Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering
Universitas Aisyah Pringsewu

Journal Homepage
http://jti.aisyahuniversity.ac.id/index.php/AJIEE

PEMANFAATAN IOT DALAM SISTEM BIOGAS UNTUK MEWUJUDKAN KEMANDIRIAN ENERGI LISTRIK DI PETERNAKAN

Daffa Hibban Sya'bana[1], Lela Nurpulaela[2]

[1,2] Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Singaperbangsa Karawang
2110631160038@student.unsika.ac.id, nurpulaea11@gmail.com

ABSTRACT

This research aims to support energy sustainability and reduce dependence on fossil fuels by utilizing biogas as renewable energy in livestock farming. The EcoVolt Innovators team offers an innovative solution by implementing Internet of Things (IoT) technology in a biogas system that uses cow and buffalo dung. The focus of this research is to create a more efficient, automatic system that can produce electricity sustainably, which can be applied in small to medium-sized livestock farming. This system is equipped with IoT sensors that monitor fermentation conditions such as temperature, humidity, and pH in real-time to optimize biogas production. Data from the sensors is used to control the fermentation process and operate the electric generator automatically, thereby increasing the efficiency of the energy produced. With this approach, livestock farming can achieve electricity independence, reduce operational costs, and support environmental conservation. The results of this study show that the integration of IoT in a biogas system can increase production efficiency by up to 20%, as well as improve the stability and reliability of electricity supply in livestock farming.

Keywords: *IoT, Biogas, Energy Independence, Animal Husbandry, New Renewable Energy.*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mendukung keberlanjutan energi dan mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil dengan memanfaatkan biogas sebagai energi terbarukan di peternakan. EcoVolt Innovators menawarkan solusi inovatif dengan menerapkan teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam sistem biogas yang menggunakan kotoran sapi dan kerbau. Fokus penelitian ini adalah menciptakan sistem yang lebih efisien, otomatis, dan mampu menghasilkan energi listrik secara berkelanjutan, yang dapat diterapkan di peternakan kecil hingga menengah. Sistem ini dilengkapi dengan sensor IoT yang memantau kondisi fermentasi seperti suhu, kelembaban, dan pH secara real-time untuk mengoptimalkan produksi biogas. Data dari sensor digunakan untuk mengontrol proses fermentasi dan mengoperasikan generator listrik secara otomatis, sehingga meningkatkan efisiensi energi yang dihasilkan. Dengan pendekatan ini, peternakan dapat mencapai kemandirian energi listrik, mengurangi biaya operasional, dan mendukung pelestarian lingkungan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi IoT dalam sistem biogas dapat meningkatkan efisiensi produksi hingga 20%, serta meningkatkan stabilitas dan keandalan pasokan listrik di peternakan.

Kata Kunci: *IoT, Biogas, Kemandirian Energi, Peternakan, Energi Baru Terbarukan.*

I. PENDAHULUAN

Krisis iklim global yang terjadi saat ini memunculkan kebutuhan mendesak untuk mengurangi emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dengan mengurangi penggunaan energi fosil seperti batu bara, minyak, dan gas, yang menjadi ancaman bagi iklim dunia. Namun, Indonesia masih bergantung pada energi fosil untuk pembangkit listrik, sehingga peningkatan pemanasan global terus berlanjut akibat produksi CO2 yang dihasilkan [1], di mana CO2 merupakan penyumbang terbesar GRK, yaitu sekitar 73,2% dari penggunaan energi fosil [2]. Selain karbon dioksida sebagai penyumbang gas rumah kaca, gas metana juga menjadi penyumbang ketiga emisi GRK dan memiliki efek yang lebih kuat dalam pembentukan gas rumah kaca dibandingkan karbon dioksida (CO2).

