



EDUKASI DAN PENINGKATAN KAPASITAS MASYARAKAT DALAM PEMANFAATAN BIOGAS

UNTUK KEMANDIRIAN ENERGI DI DESA TEUPIN PANAH

Arie Saputra*, Syahril, Saidd Fadhlain

Universitas Teuku Umar, Indonesia

*Corresponding Author : arie.saputra@utu.ac.id

ABSTRACT

This community service activity was conducted in Teupin Panah Village, Kaway XVI Subdistrict, West Aceh Regency, to address the limited utilization of livestock waste as a renewable energy source. The program aimed to enhance community knowledge regarding the economic and technical benefits of cow dung-based biogas to support household energy independence. The methods used included counseling, interactive discussions, and visual presentations of simple biogas installation designs. The results showed an increase in community understanding of renewable energy concepts and economic efficiency through LPG substitution and the use of biogas residues as organic fertilizer. Although the activity did not yet include a technical demonstration stage, participants showed strong interest in developing biogas independently. This activity serves as a crucial foundation for future implementation of locally sourced biogas systems in West Aceh.

ARTICLE HISTORY

Submitted 04 Agustus 2025

Revised 17 September 2025

Accepted 21 November 2025

KEYWORDS

Biogass; renewable energy; community empowerment; local economy; livestock waste.

PENDAHULUAN

Perubahan iklim, keterbatasan sumber daya energi fosil, serta meningkatnya permintaan energi dunia telah mendorong pergeseran paradigma menuju pemanfaatan energi terbarukan. Menurut *International Energy Agency* (Cozzi & Gould, 2021), Konsumsi energi global masih didominasi oleh energi fosil sebesar lebih dari 80%, sementara kontribusi energi terbarukan masih di bawah 20%. Ketergantungan yang tinggi pada energi fosil tidak hanya menimbulkan masalah keberlanjutan pasokan, tetapi juga berdampak pada peningkatan emisi gas rumah kaca yang memperparah pemanasan global. Oleh karena itu, banyak negara, termasuk Indonesia, menargetkan peningkatan porsi energi terbarukan dalam bauran energi nasional untuk mencapai *net zero emission* pada tahun 2060.

Dalam konteks energi terbarukan, biomassa menjadi salah satu sumber yang menjanjikan karena ketersediaannya yang melimpah, terutama di negara-negara agraris. Biogas, sebagai salah satu bentuk energi biomassa, memiliki keunggulan dibandingkan sumber energi terbarukan lainnya karena dapat dihasilkan dari limbah organik, mudah diaplikasikan di tingkat rumah tangga maupun komunitas, serta berkontribusi terhadap pengurangan emisi metana (Styana et al., 2022). Penelitian terkini juga menunjukkan bahwa inovasi substrat campuran dapat meningkatkan produktivitas biogas (Haryanto et al., 2023; Haryanto et al., 2019). Dengan demikian, biogas tidak hanya berperan sebagai alternatif energi, tetapi juga sebagai solusi lingkungan dalam pengelolaan limbah organik (Naimah et al., 2022).

Konsep circular economy semakin relevan dalam diskursus global mengenai pembangunan berkelanjutan. Model ini menekankan pentingnya pemanfaatan limbah sebagai sumber daya baru (Geissdoerfer et al., 2017). Dalam konteks pertanian, integrasi antara subsektor tanaman dan peternakan dengan pemanfaatan limbah menjadi energi dapat

HOW TO CITE (APA 6th Edition):

Last Name, First Name. (Year). Title. *Jurnal Pengabdian Agro and Marine Industry*. Volume(Issue), page.

*CORRESPONDANCE AUTHOR: | DOI:



© 2021 The Author(s). Published by **Fakultas Ekonomi Universitas Teuku Umar**

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Common Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

menciptakan siklus tertutup yang efisien (Junior et al., 2025). Hal ini sejalan dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), khususnya tujuan ke-7 dan ke-13.

Dukungan Sumber Daya Alam

Aceh merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang memiliki potensi besar dalam pengembangan sektor perkebunan dan peternakan. Luas perkebunan kelapa sawit di Aceh pada tahun 2022 tercatat sekitar 489 ribu hektar. Sementara itu, populasi ternak sapi potong di Aceh mencapai lebih dari 600 ribu ekor, sebagian besar dipelihara dengan pola tradisional (*DINAS PETERNAKAN ACEH | Website Pemerintahan Aceh*, n.d.). Potensi ini menjadikan Aceh sebagai wilayah yang sesuai untuk sistem integrasi sawit–sapi–biogas (Nisah et al., 2025).

Di Kabupaten Aceh Barat, luas perkebunan sawit mencapai lebih dari 45 ribu hektar, sementara populasi sapi potong mencapai ±52 ribu ekor serta Limbah kotoran sapi yang berlimpah ini belum termanfaatkan secara optimal (Sastrawan et al., 2021).

Kecamatan Kaway XVI memiliki lebih dari 6 ribu hektar sawit rakyat (BPS Aceh Barat, 2023), dengan masyarakat yang juga memelihara sapi dalam skala kecil-menengah. Pola pemeliharaan tradisional sering membuat kotoran sapi dibuang di sekitar kandang, sehingga mencemari lingkungan (Ibrahim et al., 2017). Padahal kombinasi sawit dan sapi membuka peluang besar untuk penerapan pertanian terpadu berbasis biogas.

Masalah Lingkungan dan Energi

Permasalahan lingkungan akibat limbah perkebunan dan peternakan menjadi isu penting di Aceh Barat. Limbah cair sawit (palm oil mill effluent/POME) dan kotoran sapi yang tidak dikelola baik menimbulkan emisi metana. Hal ini juga menyebabkan pencemaran udara dan penyebaran penyakit (Harmiansyah et al., 2022).

Di sisi energi, masyarakat Desa Teupin Panah masih bergantung pada LPG dan minyak tanah. Ketergantungan ini membuat mereka rentan terhadap fluktuasi harga energi (Naimah et al., 2022). Pengembangan biogas dari kotoran sapi dapat menjadi solusi ganda: mengurangi pencemaran dan menyediakan energi terjangkau (Nurdiyah et al., 2022). Pemanfaatan slurry biogas sebagai pupuk organik mampu meningkatkan kesuburan tanah. Penggunaan slurry terbukti memperbaiki sifat kimia tanah dan meningkatkan hasil tanaman.

