

Pemampaatan Kotoran Sapi Menjadi Biogas Sebagai Upaya Pengendalian Limbah Peternakan di Desa kampa

Elvara Silvani¹ (Elvarara096@gmail.com)

Program Studi Kesehatan Masyarakat, Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai¹

Putri Zulijati², Fahmi Iqbal Firnanda³

Program Studi S1 Peternakan, Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai²

Program Studi S1 Bisnis Digital, Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai³

Abstrak

Sapi merupakan mamalia yang cukup banyak ditanakkan diseluruh wilayah Indonesia. Besarnya jumlah peternak sapi di daerah Indonesia memiliki sisi positif dan negatif jika ditinjau dari berbagai sudut pandang. Peternakan sapi pada umumnya menghasilkan limbah ternak, terutama kotoran. Kotoran sapi dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar produksi energi alternatif berupa biogas. Namun pada kenyataannya, banyak peternak sapi yang mengabaikan masalah limbah kotoran hewan ini dan terbuang sia-sia, bahkan menjadi polusi terhadap lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menguji cobakan pemanfaatan kotoran sapi menjadi bahan organik utama dalam produksi biogas sebagai upaya berkelanjutan dalam meminimalisir dampak lingkungan akibat limbah peternakan dan sebagai energi alternatif. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan percobaan produksi biogas selama 21 hari menggunakan digester sederhana. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kotoran sapi memiliki potensi yang besar sebagai bahan baku pembuatan biogas. Selain itu terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi produksi biogas seperti tingkat keasaman, temperatur lingkungan, dan kondisi kotoran yang digunakan.

Kata Kunci: Biogas, kotoran sapi, limbah peternakan..

Abstract

Cows are mammals that are widely bred throughout Indonesia. The large number of cattle breeders in Indonesia has positive and negative sides when viewed from various points of view. Cattle farming generally produces livestock waste, especially manure. Cow dung can be used as a basic ingredient for alternative energy production in the form of biogas. However, in reality, many cattle breeders ignore the problem of animal waste and it is wasted, even causing pollution to the environment. This research aims to test the use of cow dung as the main organic material in biogas production as a sustainable effort to minimize the environmental impact due to livestock waste and as an alternative energy. This research uses an experimental method with a biogas production trial for 21 days using a simple digester. The research results show that cow dung has great potential as a raw material for making biogas. Other factors influence biogas production, such as acidity levels, environmental temperature, and manure conditions.

Keywords: Biogass, cow dung, livestock waste.

PENDAHULUAN

Sapi merupakan mamalia yang cukup banyak ditanakkan diseluruh wilayah Indonesia. Terlebih untuk penduduk Indonesia daerah agraris yang sebagian besarnya bermata pencaharian sebagai petani dan peternak. Luasnya lahan pertanian dan keuntungan berada di wilayah tropik, memudahkan mayoritas penduduk Indonesia dalam usaha peternakan sapi. Selain itu faktor ekonomi juga memainkan peran penting dalam peternakan sapi, karena usaha ini memberikan kontribusi besar terhadap penghidupan sejumlah besar masyarakat (Fitriyah et al., 2021). Berdasarkan penelitian , pada daerah pedesaan Indonesia, setidaknya para peternak memiliki sapi paling kurang sebanyak 3-4 ekor sapi.

Besarnya jumlah peternak sapi di daerah Indonesia memiliki sisi positif dan negatif jika ditinjau dari berbagai sudut pandang. Sapi merupakan komoditas hewan

ternak yang menjanjikan dari segi ekonomi. Setiap tahunnya, kebutuhan akan daging sapi di Indonesia terus meningkat, begitu pula dengan impor yang terus bertambah dengan laju yang semakin tinggi. Trend ini mendorong motivasi masyarakat khususnya yang berada di daerah pedesaan dengan lahan luas untuk menggiatkan usaha peternakan sapi. Hanya saja, jika dipandang dari aspek lain, peternakan sapi juga memiliki dampak negatif, terutama bagi lingkungan (Irawan & Suwanto, 2017).

