



Utilization of cow dung as a biogas raw material for alternative energy in Dusun Buddagan 1, Desa Larangan Luar, Kabupaten Pamekasan

Willyanto Anggono, Ivan Christian Hernando✉, Lintu Tulistyantoro

Universitas Kristen Petra, Surabaya, Indonesia

✉ ivan.hernando@petra.ac.id

🌐 <https://doi.org/10.31603/ce.12543>

Abstract

In Buddagan 1 Hamlet, Pamekasan Regency, accumulating cow dung waste near homes creates unpleasant odors and unhygienic kitchen conditions. The proximity of kitchens and cowsheds, coupled with the village's heritage status, necessitates innovative, sustainable solutions that avoid altering building structures. This community service project aimed to utilize biogas technology to convert cow dung waste into an alternative energy source, improving sanitation and reducing household expenses. Activities included biogas technology socialization, training on biogas system use and maintenance, installation assistance, and program evaluation. The project successfully implemented biogas technology, meeting cooking gas needs, lowering household expenses, and producing organic fertilizer. Effective and sustainable biogas operation resulted from comprehensive socialization, training, and technical assistance. Buddagan 1 Hamlet now serves as a model for environmentally friendly and inspiring livestock waste management.

Keywords: *Biogas; Cow dung; Dusun Buddagan 1*

Pemanfaatan kotoran sapi sebagai bahan baku biogas untuk energi alternatif pada Dusun Buddagan 1, Desa Larangan Luar, Kabupaten Pamekasan

Abstrak

Dusun Buddagan 1, Kabupaten Pamekasan, memiliki permasalahan pengelolaan limbah kotoran sapi yang menumpuk di sekitar rumah, mengakibatkan bau tidak sedap dan kondisi dapur yang tidak higienis. Kedekatan lokasi dapur dan kandang sapi, serta status desa sebagai desa *heritage*, mengharuskan solusi yang inovatif dan berkelanjutan tanpa mengubah struktur bangunan. Tujuan pengabdian ini adalah untuk menerapkan teknologi biogas untuk memanfaatkan limbah kotoran sapi menjadi sumber energi alternatif, meningkatkan kebersihan lingkungan, dan mengurangi pengeluaran rumah tangga. Kegiatan pengabdian ini terdiri dari sosialisasi teknologi biogas, pelatihan penggunaan dan perawatan mesin biogas, dan pendampingan instalasi serta evaluasi. Program ini berhasil menerapkan teknologi biogas yang memenuhi kebutuhan gas memasak, mengurangi pengeluaran rumah tangga, dan menghasilkan pupuk organik. Pengoperasian teknologi biogas berjalan efektif dan berkelanjutan berkat sosialisasi, pelatihan, dan pendampingan. Dusun Buddagan 1 menjadi contoh pemanfaatan limbah ternak yang ramah lingkungan dan inspiratif.

Kata Kunci: Biogas; Kotoran sapi; Dusun Buddagan 1

1. Pendahuluan

Madura merupakan salah satu pulau yang ada di provinsi Jawa Timur. Di pulau ini terdapat sebuah dusun yang bernama Dusun Buddagan 1, Desa Larangan Luar, Kecamatan Larangan, Kabupaten Pamekasan. Dusun ini berjarak sejauh kurang lebih 15 KM dengan Kota Pamekasan. Dusun ini merupakan dusun yang berada pada daerah perbukitan, lebih tepatnya perbukitan di Kecamatan Larangan. Perbukitan ini memiliki beberapa mata air yang dimana hal ini akan membuat tanaman dapat bertumbuh dengan subur. Masyarakat di Dusun Buddagan sebagian besar bekerja sebagai petani ladang dengan tanaman yang ditanam berupa tanaman jagung, tanaman ketela pohon, dan tanaman tembakau (Kuntowijoyo, 2017). Secara umum, tanaman jagung adalah tanaman yang paling banyak dihasilkan oleh masyarakat Dusun Buddagan. Tanaman padi relatif sedikit ditemukan dikarenakan tanaman padi perlu untuk berada di daerah yang dekat dengan aliran air dan mata air.