Konsep Pertanian Terpadu

Pertanian terpadu merupakan sistem produksi yang memanfaatkan limbah dari satu sektor sebagai input di sektor lain. Dalam integrasi sawit dan sapi, penambahan teknologi digester biogas menjadikan kotoran sapi sumber energi terbarukan. Gas metana hasil fermentasi dapat dimanfaatkan untuk memasak atau pembangkit listrik skala kecil (Naimah et al., 2022). Residu fermentasi kaya hara (N, P, K) meningkatkan kesuburan tanah (Harmiansyah et al., 2022). Dengan demikian, sistem sawit–sapi–biogas menciptakan siklus ekonomi sirkular yang efisien (Mustikaningrum, 2023).

Urgensi dan Relevansi

Urgensi pengembangan biogas di Desa Teupin Panah terutama terkait manfaat ekonominya. Fluktuasi harga CPO sering memengaruhi pendapatan petani sawit. Biogas menawarkan alternatif energi rumah tangga dan tambahan pendapatan dari pupuk organik. Satu keluarga dengan 5 ekor sapi bisa menghemat biaya LPG hingga Rp2,1 juta per tahun (Nisa' et al., 2024). Pada level komunitas, penghematan bisa mencapai ratusan juta rupiah (Nisah et al., 2025). Nilai tambah dari slurry sebagai pupuk organik dapat bernilai jutaan rupiah per bulan. Selain itu, kelembagaan masyarakat dapat mengelola unit biogas komunal untuk menciptakan "energi desa" (Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta et al., 2017). Model ini relevan untuk memperkuat kemandirian energi dan ekonomi lokal.

Tujuan Pengabdian

Permasalahan limbah ternak yang belum terkelola dengan baik di Desa Teupin Panah merupakan tantangan sekaligus peluang. Oleh karena itu, tujuan kegiatan pengabdian ini adalah memberdayakan masyarakat melalui peningkatan pengetahuan dan keterampilan pengolahan biogas. Secara khusus, tujuan kegiatan pengabdian ini adalah:

1. Meningkatkan pengetahuan masyarakat tentang potensi biogas dari kotoran sapi sebagai sumber energi terbarukan.
2. Meningkatkan kesadaran ekonomi masyarakat terhadap nilai tambah limbah peternakan.
3. Memberikan pemahaman teknis dasar mengenai prinsip kerja sistem biogas sebagai teknologi tepat guna di pedesaan.

Dengan tujuan ini, pengabdian di Desa Teupin Panah diharapkan memperkenalkan teknologi biogas, menumbuhkan kesadaran kolektif, serta membuka peluang peningkatan pendapatan melalui pemanfaatan limbah peternakan.

TINJAUAN PUSTAKA

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pengembangan biogas di daerah dengan basis pertanian dan peternakan kuat memiliki dampak ganda, baik terhadap efisiensi energi maupun peningkatan kesejahteraan masyarakat. Dalam konteks Aceh Barat, keberadaan perkebunan kelapa sawit dan peternakan sapi rakyat menjadi landasan ideal untuk membangun sistem pertanian terpadu yang berorientasi pada ekonomi sirkular dan energi berkelanjutan. Oleh karena itu, bagian ini menguraikan secara sistematis lima aspek utama yang mendasari kegiatan pengabdian, dimulai dari potensi energi terbarukan dan biomassa di Aceh Barat hingga relevansi akademik dan praktisnya terhadap pembangunan desa mandiri energi.

Potensi Energi Terbarukan dan Biomassa di Aceh Barat

Perkembangan riset dalam lima tahun terakhir menunjukkan bahwa biomassa merupakan salah satu sumber energi terbarukan paling prospektif di Indonesia, khususnya dari limbah peternakan dan perkebunan. Beberapa studi terbaru menyoroti peran kotoran sapi sebagai bahan baku biogas dengan nilai energi tinggi dan emisi karbon rendah. Penelitian *Harnessing the Power of Cow Dung* menegaskan bahwa biogas yang dihasilkan dari kotoran sapi mampu mengurangi emisi karbon hingga 52% dibandingkan LPG dan memberikan efisiensi ekonomi signifikan di tingkat rumah tangga (Kusmiyati et al., 2023). Pendekatan *co-digestion* dengan mengombinasikan kotoran sapi dan limbah organik seperti sayuran, kulit buah, atau daun kering juga menunjukkan peningkatan volume gas metana dan percepatan waktu produksi. Penelitian yang dilakukan di Universitas Padjadjaran memperlihatkan bahwa pencampuran substrat menghasilkan volume biogas hingga 35% lebih tinggi dibandingkan fermentasi tunggal (Mardawati et al., 2024). Sementara itu, Harmiwati melaporkan bahwa kombinasi *palm oil mill effluent* (POME) dengan kotoran sapi meningkatkan efisiensi produksi gas hingga 1,4 kali lipat dibandingkan penggunaan tunggal (Supriadi et al., 2023).

Bagi wilayah seperti Aceh Barat yang memiliki konsentrasi perkebunan sawit dan peternakan sapi rakyat tinggi—model ini memberikan relevansi kuat. Kombinasi limbah sawit dan kotoran sapi bukan hanya menyediakan sumber energi alternatif, tetapi juga mengurangi pencemaran lingkungan akibat akumulasi limbah organik yang tidak dikelola. Dengan demikian, pendekatan *biogas-based rural energy* menjadi solusi strategis untuk mendukung ketahanan energi masyarakat pedesaan Aceh.

Nilai Tambah Slurry dan Pemanfaatan sebagai Pupuk Organik

Selain menghasilkan energi, proses fermentasi anaerob biogas menghasilkan residu berupa *slurry* yang memiliki nilai agronomis tinggi. Kajian terbaru menunjukkan bahwa bio-slurry memiliki kandungan nitrogen, fosfor, dan kalium (NPK) yang cukup untuk dijadikan pupuk organik pelepas lambat (*slow-release fertilizer*). Penelitian oleh sbeelumnya menunjukkan bahwa kombinasi biogas slurry dan limbah cair POME dapat diolah menjadi pelet pupuk padat dengan kandungan nutrisi seimbang dan mampu meningkatkan efisiensi serapan hara tanaman hingga 20% (Widyowanti et al., 2021). Temuan tersebut diperkuat oleh penelitian temuan pada aplikasi bio-slurry untuk bibit kelapa sawit di tahap main nursery. Hasilnya menunjukkan peningkatan pertumbuhan bibit sebesar 15–18% dibandingkan kontrol tanpa pupuk slurry. Efek positif ini menunjukkan bahwa bio-slurry tidak hanya mengurangi limbah hasil fermentasi, tetapi juga menciptakan siklus hara tertutup antara sektor peternakan dan perkebunan (Hilmi et al., 2018).