Salah satu penyumbang gas metana adalah sektor peternakan, yang menghasilkan limbah organik yang mengalami dekomposisi dan melepaskan CH4 ke atmosfer [3]. Peternakan sapi merupakan kontributor utama CH4 dari sektor peternakan, dengan kontribusi sebesar 74,79%, yaitu sekitar 8,04 GgCO2-e per tahun untuk sapi potong dan 0,966 GgCO2-e per tahun untuk sapi perah, yang dihasilkan oleh sektor peternakan sapi di Indonesia [4]. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik tahun 2024, terdapat 17.602,5 ribu peternakan sapi di Indonesia, yang menunjukkan tingginya potensi limbah peternakan dan kemungkinan terus bertambahnya jumlah limbah seiring dengan program pemenuhan protein hewani dan susu gratis.

Limbah peternakan menjadi masalah dan tantangan bagi para peternak karena volume limbah yang besar berdampak negatif pada lingkungan, seperti mencemari perairan, menimbulkan bau tidak sedap, serta menjadi vektor penyakit bagi manusia. Pemanfaatan limbah peternakan saat ini masih sangat minim, selain untuk pembuatan kompos yang membutuhkan waktu lama dan area yang luas. Banyak peternak hanya membuang limbah peternakan tanpa ada upaya untuk memanfaatkannya kembali [5]. Diperlukan pemanfaatan yang efektif dan berkelanjutan dalam mengelola limbah peternakan sapi guna meningkatkan keberlanjutan sektor peternakan. Salah satu caranya adalah dengan menerapkan konsep produksi bersih melalui pengelolaan limbah peternakan secara efisien, yaitu memanfaatkan limbah kotoran sapi sebagai energi alternatif. Langkah ini dapat membantu mendukung pencapaian target *Net Zero Emission* pada tahun 2060 dengan penurunan GRK sebesar 31,89%.

Penelitian tentang pemanfaatan gas metana dari limbah peternakan sapi sebagai sumber energi alternatif memiliki tujuan utama yang sangat relevan dalam konteks perubahan iklim dan pertanian berkelanjutan. Salah satu tujuan utamanya adalah untuk mengurangi emisi gas metana dari sektor peternakan, yang merupakan kontributor signifikan terhadap emisi gas rumah kaca di Indonesia. Dengan mengubah limbah peternakan menjadi biogas, kita dapat mengurangi pelepasan metana dan karbon dioksida ke atmosfer. Oleh karena itu, penelitian ini dapat membantu dalam mencapai target pengurangan emisi gas rumah kaca yang telah ditetapkan oleh pemerintah Indonesia.

Selain mengurangi emisi metana, penelitian ini juga dapat berkontribusi pada pertanian berkelanjutan di masa depan. Dengan mengubah limbah pertanian menjadi biogas, kita dapat menciptakan siklus tertutup dimana sumber daya dari limbah pertanian dimanfaatkan kembali, mengurangi pencemaran lingkungan, dan mendukung praktik-praktik pertanian yang lebih ramah lingkungan. Penelitian ini memiliki dampak positif yang signifikan dalam upaya mencapai tujuan mitigasi perubahan iklim, mengurangi kemiskinan, dan mempromosikan pertanian berkelanjutan di Indonesia. Selain itu, penelitian ini menggunakan teknologi seperti sensor suhu dan sensor pH untuk mendeteksi gas metana serta kelembaban tanah atau limbah pertanian dalam reaktor biogas, dengan tujuan mengetahui kandungan gas metana yang dapat dimanfaatkan sebagai energi biogas. Sensor-sensor ini terintegrasi dengan *Internet of Things* (IoT), memungkinkan pembacaan sensor, pemantauan tanaman, dan pengelolaan jarak jauh, sehingga memudahkan petani dalam mengelola prosesnya. Implementasi IoT dengan Android semakin dipermudah dengan adanya Blynk, sebuah *platform* IoT yang dapat diterapkan pada aplikasi seluler, *cloud* pribadi, manajemen perangkat, analisis data, dan pembelajaran mesin [6]. Otomatisasi berbasis IoT juga telah diterapkan untuk mengendalikan kompor listrik menggunakan *smartphone* Android [7]

