

PEMBERDAYAAN MASYARAKAT DALAM PEMANFAATAN TEKNOLOGI BIOGAS KOTORAN SAPI DI DESA KUTOARJO, GEDONG TATAAN, PESAWARAN, LAMPUNG

Yuberti ¹⁾, Happy Komikesari ²⁾, Ajo Dian Yusandika ³⁾, Sri Latifah ⁴⁾, Firmanul Catur Wibowo ⁵⁾,
Irani Diansah ⁶⁾

¹⁾Pendidikan Fisika, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, UIN Raden Intan Lampung dan yuberti@radenintan.ac.id

²⁾Pendidikan Fisika, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, UIN Raden Intan Lampung dan happy@radenintan.ac.id

³⁾Pendidikan Fisika, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, UIN Raden Intan Lampung dan ajodian@radenintan.ac.id

⁴⁾Pendidikan Fisika, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, UIN Raden Intan Lampung dan srilatifah@radenintan.ac.id

⁵⁾Tadris Fisikn, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, IAIDA Lampung dan iranidiansah80@gmail.com

⁶⁾Pendidikan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Jakarta dan fcwibowo@unj.ac.id

Abstrak

Provinsi Lampung memiliki potensi energi terbarukan yang melimpah, termasuk dari limbah kotoran sapi. Kabupaten Pesawaran, khususnya Desa Kutoarjo, memiliki kondisi yang mendukung untuk memanfaatkan limbah kotoran sapi sebagai sumber energi biogas. Namun, saat ini, limbah tersebut hanya digunakan sebagai pupuk, sementara kebutuhan energi memasak masih mengandalkan LPG yang harganya terus melonjak. Kegiatan pengabdian ini mengadopsi pendekatan *Participatory Action Research* (PAR) untuk melibatkan aktif masyarakat dalam seluruh proses pelaksanaan program. Tahap awal melibatkan perencanaan dan identifikasi potensi energi terbarukan di Desa Kutoarjo, dengan tujuan pemberdayaan masyarakat. Meskipun produksi biogas awalnya terbatas, pembuatan biodigester dengan pendekatan sederhana telah diujicobakan. Hasilnya menunjukkan bahwa dari 2 - 3 ekor sapi menghasilkan gas sebesar 16 liter/hari yang dapat digunakan selama 5 - 12 menit. Meski belum mencukupi kebutuhan sehari-hari, upaya ini bertujuan untuk mengurangi ketergantungan pada LPG dan mengalihkan penggunaan ke energi biogas yang ramah lingkungan. Dengan memanfaatkan potensi energi limbah kotoran sapi, diharapkan dapat memberikan manfaat ekonomi dan lingkungan yang lebih besar untuk masyarakat Desa Kutoarjo dan sekitarnya.

Kata Kunci: Energi terbarukan, biogas, kotoran sapi.

Abstract

Lampung Province has abundant renewable energy potential, particularly from cattle manure waste. In Pesawaran Regency, especially Kutoarjo Village, conditions are well-suited for turning this waste into biogas energy. However, at present, cattle manure is primarily used as fertilizer, while cooking energy needs continue to rely on LPG, which is becoming increasingly expensive. This community empowerment initiative used a Participatory Action Research (PAR) approach, actively involving the community in every stage of the program. The initial phase included planning and identifying renewable energy potential in Kutoarjo Village, with the goal of community empowerment. Although biogas production began on a small scale, a simple biodigester was constructed and tested, the results show that 2 - 3 cows produce 16 liters of gas per day which can be used for 5 - 12 minutes. While this amount wasn't sufficient to meet daily needs, the initiative aimed to reduce reliance on LPG and shift toward more environmentally friendly biogas. By tapping into the potential of cattle manure waste, this project sought to provide greater economic and environmental benefits to the residents of Kutoarjo Village and its surrounding areas.

Keywords: Biogas, cattle manure, renewable energy.

PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk menyebabkan sumber daya alam yang tersedia berkurang, seperti bahan

bakar minyak (BBM) eksploitasi sumber daya alam khususnya minyak yang telah membesar besarkan ancaman bagi keselamatan manusia dan lingkungan itu sendiri (Akhirul et al., 2020; Annisa Zahra Lubis

et al., 2022; Zumaro & Arbi, 2017). Hal ini banyak dikhawatirkan banyak orang bahwa cadangan minyak yang menurun dari hari ke hari dan terancam habis (Witjahjo, 2023). Karena itu perlu mencoba untuk mencari energy alternative untuk menghemat cadangan minyak yang ada saat ini (Ningsih, 2020; Seng et al., 2022; Syahrir et al., 2021). Biogas adalah salah satu energy yang dapat dikembangkan dengan memberikan cukup bahan baku yang tersedia dan cukup renewebel (Nasution, 2020; Nur et al., 2022), masalah dapat diatasi dengan kebutuhan energy menggunakan sumber energy terbarukan yang relative mudah didapat dan biaya operasional yang rendah (Arifandy, 2021; Priyono et al., 2020), tidak mengakibatkan masalah limbah, salah satunya yaitu dengan memanfaatkan kotoran sapi sebagai biogas.

Sejalan dengan perkembangan teknologi yang sangat pesat, tentunya disertai dengan konsumsi energi yang meningkat pula, baik berupa konsumsi migas maupun energi listrik yang sedang menjadi issue nasional dewasa ini. Sebagai negara produsen minyak dan gas bumi, Indonesia tidak bisa secara terus menerus mengandalkan dari sumber tersebut. Dengan semakin menipisnya cadangan minyak bumi dan semakin meningkatnya kebutuhan energi nasional, maka diperlukan upaya pengembangan energi alternatif yang sifatnya harus selalu terjaga potensi dan keberadaannya (Adellea, 2022; Ningrum, 2018; Pereiz et al., 2023). Provinsi Lampung yang terdiri dari 12 kabupaten dan 2 kota memiliki sumber daya alam dan sosial budaya yang dimiliki merupakan wilayah dengan potensi energi terbarukan yang cukup melimpah.

Hal tersebut ditunjukkan oleh banyaknya potensi panas bumi, potensi air, potensi bioenergi berupa sawit, tebu, coklat, karet, ubi kayu (singkong) serta potensi biomassa yang sangat melimpah. Sebagian dari sumber potensi tersebut hanya sebagian kecil yang termanfaatkan, selebihnya belum dimanfaatkan secara optimal sehingga diharapkan potensi tersebut dengan berbagai teknologi tepat guna untuk dimanfaatkan.

Kabupaten Pesawaran merupakan salah satu lokasi yang sebagian penduduknya bertani, berkebun dan juga berternak. Ternak sapi sangat potensial di wilayah tersebut karena didukung adanya lahan perkebunan yang luas sehingga ketersediaan pakannya pun mencukupi.

Desa Kutoarjo Kecamatan Gedong Tataan Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung mempunyai penduduk yang sebagian besar berternak sapi. Para peternak sapi hanya menggunakan limbah kotoran sapi sebagai pupuk saja, belum dimanfaatkan sebagai biogas untuk keperluan rumah tangga. Padahal limbah tersebut bisa di olah menjadi gas terlebih dahulu sebelum menjadi pupuk yang bisa digunakan sebagai pengganti elpigi (LPG) untuk keperluan sehari-hari dalam rumah tangga. Fakta yang ada sekarang menunjukkan bahwa harga LPG terus melonjak sehingga kegiatan ini sangatlah tepat untuk mengatasi hal tersebut. Di samping menghasilkan gas bahkan limbah biogas yang dihasilkan pun bisa dijadikan sebagai pupuk yang memiliki kualitas yang lebih bagus dibandingkan dengan pemakaian sebagai pupuk secara langsung.

Dengan memanfaatkan potensi energi limbah kotoran sapi sebagai biogas diharapkan akan mengurangi sebesar mungkin ketergantungan pada LPG sebagai sumber energi utama dalam memasak, dapat memasyarakatkan energi yang ramah lingkungan, mampu mengalihkan penggunaan LPG ke energi biogas, dapat mendorong pertumbuhan ekonomi melalui sektor pengembangan potensi energi limbah kotoran sapi menjadi biogas.