Integrasi pengelolaan energi dan pupuk berbasis biogas system menjadi bagian penting dalam konsep agro-energy circular economy, di mana setiap limbah memiliki nilai guna ekonomi dan ekologi. Sistem seperti ini memberikan dampak ganda bagi masyarakat pedesaan, yaitu penghematan biaya pupuk serta peningkatan produktivitas pertanian dan perkebunan.

Dinamika Pemberdayaan Masyarakat dan Model Sosial Energi Desa

Implementasi biogas di pedesaan tidak hanya berorientasi pada teknologi, tetapi juga pada keberlanjutan sosial dan ekonomi. Dalam konteks Aceh, pendekatan pemberdayaan masyarakat berbasis aset lokal terbukti paling efektif. Nisah et al dalam penelitian pengabdian di Aceh Besar menunjukkan bahwa metode *Asset-Based Community-Driven Development* (ABCD) mampu meningkatkan partisipasi warga dalam perencanaan dan pengelolaan instalasi biogas.

Melalui model ini, masyarakat tidak hanya menjadi pengguna, tetapi juga pelaku utama dalam sistem energi lokal (Zulfri et al., 2024).

Pendekatan serupa juga diterapkan oleh Hamri, Husen, dan Amrullah (2024) di Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan, yang menunjukkan peningkatan signifikan dalam penghematan energi rumah tangga dan penurunan ketergantungan terhadap LPG hingga 70%. Keberhasilan ini dikaitkan dengan pembentukan kelompok pengelola biogas yang berfungsi sebagai lembaga sosial dan ekonomi lokal.

Pembentukan kelembagaan energi desa seperti kelompok tani energi (energy farmers group) di Desa Teupin Panah di Kabupaten Aceh Barat menjadi strategi penting untuk memastikan keberlanjutan operasional digester biogas (Zulfri et al., 2024). Kegiatan tersebut tidak hanya meningkatkan keterampilan teknis masyarakat dalam mengoperasikan dan merawat digester, tetapi juga memperkuat peran kelompok masyarakat dalam mengelola energi secara mandiri.

Studi tersebut menunjukkan bahwa perlibatan masyarakat secara aktif dalam perencanaan dan pelaksanaan sistem biogas mampu menumbuhkan kesadaran kolektif akan pentingnya energi terbarukan berbasis sumber daya lokal. Keberhasilan program tersebut juga menegaskan bahwa keberadaan operator lokal terlatih merupakan faktor kunci dalam menjaga keberlanjutan sistem energi komunitas berbasis biogas. Pendekatan kelembagaan berbasis masyarakat ini sangat relevan untuk diadaptasi di Desa Teupin Panah, Aceh Barat, di mana potensi peternakan sapi dan limbah organik perkebunan dapat diintegrasikan dalam sistem energi desa yang mandiri, efisien, dan berkelanjutan.

Efisiensi Teknis dan Kinetika Produksi Biogas

Kinerja sistem biogas sangat dipengaruhi oleh efisiensi proses fermentasi dan kinetika produksi gas. Analisis kinetika terbaru menunjukkan bahwa model modified Gompertz dan Logistic model mampu memprediksi produksi biogas dengan akurasi tinggi, terutama untuk substrat campuran kotoran sapi dan limbah makanan (Puspitasari et al., 2025). Penambahan biomassa tanaman Indigofera sebagai ko-substrat dalam campuran kotoran sapi dapat meningkatkan efisiensi pembentukan gas metana hingga 40%. Penggabungan bahan dengan kandungan protein tinggi seperti Indigofera mempercepat aktivitas mikroba metanogenik, sehingga waktu retensi fermentasi dapat dikurangi tanpa menurunkan produksi gas (Suyitno et al., 2025).

Peningkatan efisiensi teknis seperti ini sangat penting bagi penerapan biogas di tingkat rumah tangga di Aceh, karena keterbatasan modal dan ruang menuntut desain digester yang sederhana, cepat menghasilkan gas, dan mudah dirawat.

Relevansi Akademik dan Implikasi Praktis Bagi Aceh Barat

Penelitian terbaru menunjukkan bahwa adopsi biogas berbasis komunitas di Indonesia dapat menjadi strategi efektif dalam menurunkan emisi karbon sekaligus memperkuat ekonomi desa. Studi Harnessing the Power of Cow Dung (2023) mengonfirmasi bahwa biogas mampu menurunkan emisi karbon hingga 50% dan meningkatkan efisiensi energi masyarakat pedesaan secara signifikan. Implementasi biogas skala rumah tangga di Indonesia telah menurunkan konsumsi LPG hingga 70% dan menghemat biaya energi rata-rata Rp2,5 juta per rumah tangga per tahun. Keberhasilan ini menunjukkan relevansi tinggi bagi Aceh Barat, khususnya dalam menciptakan desa mandiri energi di wilayah perkebunan sawit.

Selain dampak ekonomi, penerapan biogas juga membawa dimensi sosial-ekologis yang signifikan. Dengan mengintegrasikan sektor perkebunan, peternakan, dan energi, sistem sawit-sapi-biogas di Desa Teupin Panah dapat menjadi model pengembangan pertanian berkelanjutan yang selaras dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (Sustainable Development Goals) khususnya poin 7 (Energi Bersih dan Terjangkau) dan poin 13 (Penanganan Perubahan Iklim).

METODE PELAKSANA

Lokasi dan Waktu Pelaksanaan

Kegiatan pengabdian dilaksanakan di Desa Teupin Panah, Kecamatan Kaway XVI, Kabupaten Aceh Barat, Provinsi Aceh. Desa ini dipilih karena memiliki potensi peternakan sapi dan perkebunan kelapa sawit yang besar, sehingga relevan untuk pengembangan sistem pertanian terpadu berbasis biogas. Peserta melibatkan masyarakat peternak, kelompok tani, serta aparatur desa sebagai peserta utama.

