

SISTEM KONTROL DAN KELISTRIKAN PADA ITEFUEL UNTUK PENGOLAHAN BIOGAS KOTORAN TERNAK MENJADI BIO-CNG

Lisa Kristiana^{1*}, Yusup Miftahuddin², Deklan Malik Akbar³, Muhammad Zufar Dafy⁴, Shafira Kurnia Fasya⁵

^{1,2,3,4,5}Informatika, Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia

¹lisa@itenas.ac.id, ²yusufm@itenas.ac.id, ³deklan.malik@mhs.itenas.ac.id,

⁴mohammad.zufar@mhs.itenas.ac.id, ⁵shafira.kurnai@mhs.itenas.ac.id

ABSTRAK

Abstrak: Pengelolaan limbah kotoran ternak di Desa Tanggulun, Kabupaten Garut, masih belum optimal dan berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan, bau tidak sedap, serta gangguan kesehatan masyarakat. Padahal, limbah tersebut memiliki potensi besar sebagai sumber energi terbarukan. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengimplementasikan sistem kontrol dan kelistrikan pada alat inovatif “ITEFUEL”, yaitu alat pengolah biogas dari kotoran ternak menjadi Bio-CNG (Compressed Natural Gas). Fokus utama kegiatan adalah pemurnian biogas hasil fermentasi anaerob menggunakan metode adsorpsi berbasis zeolit untuk meningkatkan kadar metana (CH_4), serta pengujian kinerja sistem kontrol dan keamanannya. Kegiatan dilaksanakan di Living Laboratorium AA Riverside, Garut. Hasil pelaksanaan menunjukkan bahwa sistem kontrol dan kelistrikan ITEFUEL berfungsi secara optimal sesuai rancangan, meliputi proses intake gas, pemurnian, penyimpanan, hingga dispensing Bio-CNG yang terkontrol dan aman. Selain menghasilkan prototipe alat ITEFUEL yang operasional, kegiatan ini juga mencakup sosialisasi dan pelatihan teknis kepada masyarakat, sehingga meningkatkan pemahaman dan kemandirian masyarakat dalam pemanfaatan energi alternatif berbasis limbah ternak.

Kata Kunci: Pengelolaan limbah ternak; Bio-CNG; energi terbarukan; ITEFUEL; zeolit.

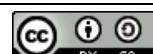
Abstract: The management of livestock manure waste in Tanggulun Village, Garut Regency, is still suboptimal and has the potential to cause environmental pollution, unpleasant odors, and public health issues. However, this waste has significant potential as a renewable energy source. This community service activity aims to develop and implement a control and electrical system for an innovative device called “ITEFUEL,” which processes biogas from livestock manure into Bio-CNG (Compressed Natural Gas). The activity focuses on purifying biogas produced through anaerobic fermentation using a simple zeolite-based adsorption method to increase methane (CH_4) concentration, as well as testing the performance, safety, and reliability of the control system. The program was conducted at the AA Riverside Living Laboratory in Garut. The results demonstrate that the ITEFUEL control and electrical system operates fully according to the design, successfully managing gas intake, purification, temporary storage, and dispensing processes in a controlled and safe manner. In addition to producing a functional ITEFUEL prototype, the activity included technical training and socialization sessions, which enhanced community knowledge and supported independent utilization of livestock waste-based renewable energy.

Keywords: Livestock waste management; Bio-CNG; renewable energy; ITEFUEL; zeolite.



Article History:

Received	: 03-12-2025
Revised	: 27-12-2025
Accepted	: 15-01-2026
Online	: 17-01-2026



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

A. PENDAHULUAN

Kabupaten Garut merupakan salah satu wilayah di Jawa Barat yang memiliki sektor peternakan sebagai mata pencaharian utama masyarakat, khususnya peternakan sapi, ayam, dan domba. Perkembangan aktivitas peternakan ini didukung oleh ketersediaan lahan yang luas di wilayah pedesaan, termasuk Desa Tanggulun, Kecamatan Kadungora. Namun, meningkatnya aktivitas peternakan tidak diimbangi dengan sistem pengelolaan limbah yang memadai. Limbah kotoran ternak umumnya dibuang langsung ke lingkungan sekitar, termasuk ke badan air, sehingga menyebabkan penumpukan limbah yang berdampak pada pencemaran tanah dan air serta menurunkan kualitas lingkungan dan kesehatan masyarakat. Selain itu, limbah peternakan yang tidak dikelola dengan baik menghasilkan emisi gas rumah kaca, terutama metana (CH_4), yang berkontribusi terhadap perubahan iklim global. Padahal, berbagai penelitian menunjukkan bahwa kotoran ternak memiliki potensi besar untuk dikonversi menjadi energi terbarukan berupa biogas yang ramah lingkungan dan bernilai ekonomi (Putri & Saputro, 2012).

