

Pemanfaatan Biogas dalam Pengurangan Risiko Paparan Limbah Peternakan

Agita^{1*}, Corie Indria Prasasti²

^{1,2}Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Airlangga, Kota Surabaya, Provinsi Jawa Timur, Indonesia.

Corresponding Email: agita-2021@fkm.unair.ac.id^{1*}

Histori Artikel:

Dikirim 20 Juni 2025; *Diterima dalam bentuk revisi* 1 Juli 2025; *Diterima* 1 Agustus 2025; *Diterbitkan* 10 September 2025. Semua hak dilindungi oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) STMIK Indonesia Banda Aceh.

Abstrak

Keberadaan peternakan sapi di kawasan padat penduduk berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan dan risiko kesehatan apabila limbah yang dihasilkan belum dikelola optimal. Salah satu solusi yang dapat dilakukan adalah menerapkan teknologi tepat guna untuk mengelola limbah seperti biogas digester yang aplikasinya dapat mengubah kotoran ternak menjadi energi alternatif yang bermanfaat bagi kebutuhan rumah tangga. Kegiatan pengabdian masyarakat ini dilaksanakan di Kecamatan Wonocolo, Kota Surabaya dalam periode waktu bulan Agustus hingga Desember 2024 dengan tujuan untuk meningkatkan kapasitas peternak dalam mengelola limbah peternakan dengan memanfaatkan teknologi biogas digester melalui rangkaian kegiatan edukasi, pelatihan, dan pendampingan pembuatan biogas digester. Hasil kegiatan menunjukkan keberhasilan dalam membangun satu unit biogas digester yang dapat dimanfaatkan peternak, serta mendorong inisiatif replikasi teknologi serupa oleh peternak lain di wilayah sekitarnya. Tantangan yang dihadapi seperti perubahan suhu saat musim hujan dan tantangan sosial menjadi bahan penting untuk peningkatan inovasi kedepannya. Secara keseluruhan, kegiatan ini menunjukkan bahwa dengan dukungan yang tepat dan partisipasi aktif lintas sektor, teknologi biogas dapat diadopsi sebagai solusi pengelolaan limbah ternak yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Kata Kunci: Biogas Digester; Limbah Peternakan; Pemberdayaan Masyarakat.

Abstract

Cattle farms in densely populated areas have the potential to cause environmental pollution and health risks if the waste produced is not managed optimally. One possible solution is to implement appropriate waste management technology, such as biogas digesters, which can convert livestock manure into alternative energy for household needs. This community service activity was carried out in Wonocolo District, Surabaya City, from August to December 2024. The aim was to increase the capacity of livestock farmers in managing livestock waste using biogas digester technology through a series of educational activities, training, and mentoring on biogas digester construction. The results of the activity demonstrated the success of building a biogas digester unit that can be used by livestock farmers, and encouraged initiatives to replicate similar technology by other livestock farmers in the surrounding area. Challenges faced, such as temperature changes during the rainy season and social challenges, are important ingredients for increasing future innovation. Overall, this activity demonstrates that with the right support and active cross-sector participation, biogas technology can be adopted as a sustainable and environmentally friendly solution for livestock waste management.

Keyword: Biogas Digester; Livestock Waste; Community Empowerment.

1. Pendahuluan

Peternakan sapi merupakan salah satu sumber pangan utama yang menyediakan protein hewani, terutama melalui susu dan daging yang dikonsumsi masyarakat. Sebagai subsektor pertanian, peternakan sapi memiliki kontribusi penting dalam ketahanan pangan (Syakir et al., 2022). Namun, di sisi lain, peternakan juga menghasilkan limbah yang terdiri dari kotoran sapi, sisa pakan, serta limbah cair berupa air pencucian kandang, sanitasi ternak, dan urin yang jika tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan permasalahan lingkungan (Fidela et al., 2024). Pengelolaan limbah yang tidak efektif dapat menyebabkan dampak negatif yang serius, seperti pembentukan gas berbahaya, pencemaran tanah akibat akumulasi zat dalam kotoran ternak, dan kontaminasi sumber air (Fidela et al., 2024). Sebagai contoh, Hanif (dalam Widyastuti et al., 2013) mengungkapkan bahwa setiap ekor sapi dapat menghasilkan 25 kg kotoran per hari. Masyarakat yang tinggal di dekat peternakan berisiko mengalami gangguan kesehatan, seperti Penyakit Paru Obstruktif Kronis (PPOK) dan penurunan fungsi paru-paru (Thorne, 2011; van Kersen et al., 2020). Untuk memitigasi permasalahan ini, salah satu solusi yang diusulkan adalah pemanfaatan biogas, yang diperoleh melalui proses anaerobik penguraian kotoran hewan oleh mikroba (M.Pd & M.Pd, 2023). Selain mengurangi pencemaran, biogas juga dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif untuk kebutuhan rumah tangga peternak, seperti penerangan, memasak, dan penggerak mesin, karena biogas menghasilkan metana dengan nilai kalor yang tinggi (Alfanz et al., 2016; Karaman et al., 2021). Teknologi biogas digester terbukti efektif dalam mengelola limbah peternakan dan menghasilkan gas yang mudah terbakar, sekaligus mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil untuk memasak dan pemanas (Hu et al., 2017). Menurut Alfanz et al. (2016), metana sebagai komponen utama biogas memiliki nilai kalor sekitar 4800-6700 kkal/m³, sedangkan gas metana murni dapat mencapai 8900 kkal/m³.