Metode Kegiatan

Metode pelaksanaan menggunakan pendekatan sosialisasi edukatif dan peningkatan kapasitas pengetahuan masyarakat, yang dilaksanakan melalui beberapa tahapan berikut:

1. Persiapan dan Koordinasi Awal

Dilakukan melalui pertemuan dengan perangkat desa dan kelompok tani untuk menjelaskan tujuan kegiatan, menentukan peserta, dan menyusun jadwal pelaksanaan.

2. Sosialisasi Konsep Biogas dan Manfaat Ekonomi

Kegiatan inti berupa penyampaian materi secara interaktif mengenai:

- Prinsip dasar energi terbarukan dan urgensi pengelolaan limbah ternak.
- Potensi ekonomi biogas dari kotoran sapi, meliputi penghematan energi rumah tangga serta nilai tambah dari pemanfaatan slurry sebagai pupuk organik.
- Perbandingan nilai energi antara LPG dan biogas pada skala rumah tangga.

3. Penyampaian Pengetahuan Teknis Sistem Biogas

Peserta diberikan pemahaman mengenai:

- Tahapan umum proses fermentasi anaerob.
- Komponen utama sistem biogas (inlet, digester, outlet, saluran gas, dan kompor biogas).
- Gambaran sederhana proses konversi energi dari kotoran sapi menjadi gas metana.
- Penjelasan dilakukan menggunakan media visual dan materi PPT instalasi biogas, tanpa praktik langsung pembangunan alat.

4. Diskusi dan Evaluasi Pemahaman

Tahap akhir berupa sesi tanya jawab untuk menilai sejauh mana pemahaman masyarakat mengenai manfaat ekonomi, potensi energi, dan konsep teknis biogas. Peserta juga diberikan lembar evaluasi sederhana untuk menilai peningkatan pengetahuan setelah kegiatan.

Bahan dan Alat yang Digunakan

Kegiatan ini menggunakan bahan dan alat sederhana sebagai media edukasi, antara lain:

1. Materi presentasi dan video ilustrasi dari PPT Instalasi Biogas.
2. Contoh visual komponen sistem biogas skala kecil (gambar digester, saluran gas, dan kompor biogas).

Kuesioner singkat untuk mengukur tingkat pengetahuan sebelum dan sesudah kegiatan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pengabdian yang dilaksanakan di Desa Teupin Panah, Kecamatan Kaway XVI, Kabupaten Aceh Barat, difokuskan pada sosialisasi manfaat ekonomi dan penjelasan teknis sistem biogas yang bersumber dari materi PPT Instalasi Biogas. Hasil kegiatan menunjukkan peningkatan pengetahuan masyarakat tentang pemanfaatan limbah kotoran sapi sebagai sumber energi alternatif rumah tangga dan sumber pupuk organik bernilai ekonomi. Sebelum kegiatan, sebagian besar masyarakat menganggap kotoran sapi hanya sebagai limbah yang harus dibuang atau dikeringkan sebagai pupuk alami. Setelah sosialisasi, peserta mulai memahami bahwa kotoran sapi memiliki nilai energi tinggi, dan melalui proses fermentasi anaerob dapat diubah menjadi biogas yang mampu menggantikan LPG untuk keperluan rumah tangga.

Dalam sesi diskusi, peserta menunjukkan ketertarikan besar terhadap potensi penghematan energi. Berdasarkan contoh yang disampaikan dalam PPT, setiap 1 ekor sapi menghasilkan $\pm 0,36 \text{ m}^3$ biogas per hari, yang setara dengan $\pm 0,22 \text{ kg}$ LPG. Dengan kepemilikan 5 ekor sapi, satu rumah tangga dapat menghemat pengeluaran sekitar Rp2,1 juta per tahun. Nilai ini dianggap sangat signifikan bagi masyarakat petani sawit dan peternak di desa tersebut. Gambar 1 memberikan ilustrasi pelaksanaan pengabdian dalam memberikan pemahaman pengetahuan dan teknis kepada Masyarakat.





Gambar 1 Dokumentasi pelaksanaan pengabdian di Desa Teupin Panah

Teknis pembuatan Biogas

Pembuatan biogas memerlukan pengetahuan teknis yang cukup terkait instalasi alat dan bahan serta korelasi dengan bahan baku yang digunakan. Pemilihan instalasi juga berkaitan dengan metode pendekatan pembuatan biogas yang dipilih. Pembuatan biogas didasarkan pada proses fermentasi anaerob, yaitu penguraian bahan organik oleh mikroorganisme tanpa kehadiran oksigen. Bahan utama yang digunakan adalah kotoran sapi, karena mengandung kadar air dan senyawa organik tinggi seperti selulosa, protein, dan lemak yang mudah terurai. Dalam proses ini, mikroba anaerob menghasilkan gas campuran yang didominasi metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2). Gas metana inilah yang menjadi sumber energi utama yang dapat digunakan untuk memasak atau menyalakan pembangkit listrik kecil.

1. Persiapan lokasi

Pilih lokasi yang berdekatan dengan kandang sapi agar mudah mengalirkan bahan baku. Pastikan lokasi tidak tergenang air dan mendapat sinar matahari cukup, untuk menjaga suhu fermentasi tetap stabil. Buat pondasi digester dari semen dan pasir agar kedap udara serta kuat menahan tekanan gas.

2. Pembuatan reaktor digester

Gali lubang dengan kedalaman 1,5–2 meter dan diameter sekitar 1 meter (untuk kapasitas rumah tangga). Tempatkan drum atau tabung fiber di dalam lubang sebagai reaktor utama. Pastikan sambungan antar bagian tertutup rapat untuk mencegah kebocoran gas (Gambar 2).



Gambar 2 Rektor biogas

3. Pembuatan bak penampung kotoran

Tujuan pembuatan bak penampung sebagai tempat pencampuran awal kotoran sapi dengan air sebelum dimasukkan ke digester. Langkahnya:

1. Buat bak berukuran $\pm 50 \text{ cm} \times 50 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$ di dekat bagian atas digester.
2. Permukaan bagian dalam dipasteur halus agar kedap air.
3. Sediakan lubang pipa (PVC 3 inci) yang menghubungkan inlet ke bagian bawah digester.