Pentingnya kegiatan pengabdian ini terletak pada upaya menghadirkan solusi yang tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga aplikatif dan sesuai dengan kondisi masyarakat desa. Pengelolaan limbah peternakan berbasis energi terbarukan memerlukan teknologi yang efisien, aman, serta mudah dioperasikan agar dapat diterapkan secara berkelanjutan. Tanpa adanya intervensi teknologi yang tepat guna, potensi limbah ternak di Desa Tanggulun akan terus menjadi sumber pencemaran lingkungan dan risiko kesehatan masyarakat. Oleh karena itu, pengembangan sistem kontrol dan kelistrikan pada alat ITEFUEL menjadi langkah strategis dalam mendukung pengelolaan limbah peternakan secara berkelanjutan. Kegiatan ini tidak hanya berfokus pada pengurangan dampak lingkungan, tetapi juga berkontribusi pada peningkatan pengetahuan masyarakat, penguatan kemandirian energi, serta penumbuhan kesadaran akan pentingnya pengelolaan lingkungan yang ramah dan berkelanjutan (Oskar et al., 2022).

Tujuan utama pelaksanaan kegiatan ini adalah mengembangkan dan mengimplementasikan sistem kontrol dan kelistrikan pada alat ITEFUEL sebagai teknologi tepat guna untuk mengolah limbah kotoran ternak menjadi sumber energi alternatif berupa Bio-CNG yang lebih bersih dan bernilai guna tinggi. Kegiatan ini dilaksanakan untuk menjawab beberapa permasalahan utama yang dihadapi masyarakat, yaitu keterbatasan teknologi pengolahan limbah yang aman dan efisien, rendahnya kualitas biogas yang dihasilkan oleh sistem konvensional, serta minimnya pemahaman masyarakat mengenai pengoperasian dan pemeliharaan teknologi energi terbarukan. Selain itu, penguatan aspek kontrol dan keselamatan menjadi alasan penting dalam pelaksanaan kegiatan ini, mengingat pengelolaan gas memerlukan

sistem yang terstruktur dan aman agar dapat dioperasikan secara mandiri oleh masyarakat. Dengan demikian, kegiatan ini diharapkan mampu meningkatkan nilai tambah limbah ternak, mengurangi ketergantungan masyarakat terhadap energi fosil, serta mendorong terciptanya model pengelolaan limbah peternakan yang berkelanjutan dan dapat direplikasi di wilayah pedesaan lainnya.

Jika dibandingkan dengan kegiatan atau penelitian sebelumnya, pemanfaatan limbah ternak di tingkat desa umumnya masih terbatas pada produksi biogas konvensional untuk kebutuhan memasak rumah tangga atau pemanfaatan sederhana lainnya. Sebagian besar penelitian terdahulu lebih menitikberatkan pada analisis performa digester, proses digesti anaerob, serta kuantitas biogas yang dihasilkan, tanpa memperhatikan peningkatan kualitas gas melalui proses pemurnian atau integrasi sistem kontrol otomatis dan aspek keselamatan. Sebagai contoh, (Arifan & Sumardiono, 2021) menganalisis efektivitas metode digesti anaerob dalam produksi biogas dari limbah ternak, namun belum mencakup pemurnian gas ke tingkat yang lebih tinggi seperti Bio-CNG. Berbeda dengan pendekatan tersebut, kegiatan pengabdian ini menawarkan kebaruan melalui pengembangan alat ITEFUEL yang tidak hanya memproduksi biogas, tetapi juga memurnikannya menggunakan metode adsorpsi berbasis zeolit serta dilengkapi sistem kontrol dan kelistrikan yang terintegrasi. Pendekatan ini menjadikan teknologi yang dihasilkan lebih aman, efisien, dan berpotensi diadopsi secara luas oleh masyarakat desa sebagai solusi pengelolaan limbah peternakan yang berkelanjutan.

B. METODE PELAKSANAAN

Metode yang digunakan dalam pengembangan ITEFUEL ini adalah model *Waterfall*. Model *Waterfall* dipilih karena sistematis dan berurutan, di mana satu tahapan diselesaikan terlebih dahulu sebelum melanjutkan ke tahapan berikutnya. Tahapan pelaksanaan kegiatan ini dijabarkan sebagai berikut:



Gambar 1. Tahapan Pelaksanaan Kegiatan.