Masalah ini semakin kompleks ketika peternakan berada di kawasan padat penduduk, seperti yang terjadi di Kota Surabaya. Keberadaan peternakan sapi di tengah permukiman menjadi tantangan tersendiri, mengingat jumlah limbah yang dihasilkan cukup besar. Dinas Ketahanan Pangan dan Pertanian (DKPP) Kota Surabaya mencatat ada 54 peternakan dengan 225 sapi potong dan 152 sapi perah. Salah satu peternakan yang menjadi fokus pemberdayaan adalah peternakan sapi perah di Wonocolo, yang terletak di tengah permukiman. Untuk mengurangi dampak pencemaran lingkungan dan masalah kesehatan, program pemberdayaan dilakukan melalui edukasi, pelatihan, dan pendampingan dalam pembuatan biogas digester, yang dipilih karena kemudahan operasional bagi peternak. Kegiatan ini merupakan bagian dari program One Health City, yang mengintegrasikan aspek kesehatan manusia, hewan, dan lingkungan dengan mendorong kolaborasi antar sektor terkait. Meskipun program ini mencakup berbagai jenis peternakan, artikel ini akan fokus pada pemberdayaan peternak sapi sebagai upaya pengelolaan limbah berbasis kesehatan lingkungan. Dengan demikian, tujuan utama dari kegiatan pemberdayaan ini adalah untuk meningkatkan kapasitas peternak dalam mengelola limbah ternak melalui penerapan teknologi biogas digester yang dapat dengan mudah diadaptasi pada skala rumah tangga.

Interaksi antara manusia, hewan, dan lingkungan selalu dihadapkan pada risiko penularan zoonosis. Kota Surabaya, dengan kepadatan penduduk yang tinggi dan terbatasnya lahan, menghadapi tantangan besar dalam pengelolaan peternakan di kawasan perkotaan. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Jawa Timur (2022), terdapat 260 ekor sapi perah dan 158 ekor sapi potong di Kota Surabaya. Jumlah tersebut menunjukkan bahwa populasi ternak sapi di kota ini cukup signifikan, sehingga membutuhkan perhatian lebih dalam hal pengelolaan limbah, terutama karena peternakan yang terletak dekat dengan permukiman, jalan, dan sungai memiliki potensi besar untuk menyebarkan penyakit zoonotik dan mencemari lingkungan. Salah satu lokasi yang menjadi fokus dalam program One Health City adalah peternakan sapi di Kecamatan Wonocolo. Peternakan ini berlokasi di tengah permukiman, meskipun telah dibatasi pagar dan tembok. Limbah padat, seperti kotoran sapi, sebagian besar dikelola secara mandiri oleh peternak, dengan cara mengeringkan kotoran di satu tempat untuk dijual sebagai bahan baku pupuk. Namun, bau dari aktivitas peternakan masih tercium di lingkungan sekitar, dan ada indikasi bahwa sebagian kecil limbah

kotoran terbawa ke aliran sungai di belakang peternakan. Kondisi ini menunjukkan bahwa meskipun telah ada pengelolaan limbah, masih ada celah untuk perbaikan, terutama dalam hal pengurangan bau dan potensi pencemaran lingkungan. Untuk mengatasi masalah tersebut, teknologi biogas digester dipilih sebagai solusi yang tepat, mengingat kemudahan penerapannya bagi peternak serta potensi pemanfaatan limbah sebagai sumber daya energi alternatif. Program pemberdayaan ini mencakup edukasi mengenai zoonosis dan teknologi biogas digester, serta pelatihan dan pendampingan dalam pembuatan biogas digester.