Peternakan sapi pada umumnya menghasilkan limbah ternak berupa limbah cair dan limbah padat. Limbah padat peternakan dapat berupa kotoran ternak dan sisa pakan ternak, sedangkan limbah cairnya meliputi limbah pencucian kandang, air limbah sanitasi ternak, dan urin ternak. Limbah ternak yang dihasilkan dari peternakan sapi ini akan berdampak langsung pada tingkat kebersihan lingkungan. satu ekor sapi bisa menghasilkan limbah padat sebanyak 20-30 kg dan sebanyak 100–150-liter limbah cair per satu hari. Limbah ternak dapat menimbulkan permasalahan yang berkaitan dengan masalah higienis yang diklasifikasikan dalam tiga macam, diantaranya produksi gas noxious, kontaminasi tanah akibat kandungan kotoran ternak berlebihan, dan juga polusi air. Inilah mengapa perhatian peternak terhadap pengelolaan limbah ternak sangat penting.

Oleh karena itu pengembangan biogas dari limbah kotoran sapi merupakan salah satu alternatif pemecahan dalam rangka mencari sumber energi alternatif sekaligus sebagai upaya konservasi. Prinsip pembuatan instalasi reaktor biogas skala kecil sampai menengah adalah menampung limbah organik, baik berupa kotoran ternak, limbah tanaman, atau limbah industri pertanian, kemudian memroses limbah tersebut dan mengambil gasnya untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi serta menampung sisa hasil pemrosesan yang dapat dipergunakan sebagai pupuk organik. Teknologi pemanfaatan kotoran hewan menjadi energi walaupun sederhana namun mayoritas masyarakat petani/peternak di Indonesia belum mampu memanfaatkannya, hal tersebut disebabkan karena rendahnya SDM peternak/petani, minimnya pelatihan atau penyuluhan kepada masyarakat, rendahnya kepedulian pemerintah daerah untuk serius mengoptimalkan sektor peternakan dan pertanian.

Dibandingkan dengan ternak lainnya, sapi perah menghasilkan kotoran paling banyak (Tabel 1). Kotoran tersebut berupa kotoran padat dan urine serta gas yang berbau tidak sedap. Peternak umumnya membuang kotoran sapi perah ke saluran air dan lahan yang terairi air tersebut, padahal kotoran yang dihasilkan setiap ekor ternak cukup banyak (Karaman et al., 2021). sapi dengan bobot 640 kg/ekor menghasilkan kotoran 50 kg/ hari. Jika dalam satu kelompok ternak sapi terdapat 100 ekor maka kotoran yang dihasilkan mencapai 5 ton/hari, Sementara itu, gas tidak sedap yang berupa gas metana dapat menimbulkan efek rumah kaca yang menyebabkan pemanasan global karena memiliki dampak panas 21 kali lebih tinggi daripada gas karbon dioksida. Hal ini menunjukkan perlunya pengelolaan limbah kotoran sapi perah dengan benar.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang dilakukan selama 21 hari pada 25 November 2023 - 16 Desember 2023. Kotoran sapi yang digunakan di ambil di peternakan sapi warga lokal di Desa Kampa. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah kotoran sapi segar, air, dan jerami padi. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah jirigen plastik ukuran 10 kg, selang gas ukuran 30 cm, kran ukuran ¼ inch, klem perekat kran, lem dextone sebagai perekat bagian berlubang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Biogas adalah proses fermentasi anaerob bahan organik yang dilakukan oleh mikroorganisme, sehingga menghasilkan gas yang dapat dibakar (Lubis & Siregar, 2020). Komponen biogas terdiri dari gas metana (CH₄) sekitar 60 persen, gas karbondioksida (CO₂) 38

persen dan gas N₂, O₂, H₂, H₂S sekitar 2 persen [5] [6]. Biogas memiliki berat sekitar 20 persen lebih ringan dibanding udara dan memiliki suhu pembakaran antar 650 sampai 750 derajat, dengan nilai kalor gas metana adalah 20 MJ/m³.

Biogas yang dihasilkan dari limbah sapi dapat dibakar seperti LPG dan bila dibakar akan menghasilkan nyala biru cerah seperti LNG. Biogas yang dihasilkan dengan skala besar dapat bermanfaat sebagai pembangkit energi listrik. Fenomena tersebut menunjukkan bahwa biogas yang dihasilkan dari limbah ternak sapi dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif yang terbarukan dan ramah lingkungan. Biogas menghasilkan produk utama yang umumnya sebagai bahan bakar memasak, perkembangan teknologi selanjutnya biogas digunakan sebagai bahan bakar pembangkit listrik (Sugiono et al., 2023).