Dusun Buddagan I memiliki beberapa potensi yang bisa dikembangkan. Dalam hal pertanian, Dusun Buddagan I memiliki potensi sistem tegal (Kuntowijoyo, 2017). Beberapa potensi tanaman tersebut diantaranya adalah cabe jamu, jagung, tembakau, beras, dan lain-lain. Dusun Buddagan I menjadikan jagung sebagai bahan makanan pokok yang biasa dikonsumsi sehari-hari. Tanaman jagung selain berfungsi untuk konsumsi sehari-hari juga berfungsi sebagai bahan baku untuk disimpan dan komoditas yang dapat dijual. Secara umum, masyarakat Dusun Buddagan I menanam dua jenis jagung, diantaranya adalah jagung lokal dan jagung BISI. Tanaman jagung BISI secara umum lebih tidak tahan lama jika dibandingkan dengan tanaman jagung lokal, namun jagung BISI dapat memberikan hasil produk yang jauh lebih melimpah jika dibandingkan dengan jagung lokal.

Produk andalan lainnya yang umum untuk ditanam di Dusun Buddagan I adalah tanaman cabe jamu (*Piper Retrofractum*). Tanaman cabe jamu yang ditanam di Dusun Buddagan I dapat memiliki kualitas yang lebih baik jika dibandingkan dengan tanaman cabe jamu yang ditanam di lokasi-lokasi lainnya. Tanaman cabe jamu ini perlu untuk dikeringkan baru kemudian dapat dijual ke industri jamu yang ada di Pulau Jawa dan Pulau Kalimantan. Tembakau juga menjadi komoditi andalan dari Dusun Buddagan I. Tanaman ini hanya dapat ditanam bila musim kemarau tiba. Tembakau yang ditanam di Dusun Buddagan I memiliki jenis tembakau gunung dan tembakau tegal (Undang-Undang tentang Kepariwisata, 2009). Secara umum, tembakau yang dihasilkan di kota Pamekasan merupakan tembakau yang berkualitas baik (Pemerintah Kabupaten Pamekasan, 2010).

Masyarakat di Dusun Buddagan I tidak hanya terlibat dalam kegiatan pertanian, tetapi juga aktif dalam peternakan. Di bidang peternakan, sapi adalah hewan yang paling umum dipelihara, dengan ciri khas seperti bertanduk, bergambir, berpunuk, serta memiliki postur yang baik dan dada yang bidang. Hewan ternak ini merupakan hasil perkawinan antara Banteng (*Bos Sundaicus*) dan Sapi India (*Bos Indicus*), sehingga memiliki karakteristik fisik yang unik dan bermanfaat (Undang-Undang tentang Kepariwisata, 2009). Di Dusun Buddagan I, sapi sering kali dianggap sebagai alat investasi. Ketika kebutuhan uang muncul, masyarakat dapat menjual sapi untuk mendapatkan dana. Pulau Madura, secara umum, dikenal sebagai kawasan peternakan sapi, terutama dalam skala perorangan di Jawa Timur (Undang-Undang tentang Kepariwisata, 2009). Selain sapi, masyarakat di dusun ini juga membudidayakan

unggas, termasuk ayam buras, sebagai usaha tambahan yang semakin berkembang (Tulistyantoro, 2019).

Di sisi lain, biogas merupakan gas hasil dari proses anaerobik yang terjadi dalam kondisi tanpa oksigen, yang dihasilkan oleh bakteri di fasilitas digesti (Anggono et al., 2013; Anggono, Suprianto, Hartanto, et al., 2016; Anggono, Wardana, et al., 2016; Anggono, Suprianto, Purnomo, et al., 2016; Anggono et al., 2023). Meskipun gas metan (CH_4) yang dihasilkan bermanfaat, kualitasnya sering kali terpengaruh oleh adanya gas penghambat (inhibitor) yang terbentuk akibat reaksi alami (Anggono et al., 2019). Hasil penelitian menunjukkan adanya konsentrasi gas CO_2 (karbondioksida) serta tekanan dalam sistem biogas dapat menurunkan kecepatan pembakaran laminar campuran metana-udara. Dengan meningkatnya jumlah CO_2 dalam gas, kecepatan pembakaran juga cenderung menurun, yang pada gilirannya berdampak pada laju pembakaran laminar dan panjang *markstein* dalam pola api hasil pembakaran (Anggono et al., 2021).