Untuk mendapatkan hasil yang diinginkan, kegiatan pengabdian ini menggunakan metode *Participatory Action Research* (PAR). Pendekatan ini bertujuan tidak hanya untuk menciptakan teknologi biogas sederhana tetapi juga untuk memberdayakan masyarakat agar mampu mengelola dan memanfaatkan biogas secara mandiri sehingga program dapat berkelanjutan.

METODOLOGI PENGABDIAN

Metode yang digunakan dalam kegiatan pengabdian ini adalah menggunakan metode pengabdian *Participatory Action Research* (PAR), dengan empat langkah utama yakni perencanaan, tindakan, pengamatan, dan refleksi.

Langkah perencanaan meliputi identifikasi potensi energi terbarukan di Desa Kutoarjo, kemudian inventarisasi sumber daya alam dan lingkungan yang tersedia di Desa Kutoarjo untuk menunjang keberhasilan program pemberdayaan masyarakat.

Langkah Tindakan terdiri dari pelatihan dan pendidikan teknologi biogas kotoran sapi, pembuatan sistem biogas kotoran sapi, dan pengelolaan dan pemanfaatan biogas.

Langkah pengamatan terdiri dari memonitoring dan mengevaluasi pembuatan sistem biogas, memberikan pendampingan terhadap masyarakat dalam pengelolaan dan pemanfaatan biogas yang telah dihasilkan, serta melakukan evaluasi terhadap seluruh kegiatan yang telah dilaksanakan untuk memastikan efektivitas dan efisiensi program pemberdayaan masyarakat.

Langkah refleksi meliputi pemberian pemahaman masyarakat setempat cara menggunakan biogas sebagai bahan bakar, dan melakukan perbaikan atau perubahan program jika diperlukan untuk memperoleh hasil yang lebih optimal

PELAKSANAAN KEGIATAN

Berdasarkan pada tahapan atau langkah-langkah *Participatory Action Research* (PAR) menekankan pada partisipasi aktif dan kontribusi masyarakat dalam semua tahap pelaksanaan program, sehingga langkah-langkah yang diambil dalam metode pengabdian dapat disesuaikan dengan prinsip-prinsip PAR untuk memastikan partisipasi dan kontribusi yang maksimal dari masyarakat.

Diawali dari tahap perencanaan yang meliputi penentuan titik lokasi yang tepat dan ideal sesuai kriteria pada tanggal 06 September 2023. Identifikasi Potensi Energi Terbarukan di Desa Kutoarjo, membuat inventarisasi sumber daya alam dan lingkungan yang tersedia di Desa Kutoarjo untuk menunjang keberhasilan program pemberdayaan masyarakat seperti yang ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses perencanaan

Kemudian dilanjutkan dengan survei berikutnya pada tanggal 10 September 2023 untuk lebih memastikan titik lokasi desain rancangan tabung digester biogas seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kegiatan survei

Selanjutnya tim pengabdian melaksanakan kegiatan sosialisasi pada tanggal 12 September 2023, dan menyampaikan secara detail tujuan dan maskud kepada masyarakat setempat seperti yang terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Kegiatan sosialisasi

Pada tanggal 15 September 2023, Tim Pengabdian Masyarakat melaksanakan kegiatan implementasi rancangan bersama masyarakat desa setempat, dengan desain seperti yang disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Kegiatan implementasi rencana

Pada tanggal 21 September 2023, tim pengabdian bersama masyarakat setempat memastikan tindakan dengan mencampurkan limbah kotoran sapi dengan campuran air dengan perbandingan 1 : 3, dan memberikan tambahan campuran zat Bio Aktivator Z Combo seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Pemberian zat bio aktivator

Selanjutnya hasil yang diperoleh telah diamati dengan seksama oleh tim pengabdian bersama dengan masyarakat peternak pada tangga 03 Oktober 2023. Performansi alat-alat penghasil biogas model terapung ini terbuat dari bahan yang murah dan mudah didapat, yaitu terbuat dari drum tangki yang biasa digunakan sebagai tempat penyimpanan air pada masyarakat umumnya. Alat ini terdiri atas tiga komponen utama, yaitu: tangki pencerna (biodigester), Tangki pengumpul gas, tangki penyekat. Alat penghasil biogas model terapung ini bekerja dengan cara memasukkan bahan isian (kotoran sapi) dengan perbandingan bahan isian dan air 1 : 3 dengan komposisi 1 ember kotoran ternak