Bak ini berfungsi menampung bahan yang sudah dicampur air (rasio 1:1), lalu dialirkan secara gravitasi ke reaktor. Bak dibuat di sisi berlawanan dari inlet, agak lebih rendah dari dasar digester agar slurry bisa mengalir keluar secara alami. Ukurannya bisa sama atau sedikit lebih besar dari inlet dan dilengkapi saluran pembuangan (drain) untuk mengambil slurry cair. Dinding dipasteur halus dan kedap agar tidak bocor ke tanah (Gambar 3).



Gambar 3. Bak penampung kotoran

4. Instalasi rekator biogas

Dalam rancangan sistem biogas yang dijelaskan kepada masyarakat, digester dibuat dari bahan fiber atau drum plastik tebal yang kedap udara dan tahan tekanan gas. Desainnya dibuat setengah tertanam di dalam tanah agar suhu tetap stabil di kisaran 30–38°C, yang merupakan suhu ideal untuk aktivitas bakteri penghasil gas metana. Bagian bawah digester dihubungkan dengan pipa inlet yang berasal dari bak pencampur bahan, sedangkan bagian atasnya dilengkapi dengan pipa outlet yang menyalurkan residu hasil fermentasi (slurry) ke bak penampung keluaran. Pada bagian kubah atas digester dipasang penutup gas (gas dome) yang berfungsi sebagai tempat penampungan gas hasil fermentasi. Gas yang tertampung kemudian dialirkan melalui pipa menuju saluran distribusi energi rumah tangga, seperti kompor biogas. Sistem ini bersifat kontinyu: setiap kali bahan baru masuk dari pipa inlet, slurry lama akan ter dorong keluar melalui outlet, sehingga digester dapat beroperasi terus-menerus tanpa perlu dikosongkan secara manual.

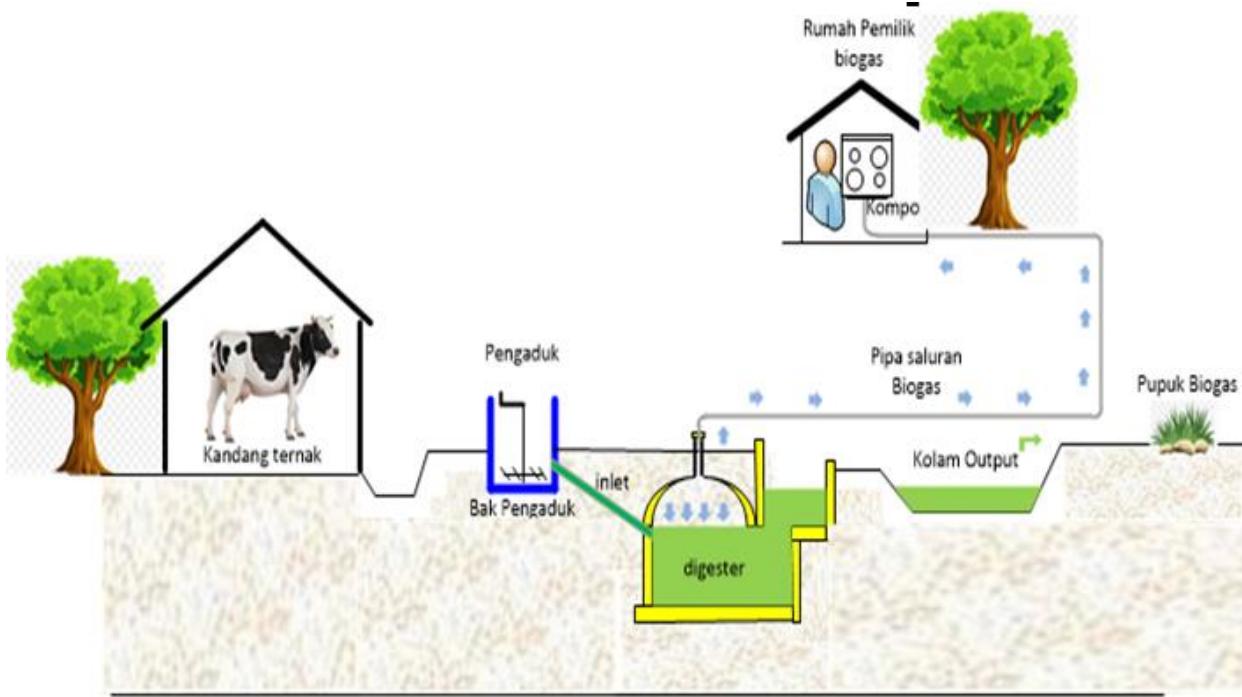
Saluran biogas berfungsi menyalurkan gas metana dari digester ke titik pemanfaatan energi seperti kompor, lampu gas, atau generator kecil. Pipa yang digunakan umumnya terbuat dari PVC dengan diameter antara $\frac{1}{2}$ hingga 1 inci yang tahan tekanan rendah dan tidak mudah bocor. Jalur distribusi ini dilengkapi dengan katup pengatur tekanan (regulator gas) untuk menjaga tekanan gas tetap konstan dan aman digunakan. Selain itu, pada bagian tengah pipa dipasang

water trap atau perangkap air yang berfungsi menahan uap air dan cairan slurry agar tidak ikut masuk ke kompor. Panjang pipa gas disesuaikan dengan jarak antara lokasi digester dan dapur rumah tangga, umumnya antara 5 hingga 15 meter. Dalam demonstrasi kegiatan, hasil simulasi menunjukkan bahwa tekanan gas dari satu unit digester rumah tangga berkapasitas 3–5 m³ mampu menyalakan kompor selama tiga hingga empat jam per hari, cukup untuk memenuhi kebutuhan memasak satu keluarga dengan empat anggota rumah tangga. Desain saluran gas yang sederhana memungkinkan masyarakat melakukan perawatan dan perbaikan mandiri apabila terjadi kebocoran kecil.