2. Metode

Pengabdian ini dilaksanakan dari September hingga Desember 2024 melalui tahapan yang saling terhubung. Kegiatan dimulai dengan *Focus Group Discussion* (FGD) untuk mengidentifikasi permasalahan, teknologi yang relevan, serta sumber daya yang tersedia di lokasi sasaran. FGD ini melibatkan tim pengabdian dan pihak-pihak lintas sektor yang memiliki keterkaitan dengan kesehatan manusia, hewan, dan lingkungan, sehingga informasi yang diperoleh lebih komprehensif dan observatif. Selanjutnya, dilakukan pemetaan wilayah sasaran pemberdayaan dengan mempertimbangkan distribusi peternak dan potensi limbah. Peternakan sapi perah di Kecamatan Wonocolo dipilih sebagai lokasi intervensi berdasarkan koordinasi dengan Dinas Ketahanan Pangan dan Pertanian (DKPP) Kota Surabaya. Untuk meningkatkan pemahaman dan kapasitas lokal, diadakan pelatihan *Training of Trainer* (ToT) bagi peternak, yang dibimbing oleh narasumber akademisi berpengalaman dalam teknologi yang digunakan. Materi pelatihan mencakup dasar-dasar zoonosis, risiko pencemaran lingkungan dari limbah ternak, serta prinsip dan manfaat biogas digester. Kegiatan dilanjutkan dengan pendampingan dalam pembuatan biogas digester sederhana. Proses perakitan dilakukan secara kolaboratif bersama peternak, menggunakan bahan dan alat yang mudah diperoleh di tingkat lokal. Biogas digester yang dibuat merupakan hasil modifikasi dari desain pelatihan sebelumnya dan telah disesuaikan dengan kebutuhan serta kapasitas operasional peternak di lokasi sasaran. Observasi dan diskusi dengan peternak menjadi pendekatan utama dalam evaluasi kegiatan ini.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil

Kegiatan pemberdayaan peternak sapi berjalan lancar dengan keterlibatan aktif dari mitra, dimulai dari tahap edukasi hingga pendampingan teknis dalam pembangunan biogas digester. Proses pemberdayaan dilakukan secara kolaboratif bersama peternak yang turut terlibat dalam diskusi, praktik, serta pengambilan keputusan teknis.

3.1.1 Edukasi Biogas Digester dan Zoonosis di Lingkungan Peternakan Sapi

Kegiatan ini dimulai dengan penjelasan mengenai cara kerja dan perawatan biogas digester, yang disampaikan oleh Prof. Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE.M.Sc, Ph.D, seorang ahli di bidang teknologi pengolahan limbah. Penjelasan ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman peternak tentang pengelolaan limbah melalui teknologi biogas.



Gambar 1. Pengenalan Biogas Digester

Biogas merupakan energi terbarukan yang diperoleh dari limbah organik seperti air limbah rumah tangga, kotoran cair peternakan, sampah organik, limbah makanan, dan lainnya dengan bantuan bakteri melalui proses degradasi material organik secara anaerobik (Dewantara, 2024; Karaman et al., 2021). Biogas memiliki manfaat yang positif yaitu untuk mengurangi limbah peternakan, pengganti bahan bakar fosil sehingga dapat mengurangi efek gas rumah kaca, serta hasil sampingan biogas berupa cairan dan padatan dapat digunakan sebagai pupuk untuk tanaman (Hadi & Rahmawati, 2024; Widyastuti et al., 2013).



Gambar 2. Edukasi Zoonosis

Selanjutnya, dilakukan edukasi mengenai zoonosis yang umum ditemukan di lingkungan peternakan sapi, yang disampaikan oleh anggota *One Health Student Club (OHSC)* angkatan 5 kepada peternak di Wonocolo. Edukasi ini bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan peternak mengenai risiko penyakit yang dapat menular antara hewan dan manusia. Dalam sesi edukasi tersebut, peternak menunjukkan antusiasme yang tinggi, yang tercermin melalui diskusi interaktif antara narasumber dan peserta. Peternak juga berbagi pandangan dan pengalaman mereka dalam mengelola peternakan sapi, memberikan perspektif langsung dari lapangan.