Kotoran sapi merupakan limbah dari hasil dari peternakan yang bersifat basah, di mana pada proses pembuangannya sering bercampur dengan urin dan air mandi dari hewan ternak tersebut. Kandungan unsur hara dalam kotoran sapi bervariasi tergantung pada keadaan produktivitas sapi (sapi perah, sapi potong, dan lain lain), jenis pakan, dan jumlah pakan, namun komposisi terbesar adalah. Kotoran sapi adalah substrat yang dianggap paling cocok sebagai sumber pembuat gas bio, karena substrat tersebut mengandung bakteri penghasil gas metan yang terdapat dalam perut hewan ruminansia. Keberadaan bakteri di dalam usus besar ruminansia tersebut membantu proses fermentasi, sehingga proses pembentukan gas bio pada tangki pencernaan dapat dilakukan lebih cepat. Walaupun demikian, bila kotoran tersebut akan langsung diproses dalam tangki pencernaan, perlu dilakukan pembersihan terlebih dahulu.

Pembuatan Instalasi Biogas (Fuel) Bagian ini dibangun dengan menggunakan bahan bangunan bisbeton yang berbentuk tabung dengan tinggi 50 cm dan diameter lingkaran dalam yaitu 80 cm, bagian input ini bertujuan untuk mencampurkan limbah kotoran sapi dan air dengan perbandingan yaitu 2 : 1. fungsi lain dari bagian ini yaitu untuk memisahkan antara kotoran sapi dengan serat-serat rumput atau ilalang yang masih terkandung didalam kotoran sapi tersebut (Dinawati & Mulijanti, 2015). Pengadukan dilakukan untuk mendapatkan campuran substrat yang homogen dengan ukuran partikel yang kecil. Pengadukan selama proses fermentasi bertujuan mencegah adanya benda-benda mengapung pada permukaan cairan dan berfungsi mencampur metanogen (mikroorganisme yang menghasilkan metana sebagai produk sampingan metabolik dalam kondisi anoxic) dengan substrat. Pengadukan juga memberikan kondisi temperatur yang seragam dalam biodigester.

Proses fermentasi gas oleh bakteri anaerob pada produksi biogas ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti temperatur, tingkat keasaman, komposisi bahan organik, dan kualitas kotoran. Peneliti melakukan percobaan yang berlokasi di rumah kawat, laboratorium biologi, FMIPA, UNP, dengan temperatur suhu ruang dan kondisi sejuk. Suhu tinggi dapat membunuh bakteri anaerob sehingga fermentasi tidak berlangsung, bakteri anaerob untuk produksi biogas dalam digester dapat bekerja secara optimum pada suhu sekitar 20-40°C. Dengan kondisi suhu ruang dan terlindung dari sinar matahari langsung, maka produksi biogas akan menjadi jauh lebih baik. Selain itu, kondisi kotoran sapi juga dapat berpengaruh terhadap intensitas gas yang dihasilkan. Kotoran sapi yang baik untuk digunakan sebagai bahan biogas adalah kotoran sapi segar pada ruang terbuka kurang dari 12 jam. Maka perlu diperhatikan kondisi kotoran sapi yang digunakan untuk mendapatkan biogas yang maksimal (Sandri Sastrawan et al., 2022).

Ukuran digester yang digunakan oleh peneliti pada percobaan ini adalah jirigen dengan volume 10 kg dan selang yang berfungsi untuk mengeluarkan gas dengan ukuran 30cm. Digester volume 10kg ini mampu menampung campuran bahan organik kotoran sapi dan air sebanyak kurang lebih 6kg hingga 7kg, volume digester tidak boleh terlalu penuh agar terdapat ruang untuk penampungan gas. Untuk pembuatan digester skala rumah tangga maka, dapat menggunakan digester berukuran lebih besar dengan panjang selang disesuaikan.

Teknologi biogas diintroduksi bagi petani peternak yang memiliki ternak sapi yang dikandangkan. Petani juga membangun reaktor biogas yang berfungsi untuk fermentasi limbah ternak sapi (Elly et al., 2020). Prinsip introduksi teknologi biogas dapat diterapkan karena pembuatannya sangat sederhana dengan memasukkan substrat ke dalam alat pencernaan (reaktor), ditutup beberapa waktu dan menghasilkan gas.

