

Penerapan Reaktor Biogas Skala Rumah Tangga dari Kotoran Domba sebagai Solusi Energi di Umroh Farm

Application of Household-Scale Biogas Reactors from Sheep Manure as an Energy Solution at Umroh Farm

Muhammad Idris^{1*}, Bobby Umroh¹, Jufrizal¹, Indra Hermawan¹, Uun Novalia Harahap²

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area, Medan 20223, Indonesia

²Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Harapan Medan, Medan 20216, Indonesia

*Corresponding author: muhammad_idris@staff.uma.ac.id

Diterima: 31-03-2025

Disetujui: 20-04-2025

Dipublikasikan: 30-04-2025

IRAJPKM is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.



Abstrak

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat ini bertujuan mengatasi permasalahan limbah kotoran domba di kelompok peternak Umroh Farm, Desa Patumbak, Deli Serdang. Penumpukan limbah menimbulkan bau dan mencemari lingkungan, padahal berpotensi sebagai bahan baku biogas. Solusi yang diterapkan adalah pembangunan reaktor biogas skala rumah tangga menggunakan teknologi tepat guna. Kegiatan meliputi pelatihan partisipatif, perakitan alat, dan uji coba di lapangan. Digester berkapasitas ± 200 liter terbuat dari drum plastik, dilengkapi saluran input-output, pencucian, dan penampungan gas. Hasil implementasi menunjukkan produksi biogas $\pm 0,015 \text{ m}^3$ per jam, dengan uji nyala api selama 1–2 detik. Program ini menurunkan limbah di kandang, meningkatkan kesadaran dan keterampilan peternak, serta mendukung energi bersih dan penanganan perubahan iklim. Keberhasilan program membuktikan bahwa teknologi biogas sederhana efektif sebagai solusi lingkungan dan pemberdayaan masyarakat.

Kata Kunci: biogas, kotoran domba, teknologi tepat guna, energi terbarukan.

Abstract

This Community Service activity addresses sheep manure waste issues at Umroh Farm, Patumbak Village, Deli Serdang. Waste buildup causes odor and environmental pollution despite its potential as biogas material. The solution was implementing appropriate technology by constructing a household-scale biogas reactor. Activities included participatory training, equipment assembly, and field trials. The digester, with a ± 200 -liter capacity, was made from plastic drums and equipped with input-output, cleaning, and gas collection lines. The implementation produced an average of 0.015 m^3 of biogas per hour, with fire ignition lasting 1–2 seconds. The program reduced livestock waste, improved farmers' awareness and skills and supported clean energy and climate change mitigation goals. Its success shows that simple biogas technology can provide an integrated solution for environmental management and community empowerment.

Keywords: biogas, sheep manure, appropriate technology, renewable energy.