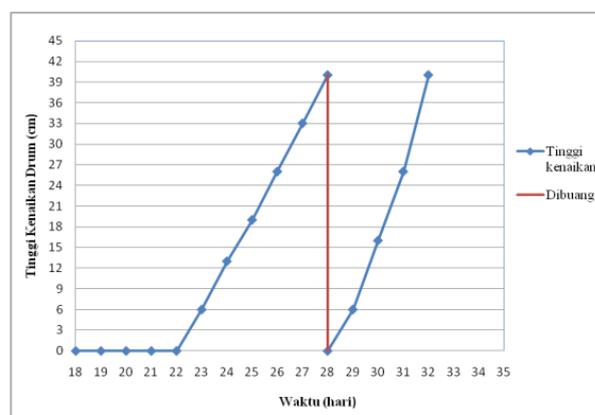
sapi yang dicampur dengan dengan sekitar 3 ember air melalui saluran pemasukan (satu buah digester).

Campuran bahan dan air diaduk terlebih dahulu secara merata agar pemasukan bahan ke digester dapat berlangsung baik, kemudian menyaring campuran tersebut untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang terikut dan masih ada ataupun kotoran kasar seperti jerami. Pada lubang saluran pemasukan dan pengeluaran ditutup untuk mengkondisikan digester anaerob.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Produksi gas hasil fermentasi anaerob oleh biodigester mulai pada hari ke-21. Gas yang dihasilkan dengan sendirinya mengalir ke tangki penampung gas. Massa tangki pengumpul dapat terangkat dengan semakin bertambahnya produk biogas dengan memanfaatkan gaya dorong air yang ada pada tangki penyekat. Secara konstruksi alat ini termasuk dalam jenis floating drum, karena produksi gas yang dihasilkan dari tangki pencerna memiliki tekanan yang cukup untuk mengapungkan tangki pengumpul.

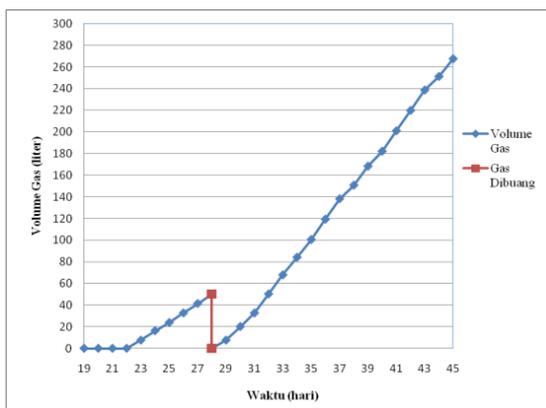
Tinggi kenaikan drum dengan menggunakan sistem floating atau terapung dengan memanfaatkan sebuah drum 100 liter yang dapat naik ketinggiannya jika terisi oleh gas. Hal ini bisa digunakan untuk mengetahui volume gas yang terbentuk di dalam drum floating. Gambar 6 menunjukkan grafik hubungan antara waktu (hari) vs tinggi kenaikan drum (cm).



Gambar 6. Grafik hubungan waktu dengan tinggi kenaikan drum

Volume Biogas Perubahan volume pada alat penghasil biogas ini dimulai pada hari ke-23. Penampung gas telah mengalami kenaikan. Volume gas yang dihasilkan oleh dua buah biodigester adalah ± 16 liter/hari yang dapat diketahui dari tinggi kenaikan drum pengumpul gas. Jadi terhitung dari hari ke-29 sampai hari ke-45 (17 hari), total volume biogas adalah sekitar 267 liter. Gambar 10 grafik hubungan antara waktu (hari) vs volume biogas (liter).