Pentingnya pengembangan ilmu yang terkait dengan biogas tidak dapat diabaikan, terutama jika menyangkut dalam hal peningkatan stabilitas dan efisiensinya. Biogas memiliki potensi untuk dipakai dalam sel bahan bakar yang kemudian hasilnya dapat dikonversi menjadi energi listrik, serta dapat digunakan untuk produksi gas hidrogen, yang merupakan langkah penting menuju peningkatan serta kemajuan energi berkelanjutan (Kabeyi & Olanrewaju, 2022). Selain itu, biogas juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan campuran untuk LPG, yang memungkinkan penyimpanan dan pemanfaatan sesuai kebutuhan. Potensi ini sangat relevan untuk kelompok kecil di dusun, memberikan sumber energi untuk kegiatan rumah tangga, seperti memasak. Berbagai sumber bahan baku untuk produksi biogas tersedia, termasuk sampah dari TPA Cilowong (Annur et al., 2020). EM4 dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi dalam proses biogas dengan menggabungkan campuran enceng gondok dan rumen sapi (Megawati, 2014). Peningkatan efisiensi juga dapat dilakukan dengan menambahkan limbah dari industri tahu ke dalam kotoran sapi yang sudah tercampur dengan rumput gajah (Haryanto et al., 2019). Kulit nenas juga dapat dicampurkan dengan kotoran sapi sebagai bahan baku biogas (Suanggana et al., 2022). Kombinasi lainnya untuk membuat biogas adalah limbah kotoran sapi yang dicampur dengan jerami jagung (Arianingsih et al., 2021).

Secara umum produksi dari biogas dapat bervariasi dimana ada yang menunjukkan butuh waktu 23 hari, ada juga yang 36 hari (limbah dari tahu) pada suhu $35\text{-}40^\circ\text{C}$ (Kurniati et al., 2021). Penelitian oleh (Putri et al., 2012) juga mengkonfirmasi hal ini. Selain memberikan sumber energi, penerapan biogas juga berdampak positif pada kesejahteraan petani. (Paulus et al., 2022) menunjukkan bahwa biogas dapat membantu peningkatan hasil produksi padi sawah hingga 62.5% jika dibandingkan dengan saat tidak menggunakan biogas pada musim tanam sebelumnya. Produksi biogas dari kotoran kambing juga pernah dilakukan untuk Desa Sukasari (Sutadiwiria et al., 2023).

Di Dusun Buddagan 1, rata-rata setiap rumah memiliki dua ekor sapi. Namun, saat ini kotoran sapi dibiarkan menumpuk dan hanya diambil untuk dijadikan pupuk kandang. Kondisi ini menyebabkan masalah, seperti bau tidak sedap dan lalat yang muncul. Dengan letak dapur yang berdekatan dengan kandang, situasi ini membuat dapur terasa tidak higienis. Dengan pengelolaan yang lebih baik, kotoran sapi ini bisa dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk produksi biogas, yang dapat mengatasi masalah kebersihan dan menyediakan sumber energi yang berguna bagi masyarakat. Hunian masyarakat Dusun Buddagan I memiliki pola yang dimana letak dapur dan kandang yang

bersebelahan, sehingga kalau itu dipisahkan akan menyebabkan perubahan strukturnya. Desa ini ditetapkan sebagai desa *heritage*, sehingga permasalahan ini memang harus diselesaikan, tanpa harus memberikan efek yang mengubah.

