


Perancangan Sistem Biodigester dan Instalasi Belt Conveyor untuk Pengolahan Limbah Kotoran Ayam di Desa Bontomarannu

Dian Ranggina¹, Harun Pampang^{2*}, Maria Assumpta Nogo Ole³, Feni Febriani⁴, Muh. Naufal Fajar Y⁵, Mafhul Khair Wahda⁶, Yoel Ponipadang⁷

^{1,2,3,4,5,6,7}Teknik Kimia, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Jl. Perintis Kemerdekaan KM.10 Tamalanrea, Makassar, 90245, Indonesia.

E-mail: pampanghrun@poliupg.ac.id

* Corresponding Author

 <https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i2.4093>

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article history

Received: 03 Dec 2025

Revised: 09 Dec 2025

Accepted: 15 Dec 2025

Kata Kunci:

Kotoran Ayam, Perancangan Biodigester, Belt Conveyor, Pengolahan Limbah, Energi Terbarukan.

Keywords:

Poultry Waste Management, Biodigester Design, Belt Conveyor System, Anaerobic Digestion, Renewable Energy.

Desa Bontomarannu, Kabupaten Maros, memiliki potensi besar pada sektor peternakan ayam petelur, namun di sisi lain menghadapi permasalahan serius berupa penumpukan limbah kotoran ayam yang dapat mencemari lingkungan. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan limbah melalui perancangan sistem biodigester dan instalasi belt conveyor sebagai upaya persiapan pemanfaatan limbah organik menjadi sumber energi terbarukan. Metode pelaksanaan meliputi survei lapangan, sosialisasi dan pelatihan awal, perancangan sistem biodigester dengan perhitungan teknis, instalasi belt conveyor, dan pengujian awal perangkat belt conveyor serta monitoring dan evaluasi. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa sistem biodigester telah dirancang secara komprehensif dengan kapasitas pengolahan kotoran ayam dari ± 3.200 ekor. Belt conveyor berhasil dipasang di bawah kandang dan berfungsi dengan baik untuk memudahkan mengumpulkan kotoran ayam. Kegiatan ini meningkatkan pemahaman mitra mengenai teknologi biogas dan mempersiapkan infrastruktur untuk tahap selanjutnya yaitu instalasi biodigester dan produksi biogas yang diharapkan dapat mengurangi pencemaran lingkungan sekaligus mendukung kemandirian energi rumah tangga peternak di masa mendatang.

Bontomarannu Village, Maros Regency, possessed significant potential in the layer poultry farming sector, yet faced serious environmental problems due to chicken manure accumulation. This community service activity aimed to improve waste management efficiency through biodigester system design and belt conveyor installation as a preparatory effort for converting organic waste into renewable energy sources. The implementation method included field survey, socialization and initial training, biodigester system design with technical calculations, belt conveyor installation, initial testing of the belt conveyor device, and monitoring and evaluation. The results showed that the biodigester system was comprehensively designed with a processing capacity for chicken manure from approximately 3,200 chickens. The belt conveyor was successfully installed under the cage and functioned properly to facilitate chicken manure collection. This activity enhanced the partner's understanding of biogas technology and prepared the infrastructure for the next stage, namely biodigester installation and biogas production, which was expected to reduce environmental pollution while supporting household energy independence for poultry farmers in the future.



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

How to Cite: Dian Ranggina, et al (2025). Perancangan Sistem Biodigester dan Instalasi Belt Conveyor untuk Pengolahan Limbah Kotoran Ayam di Desa Bontomarannu, 4(2). <https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i2.4093>

PENDAHULUAN

Desa Bontomarannu di Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan, dikenal sebagai sentra peternakan ayam petelur yang cukup berkembang. Sebagian besar masyarakat desa bergantung pada usaha

peternakan skala rumah tangga dengan populasi 1.000–4.000 ekor ayam per unit usaha. Permintaan telur yang terus meningkat, baik untuk pasar lokal maupun daerah sekitarnya, membuat usaha ini menjanjikan secara ekonomi. Namun demikian, kesuksesan sektor peternakan ini ternyata diiringi oleh permasalahan lingkungan yang cukup serius. Pengelolaan limbah kotoran ayam masih dilakukan secara tradisional melalui penumpukan di sekitar kandang atau pembuangan langsung ke area terbuka. Praktik ini tidak hanya mencemari lingkungan dan menurunkan kualitas udara akibat bau yang menyengat, tetapi juga menyebabkan hilangnya potensi ekonomi dari limbah yang sebenarnya dapat dimanfaatkan (Badan Pusat Statistik Kabupaten Maros, 2024).