Gambar 7 menunjukkan bahwa, pada hari ke-1 sampai ke-22 belum terjadi kenaikan volume gas yang ditandai dengan tidak naiknya ketinggian drum pengumpul gas. Pada hari ke-23 ketinggian drum mulai naik sebesar 6 cm. sampai hari ke-28 volume gas menjadi 50,24 liter. Gas yang telah terkumpul dibuang terlebih dahulu karena masih mengandung udara untuk menghindari ledakan gas jika bereaksi dengan oksigen. Pada hari ke-29 sampai hari ke-32 volume gas naik kembali menjadi 50,24 liter. Biogas sudah dapat digunakan untuk menyalakan kompor gas sebesar 50,24 liter mampu untuk menyalakan kompor untuk memasak selama kurang lebih 7 menit dengan api sedang.

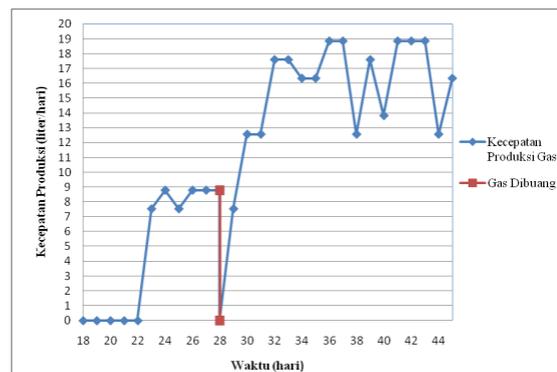


Gambar 7. Grafik hubungan volume gas dan waktu

Biogas akan terus dihasilkan oleh biodigester dengan rata-rata jumlah volume per hari sekitar ± 16 -liter terhitung dari hari ke-29 sampai hari ke-45. Kebutuhan biogas untuk 1 keluarga (4 orang) sebesar 646 liter/hari dengan lama penggunaan biogas rata-rata 1,5 jam. Untuk kebutuhan tersebut, maka tiap keluarga yang memiliki 1 ekor sapi dapat memanfaatkan biogas sebagai bahan bakar rumah

tangga. Tiap sapi mampu menghasilkan kotoran 20 kg per hari yang dapat menghasilkan biogas sebanyak 1 - 1,2 m³ dan dapat memenuhi kebutuhan memasak selama 2,32 – 2,78 jam.

Kecepatan produksi biogas dibutuhkan untuk mengetahui banyaknya biogas yang dihasilkan oleh dua buah digester per hari. Selain itu, kecepatan ini juga digunakan untuk mengetahui lama waktu biogas diproduksi. Dari data yang diambil dalam selang waktu satu bulan, kecepatan pembentukan biogas dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik hubungan kecepatan produksi dan waktu

Gambar 8 menunjukkan bahwa, pada hari ke-1 sampai ke-22 tidak ada aktivitas produksi biogas. Hal ini disebabkan oleh adanya proses pemasakan dan pengembangan bakteri di dalam digester. Kran digester dalam kondisi tertutup untuk menjaga agar tidak ada udara yang masuk. Pada hari ke-23, gas mulai terbentuk dengan kecepatan 7,5 liter/hari. Hingga hari ke-28 rata-rata kecepatan adalah $\pm 8,37$ liter/hari. Pada hari ke-28 gas dibuang terlebih dahulu karena kemungkinan masih ada udara yang bercampur dengan metana. Setelah itu, aktivitas produksi gas mulai berjalan hingga hari ke-45 dengan kecepatan berkisar ± 16 liter/hari.

Berdasarkan hasil kegiatan pengabdian ini, terdapat beberapa dampak yang dihasilkan yaitu diantaranya dalam bidang ekonomi, penggunaan biogas sebagai sumber energi alternatif mulai menggantikan LPG, yang harganya terus meningkat. Meski produksi biogas belum mencukupi seluruh kebutuhan energi rumah tangga, pengurangan

konsumsi LPG dapat membantu menghemat pengeluaran masyarakat. Masyarakat memperoleh keterampilan baru dalam pengelolaan energi terbarukan, yang dapat membuka peluang usaha di bidang teknologi biogas atau pemanfaatan pupuk organik dari limbah biogas.

Dampak lainnya dalam bidang lingkungan berupa pemanfaatan limbah kotoran sapi sebagai sumber energi mengurangi pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh penumpukan limbah ternak. Program ini juga mendorong pemanfaatan energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan, mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, dan menurunkan emisi karbon. Selain itu terdapat dampak sosial dan pemberdayaan masyarakat berupa partisipasi aktif masyarakat dalam seluruh proses program meningkatkan rasa memiliki dan tanggung jawab dalam menjaga keberlanjutan proyek.