Solusi bersih dengan memanfaatkan limbah kotoran tersebut menjadi biogas adalah satu nilai tambah sebagai solusi terhadap nilai higienis. Proses pembesaran sapi akan memberikan limbah fese, limbah urin, dan limbah sisa makanan dimana limbah-limbah ini dapat ditemukan di kandang ternak sapi di Dusun Buddagan I. Limbah-limbah yang berlimpah ini dapat dipakai sebagai bahan baku pembuatan biogas. Program pengabdian kepada masyarakat ini sejalan dengan keinginan masyarakat Dusun Buddagan I yang dimana masyarakat dusun ingin untuk berinovasi dan memanfaatkan limbah kotoran sapi mereka. Harapannya biogas ini dapat memenuhi kebutuhan gas untuk memasak sehingga dapat mengurangi pembelian gas elpiji dikarenakan adanya biogas dan limbah biogas dapat digunakan sebagai pupuk.

2. Metode

Pengabdian masyarakat ini dilaksanakan di Dusun Buddagan 1, Kabupaten Pamekasan, dengan mitra Kelompok Tani Sumber Nyato dan masyarakat setempat, dari Agustus hingga November 2024. Kegiatan ini terdiri dari tiga tahap:

2.1. Tahap persiapan

Tahap persiapan meliputi identifikasi permasalahan pengelolaan kotoran sapi, analisis kondisi lingkungan dan kebiasaan masyarakat, serta penyusunan materi sosialisasi tentang manfaat teknologi biogas (penghematan biaya dan peningkatan kebersihan). Materi sosialisasi juga mencakup pemeliharaan dan perawatan sistem biogas.

2.2. Tahap pelaksanaan

Sosialisasi teknologi biogas dilaksanakan untuk meningkatkan kesadaran masyarakat akan manfaatnya. Kegiatan ini dilanjutkan dengan pelatihan dua tahap yaitu penggunaan teknologi biogas (dari persiapan bahan baku hingga pemanfaatan) serta pemeliharaan dan perawatan sistem. Pendampingan intensif dilakukan selama instalasi biogas di rumah-rumah warga untuk memastikan kemandirian dalam pengoperasian.

2.3. Tahap evaluasi

Evaluasi dilakukan untuk mengukur keberhasilan program melalui penghematan biaya rumah tangga akibat penggunaan biogas dan tingkat kepuasan masyarakat. Evaluasi juga menilai keberlanjutan program melalui peran serta masyarakat dalam penggunaan dan penyebaran teknologi biogas ke dusun lain, serta semangat gotong royong dalam pemeliharaan dan pengembangan teknologi ini.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Tahap persiapan

Kegiatan diawali dengan tahap persiapan yang meliputi perencanaan pelatihan yang diberikan kepada masyarakat mengenai cara penggunaan dan pemeliharaan teknologi biogas. Pelatihan ini dirancang untuk memastikan bahwa masyarakat dapat memanfaatkan teknologi ini dengan baik dan memahami setiap tahapan yang

diperlukan, mulai dari persiapan bahan baku hingga pemeliharaan sistem biogas. Selain itu, persiapan ini juga mencakup pendampingan yang diberikan kepada masyarakat selama proses implementasi, agar mereka dapat merasa yakin dan mampu mengoperasikan teknologi tersebut secara mandiri setelah pelatihan selesai. Melalui tahapan persiapan ini, diharapkan masyarakat sudah siap secara mental dan praktis untuk menerima teknologi biogas dan memanfaatkannya dalam kehidupan sehari-hari.

3.2. Tahap sosialisasi

Pada September 2024, sosialisasi teknologi biogas dilaksanakan di Dusun Buddagan 1. Sosialisasi ini bertujuan meningkatkan kesadaran masyarakat akan potensi pemanfaatan kotoran sapi, menjelaskan manfaat biogas sebagai energi ramah lingkungan dan ekonomis, serta menunjukkan bagaimana pupuk organik (*slurry*) hasil biogas dapat meningkatkan kesuburan tanah. Setelah sosialisasi, yang meliputi penyuluhan tentang bahaya memasak dengan kayu bakar dan alternatif energi terbarukan, masyarakat Dusun Buddagan 1 menyetujui penggunaan biogas ([Gambar 1](#)).