Langkah rinci dalam teknik pengolahan limbah kotoran sapi menjadi biogas adalah sebagai berikut: Mencampur kotoran sapi dengan air hingga terbentuk lumpur dengan perbandingan 1:1 di bak penampungan sementara. Bentuk lumpur ini akan memudahkan ketika dimasukkan ke dalam digester.

1. Memasukkan lumpur ke dalam digester melalui lubang masuk. Pada pengisian pertama, kran gas yang ada di atas digester dibuka supaya proses masuknya lebih mudah dan udara yang ada di dalam digester keluar. Pengisian lumpur pertama ini dibutuhkan kotoran sapi dalam jumlah banyak supaya digester penuh (Kurang lebih 1 ton)
2. Tambahkan starter(bakteri) sebanyak 1liter dan isi rumen segar dari rumah potong hewan sebanyak 5 karung untuk kapasitas digester 3,5-5,0 m². Setelah digester dalam keadaan penuh, kran gas ditutup supaya terjadi proses fermentasi. (ini sangat dianjurkan untuk mempercepat hasil fermentasi)
3. Membuang gas yang pertama kali dihasilkan (termasuk gas CO₂) pada hari ke-1 sampai ke-8. Sedangkan hari ke-10 sampai ke-14, baru terbentuk gas metan (CH₄) dan CO₂ mulai menurun. Pada komposisi CH₄ 54% dan CO₂ 27%, biogas akan menyala.

Kotoran sapi sebagai bahan baku potensial dalam pembuatan biogas karena mengandung pati dan lignoselulosa, biomassa yang mengandung karbohidrat, protein, dan lemak. Secara teori, produksi metana yang dihasilkan dari karbohidrat, protein dan lemak berturut-turut adalah 0,37; 1,0; 0,58 m³ CH₄ per kg bahan kering organi (Elly et al., 2020)c. Kotoran sapi mengandung ketiga unsur bahan organik tersebut sehingga dinilai lebih efektif untuk dikonversi menjadi sebuah gas metana. Salah satu cara menentukan bahan organik yang sesuai untuk menjadi bahan masukan sistem biogas. adalah dengan mengetahui perbandingan karbon (C) dan nitrogen (N) atau disebut rasio C/N.

Pada penelitian ini, peneliti menambahkan jerami padi sebagai komposisi bahan organik. Perbandingan yang digunakan terhadap banyak kotoran, air, dan jerami adalah 3:2:1. Pada percobaan ini peneliti menambahkan jerami padi sebagai bahan organik. Penambahan jerami dapat meningkatkan kadar metana pada biogas. Hal ini sesuai dengan penelitian yang berkesimpulan bahwa penambahan jerami pada kotoran sapi dapat memperpendek waktu produksi, meningkatkan rata-rata produksi harian dan menaikkan kadar metana pada biogas (Elyza 2020). Jerami padi segar mengandung sekitar 20-26% kadar air yang umumnya berkurang hingga 12 hingga 14% (basah) dengan penjemuran. Dibandingkan dengan sumber daya biomassa lainnya, jerami padi mengandung sejumlah besar bahan mudah menguap yang berkisar antara 60,5% dan 69,70%.

Biogas merupakan produk hasil fermentasi oleh bakteri anaerob yang terdiri dari beberapa tahapan. Tahap pertama yang terjadi pada waktu waktu awal fermentasi adalah penguraian struktur kimiawi bahan organik yang ada meliputi kotoran sapi dan jerami oleh bakteri anaerob menjadi struktur molekul yang lebih sederhana, seperti pengubahan polisakarida menjadi monosakarida dan pengubahan protein menjadi peptida dan amino. Setelah diuraikan, maka bahan akan di asidifikasi oleh zat asam yang dihasilkan oleh bakteri anaerob (Lubis & Siregar, 2020). Senyawa-senyawa sederhana yang berhasil dihidrolisis sebelumnya dirubah menjadi asam asetat, hidrogen, dan karbondioksida. Proses membentuk asam asetat oleh bakteri anaerob ini membutuhkan oksigen dan karbondioksida yang diambil dari oksigen terlarut dalam larutan, hal inilah yang mendasari bahwa komposisi air harus banyak agar mencukupi kebutuhan bakteri anaerob karena air berperan sebagai media. Proses terbentuknya asam dalam keadaan anaerob ini akan berperan dalam proses pembentukan gas metana selanjutnya (Elly et al., 2020).