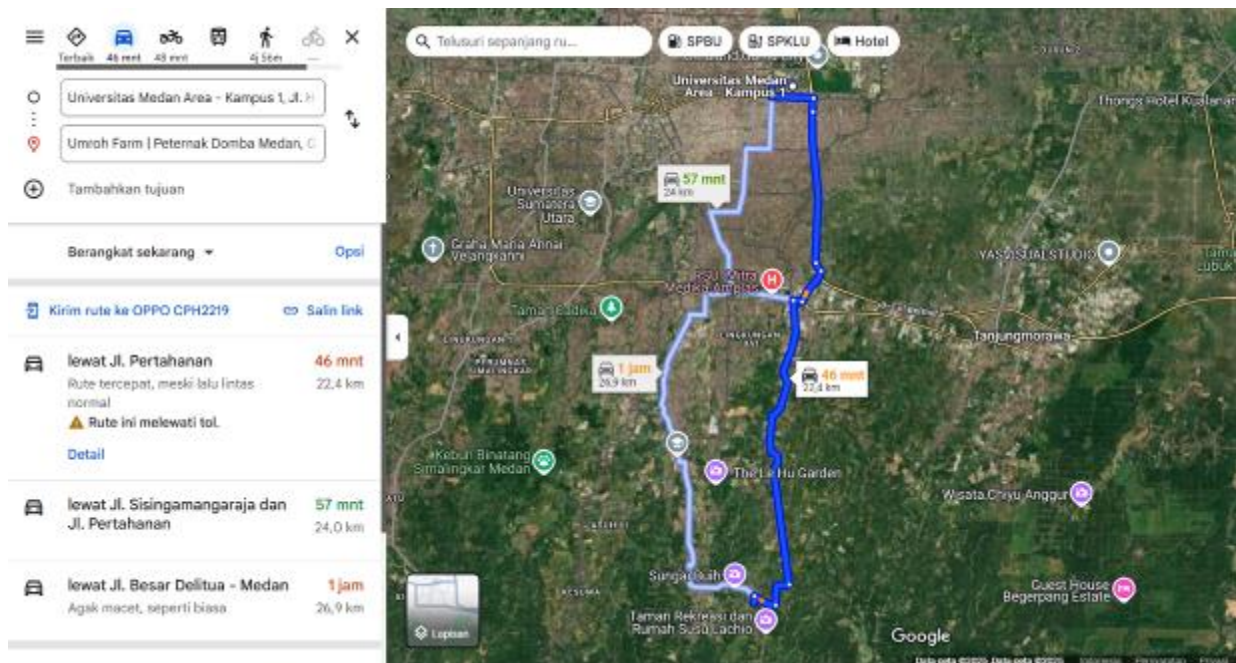
1. Pendahuluan

Permasalahan lingkungan dan pengelolaan limbah ternak menjadi isu yang semakin krusial, khususnya pada sektor peternakan skala kecil dan menengah di pedesaan salah satu permasalahan nyata yang dihadapi adalah penumpukan limbah kotoran ternak (De Feo et al. 2023) yang tidak dikelola dengan baik sehingga berpotensi mencemari lingkungan sekitar dan menimbulkan bau yang mengganggu (Cunha, Ferreira, and Cai 2023). Di sisi lain limbah kotoran

ternak khususnya dari domba memiliki potensi besar untuk diolah menjadi energi terbarukan dalam bentuk biogas (Mukhtar, Mumtaz, and Massa 2022; Maru et al. 2024). Pemanfaatan energi alternatif tidak hanya memberikan solusi lingkungan tetapi juga menjadi peluang ekonomi baru yang menghasilkan yang mendukung kemandirian energi masyarakat Zahraee, Shiwakoti, and Stasinopoulos 2020).

Desa Patumbak Kabupaten Deli Serdang Sumatera Utara, sebagaimana yang diperlihatkan pada *map* gambar 1 merupakan salah satu wilayah dengan aktivitas peternakan domba yang cukup aktif, salah satu kelompok ternak yang menonjol adalah Umroh Farm. Saat ini memiliki 72 namun berdasarkan hasil lapangan, kotoran domba masih menumpuk di dalam kandang tanpa pengelolaan yang tepat. Hal ini menunjukkan adanya kebutuhan terhadap transfer teknologi sederhana yang dapat diaplikasikan langsung oleh peternak untuk mengelola limbah menjadi energi terbarukan (Alwiyah et al. 2022; Suyitno, Sujono Agus, and Dharmanto 2010).

Melalui kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini, tim dosen berkolaborasi dari Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area dan Teknik Industri Universitas Harapan Medan, berupaya memberikan solusi nyata melalui perancangan dan pembangunan reaktor biogas skala rumah tangga berbasis kotoran domba. Pendekatan ini tidak hanya bertujuan mengurangi pencemaran lingkungan tetapi juga meningkatkan pemahaman dan keterampilan peternak dalam pengelolaan limbah berbasis teknologi tepat guna kegiatan ini menjadi bagian dari upaya pemberdayaan masyarakat dalam mewujudkan desa yang mandiri energi dan berwawasan lingkungan (Haque, Nurunnahar, and Zaman 2024; Shakya et al. 2022; Midolo et al. 2024; Indarjulianto et al. 2024).