Gambar 1. Kegiatan sosialisasi biogas kepada masyarakat

3.3. Pelatihan dan instalasi

Pelatihan ini dilakukan dalam dua tahap, tahap pertama berfokus pada penggunaan teknologi biogas mulai dari persiapan bahan baku hingga proses penggunaan hasil biogas. Tahap kedua berfokus pada pemeliharaan dan perawatan sistem biogas agar dapat beroperasi dengan baik dalam jangka panjang. Selain itu, selama proses instalasi biogas di rumah-rumah masyarakat, dilakukan pendampingan intensif yang bertujuan agar masyarakat benar-benar memahami cara kerja teknologi tersebut, serta dapat beradaptasi dan mengoperasikannya secara mandiri. Dengan adanya pelatihan dan pendampingan ini, diharapkan masyarakat dapat mengelola sistem biogas dengan baik dan memanfaatkannya sesuai kebutuhan. Pelatihan dan instalasi ini dilakukan pada bulan September hingga Oktober 2024, di Dusun Buddagan 1, dengan masyarakat setempat.



Gambar 2. Pengerukan tanah untuk proses selanjutnya



Gambar 3. Proses pembuatan pondasi

Proses instalasi biogas dimulai dengan tahapan pengerukan. Pada tahapan penggalian tanah ini, tanah dikeluarkan sehingga terdapat rongga yang cukup untuk membuat sistem instalasi biogas di dalamnya. Tahapan ini dapat dilihat pada [Gambar 2](#). Setelah itu, dilanjutkan dengan tahapan pembuatan pondasi. Pada tahapan ini bata dipasang satu persatu sesuai dengan gambar kerja yang telah disepakati dan dibuat. Proses ini dapat dilihat pada [Gambar 3](#). Jika plester sudah kering maka dilanjutkan dengan pembuatan kubah penutup digester. Kubah ini dilengkapi dengan pipa besi untuk jalur keluar dari biogas yang sudah siap digunakan. Pada tahapan ini perlu untuk memastikan bahwa kubah dan digester tersambung secara sempurna dan tidak ada celah sama sekali. Proses ini dapat dilihat pada [Gambar 4](#).



Gambar 4. Proses pembuatan kubah yang bagian atasnya dilengkapi dengan pipa besi



Gambar 5. Proses pembuatan saluran keluar sisa proses biogas (*slurry*)



Gambar 6. Proses pemasangan sistem perpipaan

Tahapan selanjutnya setelah sistem digester selesai adalah tahapan pembuatan saluran keluaran dari sisa proses biogas. Keluaran ini dapat digunakan untuk pupuk. Model tempat keluaran sisa biogas dapat dilihat pada [Gambar 5](#). Setelah tempat keluaran sisa produk biogas (*slurry*) dibuat maka dilanjutkan dengan proses instalasi perpipaan. Tahapan proses instalasi perpipaan dapat dilihat pada [Gambar 6](#). Setelah sistem perpipaan dipastikan aman, maka dilanjutkan dengan proses pemasangan manometer sebagai indikator seberapa besar tekanan gas yang ada didalam digester. Proses pemasangan manometer dapat dilihat pada [Gambar 7](#).



Gambar 7. Peletakan manometer



Gambar 8. Jarum manometer yang naik mengindikasikan adanya gas yang siap digunakan



Gambar 9. Nyala kompor hasil biogas

Setelah proses perakitan selesai maka dilanjutkan dengan pemasangan selang kompor. Setelah beberapa hari maka biogas akan membuat jarum indikator pada manometer naik. Jarum indikator yang naik ini dapat dilihat pada [Gambar 8](#). Jika sudah naik maka biogas selanjutnya dapat digunakan. Hasil dari kompor biogas dapat dilihat pada [Gambar 9](#). Dapat dilihat bahwa warna api yang dihasilkan biru dan api yang dihasilkan dapat stabil dan tidak berbau. Dengan keberhasilan pembuatan biogas di Dusun Buddagan I, masyarakat setempat kini dapat membagikan pengalaman mereka dalam penggunaan biogas dan mengajak masyarakat dari dusun lain untuk ikut serta dalam pembuatan biogas. Sehingga warga Desa Larangan Luar dapat menggunakan biogas yang merupakan salah satu sumber energi terbarukan. Sumber energi ini dapat masyarakat setempat gunakan untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari seperti memasak. Disamping itu, hasil dari proses biogas ini dapat digunakan sebagai pupuk organik yang baik untuk tanaman.