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biogas

Biogas merupakan sebuah energi terbarukan yang dihasilkan melalui fermentasi anaerob, di mana mikroorganisme menguraikan bahan organik seperti limbah pertanian, kotoran hewan, dan sisa makanan tanpa kehadiran oksigen. Proses ini menghasilkan campuran gas, terutama metana dan karbon dioksida, yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar untuk memasak, pemanas, hingga pembangkit listrik. Selain menyediakan sumber energi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan, biogas juga berkontribusi dalam mengurangi emisi gas rumah kaca serta mendukung pengelolaan limbah organik yang lebih efisien. Pemanfaatan biogas tidak hanya bermanfaat bagi lingkungan, tetapi juga mendorong pertumbuhan ekonomi lokal dengan menciptakan peluang kerja di sektor pengolahan limbah dan energi [8].

2.2 *Internet Of Things* (IoT)

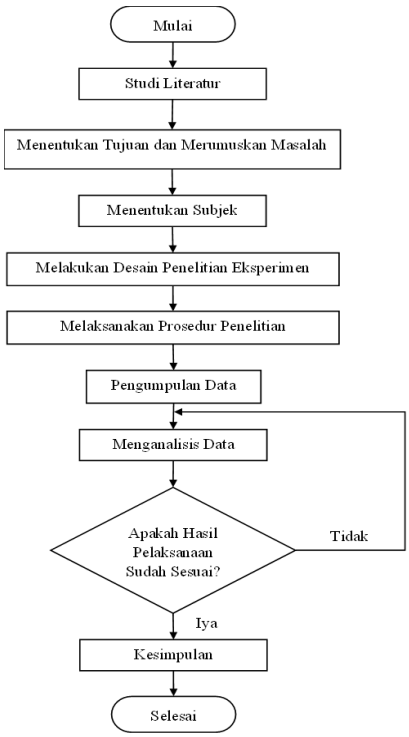
Internet of Things (IoT) merupakan sebuah konsep yang menggambarkan jaringan perangkat fisik yang terhubung ke internet, agar perangkat-perangkat tersebut dapat saling berkomunikasi dan bertukar data. Perangkat ini mencakup berbagai jenis, mulai dari alat rumah tangga seperti lampu pintar dan *thermostat* hingga perangkat industri seperti sensor dan mesin. IoT juga memberikan kemampuan bagi pengguna untuk bisa mengontrol dan memantau perangkat secara langsung, sehingga meningkatkan efisiensi dan menekan biaya operasional. Selain itu, IoT juga mampu mengumpulkan dan menganalisis data untuk memberikan wawasan yang berguna dalam pengambilan keputusan. Teknologi IoT telah diadopsi di berbagai sektor seperti kesehatan, transportasi, pertanian, dan kota pintar, membawa perubahan signifikan pada cara kita bekerja dan menjalani kehidupan sehari-hari [9].

2.3 Energi Baru Terbarukan

Energi baru terbarukan mengacu pada sumber energi yang dapat diperbarui dan tidak akan habis, yang berfungsi sebagai alternatif bagi sumber energi fosil yang terbatas. Contoh energi ini meliputi energi surya, angin, air, biomassa, dan panas bumi. Energi terbarukan menawarkan berbagai manfaat, seperti mengurangi emisi gas rumah kaca, menjaga keberlanjutan sumber daya alam, dan meningkatkan kemandirian energi. Seiring kemajuan teknologi, efisiensi dan ketersediaan energi terbarukan terus meningkat, memudahkan masyarakat untuk beralih dari penggunaan bahan bakar fosil. Peralihan ini tidak hanya membantu melindungi lingkungan, tetapi juga mendorong pertumbuhan ekonomi dan menciptakan lapangan kerja di sektor energi bersih [10].