Adapun rekomendasi program lanjutan dari pengabdian ini yaitu program pelatihan lanjutan yang difokuskan pada aspek perawatan dan pengoptimalan biodigester. Sehingga dalam hal ini masyarakat dapat dilatih untuk mengecek dan menyesuaikan kondisi biodigester secara berkala guna memastikan efisiensi dan umur panjang alat tersebut. Pelatihan juga dapat mencakup pengolahan limbah biogas menjadi pupuk berkualitas, sehingga meningkatkan manfaat ekonomi dari program ini

Ucapan Terima Kasih

Peneliti ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada LP2M UIN Raden Intan Lampung dan Litapdimas Kemenag atas dukungan dan pendanaan yang diberikan kepada peneliti atas pengabdian "Pemberdayaan Masyarakat dalam Pemanfaatan Potensi Energi Terbarukan (Teknologi Biogas Kotoran Sapi) di Desa Kutoarjo, Kecamatan Gedong Tataan, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung." Tanpa dukungan dan kepercayaan yang diberikan, pengabdian ini tidak akan terrealisasi. Dana yang disediakan telah memungkinkan peneliti untuk menjalankan pengabdian ini, yang diharapkan akan memberikan manfaat nyata bagi masyarakat Desa Kutoarjo dan sekitarnya. Semoga kerjasama ini menjadi tonggak penting dalam upaya memajukan

pengembangan sumber energi terbarukan di Indonesia.

PENUTUP

Kesimpulan

Dari Pemberdayaan Masyarakat dalam Pemanfaatan Potensi Energi Terbarukan (Teknologi Biogas Kotoran Sapi) di Desa Kutoarjo Kecamatan Gedong Tataan Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung didapatkan bahwa Biogas dari campuran limbah kotoran sapi dan air serta zat aktivator sudah berjalan dengan baik, dengan perolehan 200-liter air yang bersumber dari 2 ekor sampai dengan 3 ekor sapi menghasilkan gas dengan durasi 5 - 12 menit. Hasil ini menunjukkan bahwa perolehan gas masih sangat kecil. Berdasarkan ini diketahui bahwa bahwa 2 - 3 ekor sapi dewasa menghasilkan kotoran lebih kurang 200 liter, berdasarkan literatur, semestinya biogas yang di hasilkan dengan durasi 15 sampai dengan 30 menit. Pembuatan biodigester dapat dilakukan dengan cara yang sederhana dengan memanfaatkan alat yang mudah didapat dan biaya yang relatif murah dengan menggunakan drum pengumpul bertipe floating drum. Biogas yang dihasilkan sebesar 16 liter/hari, dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif pengganti LPG. Namun belum mencukupi kebutuhan memasak untuk satu kepala keluarga, kebutuhan biogas rata-rata 646 liter/hari dengan lama penggunaan biogas selama 1,5 jam.