Volume limbah yang dihasilkan oleh peternakan ayam petelur sebenarnya cukup besar. Setiap ekor ayam petelur menghasilkan sekitar 100–150 gram kotoran per hari dalam kondisi basah dengan kadar air 75–80% (Pop et al., 2019; Putra et al., 2024). Artinya, peternakan dengan 4.000 ekor ayam dapat menghasilkan 400–600 kg limbah basah per hari, atau setara 100–150 kg dalam bentuk kering. Jika dibiarkan tanpa pengelolaan yang tepat, volume limbah sebesar ini berpotensi mencemari air tanah, menghasilkan emisi gas amonia dan metana, serta mengganggu kesehatan masyarakat sekitar. Padahal, kotoran ayam sebenarnya kaya akan bahan organik yang dapat diubah menjadi biogas melalui proses fermentasi anaerobik (Pampang et al., 2020).

Teknologi biodigester menawarkan solusi untuk mengubah masalah limbah ini menjadi peluang. Sistem biodigester dapat mengolah limbah organik menjadi biogas sebagai sumber energi alternatif, sekaligus menghasilkan pupuk organik berkualitas dari residu fermentasi atau slurry (Muharja et al., 2018; Pampang & Purnomo, 2024). Agar sistem ini bekerja optimal, perancangan biodigester harus disesuaikan dengan karakteristik limbah dan kapasitas produksi peternakan setempat. Lebih dari itu, keberhasilan sistem biodigester juga ditentukan oleh efisiensi pengumpulan limbah. Di sinilah peran belt conveyor menjadi penting. Teknologi belt conveyor memungkinkan pengangkutan kotoran ayam, mengurangi pekerjaan manual, mempercepat proses pengumpulan, menjaga kebersihan kandang, dan memastikan pasokan bahan baku yang konsisten untuk produksi biogas (Ivontianti et al., 2016). Sistem ini dipasang di bawah kandang sehingga kotoran dapat dikumpulkan secara kontinu tanpa kontak langsung dengan tanah, yang pada akhirnya mengurangi pencemaran dan emisi gas berbau.

Program pengabdian masyarakat ini hadir untuk menjawab kebutuhan tersebut dengan merancang sistem biodigester yang terintegrasi dengan belt conveyor di Desa Bontomarannu. Fokus kegiatan meliputi perancangan biodigester yang sesuai kondisi lokal, pemasangan belt conveyor untuk memudahkan pengumpulan limbah, dan pengujian awal untuk memastikan sistem siap beroperasi. Program ini tidak hanya mengurangi pencemaran, tetapi juga memberikan manfaat ekonomi dengan menghemat biaya energi dan menambah pendapatan dari pupuk organik. Peternak dilatih mengadopsi teknologi ramah lingkungan dan mengelola usaha secara modern, sehingga tercipta pengelolaan limbah yang efisien dan berkelanjutan di Desa Bontomarannu.

METODE

Metode kegiatan ini dirancang untuk menerapkan solusi inovatif dalam mengatasi permasalahan pengelolaan limbah kotoran ayam dan meningkatkan efisiensi operasional peternakan di Desa Bontomarannu, Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan.



Gambar 1. Tahapan Pelaksanaan Kegiatan

Kegiatan ini dimulai dengan pemetaan dan penentuan strategi pelaksanaan program secara sistematis dan terukur.