Gambar 1. Lokasi peternakan domba Umroh Farm

Perancangan volume *digester* biogas dan volume hasilnya, serta waktu tinggal selama prses fermentasi, dihitung berdasarkan persamaan 1-7:

$$S_d = \text{jumlah masukan bahan baku per hari} \left(\frac{m^3}{hr} \right) \quad (1)$$

$$V_d = S_d \times RT \quad (2)$$

$$s_d = \text{Padatan} + \text{Air} \left(\frac{m^3}{\text{hari}} \right) \quad (3)$$

$$V_g = \left\{ \begin{array}{l} V_{g1} \text{ jika } V_{g1} > V_{g2} \\ V_{g2} \text{ jika } V_{g2} > V_{g1} \end{array} \right\} (m^3) \quad (4)$$

$$V_{g1} = \text{konsumsi gas maks per jam} \times \text{waktu konsumsi maks} \quad (5)$$

$$V_{g2} = G \times t_{z \text{ maks}} \quad (6)$$

$$G = \frac{G_y s_d}{24} \frac{m^3}{\text{hari}} \times \frac{1}{24} \frac{m^3}{\text{jam}} \quad (7)$$

RT (Retention time) merupakan waktu bahan baku selama proses fermentasi berada dalam *digester* (Amaral et al. 2004; Schmidt et al. 2014; Kanwar and Kalia 1993a). Volume penampung gas (V_g) G merupakan produksi biogas (m^3/jam), $t_{z \text{ maks}}$ merupakan waktu maksimum pada saat konsumsi biogas nol (jam), produksi biogas spesifik (G_y). Kadar bahan baku dalam bentuk padatan dan cairan (Su et al. 2022; Jaeel 2023), namun umumnya bahan baku harus dicampur dengan air tambahan: Bahan baku: Air adalah 1:3 dan 2:1 (Suyitno, Sujono Agus, and Dharmanto 2010). Untuk kotoran sapi umumnya 1:1 sampai dengan 1:2. Berdasarkan penelitian terdahulu, jumlah produksi kotoran domba dewasa mencapai 2,5 kg per ekor per hari (Awan et al. 2024; Maru et al. 2024; Kanwar and Kalia 1993). Tabel 1 merupakan informasi jumlah produksi kotoran ternak berdasarkan jenis hewan ternak.

Tabel 1. Informasi jumlah produksi kotoran ternak berdasarkan jenis hewan ternak

Jenis kotoran	Sapi (bobot 200-300 kg)	Kerbau (bobot 300-450 kg)
	RT=60	RT=80
Hanya kotoran (basah/lantai tidak berubin - tingkat uji 100%)	9-13	0,3-0,45
Kotoran dan urine, lantai beton	20-30	0,45-0,51
Kotoran dan urine, kotoran + 2 kg pakan, lantai beton	22-32	0,45-0,54
Kotoran stabil	0,35-0,5	0,5-0,61
Kotoran stabil, lantai beton	0,3-0,45	0,45-0,6

