sumatera Utara.