Saran

Bedasarkan perencanaan, pelaksanaan serta observasi yang telah dilakukan pada tahap refleksi yakni memberikan pemahaman masyarakat setempat cara menggunakan biogas sebagai bahan bakar, serta melakukan perbaikan atau perubahan program jika diperlukan untuk memperoleh hasil yang lebih optimal pada tahap selanjutnya. Kapasitas biodigester perlu diperbesar karena produk biogasnya belum mencukupi kebutuhan untuk memasak. Perlu dilakukan pengecekan terhadap suhu (20 - 30 °C), pH (6,6 - 7) dan pengadukan terhadap bahan baku dalam biodigester supaya kadar metana dalam biogas mencapai 50 - 70 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Adellea, A. J. (2022). Implementation of New Energy and Renewable Energy Policy in the Context of National Energy Security. *Indonesian State Law Review (ISLRev)*, 4(2), 43–51.
<https://doi.org/10.15294/islrev.v4i2.61093>
- Akhirul, Witra, Y., Umar, I., & Erianjoni. (2020). Dampak Negatif Pertumbuhan Penduduk Terhadap Lingkungan Dan Upaya Mengatasinya. *Jurnal Kependudukan Dan Pembangunan LignKeyungan*, 1(3), 76–84.
- Annisa Zahra Lubis, Asraaf Efendi Batubara, Ashabul Jannah Siregar, Auliya Ahmad Suhardi, Dini Andriani Nasution, Intan Sari Tanjung, Muhammad Rivaldi Pane, & yusrizal, S. E. . M. . (2022). Meningkatkan Pertumbuhan Penduduk Berdampak Pada Terjadinya Alih Fungsi Laham Hutan Di Sumatera Utara. *Jurnal Ilmu Komputer, Ekonomi Dan Manajemen (JIKEM)*, 2(No. 1), 2134–2143.
- Arifandy. (2021). Potensi Limbah Padat Kelapa Sawit Sebagai Sumber Energi Terbarukan Dalam Implementasi Indonesian Sustainability Palm Oil PKS Sungai Galuh. *Jurnal Sains, Teknologi Dan Industri*, 19(1), 116–122. <https://ejournal.uin-suska.ac.id/index.php/sitekin/article/view/14915/7050>.
- Nasution, M. (2020). Smart-Design Instalasi Digester Biogas Skala Komunal Pesantren High Temperature. *Agregat*, 5(2), 475–480.
<https://doi.org/10.30651/ag.v5i2.6599>.
- Ningrum, S. (2018). Analisis Strategi Pengembangan Biogas Sebagai Energi Alternatif Rumah Tangga Dengan Memanfaatkan Limbah Ternak Kotoran Sapi Strategy Analysis Of Biogas Development As Domestic Alternative Energy By Utilizing Cow Manure. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 17(3), 45–57.
- Ningsih, P. S. (2020). Pengukuran Tegangan, Arus, Daya pada Prototype PLTS Berbasis Mikrokontroller Arduin Uno. *SainETIn*, 5(1), 8–16. <https://doi.org/10.31849/sainetin.v5i1.4370>.
- Nur, M. S. N., Amri, A., & Borahima, S. (2022). Pembuatan Anaerobic Biodigester Dari Limbah Enceng Gondok Dan Kotoran Sapi Sebagai Energi Alternatif Skala Rumah Tangga. *Jurnal Teknik Mesin FT-UMI*, 4(1), 49–60.
- Pereiz, Z., Nafisah, Z., Rahman, S., & Ratna, M. (2023). Mengurangi Emisi Gas Metana Dengan Mengolah Limbah Cair Tempe Menjadi Biogas. *Jurnal Pengabdian Cendekia*, 2(6), 119–126.
- Priyono, K. D., Harismah, K., & Qomarun, Q. (2020). Diseminasi Teknologi Energi Terbarukan Berbasis Sampah Sayuran untuk Mendukung Desa Wisata Alam Desa Selo Boyolali. *Warta LPM*, 23(2), 151–164.
<https://doi.org/10.23917/warta.v23i2.9727>.
- Seng, A., Harbelubun, M. M., & ... (2022). Unjuk Kerja Alat Penghemat BBM Pada Sepeda Motor Jupiter Z2010. *Seminar Nasional Inovasi Teknologi*, 19–24.
<https://proceeding.unpkediri.ac.id/index.php/inotek/article/view/2445%0Ahttps://proceeding.unpkediri.ac.id/index.php/inotek/article/download/2445/1517>.
- Syahrir, M., Mesin, D. T., Teknik, F., Indonesia, U. M., & Belakang, L. (2021). Analisis kinterja mesin dengan menggunakan bahan bakar premium dan gas LPG. *J-Move: Jurnal Teknik Mesi FT-UMI*, 3(2).
- Witjahjo, H. (2023). Rancang bangun mekanisme speed hump berbasis generator. *Jurnal Infotex*, 2(1), 286–295.
- Zumaro, A. R., & Arbi, Y. (2017). Perancangan Reaktor Biogas Di Uptd Pasar Ternak Palangki. *Jurnal Sains Dan Teknologi: Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Teknologi Industri*, 17(1), 43.
<https://doi.org/10.36275/stsp.v17i1.61>