Secara keseluruhan, sistem instalasi biogas yang dijelaskan kepada masyarakat terdiri atas lima komponen utama yang bekerja secara terintegrasi: bak pencampur (inlet chamber), reaktor biogas (digester), bak penampung residu (outlet chamber), saluran gas, dan titik pemanfaatan energi di rumah tangga. Proses dimulai dari pengisian bahan baku, yaitu campuran kotoran sapi dan air dengan perbandingan 1:1, ke dalam bak pencampur. Selanjutnya bahan cair ini dialirkan ke digester melalui pipa inlet. Di dalam digester, mikroorganisme bekerja secara anaerobik untuk menguraikan bahan organik selama 20–30 hari. Gas metana yang terbentuk di bagian atas digester dialirkan melalui pipa menuju dapur, sementara sisa padatan cair (slurry) keluar melalui pipa outlet dan ditampung di bak penampung residu. Slurry ini kemudian dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik cair atau padat yang mampu memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan hasil pertanian, khususnya pada tanaman sawit yang menjadi komoditas utama di wilayah Aceh Barat.

Kelebihan sistem ini adalah kemampuannya menghasilkan dua produk bernilai ekonomi sekaligus, yaitu gas metana sebagai sumber energi rumah tangga dan slurry organik sebagai pupuk alami. Model ini juga dapat dikembangkan ke skala komunal dengan kapasitas digester lebih besar (10–15 m³) yang melayani lima hingga sepuluh rumah tangga sekaligus. Penerapan model seperti ini sejalan dengan arah pengembangan konsep “Energi Desa Mandiri” yang menjadi fokus kegiatan pengabdian di Teupin Panah, karena mendorong efisiensi sumber daya lokal serta penguatan ekonomi berbasis masyarakat.

Selama pelaksanaan kegiatan sosialisasi dan simulasi lapangan, terdapat sejumlah kelebihan dan kendala yang teridentifikasi. Dari sisi kelebihan, masyarakat menunjukkan antusiasme yang tinggi karena teknologi ini mudah diterapkan menggunakan bahan-bahan lokal seperti drum bekas, semen, dan pipa PVC. Selain itu, manfaat ekonomi langsung berupa penghematan penggunaan LPG dan potensi pemanfaatan pupuk slurry menjadi faktor utama yang menarik perhatian warga. Dari sisi lingkungan, sistem ini juga menjadi solusi terhadap permasalahan limbah peternakan yang sebelumnya mencemari lahan dan aliran air di sekitar permukiman. Namun demikian, beberapa kendala juga muncul selama kegiatan berlangsung, antara lain keterbatasan modal awal untuk membangun instalasi permanen, kurangnya pengalaman teknis masyarakat dalam pengoperasian digester, serta keterbatasan ketersediaan air pada musim kemarau yang dapat memengaruhi proses fermentasi. Meskipun demikian, kegiatan pengabdian ini berhasil meningkatkan pemahaman masyarakat mengenai potensi biogas sebagai sumber energi alternatif dan solusi pengelolaan limbah yang produktif. Secara sosial, kegiatan ini menumbuhkan kesadaran kolektif tentang pentingnya pemanfaatan sumber daya lokal secara berkelanjutan. Sebagai tindak lanjut, kelompok masyarakat di Desa Teupin Panah berencana membentuk kelompok pengelola biogas untuk memantau penggunaan teknologi ini secara mandiri. Ilustrasi instalasi lengkapnya ada di gambar 4.



Gambar 4. Instalasi biogas

Meskipun kegiatan pengabdian ini berhasil meningkatkan pemahaman masyarakat mengenai manfaat ekonomi dan teknis biogas, terdapat beberapa kekurangan yang perlu menjadi bahan evaluasi untuk kegiatan lanjutan agar program ini dapat berjalan lebih optimal dan berkelanjutan.

1. kegiatan pengabdian masih terbatas pada aspek sosialisasi pengetahuan dan pemahaman konseptual, tanpa dilanjutkan ke tahap implementasi teknis penuh berupa pembangunan dan pengoperasian unit biogas di lapangan. Masyarakat baru sampai pada tahap memahami prinsip kerja biogas, manfaat ekonomi, serta potensi pemanfaatannya, tetapi belum mendapatkan pengalaman praktis secara langsung dalam pembuatan dan pengujian digester. Kondisi ini menyebabkan tingkat adopsi teknologi di masyarakat masih bersifat teoritis dan belum terbukti secara empiris di tingkat rumah tangga.
2. keterbatasan anggaran dan sarana pendukung kegiatan menjadi faktor yang cukup mempengaruhi capaian pengabdian. Biaya yang tersedia hanya mencakup kegiatan edukatif berupa seminar, diskusi, dan demonstrasi konsep, sementara untuk membangun satu unit instalasi biogas skala rumah tangga dibutuhkan dana tambahan untuk bahan konstruksi seperti drum fiber, semen, pipa PVC, katup gas, dan kompor biogas. Akibatnya, masyarakat belum dapat melihat langsung manfaat energi yang dihasilkan, yang seharusnya menjadi motivasi utama untuk penerapan teknologi ini secara berkelanjutan.
3. tingkat literasi teknis masyarakat terhadap teknologi biogas masih rendah, terutama dalam hal perawatan digester, pengaturan tekanan gas, dan pemanfaatan residu (slurry) sebagai pupuk organik. Sebagian besar peserta pengabdian merupakan petani sawit dan peternak rakyat dengan latar belakang pendidikan non-teknis, sehingga memerlukan pendampingan yang lebih intensif melalui pelatihan lanjutan berbasis praktik (hands-on training). Tanpa keterampilan teknis yang memadai, risiko kegagalan operasional biogas di lapangan cukup tinggi apabila kegiatan ini dikembangkan secara mandiri oleh masyarakat.