3.1.2 Pelatihan Pembuatan Biogas Digester

Pelatihan pembuatan biogas digester dipandu oleh praktisi dari Malang yang berpengalaman dalam penerapan biogas, baik di skala peternakan maupun rumah tangga. Dalam sesi ini, beliau menjelaskan tentang komponen-komponen alat biogas digester beserta fungsinya.



Gambar 3. Proses Perakitan Biogas Digester

Biogas digester terdiri dari beberapa komponen, yaitu: digester sebagai tempat fermentasi limbah ternak, penampung gas untuk menyimpan gas hasil fermentasi (metana), lubang inlet sebagai jalur masuk bahan, serta lubang outlet untuk mengalirkan hasil sampingan berupa sludge cair dan padat (Putra et al., 2017).

3.1.3 Pendampingan Pembuatan Biogas Digester

Kegiatan pendampingan dilakukan secara bertahap, mulai dari perencanaan desain hingga perakitan alat yang disesuaikan dengan kondisi lokal dan kebutuhan peternak. Biogas digester yang

dibuat merupakan hasil modifikasi dari pelatihan sebelumnya, dengan mempertimbangkan keterbatasan lahan, bahan yang tersedia, dan kemudahan pengoperasian oleh peternak.



Gambar 4. Proses Pembuatan Modifikasi Biogas Digester

Biogas digester ini menggunakan toren 500 liter sebagai wadah utama, dengan sistem saluran inlet dan outlet yang dirakit menggunakan pipa PVC dan sambungan sederhana. Proses pembuatan melibatkan penggunaan alat seperti bor listrik, gergaji, dan lem khusus untuk memastikan sambungan pipa rapat dan mencegah kebocoran gas. Perakitan dilakukan secara kolaboratif dengan peternak, menerapkan pendekatan partisipatif. Hasil akhir dari kegiatan ini adalah satu unit biogas digester yang siap digunakan untuk fermentasi kotoran ternak, menyediakan sumber energi alternatif, dan berkontribusi pada pengurangan pencemaran limbah di sekitar peternakan.



Gambar 5. Biogas Digester Buatan Peternak

Setelah kegiatan pendampingan, peternak merekomendasikan untuk mereplikasi biogas digester di peternakan lain di wilayah tersebut. Rekomendasi ini mendapat respons positif, dengan rencana jangka panjang untuk menambah unit biogas digester guna memperluas manfaat biogas bagi masyarakat sekitar. Penerapan teknologi biogas menunjukkan potensi besar untuk pengembangan berkelanjutan.

3.1.4 Kendala dan Tantangan Lapangan

Dalam pelaksanaan kegiatan berbasis masyarakat, kendala teknis dan non-teknis tidak dapat dihindari. Hambatan yang muncul perlu menjadi bagian dari proses pembelajaran dan perbaikan untuk kegiatan mendatang. Secara teknis, tantangan muncul dalam proses fermentasi kotoran hewan dalam biogas digester, yang dipengaruhi oleh suhu. Wati dan Prasetyani (dalam Putri dan Tsani, 2015) menjelaskan bahwa suhu mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme dan kecepatan reaksi pembentukan biogas. Pada saat pelatihan pembuatan digester, suhu di Kota Surabaya cenderung panas, sehingga proses pembentukan metana berlangsung optimal. Namun, ketika

digester direplikasi pada musim hujan, suhu lingkungan yang lebih rendah mempengaruhi laju pembentukan gas, yang berlangsung lebih lama. Selain itu, peternak menyampaikan isu sosial terkait keberadaan peternakan yang berada di dekat permukiman. Peternak mengungkapkan bahwa meskipun peternakan sudah ada lebih dulu, seiring waktu kawasan tersebut berkembang menjadi area hunian yang sering mengeluhkan bau dan limbah dari peternakan. Hal ini menekankan pentingnya inovasi pengelolaan limbah yang dapat beradaptasi dengan kondisi lokal.