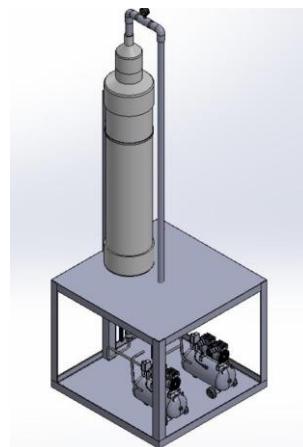
- a. Analisis Kebutuhan (*Requirement Analysis*). Tahap awal pada kegiatan akan difokuskan pada identifikasi masalah melalui survei dan wawancara dengan masyarakat serta tokoh desa setempat. Kegiatan ini bertujuan untuk menganalisis permasalahan utama pengelolaan limbah ternak, potensi pemanfaatannya, serta menentukan kebutuhan mitra dan spesifikasi alat yang akan dirancang.
- b. Perancangan Sistem (*System Design*). Berdasarkan data analisis kebutuhan yang telah didapatkan, akan dilakukan perancangan prototipe alat BIO-CNG. Sistem ini dirancang untuk mengolah limbah biogas dan memurnikannya menggunakan metode adsorpsi berbasis zeolit. Seluruh desain alat disesuaikan dan dirancang untuk mudah dioperasikan dan dirawat oleh masyarakat setempat.
- c. Implementasi (*Implementation*). Tahap ini akan meliputi proses pembuatan alat sesuai dengan hasil rancangan. Setelah alat selesai, alat juga akan dilakukan instalasi di lokasi mitra. Proses implementasi ini disertai dengan sosialisasi kepada masyarakat mengenai pentingnya pengelolaan limbah serta bagaimana cara mengoperasikan ITEFUEL.
- d. Pengujian (*Testing*). Setelah alat terpasang dengan baik, dilakukan serangkaian pengujian. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem bekerja sesuai rancangan, termasuk mengukur efisiensi proses pengolahan limbah dan menganalisis hasil produksi gas BIO-CNG.
- e. Pelatihan dan Penerapan (*Deployment*). Untuk memastikan keberlanjutan dari ITEFUEL, masyarakat diberikan pelatihan teknis. Pelatihan ini menggunakan metode praktik langsung yang mencakup cara penggunaan dan perawatan alat, sehingga pengguna dapat mengoperasikan sistem secara mandiri kedepannya.
- f. Pemeliharaan dan Evaluasi (*Maintenance & Evaluation*). Tahap akhir adalah melakukan monitoring dan maintenance berkala untuk memastikan alat beroperasi sesuai dengan yang seharusnya. Evaluasi dilakukan secara komprehensif terhadap beberapa aspek yaitu teknis, lingkungan, sosial, dan ekonomi sebagai dasar untuk pengembangan kegiatan di masa depan.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan kegiatan telah berhasil mewujudkan luaran utama yang direncanakan, yaitu sebuah prototipe alat pengolahan biogas limbah ternak menjadi BIO-CNG yang disebut ITEFUEL. Hasil kegiatan dibagi menjadi dua bagian utama: (1) realisasi produk dan (2) hasil implementasi dan pengujian fungsional.