4. Penguatan kelembagaan, dimana belum terbentuk kelompok pengelola biogas atau lembaga energi desa yang berfungsi mengkoordinasikan kegiatan lanjutan. Padahal, keberadaan kelembagaan lokal sangat penting untuk menjaga keberlanjutan program, terutama dalam hal pengumpulan bahan baku (kotoran sapi), pemeliharaan sistem, dan pembagian hasil pemanfaatan energi antaranggota. Tanpa adanya struktur organisasi yang jelas, kegiatan lanjutan seperti pelatihan teknis, pengumpulan dana gotong royong, dan pengawasan unit biogas berpotensi tidak berjalan konsisten.

keterbatasan dukungan infrastruktur dasar, seperti ketersediaan air bersih dan akses transportasi, juga menjadi tantangan teknis dalam pengembangan biogas di Desa Teupin Panah. Proses fermentasi anaerob membutuhkan kelembapan optimal untuk menjaga aktivitas bakteri metanogenik. Pada musim kemarau, keterbatasan pasokan air dapat menurunkan efisiensi produksi gas dan memperlambat proses penguraian bahan organik. Selain itu, kondisi geografis pedesaan yang cukup jauh dari pusat kota juga menyulitkan distribusi bahan dan peralatan konstruksi untuk pembuatan instalasi biogas. Hasil evaluasi kuantitatif yang dilakukan melalui desain pre-test dan post-test menunjukkan bahwa terjadi peningkatan pemahaman masyarakat secara signifikan setelah mengikuti sosialisasi. Rataan skor pengetahuan peserta meningkat dari 39,5 pada pre-test menjadi 77,25 pada post-test, dengan persentase peningkatan sebesar 95,4%. Peningkatan terbesar terlihat pada indikator pemahaman manfaat ekonomi biogas dan pengetahuan teknis proses fermentasi anaerob. Hasil ini mengindikasikan bahwa metode sosialisasi interaktif yang digunakan dalam kegiatan pengabdian mampu meningkatkan kapasitas pengetahuan masyarakat secara nyata (Tabel 1).

Tabel 1. Matriks evaluasi pemahaman peserta

Indikator Pemahaman	Rata-rata Pre-Test	Rata-rata Post-Test	Selisih (Δ)	% Peningkatan	Interpretasi
Pemahaman energi terbarukan	45	78	33	73%	Meningkat baik
Manfaat ekonomi biogas	40	82	42	105%	Meningkat sangat baik
Proses teknis biogas	35	75	40	114%	Meningkat sangat baik
Pemanfaatan slurry	38	74	36	95%	Meningkat sangat baik
Skor Total	39,5	77,25	37,75	95,40%	Peningkatan sangat signifikan

SIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kegiatan pengabdian masyarakat yang dilakukan di Desa Teupin Panah, Kecamatan Kaway XVI, Kabupaten Aceh Barat, berfokus pada peningkatan pemahaman masyarakat terhadap pemanfaatan limbah peternakan, khususnya kotoran sapi, sebagai sumber energi terbarukan berbasis biogas. Kegiatan ini telah memberikan dampak positif terhadap peningkatan pengetahuan masyarakat mengenai manfaat ekonomi dan lingkungan dari teknologi biogas,

sekaligus membuka kesadaran baru akan potensi pengembangan sistem pertanian terpadu berbasis sawit–sapi–biogas. Meskipun demikian, pelaksanaan kegiatan ini juga menemui beberapa keterbatasan, terutama dalam aspek teknis dan implementasi lapangan yang masih terbatas pada tahap sosialisasi. Oleh karena itu, hasil kegiatan ini menjadi pijakan awal yang sangat penting untuk tahap pengabdian lanjutan yang bersifat aplikatif.

Berikut disajikan kesimpulan dan saran yang diperoleh dari pelaksanaan kegiatan ini:

1. Memberikan sosialisasi pengetahuan tentang biogas kepada masyarakat Desa Teupin Panah agar memahami konsep dasar, manfaat lingkungan, dan potensi ekonomi dari pengolahan kotoran sapi menjadi energi terbarukan.
2. Meningkatkan keterampilan teknis masyarakat melalui pelatihan sederhana tentang cara membangun, mengoperasikan, dan merawat digester biogas skala rumah tangga maupun kelompok.
3. Mendorong pemanfaatan hasil samping biogas (*slurry*) sebagai pupuk organik yang dapat diaplikasikan pada lahan perkebunan kelapa sawit masyarakat, sehingga mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia.

Saran

Sebagai tindak lanjut dari kegiatan pengabdian di Desa Teupin Panah, Kecamatan Kaway XVI, Kabupaten Aceh Barat, diperlukan upaya pengembangan lanjutan untuk memperkuat dampak dan keberlanjutan program. Kegiatan berikutnya disarankan tidak hanya berfokus pada sosialisasi pengetahuan, tetapi juga mencakup demonstrasi langsung pembuatan unit biogas agar masyarakat memperoleh keterampilan praktis. Dukungan pendanaan dan fasilitas dari pemerintah daerah, perguruan tinggi, serta mitra swasta sangat dibutuhkan untuk menunjang implementasi lapangan. Selain itu, pembentukan kelembagaan energi desa menjadi langkah penting dalam memastikan pengelolaan biogas berjalan mandiri dan berkesinambungan. Peningkatan literasi teknis masyarakat melalui pelatihan intensif serta evaluasi terhadap dampak ekonomi dan lingkungan dari penerapan biogas juga perlu dilakukan secara berkala agar hasil pengabdian ini dapat memberikan manfaat jangka panjang dan menjadi model pengembangan energi terbarukan berbasis komunitas di wilayah Aceh.

REFERENSI

- Cozzi, L., & Gould, T. (2021). World Energy Outlook 2021. *IEA Publications*, 1–386. www.iea.org/weo
- DINAS PETERNAKAN ACEH | Website Pemerintahan Aceh. (n.d.). Retrieved October 6, 2025, from <https://disnak.acehprov.go.id/>
- Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, I., Idris, M., & Bunyamin Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, B. (2017). Peningkatan Kesejahteraan Masyarakat Desa Tertinggal Melalui Biogas Kotoran Sapi. *Jurnal Bakti Saintek: Jurnal Pengabdian Masyarakat Bidang Sains Dan Teknologi*, 1(1), 33–45.
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2016.12.048>
- Harmiansyah, H., Pratama, R. D., Afisna, L. P., Syaukani, M., & Efendi, R. (2022). Karakteristik Sisa Slurry pada Produksi Biogas Berbahan Kotoran Sapi. *JMPM (Jurnal Material Dan Proses Manufaktur)*, 6(2), 46–53.
- Haryanto, A., Okfrianas, R., Winda Rahmawati Jurusan Teknik Pertanian, dan, Pertanian, F., Lampung Jl Soemantri Brojonegoro No, U., Gedong Meneng, K., & Lampung, B. (2019). Pengaruh Komposisi Substrat dari Campuran Kotoran Sapi dan Rumput Gajah (*Pennisetum purpureum*) terhadap Produktivitas Biogas pada Digester Semi Kontinu. *Jurnal Rekayasa Proses*, 13(1), 47–56.