3.2 Pembahasan

Penerapan teknologi biogas digester dalam pengelolaan limbah peternakan sapi di Kecamatan Wonocolo menunjukkan pentingnya pendekatan yang holistik, melibatkan berbagai pihak dari sektor kesehatan, peternakan, hingga lingkungan. Pemanfaatan teknologi biogas digester merupakan solusi yang efisien untuk mengurangi dampak pencemaran limbah peternakan, yang jika tidak dikelola dengan baik dapat menyebabkan masalah lingkungan serius, seperti pembentukan gas berbahaya, pencemaran tanah, dan kontaminasi air (Fidela et al., 2024). Di sisi lain, pemanfaatan biogas sebagai sumber energi alternatif juga memberikan manfaat ekonomi bagi peternak dengan menyediakan energi untuk keperluan rumah tangga, seperti memasak dan penerangan (Karaman et al., 2021). Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa biogas digester dapat menghasilkan metana dengan nilai kalor yang tinggi, sehingga dapat menggantikan bahan bakar fosil untuk keperluan domestik (Alfanz et al., 2016; Dewantara, 2024). Pelatihan dan pendampingan yang dilakukan dalam proyek ini memperlihatkan keberhasilan implementasi teknologi biogas digester, di mana peternak terlibat langsung dalam perencanaan dan perakitan alat, serta mengadopsi teknologi ini dengan adaptasi terhadap kondisi lokal. Modifikasi digester untuk menyesuaikan dengan keterbatasan lahan dan bahan lokal merupakan salah satu langkah penting dalam memastikan keberhasilan dan keberlanjutan penerapan teknologi ini (Putra et al., 2017). Di sisi lain, tantangan yang dihadapi, seperti fluktuasi suhu yang mempengaruhi proses fermentasi, menunjukkan pentingnya memperhatikan faktor lingkungan dalam penerapan teknologi biogas digester. Penelitian Putri dan Tsani (2015) menyebutkan bahwa suhu memiliki pengaruh signifikan terhadap pertumbuhan mikroorganisme yang mengurai bahan organik menjadi biogas, yang juga relevan dengan kondisi cuaca di Surabaya.

Namun, meskipun teknologi biogas digester memiliki potensi besar, permasalahan sosial yang timbul akibat jarak antara peternakan dan pemukiman juga perlu mendapat perhatian. Keluhan mengenai bau dan limbah peternakan yang mencemari lingkungan menjadi isu yang memerlukan solusi inovatif agar teknologi ini tidak hanya menguntungkan peternak, tetapi juga tidak mengganggu kenyamanan warga sekitar (Syakir et al., 2022). Isu ini memperkuat urgensi untuk mengembangkan teknologi pengelolaan limbah yang tidak hanya berkelanjutan dari sisi teknis, tetapi juga adaptif terhadap kondisi sosial dan lingkungan yang ada. Secara keseluruhan, penerapan biogas digester di Kecamatan Wonocolo menunjukkan bahwa dengan pendekatan yang tepat, teknologi ini dapat menjadi solusi untuk pengelolaan limbah peternakan yang lebih ramah lingkungan dan ekonomis. Program ini juga membuka peluang untuk mereplikasi teknologi ini di peternakan lain, serta menjadi model bagi program pemberdayaan serupa di wilayah lainnya. Namun, keberhasilan jangka panjang dari penerapan teknologi ini akan sangat bergantung pada dukungan lintas sektor dan inovasi yang berkelanjutan dalam menghadapi tantangan teknis dan sosial yang muncul (Hu et al., 2017).

4. Kesimpulan dan Rekomendasi

Pengabdian masyarakat yang dilaksanakan di Kecamatan Wonocolo melalui edukasi, pelatihan, dan pendampingan pembuatan biogas digester berhasil terlaksana dengan baik. Partisipasi aktif peternak dalam setiap kegiatan, mulai dari pemahaman pengelolaan limbah, potensi zoonosis, konsep biogas digester, hingga perakitan alat dan inisiatif untuk mengembangkan dan menerapkan teknologi ini lebih lanjut, menunjukkan keberhasilan yang signifikan. Hasil dari kegiatan ini tidak

hanya menghasilkan teknologi biogas digester yang menjadi solusi pengelolaan limbah ternak, tetapi juga mendorong peternak untuk memperluas penggunaan alat tersebut secara berkelanjutan di wilayah sekitar. Tantangan teknis dan non-teknis yang muncul selama pelaksanaan kegiatan memberikan ruang pembelajaran yang penting mengenai perlunya inovasi dalam pengolahan limbah yang adaptif terhadap kondisi lokal. Oleh karena itu, untuk mendukung keberlanjutan penggunaan teknologi ini, diperlukan kerjasama dari berbagai pihak. Peternak memiliki peran penting dalam mengoptimalkan penggunaan biogas digester dan membagikan pengalamannya kepada peternak lain, sehingga dapat menjadi contoh bagi mereka untuk mengadopsi teknologi yang sama. Selain itu, dinas terkait, seperti Dinas Ketahanan Pangan dan Pertanian (DKPP) dan Dinas Lingkungan Hidup (DLH), berperan dalam menyediakan pendampingan lanjutan, baik berupa pelatihan, penyediaan bahan, maupun integrasi program dan kebijakan yang relevan dengan pengelolaan limbah peternakan.