4. Kesimpulan

Pengabdian masyarakat di Dusun Buddagan 1 berhasil mendukung pengelolaan limbah kotoran sapi secara inovatif dan bermanfaat. Teknologi biogas yang diterapkan memenuhi kebutuhan gas memasak, mengurangi pengeluaran rumah tangga, dan menghasilkan pupuk organik untuk pertanian. Sosialisasi, pelatihan, dan pendampingan memastikan pengoperasian teknologi yang efektif dan berkelanjutan. Dusun Buddagan 1 kini menjadi pionir pemanfaatan limbah ternak ramah lingkungan, menginspirasi dusun lain, meningkatkan kesejahteraan serta kelestarian lingkungan.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Kemdikbud atas program hibah pengabdian kepada masyarakat dalam bentuk pemberdayaan kemitraan masyarakat dengan nomor hibah 002/SP2H/PKM-BATCH.2/LL7/2024. Terima kasih juga diucapkan kepada Universitas Kristen Petra Surabaya terkhusus LPPM Universitas Kristen Petra, kelompok tani Sumber Nyato yang berlokasi di dusun Buddagan 1, Kabupaten Pamekasan, Jawa Timur.

Kontribusi penulis

Pelaksana kegiatan: WA, ICH, LT; Penyiapan artikel: WA, ICH; Analisis dampak pengabdian: WA, LT; Penyajian hasil pengabdian: WA, LT; Revisi artikel: ICH.

Daftar Pustaka

- Anggono, W., Hayakawa, A., Okafor, E. C., & Gotama, G. J. (2019). Experimental and Numerical Investigation of Laminar Burning Velocities of Artificial Biogas Under Various Pressure and CO₂ Concentration. *E3S Web of Conferences*, 130, 01037. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913001037>
- Anggono, W., Hayakawa, A., Okafor, E. C., Gotama, G. J., & Wongso, S. (2021). Laminar Burning Velocity and Markstein Length of CH₄ / CO₂ / Air Premixed Flames at Various Equivalence Ratios and CO₂ Concentrations Under Elevated Pressure. *Combustion Science and Technology*, 193(14), 2369–2388. <https://doi.org/10.1080/00102202.2020.1737032>
- Anggono, W., Suprianto, F. D., Purnomo, K., Hartanto, T. I., & Wijaya, T. P. (2016). The Effect of Nitrogen on Flame Characteristics in Biogas External Premixed Combustion. *Applied Mechanics and Materials*, 836, 265–270. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.836.265>
- Anggono, W., Sutrisno, S., Tanoto, Y., Hernando, I. C., Waskito, C., & Laksana, G. B. (2023). Pemanfaatan Energi Biogas dan Pupuk Organik Berbahan Kotoran Sapi Oleh Peternak Sapi Aditoya Sebagai Energi Alternatif dan Substitusi Kebutuhan Pupuk Pertanian Masyarakat. *Surya Abdimas*, 7(4), 633–640. <https://doi.org/10.37729/abdimas.v7i4.3189>
- Anggono, W., Wardana, I. N. G., Lawes, M., Hughes, K. J., Wahyudi, S., Hamidi, N., & Hayakawa, A. (2013). Biogas Laminar Burning Velocity and Flammability Characteristics in Spark Ignited Premix Combustion. *Journal of Physics: Conference Series*, 423, 012015. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/423/1/012015>
- Anggono, W., Wardana, I. N. G., Lawes, M., Hughes, K. J., Wahyudi, S., Hamidi, N., & Hayakawa, A. (2016). The influence of CO₂ in biogas flammability limit and laminar burning velocity in spark ignited premix combustion at various pressures. *AIP Conference Proceedings*, 1717(1), 030001. <https://doi.org/10.1063/1.4943425>
- Annur, S., Kusmasari, W., Wulandari, R., & Sumiati, S. (2020). Pengembangan Biogas Dari Sampah Untuk Energi Listrik Dan Bahan Bakar Kompor Di Tpa Cilowong, Kota Serang, Banten. *KUAT: Keuangan Umum Dan Akuntansi Terapan*, 2(1), 48–