1. Langkah pertama adalah melakukan survei awal di Desa Bontomarannu, Kabupaten Maros untuk mengidentifikasi kondisi peternakan ayam petelur mitra, termasuk layout kandang, sistem pengelolaan limbah saat ini, dan volume produksi kotoran harian. Data mengenai jumlah ayam per kandang, dimensi kandang, pola pembuangan kotoran, serta kebutuhan energi rumah tangga mitra dikumpulkan untuk menentukan spesifikasi teknis sistem biodigester dan belt conveyor yang akan dirancang. Survei juga mengidentifikasi kesiapan lahan untuk instalasi sistem dan keterbatasan akses yang perlu diatasi.
2. Setelah data survei terkumpul, dilakukan sosialisasi dan pelatihan awal kepada mitra untuk memperkenalkan teknologi biodigester dan belt conveyor. Kegiatan sosialisasi dilakukan melalui presentasi dan diskusi interaktif yang menjelaskan prinsip kerja fermentasi anaerobik, potensi biogas sebagai energi terbarukan, manfaat slurry sebagai pupuk organik, serta keunggulan belt conveyor dalam meningkatkan efisiensi pengumpulan limbah. Sosialisasi ini bertujuan membangun pemahaman dan komitmen mitra terhadap program yang akan dilaksanakan.
3. Berdasarkan hasil survei dan kesepakatan dengan mitra, dilakukan perancangan sistem biodigester secara komprehensif. Perancangan mencakup perhitungan kapasitas berdasarkan produksi limbah harian, penentuan Hydraulic Retention Time (HRT) optimal, desain tangki mixing, desain dua biodigester yang bekerja secara seri, desain tangki slurry, desain penampung biogas, serta sistem perpipaan lengkap.
4. Setelah proses instalasi belt conveyor selesai, dilakukan pengujian fungsi dasar untuk memastikan sistem dapat beroperasi sesuai kebutuhan di lapangan. Pengujian dilakukan melalui uji operasional sederhana, meliputi pengecekan kemampuan belt untuk berputar dengan lancar, observasi pergerakan kotoran di atas belt, serta penilaian keamanan sistem terhadap struktur kandang dan keberadaan ayam. Pengujian ini bertujuan untuk memverifikasi bahwa belt conveyor dapat berfungsi secara mekanis sebagai sistem pengangkut kotoran otomatis.

Monitoring dilakukan untuk mengevaluasi fungsi operasional belt conveyor dan kesiapan mitra dalam mengoperasikan sistem secara mandiri. Monitoring mencakup observasi visual terhadap pergerakan belt conveyor, identifikasi kendala mekanis yang muncul selama operasional awal, serta penilaian kemampuan mitra dalam mengoperasikan dan melakukan perawatan dasar. Evaluasi ini dilakukan untuk menilai keberhasilan instalasi belt conveyor sebagai bagian dari persiapan infrastruktur menuju tahap selanjutnya, yaitu instalasi biodigester. Hasil evaluasi menjadi dasar untuk penyusunan rekomendasi perbaikan sistem dan rencana pengembangan program lebih lanjut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Program pengabdian ini menghasilkan rancangan dan instalasi sistem biodigester terintegrasi belt conveyor melalui serangkaian tahapan sistematis. Hasil dari setiap tahapan diuraikan sebagai berikut: Survei Lapangan

Hasil survei menunjukkan bahwa mitra mengoperasikan dua unit kandang ayam petelur dengan total populasi 3.200 ekor, terdiri dari kandang pertama berkapasitas 1.500 ekor dan kandang kedua 1.700 ekor. Sistem pengelolaan limbah yang diterapkan masih bersifat konvensional, dimana kotoran ayam dibuang langsung ke permukaan tanah di bawah kandang tanpa pengolahan lebih lanjut. Praktik ini menimbulkan berbagai permasalahan seperti bau menyengat, pencemaran lingkungan, dan peningkatan populasi lalat yang signifikan di area kandang.



Gambar 2. Kondisi Peternakan Ayam Petelur Mitra di Desa Bontomarannu

Berdasarkan pengamatan langsung dan pengukuran sampel, produksi limbah kotoran ayam mencapai 320–480 kg per hari dalam kondisi basah dengan kadar air berkisar 40–50%, atau setara dengan 160–288 kg per hari dalam kondisi kering. Volume limbah ini konsisten dengan literatur yang menyatakan bahwa seekor ayam petelur menghasilkan kotoran sekitar 100–150 gram per hari (Paranjpe A., et al., 2023). Data ini menjadi parameter krusial dalam menentukan kapasitas biodigester yang harus dirancang.

Evaluasi kesiapan lahan menunjukkan bahwa lokasi untuk instalasi biodigester berada di sisi belakang kandang kedua dengan kondisi tanah yang relatif stabil dan luas area sekitar 100 m². Namun, terdapat kendala berupa akses jalan yang sempit untuk mobilisasi kendaraan besar, sehingga diperlukan strategi pengangkutan manual atau menggunakan kendaraan berukuran kecil.