5. Daftar Pustaka

- Alfanz, R., Nurhadi, A., & Laksmono, J. A. (2016). Perancangan dan implementasi sistem monitoring produksi biogas pada biodigester. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 5(1), 128-134. <https://doi.org/10.25077/jnte.v5n1.216.2016>.
- Dewantara, B. Y. (2024). Potensi Pemanfaatan Kotoran Sapi untuk Bahan Bakar PLT Biogas di Kecamatan Bluto Desa Kapedi. *CYCLOTRON*, 7(02), 43-47. <https://doi.org/10.30651/cl.v7i02.22843>.
- Fidela, W., Ahda, Y., Zhafira, Z., Febriani, Y., Azzahra, Y., Ningky, Y. P., Berlian, T., Regina, R., Sari, J. K., Ayu, D., Putri, D. D. N., & Fajrina, S. (2024). Pemanfaatan kotoran sapi menjadi biogas sebagai upaya pengendalian limbah peternakan. *Jurnal Ekologi, Masyarakat Dan Sains*, 5(2), 186-192. <https://doi.org/10.55448/0br55f55>.
- Hadi, M. K., & Rahmawati, P. (2024). Pendampingan peternak sapi perah melalui pelatihan pemasaran produk susu di Kampung Platuk Kelurahan Sidotopo Kecamatan Kenjeran Kota Surabaya. *Bhakti: Jurnal Pengabdian Dan Pemberdayaan Masyarakat*, 3(02), Article 02. <https://doi.org/10.33367/bjppm.v3i02.6277>.
- Hu, Y., Cheng, H., & Tao, S. (2017). Environmental and human health challenges of industrial livestock and poultry farming in China and their mitigation. *Environment International*, 107, 111-130. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.07.003>.
- Indri, A. (2015). Persepsi Masyarakat Terhadap Manfaat dan Dampak Negatif Limbah Peternakan Sapi Perah (Kasus di Desa Rancamulya Kecamatan Sumedang Utara Kabupaten Sumedang)(Public Perceptions Of Benefits And Negative Impact Of Livestock Waste Of Dairy Farm Cattle (Case I. *Students e-Journal*, 4(3).
- Karaman, N., Adyono, N., Sari, T. P., Edahwati, L., & Lestari, W. D. (2021). Pemanfaatan kotoran sapi sebagai sumber energi (biogas) rumah tangga di Kabupaten Sampang Provinsi Jawa Timur. *Abdimesin*, 1(1), Article 1. <https://doi.org/10.33005/abdi-mesin.v1i1.9>
- M.Pd, R. W. S., S. P., & M.Pd, A. M., S. Pd. (2023). Biogas dari limbah ternak. *Nuansa Cendekia*.
- Putra, G. M. D., Abdullah, S. H., Priyati, A., Setiawati, D. A., & Muttalib, S. A. (2017). Rancang bangun reaktor biogas tipe portable dari limbah kotoran ternak sapi. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, 5(1), 369-374. <https://doi.org/10.29303/jrpb.v5i1.49>.

- Putri, R. D. A., & Tsani, S. T. (2015). Pengaruh suhu dan konsentrasi rumen sapi terhadap produksi biogas dari vinasse. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 4(1), Article 1. <https://doi.org/10.15294/jbat.v4i1.3767>.
- Syakir, A., Kamal, M., & Husna, A. (2022). Persepsi masyarakat terhadap limbah peternakan sapi potong badan usaha milik desa Pusaka Indatu. *Lentera: Jurnal Ilmiah Sains, Teknologi, Ekonomi, Sosial, Dan Budaya*, 6(5), Article 5.
- Thorne, P. S. (2011). Industrial livestock production facilities: Airborne emissions. In *Encyclopedia of Environmental Health* (pp. 218–226). <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52272-6.00423-2>.
- van Kersen, W., Oldenwening, M., Aalders, B., Bloemsma, L. D., Borlée, F., Heederik, D., & Smit, L. A. M. (2020). Acute respiratory effects of livestock-related air pollution in a panel of COPD patients. *Environment International*, 136, 105426. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105426>.
- Widyastuti, F. R., Purwanto, P., & Hadiyanto, H. (2013). Potensi biogas melalui pemanfaatan limbah padat pada peternakan sapi perah Bangka Botanical Garden Pangkalpinang. *Metana*, 9(02).