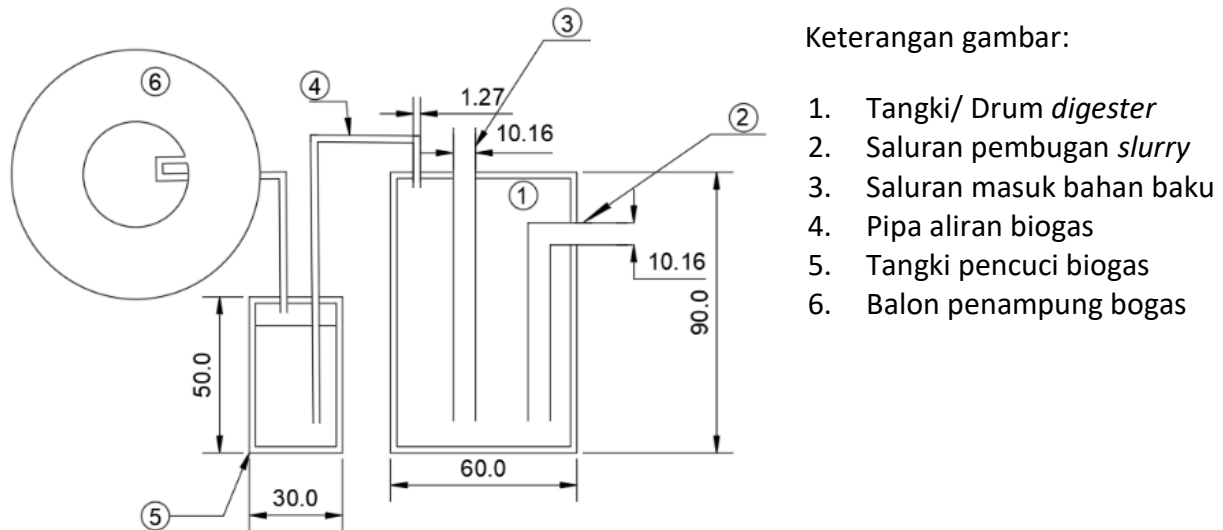
2. Metode

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat dilaksanakan di Desa Patumbak Kabupaten Deli Serdang Provinsi Sumatera Utara pada kelompok peternakan domba umroh Farm yang memiliki populasi sebanyak 72 ekor kegiatan berlangsung selama satu bulan dimulai pada 15 Maret hingga 18 April 2025, lokasi ini dipilih berdasarkan hasil survei awal yang menunjukkan potensi besar pemanfaatan limbah ternak namun belum didukung dengan teknologi pengolahan yang memadai.

Metode pelaksanaan dilakukan melalui pendekatan partisipasi dengan tahap (1) Identifikasi dan pemetaan permasalahan bersama Mitra, (2) Perencanaan reaktor biogas skala rumah tangga (3) Pelatihan dan sosialisasi penggunaan alat kepada peternak dan (4) Evaluasi serta pendampingan pasca implementasi. Bahan utama yang digunakan berupa kotoran domba segar yang dicampur dengan air dengan rasio 1:2 disesuaikan dengan standar umum fermentasi anaerob. Alat utama berupa *digester* berbentuk tabung silinder dari drum plastik berkapasitas lebih kurang 200 liter, dengan komponen tambahan berupa pipa saluran *input - output*, tabung pencucian dan penampung biogas serta katup pengamanan tekanan.

Proses konstruksi *digester* dilakukan oleh tim pelaksana di bantu peternak, dilanjutkan dengan pengisian bahan baku, fermentasi, dan monitoring harian. data yang dikumpulkan mencakup volume biogas yang dihasilkan tingkat kebocoran efektivitas penyalaan kompor. analisis dilakukan secara deskriptif terhadap pencapaian hasil dan dampaknya terhadap lingkungan serta efisiensi penggunaan limbah.

Gambar 3 pada menampilkan desain rancangan dan implementasi akhir *digester* yang dibangun sebagai bagian dari kegiatan ini.



Gambar 1. Desain *biodigester* dan komponen pendukung

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil implementasi desain *digester*

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat di kelompok peternak domba Umroh Farm telah menghasilkan luaran berupa 1 unit reaktor biogas skala rumah tangga yang berfungsi optimal reaktor tersebut menggunakan bahan utama berupa drum plastik berdinding tebal berkapasitas lebih kurang 200 liter yang didesain sebagai *digester* Anaerob, lengkap dengan pipa inlet outlet, dan saluran penampungan biogas berdasarkan uji awal sistem mampu menampung kotoran domba sebanyak 30 kg yang dicampur dengan air dengan rasio 1:2 menghasilkan campuran homogen yang sesuai dengan proses fermentasi anaerob, sebagaimana yang terlihat pada Gambar 2.