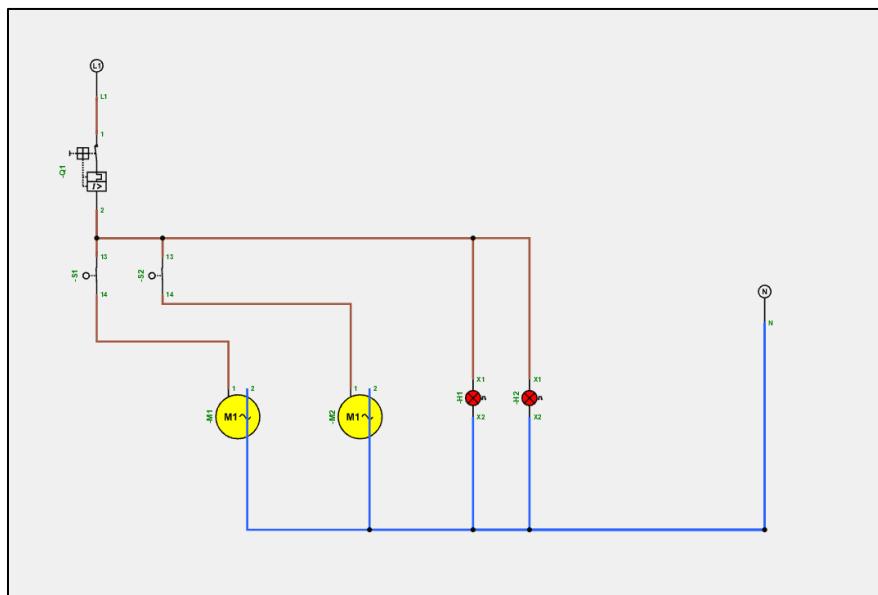
1. Realisasi ITEFUEL

Proses realisasi ITEFUEL mencakup konstruksi rangka utama menggunakan siku baja dan plat besi galvanis yang kuat untuk menopang komponen-komponen berat termasuk tabung pemurnian (adsorpsi) yang dibuat dari pipa 8 inci yang dirancang untuk diisi dengan zeolit alam sebanyak 50kg sebagai material penyerap CO₂. Untuk mobilitas alat, rangka dilengkapi dengan satu set roda di bagian bawah. Sistem aliran gas dirakit menggunakan berbagai komponen seperti pipa 1/2 in, fitting pneumatic, selang, serta serangkaian reducer untuk memastikan aliran yang rapat dari inlet biogas ke tabung adsorpsi, dan menuju outlet BIO-CNG melalui sebuah regulator.



Gambar 2. Desain Rangka ITEFUEL.

Bagian pengembangan dan realisasi sistem kontrol dan kelistrikan memiliki skema prototipe yang ditunjukkan pada Lampiran (Gambar 3). Sistem dirancang untuk mengubah alat ITEFUEL dari filter pasif menjadi sebuah perangkat aktif yang dapat dimonitor. Sistem kelistrikan alat ini memiliki sebuah pressure transmitter yang dipasang untuk memantau tekanan gas di dalam sistem secara real-time. Data dari sensor pressure transmitter tersebut akan digunakan untuk mengendalikan komponen aktuator. Proses pengendalian ini ditangani menggunakan relay dan sebuah modul relay, yang bertugas menyambung atau memutus daya ke komponen lain seperti fan untuk sirkulasi atau pendinginan. Keseluruhan sistem kelistrikan ini ditenagai oleh sebuah *power supply* 12v dan diamankan menggunakan komponen MCB (*Miniature Circuit Breaker*), dengan semua komponen terhubung melalui kabel listrik.



Gambar 3. Rangkaian Listrik Alat ITEFUEL.

Realisasi produk ITEFUEL merupakan capaian yang utama dari tahapan implementasi dan menjadi jawaban atas permasalahan yang dihadapi oleh mitra. Prototipe ini dirancang sebagai alat yang menghasilkan BIO-CNG menggunakan sistem adsorpsi sederhana yang aplikatif, ekonomis, dan sesuai dengan kondisi pedesaan. Rancang bangun alat, seperti yang divisualisasikan pada Gambar 4, telah berhasil diwujudkan.



Gambar 4. Alat ITEFUEL.

2. Implementasi dan Pengujian Fungsional

Implementasi alat dilakukan secara langsung di lokasi mitra, yaitu Living Laboratorium AA Riverside, Kadungora, Garut. Setelah instalasi,

dilakukan sosialisasi dan pelatihan teknis kepada masyarakat setempat. Pelatihan ini mencakup pengoperasian dan cara perawatan alat, yang dilakukan dengan metode *hands-on practice*.



Gambar 5. Proses Implementasi dan Sosialisasi Alat ITEFUEL kepada Masyarakat.

Sistem yang dibangun pada ITEFUEL terbukti dapat bekerja sesuai dengan rancangan. Data dari Pressure Transmitter berhasil dibaca secara real-time untuk memantau keamanan tekanan tabung dan *safety system* dapat bekerja dengan baik apabila tekanan telah melewati batas aman yang ditentukan. Pengujian pemurnian juga menunjukkan hasil yang baik. Biogas mentah dari *digester* (sebelum masuk ITEFUEL) diukur memiliki kandungan metana (CH₄) awal sebesar 50%-70%. Setelah biogas dilewatkan melalui tabung adsorpsi zeolit pada alat ITEFUEL, kualitas gas metana meningkat. Kandungan metana (CH₄) pada output BIO-CNG berhasil ditingkatkan menjadi >80%.