Sosialisasi dan Pelatihan Awal

Tahap sosialisasi dan pelatihan awal merupakan langkah penting untuk membangun pemahaman dasar serta kesiapan mitra dalam penerapan teknologi biodigester dan sistem pengelolaan limbah berbasis biogas. Kegiatan ini dilaksanakan di lokasi peternakan mitra dan dihadiri oleh kelompok peternak, perwakilan masyarakat setempat, serta beberapa pemuda yang berpotensi terlibat dalam operasional sistem.

Sosialisasi diawali dengan pemaparan mengenai kondisi pengelolaan limbah saat ini, dampak lingkungan yang ditimbulkan, serta potensi pemanfaatan kotoran ayam sebagai sumber energi terbarukan. Peserta diperkenalkan pada prinsip kerja biodigester, alur proses pembentukan biogas, manfaat slurry, dan fungsi belt conveyor yang akan membantu efisiensi pengangkutan limbah dari kandang ke inlet biodigester. Selain sosialisasi, dilakukan pula pelatihan awal mengenai identifikasi jenis limbah yang sesuai, teknik pengumpulan kotoran, serta prosedur dasar pemeliharaan biodigester. Pelatihan ini dirancang sederhana agar peserta memahami langkah–langkah operasional yang akan mereka lakukan setelah sistem terpasang. Demonstrasi singkat dilakukan menggunakan model kerja alur biodigester sehingga peserta dapat memvisualisasikan proses dengan lebih baik.

Partisipasi peserta cukup tinggi, terlihat dari banyaknya pertanyaan terkait operasional, kebutuhan air pencampur, kapasitas produksi biogas, dan potensi penghematan energi rumah tangga. Diskusi yang berlangsung juga memperkuat motivasi masyarakat untuk mendukung implementasi sistem sebagai solusi berkelanjutan bagi pengelolaan limbah peternakan di desa. Secara keseluruhan, tahap sosialisasi dan pelatihan awal berhasil meningkatkan pengetahuan dasar, membangun keterlibatan aktif masyarakat, serta mempersiapkan mitra untuk memasuki tahap pembangunan biodigester dan instalasi belt conveyor.



Gambar 3. Sosialisasi dan Pelatihan Awal

Perancangan Sistem

Tahap perancangan sistem dilakukan berdasarkan hasil survei yang menunjukkan bahwa peternakan dengan kapasitas 3.200 ekor ayam petelur menghasilkan limbah kotoran sebesar 320–480 kg per hari dalam kondisi basah. Berdasarkan literatur, seekor ayam petelur menghasilkan kotoran sekitar 100–150 gram per hari dengan kadar air mencapai 45%. Nilai ini digunakan sebagai dasar perhitungan kapasitas biodigester dan desain sistem pengumpul limbah.

Kegiatan ini diawali dengan fokus utama yaitu merancang sistem biodigester skala rumah tangga yang sesuai dengan kapasitas limbah kotoran ayam dari 3.200 ekor ayam petelur. Upaya ini juga disertai pemasangan belt conveyor sebagai komponen awal yang akan mendukung sistem pengolahan limbah secara berkelanjutan. Seluruh tahapan perancangan dilakukan berdasarkan hasil survei lapangan, kondisi aktual peternakan, serta acuan literatur terkait karakteristik limbah dan proses fermentasi anaerob.

Hasil survei menunjukkan bahwa peternakan menghasilkan kotoran basah sekitar 320–480 kg setiap hari. Dengan mempertimbangkan kadar air sekitar 45%, diperoleh kotoran kering sebesar 231 kg per hari. Rasio pencampuran 1:1 antara kotoran dan air digunakan untuk mencapai konsistensi yang sesuai bagi proses fermentasi, sehingga total umpan harian yang masuk ke biodigester mencapai sekitar 462 kg atau setara 337 liter.

Untuk menunjang aliran proses, dirancang sebuah tangki pengaduk berkapasitas 1.000 liter. Tangki ini berperan sebagai tempat homogenisasi campuran limbah sebelum masuk ke biodigester, lengkap dengan saringan kasar, saluran pembuangan, serta pengaduk manual. Tahap ini menjadi penting untuk mencegah penyumbatan dan memastikan campuran memiliki karakteristik yang konsisten.

Berdasarkan Hydraulic Retention Time (HRT) selama 12 hari, volume minimal biodigester yang dibutuhkan mencapai lebih dari 4 m³. Untuk menjaga ruang ekspansi gas dan stabilitas tekanan, volume total biodigester ditambah menjadi sekitar 5,4 m³. Sistem biodigester dirancang menggunakan dua tangki yang bekerja secara seri—reaktor pertama untuk fermentasi primer dan reaktor kedua untuk pematangan. Kedua reaktor dibuat dari material tahan korosi seperti FRP atau baja berlapis epoxy, serta dilengkapi komponen standar seperti inlet, outlet, jalur gas, dan manhole.