Keterangan gambar:

1. Tangki/ Drum *digester*
2. Saluran pembuangan *slurry*
3. Saluran masuk bahan baku
4. Pipa aliran biogas
5. Tangki pencuci biogas
6. Balon penampung bogas

Gambar 2. Implementasi unit reaktor biogas

Proses fermentasi berlangsung selama 25 sampai dengan 30 hari terhitung kondisi suhu lingkungan dan kadar bahan kering dari kotoran (Akyürek 2023; Chakravarthi, n.d.; Kaltum et al. 2022). Dalam uji coba pertama volume biogas dihasilkan mencapai rata-rata 0,015 m³ per jam cukup untuk menyalakan kompor selama beberapa detik. Kompor yang diuji digunakan adalah kompor tekanan rendah dimodifikasi dengan selang fleksibel dan regulator gas untuk memastikan aliran stabil. Berdasarkan observasi lapangan, gas yang dihasilkan memiliki tekanan cukup stabil meskipun belum melalui proses pemulihan metana. Gambar 3 merupakan hasil uji coba biogas menggunakan kompor masak.



Keterangan bagian uji coba nyala kompor:

1. Kompor masak
2. Nyala api berbahan bakar biogas

Gambar 3. Uji coba nyala api berbahan bakar biogas dari kotoran domba

3.2. Pembahasan implementasi desain *digester*

Dari sisi teknis, alat berjalan dengan baik tanpa mengalami kebocoran selama dua pekan pengujian, efektif menghindari akumulasi tekanan berlebih yang berpotensi membahayakan. Para peternak juga dilibatkan dalam pengisian bahan baku, Pemantauan proses fermentasi dan pengumpulan data produksi gas harian. Hal ini secara tidak langsung meningkatkan pemahaman dan keterampilan mereka dalam mengelola limbah ternak secara mandiri.

Dampak langsung dari implementasi alat ini adalah berkurangnya bau menyengat dan tumpukan kotoran di sekitar kandang, yang sebelumnya menjadi sumber keluhan lingkungan. Selain itu para peternak mulai menyadari nilai ekonomi dari kotoran yang selama ini hanya dianggap limbah. Berdasarkan wawancara dengan Mitra mereka menyatakan ketertarikan untuk mengembangkan sistem ini lebih luas dan berharap adanya dukungan lanjutan dari pihak kampus maupun Pemerintah Desa.

Dari sisi keberlanjutan, alat ini dirancang dengan pendekatan teknologi tepat guna, sehingga mudah diperbanyak dan digunakan oleh peternak lain dengan biaya rendah (Ngabala and Emmanuel 2024; Monika et al. 2020; Binti Mat Zuini and Binti Zulkifli 2024). Seluruh material bersifat lokal dan mudah ditemukan di pasaran. Penerapan teknologi ini juga relevan dengan tujuan pembangunan berkelanjutan (TPB/SDGs) Khususnya tujuan ke-7 yakni energi bersih dan terjangkau dan tujuan ke-13 yakni penanganan perubahan iklim dengan mengubah limbah organik menjadi energi alternatif yang ramah lingkungan (Draghici et al. 2024; Hoyos-Sebá et al. 2024; Gündüz and Bayrakdar Ateş 2023; Salamanca-Valdivia et al. 2021).

Secara keseluruhan hasil kegiatan menunjukkan bahwa reaktor biogas sederhana berbasis kotoran domba sangat berpotensi diterapkan pada peternakan kecil skala kecil selain menyelesaikan masalah limbah alat ini membuka peluang baru dalam efisiensi energi dan pemberdayaan masyarakat melalui inovasi sederhana yang aplikatif.

4. Kesimpulan

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang dilakukan oleh Dosen Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area dan Teknik Industri Universitas Harapan Medan kepada kelompok peternak rumah umroh Farm, Desa Patumbak, telah berhasil merealisasikan pembangunan dan implementasi reaktor biogas skala rumah tangga berbasis limbah kotoran domba. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa teknologi sederhana ini mampu mengurangi penumpukan limbah ternak menurunkan tingkat pencemaran lingkungan, serta menghasilkan energi alternatif dalam bentuk biogas yang dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan memasak harian.