51. <https://doi.org/10.31092/kuat.v2i1.823>
- Arianingsih, E., Mirdhayati, I., & Harahap, A. E (2021). Kualitas Biogas Berbahan Feses Sapi dan Jerami Jagung (*Zea mays* L.) pada C/N Rasio dan Lama Fermentasi yang Berbeda. *JURNAL TRITON*, 12(1), 58–67. <https://doi.org/10.47687/jt.v12i1.155>
- Haryanto, A., Okfrianas, R., & Rahmawati, W. (2019). Pengaruh Komposisi Subtrat dari Campuran Kotoran Sapi dan Rumput Gajah (*Pennisetum purpureum*) terhadap Produktivitas Biogas pada Digester Semi Kontinu. *Jurnal Rekayasa Proses*, 13(1), 47. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.41125>
- Kabeyi, M. J. B., & Olanrewaju, O. A. (2022). Biogas Production and Applications in the Sustainable Energy Transition. *Journal of Energy*, 2022, 1–43. <https://doi.org/10.1155/2022/8750221>
- Kuntowijoyo. (2017). Perubahan Sosial Dalam Masyarakat Agraris Madura 1850-1940. IRCiSoD.
- Kurniati, Y., Rahmat, A., Malianto, B. I., Nandayani, D., & Pratiwi, W. S. W. (2021). Review Analisa Kondisi Optimum Dalam Proses Pembuatan Biogas. *Rekayasa*, 14(2), 272–281. <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v14i2.11305>
- Megawati, M. (2014). Pengaruh Penambahan Em4 (Effective Microorganism-4) Pada Pembuatan Biogas Dari Eceng Gondok Dan Rumen Sapi. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 3(2). <https://doi.org/10.15294/jbat.v3i2.3696>
- Paulus, J., Lengkey, L. C. C. E., & Najooan, J. (2022). Penerapan Teknologi Biogas sebagai Sumber Bahan Bakar dan Pupuk Organik untuk Meningkatkan Kesejahteraan Petani di Desa Pinaling Minahasa Selatan. *Agrokreatif: Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*, 8(2), 220–227. <https://doi.org/10.29244/agrokreatif.8.2.220-227>
- Pemerintah Kabupaten Pamekasan. (2010). Ensiklopedi Pamekasan Alam, Masyarakat, dan Budaya. Yogyakarta: Pemerintah Kabupaten Pamekasan dan Fakultas Ilmu Budaya UGM.
- Presiden Republik Indonesia. (2009). Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 10 Tahun 2009 tentang Kepariwisata.
- Putri, D. A., Saputro, R. R., & Budiyono, B. (2012). Biogas Production from Cow Manure. *International Journal of Renewable Energy Development*, 1(2), 61–64. <https://doi.org/10.14710/ijred.1.2.61-64>
- Suanggana, D., Haryono, H. D., Djafar, A., & Irawan, J. (2022). Potensi Produksi Biogas Dari Anaerobic Digestion Kotoran Sapi Dan Kulit Nanas Sebagai Sumber Energi Rice Cooker Biogas. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 6(1), 1–7. <https://doi.org/10.33379/gtech.v6i1.1246>
- Sutadiwiria, Y., Herdyanti, M. K., Meirawaty, M., Yuda, H. F., Rendy, R., Mahendra, R. K., Ardikasa, G., & Letlora, I. (2023). Biogas from goat waste as a green energy source. *Community Empowerment*, 8(5), 610–614. <https://doi.org/10.31603/ce.8371>
- Tulistyantoro, L. (2019, November 27). Taneyan Lanjhang Buddagan I Sebagai Aset Pariwisata Heritage di Pamekasan Madura. *Prosiding Seminar Nasional Budaya Madura V: Membangun Pariwisata Madura Berbasis Budaya Lokal*. <https://doi.org/10.21107/budayamadura.2019.3>



This work is licensed under a Creative Commons Attribution Non-Commercial 4.0 International License