Perhitungan potensi energi menunjukkan bahwa kotoran kering dapat menghasilkan sekitar 8 m³ biogas per hari, yang cukup untuk kebutuhan memasak 2–3 rumah tangga. Sistem ini diperkuat dengan komponen pendukung, mulai dari tangki slurry berkapasitas 400–500 liter, jaringan perpipaan PVC dengan valve pengaman dan water trap, hingga penampung biogas fleksibel berbahan PVC. Media imobilisasi berupa potongan ban bekas juga dimasukkan untuk meningkatkan aktivitas mikroorganisme.

Sebagai langkah awal implementasi di lapangan, instalasi belt conveyor menjadi fokus utama. Conveyor ini berfungsi mengumpulkan kotoran ayam dari bawah kandang menuju titik penampungan sementara. Dengan panjang sekitar 25 meter dan lebar belt 1 meter, Material belt menggunakan PVC coated yang tahan terhadap kondisi lembap dan korosif. Rangka besi hollow menopang keseluruhan struktur dan dipasang sesuai kondisi topografi peternakan.

Proses instalasi melibatkan mitra secara aktif, mulai dari pembersihan lokasi hingga pemasangan rangka, roller, dan belt. Uji coba menunjukkan bahwa conveyor bekerja dengan baik, mampu mengangkut kotoran secara lancar tanpa mengganggu aktivitas kandang. Keberhasilan ini menandai langkah awal menuju penerapan sistem biodigester lengkap pada tahap berikutnya.



Gambar 4. (a) Desain Pemasangan Biodigester Kotoran Ayam, (b) Instalasi pemasangan Belt Conveyor

Pengujian Awal Perangkat

Pengujian awal belt conveyor dilakukan untuk memastikan perangkat dapat beroperasi dengan baik sebelum digunakan secara rutin. Tahap pertama adalah pemeriksaan kondisi fisik komponen meliputi rangka penyangga, sambungan las, roller, dan permukaan belt untuk memastikan tidak ada kerusakan atau ketidaksejajaran. Kestabilan struktur diperiksa dengan memberikan beban ringan untuk memastikan rangka dapat menopang beban operasional.



Gambar 5. Pengujian awal Perangkat Belt Conveyor

Selanjutnya dilakukan uji gerakan belt secara manual untuk mengamati kelancaran putaran roller dan memastikan tingkat kekencangan belt sudah tepat. Setelah itu, dilakukan uji aliran material menggunakan kotoran ayam untuk memastikan material dapat bergerak menuju titik pengumpulan tanpa hambatan. Pengujian diakhiri dengan evaluasi untuk mendokumentasikan hasil, melakukan penyesuaian jika diperlukan, dan memverifikasi kesiapan belt conveyor untuk operasional harian.

Monitoring dan Evaluasi

Monitoring dan evaluasi dilakukan untuk memastikan belt conveyor bekerja stabil setelah instalasi. Pemantauan dilakukan secara rutin dengan mengecek kondisi belt, roller, dan rangka, serta memastikan aliran kotoran tetap lancar tanpa penumpukan. Jika ditemukan kendala seperti belt longgar, roller tersumbat, atau perubahan kemiringan, penyesuaian langsung dilakukan di lapangan. Evaluasi singkat setelah beberapa hari penggunaan menunjukkan bahwa perangkat berfungsi baik dan hanya memerlukan penyyetelan kecil agar performanya tetap optimal.

SIMPULAN

Program pengabdian masyarakat di Desa Bontomarannu berhasil menghasilkan dua luaran utama, yaitu tersusunnya desain sistem biodigester yang sesuai dengan kondisi lapangan dan terpasangnya belt conveyor sebagai sistem pengumpul limbah kotoran ayam. Hasil survei menunjukkan produksi limbah mencapai 320–480 kg per hari, sehingga diperlukan teknologi pengolahan yang terencana dan berkelanjutan. Instalasi belt conveyor terbukti mampu meningkatkan efisiensi pengumpulan limbah, mengurangi ketergantungan pada tenaga manual, dan memperbaiki kebersihan

area kandang. Selain itu, sosialisasi dan pelatihan awal berhasil meningkatkan pemahaman serta kesiapan mitra dalam mengoperasikan sistem pengelolaan limbah berbasis biogas. Desain biodigester yang telah disusun menjadi fondasi penting untuk tahap implementasi selanjutnya menuju produksi biogas dan pemanfaatan slurry sebagai pupuk organik.