- Haryanto, A., Putri, L. R., Suharyatun, S., & Telaumbanuwa, M. (2023). *Jurnal Agricultural Biosystem Engineering Penambahan Arang Batok Kelapa pada Produksi Biogas Campuran Kotoran Ayam dan Kotoran Sapi Addition of Coconut Shell Biochar on the Biogas Production from a Mixture of Chicken Manure and Cow Manure*, 2(1), 98–108.
- Hilmi, A., Laili, S., & Rahayu, T. (2018). Pengaruh Pemberian Limbah Biogas Cair dan Padat (Bio Slurry) sebagai Pupuk Organik terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi Hijau (*Brassica juncea*). *Jurnal SAINS ALAMI (Known Nature)*, 1(1), 1418–1423.
- Ibrahim, I., Idris, M., & Bunyamin, B. (2017). Peningkatan Kesejahteraan Masyarakat Desa Tertinggal Melalui Biogas Kotoran Sapi. *Jurnal Bakti Saintek: Jurnal Pengabdian Masyarakat Bidang Sains Dan Teknologi*, 1(1), 33.
- Junior, A. A. S., Fattah, S., & Sabir, S. (2025). *Economic Feasibility of Integrated Farming System for Organic Waste in Pa'bumbungan Village*. 2419–2428.
- 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, 101431.
- Mardawati, E., Al Faruqy, M. Z., & Wiyatna, M. F. (2024). Produksi Biogas Co-digestion dari Kotoran Sapi, Limbah Buah Sayuran, dan Serasah Daun di Universitas Padjadjaran. *Biomass, Biorefinery, and Bioeconomy*, 2(2), 151–160.
- Mustikaningrum, D. (2023). Pengaruh Aplikasi Bio-slurry Terhadap Perbaikan Sifat Kimia Tanah. *RADIKULA: Jurnal Ilmu Pertanian*, 2(2), 94–99.
- Naimah, K., Zen, M. R., Airohman, I., Fahmi, A. G., Handayani, K. Y., Khanafi, M., Hadi, F. S., Julio, A., Simanjuntak, H., & Muslimah, S. (2022). Produksi dan Manajemen Energi Biogas dari Kotoran Sapi sebagai Pengganti LPG di Kampung Totokaton, Lampung Tengah. *Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia*, 2(6), 1913–1922.
- Nisa', K., Afif, M. A., Nurazizah, S., & Wahyudi, W. (2024). Potensi Energi Berkelanjutan Pembuatan Biogas Inovatif dari Kotoran Hewan Sapi. *Jumat Pertanian: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 5(1), 12–15.
- Nisah, K., Meutia, M., & Aini, Z. (2025). PEMBERDAYAAN MASYARAKAT BERBASIS METODE ASSET-BASED COMMUNITY-DRIVEN DEVELOPMENT (ABCD) DENGAN MEMANFAATKAN LIMBAH KOTORAN SAPI MENJADI BIOGAS DI ACEH BESAR. *Kumawula: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 8(2), 372–381.
- Nurdiyah, N., Anfas, A., Yamin, M. A., & Karim, H. A. (2022). PEMANFAATAN LIMBAH KOTORAN SAPI SEBAGAI BAHAN DASAR BIOGAS, PUPUK ORGANIK (CAIR DAN PADAT) UNTUK TANAMAN KEDELAI DI DESA BUMIAYU KEC. WONOMULYO KAB. POLEWALI MANDAR PROVINSI SULAWESI BARAT. *JURNAL PENGABDIAN MANDIRI*, 1(12), 2643–2650.
- Puspitasari, S., Amanda, S., Prasetyawati, E., & Syaichurrozi, I. (2025). Analysis of Biogas Production Kinetics from Cow Dung and Food Waste. *World Chemical Engineering Journal*, 9(1), 21.
- Sastrawan, S., Ridhana, F., Erita, E., & Pitriyanto, N. (2021). Teknik Pengolahan Limbah Kotoran Sapi Bali Untuk Pembuatan Biogas Di Kampung Paya Tungel Kecamatan Jagong Jeget. *JIPVET: Jurnal Ilmu Peternakan Dan Veteriner*, 3(2), 30–40.
- Styana, U. I. F., Widodo, G. N., & Cahyono, M. S. (2022). Potensi Campuran Kotoran Sapi dan Limbah Cair Rumah Pemotongan Ayam Sebagai Sumber Energi Penghasil Biogas. *Jurnal Offshore: Oil, Production Facilities and Renewable Energy*, 6(1), 29.
- Supriadi, E., Rahmad, D., Akbar, A., Khairati, M., Amrin, M., Adi, T., Suhardito, I., Hidayat, S., Supriadi, E., Rahmad, D., Akbar, A., Khairati, M., Zhafran Zharif Amrin, M., Trikora Adi, T., Suhardito, I., Alifia Hidayat, S., & Thi Thanh Phuong, N. (2023). Production of Biogas with Two-Stage Fermentation of Cow Dung-Palm Oil Mill Effluent. *Walisongo Journal of Chemistry*, 6(1), 8–11.
- Suyitno, Juwana, W. E., & Muqoffa, M. (2025). Enhancing Biogas Production through the Co-Digestion of Indigofera and Cow Manure for Electricity Generation. *Journal of Engineering and Technological Sciences*, 57(3), 291–302.
- Widyowanti, R. A., Ginting, C., & Renjani, R. A. (2021). The Potential of Biogas Slurry and Palm Oil Mill Effluent Slurry as Slow-Release Fertilizer Pellet Through Densification. *PLANTA TROPINKA*, 9(2), 90–99.
- Zulfri, M., Syntia, R., Adlie, T. A., Isra, M., & Wahyudi, A. (2024). Pelatihan Pembuatan Alat Pengolah Kotoran Sapi Menjadi Biogas Di Desa Baroh Kota Langsa. *Jurnal Vokasi*, 8(1), 55.