Melalui pendekatan partisipatif, peternak tidak hanya menjadi objek penerima manfaat tetapi juga menjadi bagian aktif dalam proses pembangunan pengoperasian dan pemeliharaan alat. Hal ini berdampak positif terhadap peningkatan pengetahuan dan keterampilan mereka dalam pengelolaan limbah berbasis teknologi tepat guna. Implementasi alat ini juga membuka peluang replikasi untuk peternak lain karena menggunakan bahan-bahan lokal yang mudah diakses dan berbiaya rendah.

Dengan demikian kegiatan ini memberikan kontribusinya terhadap upaya kemandirian energi di tingkat rumah tangga peternak, serta mendukung agenda pembangunan berkelanjutan khususnya dalam bidang energi bersih dan pengelolaan limbah. Ke depan dukungan lanjutan berupa pelatihan intensif monitoring dan pembangunan model skala komunitas sangat diperlukan untuk memperluas dampak dan keberlanjutan program ini.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Yayasan Pendidikan Haji Agus Salim (YPHAS) atas dukungan moral dan fasilitas selama kegiatan berlangsung ucapan ini ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Universitas Medan area dan Universitas Harapan Medan khususnya lembaga penelitian dan pengabdian kepada masyarakat yang telah memberikan dukungan penuh dalam bentuk pendanaan koordinasi Akademik dan pendampingan teknis. Tanpa kolaborasi dari semua Lembaga ini kegiatan pengabdian ini tidak akan dapat dilaksanakan dengan baik dan berdampak nyata bagi masyarakat Mitra.

Daftar Pustaka

- Akyürek, Zuhail. 2023. "Biogas Energy from Animal Waste." In, 543–58. https://doi.org/10.1007/978-981-19-8774-8_20.
- Alwiyah, Padel, Maulana Yusuf, Hendra Kusumah, and Suwandi. 2022. "Integration of Renewable Energy Technology in Waste Recycling Utilization." In 2022 IEEE Creative Communication and Innovative Technology (ICCIT), 1–7. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICCIT55355.2022.10119035>.
- Amaral, Cecília Maria Costa do, Luiz Augusto do Amaral, Jorge de Lucas Júnior, Adjair Antônio do Nascimento, Daniel de Souza Ferreira, and Márcia Rita Fernandes Machado. 2004. "Biodigestão Anaeróbia de Dejetos de Bovinos Leiteiros Submetidos a Diferentes Tempos de Retenção Hidráulica." *Ciência Rural* 34 (6): 1897–1902. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782004000600035>.
- Awan, F N, N Mawaddah, A Munandar, T Taher, and M Fajar. 2024. "Utilization Of Animal Manure For Biogas Production: Renewable Energy Solutions For Livestock Houses." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 1414 (1): 012029. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1414/1/012029>.