III. METODOLOGI

3.1 Pengumpulan Data



Gambar 1. *Flowchart* Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, data dan informasi dikumpulkan melalui kajian literatur yang meliputi jurnal ilmiah dan sumber informasi daring terkait dengan topik biogas dan teknologi *Internet of Things* (IoT). Fokus utama dari kajian ini adalah pada literatur yang membahas produksi biogas dari limbah organik, khususnya kotoran ternak, serta teknik-teknik untuk mengoptimalkan proses tersebut dengan teknologi IoT. Pendekatan ini memastikan bahwa data yang diperoleh mendalam dan berfokus pada inovasi dalam penerapan IoT untuk meningkatkan efisiensi sistem biogas, serta mendukung upaya mencapai kemandirian energi listrik di peternakan.

3.2 Alat dan Bahan

1. Reaktor Biogas: Tempat utama untuk memproses limbah organik dari peternakan, seperti kotoran sapi dan kerbau. Reaktor ini dilengkapi dengan sensor suhu dan pH yang terhubung dengan sistem IoT untuk pemantauan dan pengendalian secara real-time.
2. Pipa Masukan Limbah Organik: Pipa yang mengalirkan limbah organik dari peternakan ke dalam reaktor biogas.
3. Sensor IoT di Reaktor: Sensor suhu dan pH yang dipasang dalam reaktor untuk mengumpulkan data tentang kondisi fermentasi. Data ini dikirim ke sistem IoT untuk analisis dan pengoptimalan proses produksi biogas.
4. Biosistem Anaerobik: Sistem di dalam reaktor tempat berlangsungnya proses fermentasi anaerobik, yang memungkinkan bakteri mengurai kotoran ternak dan memproduksi biogas.
5. Pengaduk Biogas: Perangkat yang digunakan untuk mengaduk campuran limbah organik dalam reaktor, memastikan campuran yang merata dan mendukung proses fermentasi yang optimal.
6. Sistem Pendataan Jenis Biogas: Sistem berbasis kecerdasan buatan (AI) yang digunakan untuk menganalisis dan mencatat jenis serta kualitas biogas yang dihasilkan.
7. Sensor IoT Lingkungan: Sensor yang dipasang di sekitar reaktor dan area peternakan untuk mengukur kondisi lingkungan seperti kelembaban dan suhu. Data ini digunakan untuk menyesuaikan kondisi fermentasi.
8. Sistem Pemantauan IoT: Komponen utama yang menghubungkan semua sensor ke sistem terpusat, memungkinkan pemantauan dan pengendalian proses produksi biogas secara menyeluruh. Data diakses dan dianalisis melalui internet.
9. Koneksi Internet: Fasilitas untuk mentransmisikan data dari sistem pemantauan IoT dan menerima instruksi dari kontroler secara jarak jauh.
10. Kontroler IoT: Perangkat yang mengelola berbagai aspek operasional reaktor biogas, termasuk pengaturan suhu dan pH, serta mengoptimalkan produksi biogas berdasarkan data yang dikumpulkan.
11. Aplikasi Smart Biogas: Aplikasi yang digunakan untuk memantau, mengontrol, dan mengelola sistem biogas secara keseluruhan melalui perangkat pintar, memungkinkan pengguna untuk mengakses data dan mengatur sistem dari jarak jauh.

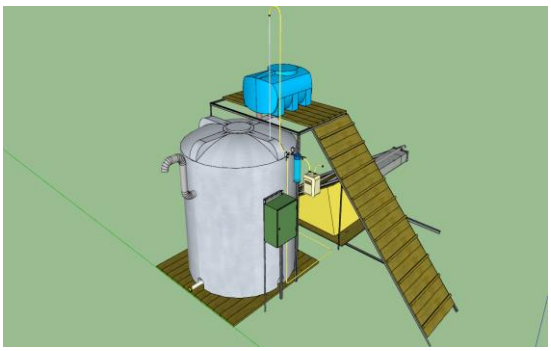
3.3 Cara Pengolahan Data dan Analisis

1. Pengolahan Data
   a. Pesiapan
      1) Mempersiapkan kelengkapan alat dan bahan penelitian.
      2) Mengatur jadwal penelitian.
      3) Mengatur tempat penelitian.
   b. Pelaksanaan
      1) Mempersiapkan mesin Smart Biogas
      2) Melakukan uji coba pada mesin EcoVolt Innovators yang terintegrasi dengan aplikasi Smart Biogas.