Pembangunan biodigester perlu segera dilanjutkan sesuai desain yang telah disusun agar pemanfaatan limbah dapat berjalan optimal. Pelatihan lanjutan bagi mitra penting dilakukan untuk memastikan kemampuan dalam pengoperasian dan perawatan sistem. Monitoring rutin diperlukan guna menjaga kinerja belt conveyor dan mencegah gangguan operasional. Dukungan pemerintah desa atau mitra lain sangat dibutuhkan agar pengembangan sistem pengolahan limbah berbasis biogas dapat berkelanjutan dan berpotensi direplikasi di peternakan lain.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim penulis menyampaikan terima kasih kepada Direktorat Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat Direktorat Jenderal Riset Dan Pengembangan Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains Dan Teknologi atas dukungan pendanaan kegiatan ini. ucapan terima kasih juga disampaikan kepada mitra peternak ayam petelur di desa bonto marannu atas partisipasi aktif dan kerja samanya selama pelaksanaan program. tidak lupa, apresiasi diberikan kepada pemerintah Dusun tokka, Desa Bontomarannu, pimpinan dan civitas akademik PNUP serta semua pihak yang telah membantu kelancaran kegiatan hingga terselesaikannya PKM ini.

REFERENSI

- Ardana, I. W. R., Giriantari, I. A. D., & Hartati, R. S. (2017). Studi pola pengelolaan energi biogas sebagai energi alternatif pada kelompok ternak di Desa Tunjuk Tabanan. *Logic: Jurnal Rancang Bangun dan Teknologi*, 13(1), 49. Retrieved April 6, 2025, from <https://ojs.pnb.ac.id/index.php/LOGIC/article/view/270>.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Maros. (2024). *Kecamatan Moncongloe dalam angka 2024* [Internet]. BPS. Retrieved April 2, 2025, from <https://maroskab.bps.go.id/id/publication/2024/09/26/a2989443652716239a0ad866/kecamatan-moncongloe-dalam-angka-2024.html>
- Ivontianti, W. D., Budhijanto, W., & Syamsiah, S. (2016). Evaluasi waktu start up pada proses peruraian limbah stillage secara anaerobik menggunakan reaktor fixed bed kontinyu dengan zeolit sebagai media imobilisasi. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan": Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia (Vol. 11)*.
- Muharja, M., Junianti, F., Ranggina, D., Nurtono, T., & Widjaja, A. (2018). An integrated green process: Subcritical water, enzymatic hydrolysis, and fermentation, for biohydrogen production from coconut husk. *Bioresource Technology*, 249, 268–275. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.10.024>
- Pampang, H., Purnomo, C. W., & Cahyono, R. B. (2020). Enhancement of biogas production in anaerobic digestion from sludge of dairy waste with fixed bed reactor by using natural zeolite. *Key Engineering Materials*, 849, 27–33. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.849.27>
- Pampang, H., & Purnomo, C. W. (2024, October 1). Optimization of anaerobic filter reactor with zeolite immobilization media for dairy sludge waste treatment for biogas production. *Journal of Physics: Conference Series*, 2828(1), 012043. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2828/1/012043>
- Paranjpe, A., Saxena, S., Apte-Deshpande, A., & Sharma, A. K. (2023). Enhanced methane production during anaerobic digestion of chicken manure through addition of pristine and recovered biochar. *Cleaner Waste Systems*, 5, 100052. <https://doi.org/10.1016/j.clwas.2023.100052>
- Pop, E., Mihăescu, L., Lăzăroiu, G., Pă, I., Negreanu, G., & Berbece, V. (2019). Energy characteristics of the char obtained by two steps pyrolysis of chicken manure. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 595(1), 012004. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/595/1/012004>
- Putra, P., Susana, Joniarta, I. W., Adhi, I. G. A. K. C., & Ayu, I. (2024, October 30). Penyuluhan potensi kotoran ayam petelur menjadi biogas untuk konsumsi keluarga kecil di Desa Suranadi Kabupaten Lombok Barat. *Jurnal Karya Pengabdian*, 6(2), 125–131.