- Binti Mat Zuini, Zazurah, and Ernie Binti Zulkifli. 2024. "Efektivitas Produksi Biogas Mini Dari Limbah Dapur (KW) Dan Kotoran Sapi (CM)." *JURNAL ILMIAH AGRINECA* 24 (1): 27–40. <https://doi.org/10.36728/afp.v24i1.2834>.
- Chakravarthi, J. n.d. "Biogas and Energy Production from Cattle Waste." In *IECEC-97 Proceedings of the Thirty-Second Intersociety Energy Conversion Engineering Conference (Cat. No.97CH6203)*, 648–51. IEEE. <https://doi.org/10.1109/IECEC.1997.659266>.
- Cunha, Jorge, Paula Ferreira, and Wei Cai. 2023. "Special Issue on 'Renewable Energy Technologies and Systems: Technical, Environmental, Economic, Social, and Cultural Challenges.'" *Processes* 11 (4): 1201. <https://doi.org/10.3390/pr11041201>.
- Draghici, Roxana, Cristina Ileana Covaliu-Mierla, Cristina Emanuela Enascuta, Ioana Raluca Suica-Bunghiez, And Grigore Pshenovschi. 2024. "Livestock Waste In The Context Of Agricultural Sustainability." *Journal of Science and Arts* 24 (4): 981–90. <https://doi.org/10.46939/J.Sci.Arts-24.4-b05>.
- Feo, Giovanni De, Carmen Ferrara, Luana Giordano, and Libero Sesti Ossè. 2023. "Assessment of Three Recycling Pathways for Waste Cooking Oil as Feedstock in the Production of Biodiesel, Biolubricant, and Biosurfactant: A Multi-Criteria Decision Analysis Approach." <https://doi.org/10.20944/preprints202305.0571.v1>.
- Gündüz, Dilek, And Ezgi Bayrakdar Ateş. 2023. "Catching the Biogas Opportunity: Determining the Animal Waste-Based Biogas Potential and Environmental Effects for Sirnak." *Journal of Innovative Engineering and Natural Science*, November. <https://doi.org/10.61112/jiens.1356107>.
- Haqae, Rehnuma, Syeda Nurunnahar, and Shreshtha Zaman. 2024. "Eco-Friendly Waste Management for Renewable Energy Generation." In *Encyclopedia of Renewable Energy, Sustainability and the Environment*, 885–98. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-93940-9.00191-2>.
- Hoyos-Sebá, J.J., N.P. Arias, J. Salcedo-Mendoza, and V. Aristizábal-Marulanda. 2024. "Animal Manure in the Context of Renewable Energy and Value-Added Products: A Review." *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification* 196 (February):109660. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2023.109660>.
- Indarjulianto, Soedarmanto, Ambar Pertiwinigrum, Teguh Ari Prabowo, Pamungkas Aji Wicaksana, and Margaretha Arnita Wuri. 2024. "Pendampingan Pengolahan Kotoran Dalam Rangka Penanggulangan Kecacingan Pada Domba Di Peternakan Domba Kalurahan Sriharjo." *IGKOJEI: Jurnal Pengabdian Masyarakat* 5 (4): 145–51. <https://doi.org/10.46549/igkojei.v5i4.459>.
- Jaeel, Ali J. 2023. "COD Reduction and Power Generation from Dual-Chamber Microbial Fuel Cells Fed with Sheep Manure Wastewater." *International Journal of Ambient Energy* 44 (1): 835–42. <https://doi.org/10.1080/01430750.2022.2156603>.
- Kaltum, U. M., M. A. Hafsah, Abdulhamid Musa Ruwa Ruwa, A. F. Grace, A. A. Ali, M. M. Adeboye, I. Musa, et al. 2022. "Comparative Evaluation On The Potentials Of Sheep Rumen Contents For Biogas Generation." *Fudma Journal Of Sciences* 6 (2): 292–96. <https://doi.org/10.33003/fjs-2022-0602-1757>.
- Kanwar, S. S., and A. K. Kalia. 1993. "Anaerobic Fermentation of Sheep Droppings for Biogas Production." *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 9 (2): 174–75. <https://doi.org/10.1007/BF00327830>.
- Maru, Rosmini, Sumiati Side, Hilda Karim, Ismail Ismail, Wahyuni Hasrin, Nasrul Nasrul, and Rahma Musyawah. 2024. "Amal Ilmiah : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Pembuatan Biogas Dari Kotoran Ternak Sebagai Alternatif Kurangnya Pasokan Gas LPG Bagi Masyarakat Kelompok Ternak" 6 (1). <https://doi.org/10.36709/amalilmiah.v6i1.260>.