Berdasarkan hasil percobaan yang dilakukan peneliti, biogas sudah dapat terlihat produksinya sejak hari ke-14 dilakukannya penelitian. Hal ini dibuktikan dengan adanya semburan api dari nyala api pancingan yang menandakan adanya gas yang dikeluarkan dari digester biogas. Pada hari ke-18 juga diadakan uji coba produksi biogas dengan hasil biogas masih dapat terbentuk namun memiliki bau yang lebih menyengat dibandingkan pada uji coba pertama. Percobaan terakhir dilakukan pada hari ke-21, dimana gas masih terbentuk namun

produksi tidak lebih kuat dari uji coba-uji coba sebelumnya dan aroma gas juga tidak lebih menyengat dari uji coba pada tiga hari sebelumnya. Perbedaan hasil didapatkan di setiap uji coba di waktu yang berbeda, ini membuktikan bahwa di setiap harinya masih dapat terjadi proses fermentasi yang baik oleh bakteri anaerob pada digester.

Menurut, biogas dapat diproduksi selama 7-14 hari, ini sesuai dengan percobaan peneliti, dimana pada hari ke-14 gas metan sudah dapat diproduksi. Pendapat lain yang dinyatakan oleh Lubis dan Siregar (2020) dalam penelitiannya bahwa proses fermentasi dapat berlangsung selama 60-90 hari untuk mendapat gas metan yang sempurna. Sedangkan Wardana dkk. (2021) menyebutkan bahwa pembuatan biogas memakan waktu selama 4-5 minggu. Didasarkan pada hasil uji coba peneliti di setiap waktu yang berbeda, dengan hasil yang berbeda maka percobaan yang dilakukan sesuai dengan teori, karena semakin lama proses fermentasi yang dilakukan peneliti, gas yang dihasilkan juga semakin membaik. Hal ini ditinjau dari produksi kekuatan gas dan aroma gas yang dihasilkan. Pada uji coba terakhir di hari ke-21, gas yang dihasilkan tidak lebih kuat dibandingkan gas pada hari ke-14, namun aroma gas menjadi lebih baik dan tidak lebih menyengat dari aroma gas yang dihasilkan pada hari ke-18 (Elly et al., 2020).

Proses fermentasi gas oleh bakteri anaerob pada produksi biogas ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti temperatur, tingkat keasaman, komposisi bahan organik, dan kualitas kotoran. Peneliti melakukan percobaan yang berlokasi di rumah kawat, laboratorium biologi, FMIPA, UNP (Luthfi, 2022), dengan temperatur suhu ruang dan kondisi sejuk. Suhu tinggi dapat membunuh bakteri anaerob sehingga fermentasi tidak berlangsung, bakteri anaerob untuk produksi biogas dalam digester dapat bekerja secara optimum pada suhu sekitar 20-40°C (Lazuardi 2008). Dengan kondisi suhu ruang dan terlindung dari sinar matahari langsung, maka produksi biogas akan menjadi jauh lebih baik. Selain itu, kondisi kotoran sapi juga dapat berpengaruh terhadap intensitas gas yang dihasilkan. Kotoran sapi yang baik untuk digunakan sebagai bahan biogas adalah kotoran sapi segar pada ruang terbuka kurang dari 12 jam. Maka perlu diperhatikan kondisi kotoran sapi yang digunakan untuk mendapatkan biogas yang maksimal.

Dengan diproduksi biogas yang mengandung Metana yang mencukupi, maka secara berangsur konsumsi energi mitra yang tadinya menggunakan bahan bakar lain beralih ke biogas. Selain manfaat yang dirasakan oleh mitra, anggota kelompok tani yang lain pun menunjukkan minat untuk pemasangan biodigester untuk produksi biogas ini. Hal ini menunjukkan pengabdian bahwa kegiatan kepada masyarakat ini memberikan kepuasan bagi mitra. Tahap akhir dari kegiatan pengabdian masyarakat ini adalah pemberian rekomendasi pada mitra terkait upaya pemanfaatan hasil akhir pembuatan biogas. Kegiatan usaha mitra dan anggotanya tidak hanya menjadi peternak sapi perah, namun beberapa juga menjadi petani yang mengelola perkebunan tomat, brokoli, kubis, dan sayuran lainnya.