3. Implementasi dan Pengujian Fungsional

Berikut merupakan hasil pengujian dari uji alpha sistem kelistrikan dan kontrol ITEFUEL.

Tabel 1. Hasil pengujian dari uji alpha sistem kelistrikan dan kontrol ITEFUEL.

No	Aspek yang Diuji	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Status
1	Sistem Daya	Menghubungkan alat ke sumber listrik dan menyalakan saklar utama.	<i>Power Supply</i> 12V aktif, MCB pada posisi ON, sistem kontrol (mikrokontroller) menyala.	Berhasil
2	Sensor (<i>Idle</i>)	Sistem dalam kondisi <i>idle</i> (tidak ada proses).	Pressure Transmitter membaca 0 Bar.	Berhasil
3	Logika Tombol A	Menekan Tombol A (<i>Intake Gas</i> Kotor).	Lampu indikator A menyala. <i>Relay</i> yang terhubung ke	Berhasil

			pompa intake gas kotor aktif.		
4	Logika Tombol B	Menekan Tombol (Transfer Penyimpanan Sementara).	Lampu indikator B menyala. <i>Relay</i> yang terhubung ke katup transfer penyimpanan sementara aktif.	Berhasil	
5	Logika Tombol C	Menekan Tombol (Transfer Tabung Pengguna).	Lampu indikator C menyala. <i>Relay</i> yang terhubung ke Gas kompresor/katup dispensing aktif.	Berhasil	
6	Umpan Balik Sensor	Menjalankan proses A hingga Pressure <i>Transmitter</i> mendeteksi tekanan X (batas aman).	Proses A berhenti secara otomatis (logika <i>safety shutdown</i>).	Berhasil	
7	Aktuator (Fan)	Aktuator menyala selama mesin digunakan.	<i>Relay</i> yang terhubung ke Fan berhasil mengaktifkan kipas pendingin.	Berhasil	
8	Keamanan (MCB)	Simulasi hubung singkat (korsleting) terkontrol.	MCB berhasil trip (memutus arus) secara instan untuk melindungi rangkaian.	Berhasil	

Hasil tersebut membuktikan bahwa sistem kontrol dan kelistrikan alat ITEFUEL telah beroperasi penuh sesuai rancangan. Sistem ini dirancang untuk mengelola tiga alur proses utama melalui Tombol A, Tombol B, dan Tombol C, yang keberhasilannya telah dikonfirmasi. Saat Tombol A diaktifkan, lampu indikator akan menyala dan sistem kontrol berhasil mengirimkan sinyal ke relay yang sesuai dengan skema yang telah diprogram ke Tombol A, yaitu mengaktifkan katup intake untuk menarik gas kotor ke dalam tabung pemurnian zeolit. Setelah proses pemurnian, penekanan Tombol B terkonfirmasi berhasil mengaktifkan relay kedua yang berfungsi untuk memindahkan gas murni ke unit penyimpanan sementara. Terakhir, pengujian pada Tombol C memvalidasi keberhasilan alur dispensing, di mana sistem mengaktifkan

kompresor untuk mengompres gas dari penyimpanan sementara ke tabung eksternal yang akhirnya siap digunakan masyarakat.

Pengujian juga menguji logika *interlock* yang krusial, di mana sistem menolak perintah yang tumpang tindih untuk mencegah kesalahan operasional. Umpulan balik dari sensor juga terbukti berfungsi, dengan pressure *transmitter* mampu memicu penghentian proses secara otomatis ketika ambang batas tekanan yang ditentukan telah tercapai. Selama seluruh urutan pengujian ini, *power supply* 12v untuk arus bertegangan rendah dan listrik PLN 220v untuk arus bertegangan tinggi terbukti mampu menangani beban dari berbagai aktuator serta sensor, dan sistem keamanan seperti MCB berfungsi baik, membuktikan bahwa alur kerja kelistrikan ITEFUEL tidak hanya fungsional tetapi juga aman.

Alat ini menjadi contoh teknologi yang tepat guna mengatasi masalah limbah pada skala desa. Pelatihan dan sosialisasi yang dilakukan juga membantu mengatasi permasalahan keterbatasan pengetahuan masyarakat, membekali mereka dengan keterampilan untuk mengoperasikan teknologi baru secara mandiri serta berpotensi mengurangi ketergantungan masyarakat pada energi konvensional yang biayanya dapat memberatkan.

Meskipun demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan. Salah satu tantangan utama dalam penggunaan material zeolit adalah kejemuhan penyerapan. Penelitian di masa depan perlu difokuskan pada pengembangan metode regenerasi zeolit yang mudah dan murah agar alat dapat beroperasi secara kontinu dalam jangka panjang.