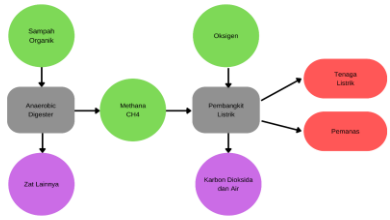
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil rancangan sistem biogas ini menggunakan tipe plug flow reactor dengan screw conveyor yang terpasang di dalam reaktor berbentuk pipa. *Screw conveyor* ini berfungsi sebagai pengaduk *slurry* untuk memastikan homogenitasnya, sementara reaktor pipa digunakan untuk memperluas luas permukaan, yang pada gilirannya mempercepat reaksi fermentasi. Selain itu, peneliti melengkapi sistem dengan *water jacket* dan *heater* untuk menjaga suhu reaktor tetap optimal. Penampung *slurry* dirancang untuk menampung *slurry* yang telah mengalami proses reaksi selama dua hari, dan juga berfungsi sebagai ruang tambahan untuk produksi biogas karena proses fermentasi masih bisa berlangsung. Sistem ini juga dilengkapi dengan *automatic gate valve* yang mengatur masuknya *slurry* secara otomatis berdasarkan kapasitas reaktor. Saat reaktor penuh, *valve*

akan menutup dan akan terbuka kembali jika volume *slurry* berkurang. Desain lengkap sistem ini dapat dilihat pada gambar berikut

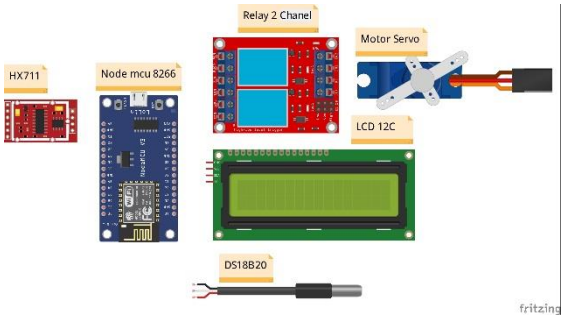


Gambar 2. Tampilan Desain



Gambar 3. Blok Diagram Sistem Biogas

Sistem monitoring suhu kandang dan pemberian pakan otomatis yang telah dirancang dapat dilihat pada Gambar tersebut yang menghubungkan sensor-sensor dengan mikrokontroler NodeMcu, serta bagaimana relay, lampu pijar, servo, dan LCD 16x2 bekerja secara bersama-sama untuk mendukung pengelolaan kandang yang optimal.



Gambar 4. Rangkaian Alat

Integrasi rangkaian ini dengan sistem biogas yang kami kembangkan memastikan efisiensi yang lebih tinggi dalam produksi biogas serta ketersediaan energi listrik yang stabil dan berkelanjutan di peternakan. Peneliti menggunakan mikrokontroler sebagai inti untuk proses input dan output alat. Dengan memantau kondisi lingkungan kandang dan kualitas pakan, sistem ini secara langsung mendukung peningkatan kualitas kotoran yang digunakan dalam reaktor biogas, sehingga meningkatkan efisiensi produksi biogas dan memastikan ketersediaan energi listrik yang berkelanjutan di peternakan.