Ukuran digester yang digunakan oleh peneliti pada percobaan ini adalah jirigen dengan volume 10 kg dan selang yang berfungsi untuk mengeluarkan gas dengan ukuran 30cm (Elly et al., 2020). Digester volume 10kg ini mampu menampung campuran bahan organik kotoran sapi dan air sebanyak kurang lebih 6kg hingga 7kg, volume digester tidak boleh terlalu penuh agar terdapat ruang untuk penampungan gas. Untuk pembuatan digester skala rumah tangga maka, dapat menggunakan digester berukuran lebih besar dengan panjang selang disesuaikan.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, disimpulkan bahwa kotoran sapi memiliki potensi besar digunakan sebagai bahan baku organik pembuatan biogas. Pada proses pembuatan, gas metan sudah dapat diproduksi proses fermentasi, maka gas yang diproduksi juga semakin baik dan semakin banyak, ditandai dengan bertambahnya volume digester dari hari ke hari yang mengindikasikan terdapat pertambahan volume gas di setiap harinya. Pada tahap pencampuran komposisi air dan kotoran hewan, komposisi air sebaiknya digunakan lebih banyak, karena air adalah media fermentasi bagi bakteri anaerob yang akan menguraikan bahan organik, hal ini akan

berpengaruh pada volume gas yang dihasilkan. Kualitas gas yang dihasilkan selama produksi biogas dipengaruhi oleh temperatur, tingkat keasaman, komposisi bahan organik, dan kualitas kotoran.

Saran

Pemerintah dan lembaga terkait diharapkan memberikan dukungan berupa kebijakan, insentif, maupun bantuan teknis dalam mendorong pemanfaatan biogas sebagai bagian dari upaya transisi menuju energi bersih dan pengelolaan limbah berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Dinawati, M., & Mulijanti, S. (2015). Opportunities of Biogas Development in Dairy Cattle Center Areas. *Journal Litbang Pertanian*, 32(3), 125–134. meksyd@yahoo.com %0Abptp-jabar@litbang.pertanian.go.id
- Elly, F. H., Lomboan, A., Kaunang, C. L., Polakitan, D., & Kalangi, J. K. J. (2020). Teknologi Biogas dengan Bahan Baku Bersumber dari Limbah Sapi. *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan Politeknik Balikpapan*, 4, 455–459.
- Fitriyah, A., Harmayani, R., Jamili, A., Mariani, Y., Kartika, N. M. A., & Isyaturriyadhah, I. (2021). Pengolahan Limbah Kotoran Sapi Menjadi Energi Gas Non Fosil Dan Pupuk Organik Di Desa Batu Kuta Lombok Barat. *SELAPARANG Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, 4(3), 855. <https://doi.org/10.31764/jpmb.v4i3.5396>
- Irawan, D., & Suwanto, E. (2017). Pengaruh Em4 (Effective Microorganisme) Terhadap Produksi Biogas Menggunakan Bahan Baku Kotoran Sapi. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 5(1), 44–49. <https://doi.org/10.24127/trb.v5i1.118>
- 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. *Abdi-Mesin Jurnal Pengabdian Masyarakat Teknik Mesin*, 1(1), 28–35. <https://doi.org/10.33005/abdi-mesin.v1i1.9>
- Lubis, S., & Siregar, C. A. (2020). Pelatihan Pemanfaatan Kotoran Ternak Sapi Sebagai. *Abdi Sabha Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(1), 13–19. <https://jurnal.ceredindonesia.or.id/index.php/jas/article/view/45>
- Luthfi, S. A. C. (2022). Optimalisasi Biogas Dari Kotoran Sapi Dengan Penambahan Bahan Organik Dari Limbah Pertanian Dan Pasar. *AGRISAINTEFIKA: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 6(1), 21. <https://doi.org/10.32585/ags.v6i1.2451>
- Sandri Sastrawan, Fita Ridhana, Erita, & Nugroho Pitriyanto. (2022). Teknik Pengolahan Limbah Kotoran Sapi Bali Untuk Pembuatan Biogas Di Kampung Paya Tungel Kecamatan Jagong Jeget. *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Hewani*, 1(1), 28–37. <https://doi.org/10.55606/jurrih.v1i1.73>
- Sugiono, S., Wargo, W., & Marwendi, R. O. (2023). Pemanfaatan Limbah Ternak Sapi Sebagai Biogas Renewable Energy. *Zabags International Journal Of Engagement*, 1(1), 1–7. <https://doi.org/10.61233/zijen.v1i1.1>