D. SIMPULAN DAN SARAN

Projek ITEFUEL merupakan solusi untuk mengatasi permasalahan ganda yang dihadapi masyarakat mitra di Desa Tanggulun, Kecamatan Kadungora, Garut. Permasalahan utama adalah penumpukan limbah kotoran ternak yang tidak terkelola pada lingkungan, sehingga menimbulkan pencemaran berupa bau yang tidak sedap, serta berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan. Selain itu, masyarakat juga menghadapi tantangan ekonomi berupa tingginya biaya energi untuk kebutuhan sehari-hari.

Agar limbah peternakan yang menumpuk dapat dimanfaatkan secara optimal, diperlukan proses pemurnian lebih lanjut setelah kotoran limbah tersebut menjadi biogas, untuk meningkatkan kandungan metana (CH_4) sekaligus mengurangi gas pengotor seperti CO_2 , sehingga masyarakat lebih merasakan manfaatnya. Alat ITEFUEL dirancang untuk melakukan pemurnian tersebut menggunakan metode adsorpsi sederhana dengan

material zeolit alam yang diaktivasi, sehingga menghasilkan produk akhir berupa Bio-CNG. Pengembangan sistem kontrol dan kelistrikan menjadi sangat penting agar alat dengan sistem rumit dapat beroperasi dengan efisien, aman, dan mudah digunakan oleh masyarakat pedesaan.

Prototipe ini telah diimplementasikan di Living Laboratorium AA Riverside, Garut. Kegiatan ini juga tidak hanya mencakup pembuatan alat, tetapi juga meliputi sosialisasi, pelatihan teknis, dan pendampingan kepada masyarakat. Diharapkan hasil kegiatan mampu menjawab permasalahan mitra secara menyeluruh yaitu mengurangi pencemaran lingkungan akibat limbah, menyediakan teknologi tepat guna yang aplikatif, serta menghadirkan sumber energi alternatif Bio-CNG yang murah, bersih, dan berkelanjutan untuk mendukung kemandirian energi masyarakat desa setempat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada seluruh pihak yang terlibat dalam pelaksanaan projek ITEFUEL Bio-CNG, karena dengan dukungan seluruh pihak, projek ini mampu berjalan dengan baik dan diterima baik oleh masyarakat di Garut.

DAFTAR RUJUKAN

- Arifan, F., & Sumardiono, S. (2021). *Effectiveness Analysis of Anaerobic Digestion Method in Making Biogas From Animal Manure And*. 16(2), 84–94.
- Arsic, M., Abdalla, A. L., Dong, H., Loyon, L., Paula, A., Packer, C., Saha, C. K., Si, B., Zilio, D. M., & Amon, B. R. (2025). *Circular bioeconomy approaches for livestock manure and post-consumer wastes : opportunities for biofertilizers and bioenergy*. 15(4).
- Aworanti, O. A., Ajani, A. O., Agbede, O. O., Agarry, S. E., Ogunkunle, O., & Laseinde, O. T. (2023). *Enhancing and upgrading biogas and biomethane production in anaerobic digestion : a comprehensive review*. June, 1–38. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2023.1170133>
- Oskar, I., Palallo, F., & Sumarta, N. W. (2022). *Pelatihan Pengolahan Limbah Ternak Menjadi Energi Biogas dan Pupuk Organik Dengan Membangun Instalasi Biogas dan Instalasi Pengolahan Pupuk Organik di Desa Turunan Tana Toraja*. 1(9), 2355–2362.
- Print, I., Online, I., & Ariyanto, Y. (2024). *Research Article Teknologi , Pendanaan dan Manfaat Limbah Ternak Menjadi Biogas di KPSP*. 8479(2), 449–464.
- Putri, D. A., & Saputro, R. R. (2012). *Biogas Production from Cow Manure*. 1(2), 61–64.
- Ritonga, A. M., & Efendi, M. (2025). *Pengolahan Limbah Peternakan dengan Implementasi Instalasi Biogas Komunal di Desa Karanggintung , Banyumas Livestock Waste Treatment with The Implementation Of Comunal Installations in Karanggintung Village , Banyumas*. 9(2), 117–129.
- Sari, A. I., Suwarto, S., Suminah, S., & Purnomo, S. H. (2024). *Empowering the Community in the Use of Livestock Waste Biogas as a Sustainable Energy Source*. 1–13.