Dalam penelitian ini, tim EcoVolt Innovators berhasil meningkatkan efisiensi produksi biogas sebesar 20% melalui penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT), yang memungkinkan pemantauan dan pengendalian proses fermentasi secara lebih efektif. Inovasi ini melibatkan penggunaan sensor IoT yang memantau suhu, pH, dan kelembaban di dalam reaktor biogas secara *real-time*, memastikan kondisi optimal untuk fermentasi dan mengurangi risiko gangguan yang dapat menurunkan produksi biogas. Sebelum penerapan IoT, sistem biogas menghasilkan sekitar 1.000 m^3 biogas per bulan, namun setelah optimalisasi, produksi meningkat menjadi 1.200 m^3 per bulan, dengan kata lain, terdapat peningkatan produksi biogas sebesar 200 m^3 yang setara 20%. Peningkatan ini tidak hanya meningkatkan jumlah biogas yang dihasilkan, tetapi juga meningkatkan stabilitas dan keandalan pasokan listrik di peternakan, mendukung kemandirian energi. Penerapan teknologi IoT menunjukkan dampak positif yang signifikan dalam mengoptimalkan sistem biogas, membuktikan peran penting teknologi modern dalam meningkatkan efektivitas energi terbarukan di sektor peternakan. Berikut tabel hasil percobaan penelitian.

Tabel 1. Nilai Kesetaraan Biogas dan Energi yang di Hasilkan

Aplikasi	1 m^2 Biogas Setara Dengan
1 m3	Elpiji 0,47 kg
	Minyak tanah 0,6 Liter
	Minyak Solar 0,51 Liter
	Kayu Bakar 3,59 kg

Tabel 2. Konversi Energi Gas Metana menjadi Energi Listrik

Jenis Energi	Setara Energi	Referensi
1 Kg gas metan	6,12 x 10^7 J	*Renewable energy Conversion, Transmission and Storage,*
1 kWh	3,7 x 10^7 J	
1 m^3 gas metan massa jenis	4, 0212 x 10^7 J	

Gas metan adalah 0,656 kg/m³ 1 m³ gas metan	11, 21 kWh	Bent Sorensen

Tabel 3. Konversi Biogas dan Penggunaanya

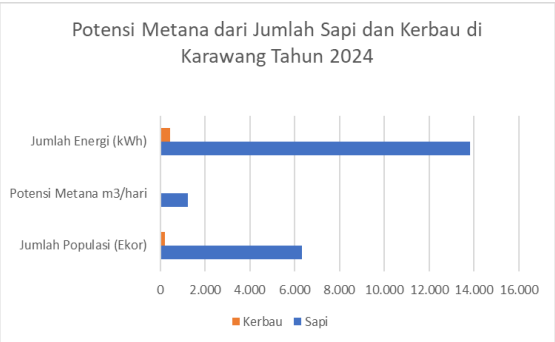
Penggunaan	Energy 1m³ Biogas
Penerangan	Lampu 59-102 Watt selama 6 jam
Memasak	Memasak 3 Jenis makanan untuk 4-6 orang
Tenaga Listrik	Menjalankan Motor 1 HP selama 1,5 jam
Listrik	4,8 kWh energi listrik

Tabel 4. Kandungan Bahan Kering dan Volume Gas yang dihasilkan Tiap Jenis Kotoran

Jenis	Banyak Tinja (Kg/hari)	Kandungan Bahan Kering-BK (%)	Biogas yang dihasilkan (m3/kg.BK)
Sapi/Kerbau	25-30	20	0,021-0,039

Tabel 5. Potensi Metana Peternakan Sapi dan Kerbau di Kabupaten Karawang

Jenis Hewan	Jumlah Populasi	Banyak Tinja (kg/hari)	Kandungan Bahan Kering	Potensi Metana m3/hari	Jumlah Energi (kWh)
Kerbau	6.320	158000	31600	1232,4	13815,2
Sapi	199	4975	995	38,805	435,0041



Gambar 5. Potensi Metana di Karawang

V. PENUTUP

Dalam penelitian ini, penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam sistem biogas berbasis kotoran sapi dan kerbau terbukti secara signifikan meningkatkan efisiensi produksi biogas. Teknologi IoT memungkinkan pemantauan *real-time* terhadap parameter kritis seperti suhu, pH, dan kelembaban dalam reaktor biogas, yang berkontribusi pada pengendalian otomatis dan pengaturan kondisi optimal. Hasilnya, sistem biogas yang terintegrasi dengan IoT mampu meningkatkan efisiensi produksi biogas sebesar 20% dibandingkan dengan sistem konvensional.