- Midolo, Giusi, Simona M. C. Porto, Giovanni Cascone, and Francesca Valenti. 2024. "Sheep Wool Waste Availability for Potential Sustainable Re-Use and Valorization: A GIS-Based Model." *Agriculture* 14 (6): 872. <https://doi.org/10.3390/agriculture14060872>.
- Monika, Gupta, Panpatte Deepak, Jhala Yogeshvari, and Vyas Rajababu. 2020. "Biogas: An Effective and Common Energy Tool – Part II." In , 105–21. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8637-4_4.
- Mukhtar, Hamid, Muhammad Waseem Mumtaz, and Salvatore Massa. 2022. "Editorial: Waste to Energy: Biomass-Based Energy Systems." *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology* 10 (August). <https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.932981>.
- Ngabala, Flaviana John, and Jovine Kamuhabwa Emmanuel. 2024. "Potential Substrates for Biogas Production through Anaerobic Digestion-an Alternative Energy Source." *Heliyon* 10 (23): e40632. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40632>.
- Nurmalasari, Riana, Eddy Sutadji, Nonny Aji Sunaryo, dan Gladis Viona P.P.S. 2023. "Teknologi Komposter Dan Digester Untuk Optimasi Pengolahan Sampah Organik Bagi Warga Desa Tempursari Kecamatan Donomulyo Kabupaten Malang". *IRA Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat (IRAJPKM)* 1 (3):8-13. <https://doi.org/10.56862/irajpkm.v1i3.78>.
- Nurmalasari, Riana, Ely Siswanto, Nonny Aji Sunaryo, dan Gladis Viona P. P. S. 2024. "Teknologi Smart Digester Untuk Mengembangkan Budaya Mandiri Energi Bagi Warga Desa Banjarsari Kabupaten Madiun". *IRA Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat (IRAJPKM)* 2 (3):33-38. <https://doi.org/10.56862/irajpkm.v2i3.143>.
- Salamanca-Valdivia, Maria A., Luz Cardenas-Herrera, Jaime E. Barreda-Del-Carpio, Giovanna M. Moscoso-Apaza, Ruth E. Garate-de-Davila, and Cesar A. Munive-Talavera. 2021. "Production of Biogas in a Dry Anaerobic Digestion Reactor of Residues Generated in the Processing of Sheep and Alpaca Wool." In 2021 10th International Conference on Renewable Energy Research and Application (ICRERA), 152–54. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICRERA52334.2021.9598668>.
- Schmidt, Thomas, Ayrat M. Ziganshin, Marcell Nikolausz, Frank Scholwin, Michael Nelles, Sabine Kleinsteuber, and Jürgen Pröter. 2014. "Effects of the Reduction of the Hydraulic Retention Time to 1.5 Days at Constant Organic Loading in CSTR, ASBR, and Fixed-Bed Reactors – Performance and Methanogenic Community Composition." *Biomass and Bioenergy* 69 (October):241–48. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.07.021>.
- Shakya, Sumat Kumar, Naval Singh Rawat, Anjani Kumar Mishra, Rajeev Ranjan, Swatantra Kumar Singh, Namrata Upadhyay, Karishama Kakotiya, Navin Shakya, and Suman Kumar. 2022. "Livestock Waste Management Practices to Strengthen the Farm Profitability." *Journal of Entomology and Zoology Studies* 10 (5): 321–26. <https://doi.org/10.22271/j.ento.2022.v10.i5d.9075>.
- Su, Manchun, Ziyun Hao, Huibin Shi, Taotao Li, Huihui Wang, Qiao Li, Yong Zhang, and Youji Ma. 2022. "Metagenomic Analysis Revealed Differences in Composition and Function Between Liquid-Associated and Solid-Associated Microorganisms of Sheep Rumen." *Frontiers in Microbiology* 13 (May). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.851567>.
- Suyitno, Sujono Agus, and Dharmanto. 2010. "Teknologi Biogas Pembuatan, Operasional, Dan Pemanfaatan."
- Zahraee, Seyed Mojib, Nirajan Shiwakoti, and Peter Stasinopoulos. 2020. "Biomass Supply Chain Environmental and Socio-Economic Analysis: 40-Years Comprehensive Review of Methods, Decision Issues, Sustainability Challenges, and the Way Forward." *Biomass and Bioenergy* 142 (November):105777. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2020.105777>.