Proses fermentasi biogas menjadi lebih stabil dan terkontrol dengan baik berkat data yang dikumpulkan oleh sensor dan pengendalian otomatis, yang mengurangi variabilitas dan meningkatkan hasil produksi biogas. Peningkatan efisiensi ini berdampak positif pada keandalan dan stabilitas pasokan energi listrik, memberikan sumber energi yang lebih konsisten dan mendukung kemandirian energi di peternakan. Selain itu, teknologi ini membantu mengurangi biaya operasional dengan mengurangi ketergantungan pada sumber energi eksternal, serta mendukung pelestarian lingkungan melalui pemanfaatan energi terbarukan.

Penelitian ini menunjukkan bahwa teknologi IoT tidak hanya meningkatkan kinerja sistem biogas, tetapi juga menawarkan solusi inovatif yang dapat diadaptasi di berbagai skala peternakan. Dengan demikian, solusi ini membuka peluang untuk penelitian dan pengembangan lebih lanjut dalam bidang energi terbarukan, menegaskan potensi besar IoT dalam meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan sistem biogas.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Greenpeace Indonesia, “IPCC Ungkap Krisis Iklim Makin Nyata, Aksi Iklim Ambisius Dibutuhkan Sekarang.”

[2] Tanahair.net, “Our World in Data: sektor energi penyumbang terbesar emisi GRK global, ancam krisis iklim,” Tanahair.net.

[3] N. Is, “Emisi Gas Rumah Kaca dari Peternakan di Pulau Jawa yang Dihitung dengan Metode Tier-1 IPCC (Greenhouse Gas Emissions from

Livestock in Java Island Calculated by IPCC Tier-1 Method)", doi: 10.14334/Pros.Semnas.TPV-2017-p.292-300.
[4] E. Aldrian, S. Puspowardoyo, and B. Haryanto, "Emisi Gas Rumah Kaca Dari Peternakan di Indonesia Dengan Tier 2 IPCC."
[5] B. Sudiarto, "Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner," 2008.
[6] M. N. Gani, H. Ludiyati, R. Hanifatunnisa, E. Mozef, and R. N. Ananti, "Sistem Pemantauan Kelembaban Tanah Jarak Jauh Berbasis LoRa Menggunakan Sensor pH dan Kelembaban," vol. 22, no. 02, pp. 153–161, 2023, [Online]. Available: http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
[7] H. Pangaribuan, "Rancang Bangun Kompor Listrik Digital IoT".
[8] A. Abdurrakhman and A. Wahyumulyaning Tiyas, "Rancang Bangun Sistem Pengendalian Biogas Bertekanan pada Biogas Storage Tank System Hasil Purifikasi dengan Metode Water Scrubber System," *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, vol. 2, no. 2, May 2017, doi: 10.31884/jtt.v2i2.13.
[9] A. Kurniawan, "Sejarah, Cara Kerja dan, Manfaat Internet Of Thigs."
[10] N. C. Fitri and H. Hamdi, "Systematic Literatur Review (SLR): Sumber Energi Terbarukan : Potensi Kotoran Ternak dan Limbah Pertanian Untuk Produksi Biogas Berkelanjutan," *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 5, no. 1, pp. 57–69, Mar. 2024, doi: 10.14710/jebt.2024.21961.

Hak Cipta
Semua naskah yang tidak diterbitkan, dapat dikirimkan di tempat lain. Penulis bertanggung jawab atas ijin publikasi atau pengakuan gambar, tabel dan bilangan dalam naskah yang dikirimkannya. Naskah bukanlah naskah jiplakan dan tidak melanggar hak-hak lain dari pihak ketiga. Penulis setuju bahwa keputusan untuk menerbitkan atau tidak menerbitkan naskah dalam jurnal yang dikirimkan penulis, adalah sepenuhnya hak Pengelola. Sebelum penerimaan terakhir naskah, penulis diharuskan menegaskan secara tertulis, bahwa tulisan yang dikirimkan merupakan hak cipta penulis dan menugaskan hak cipta ini pada pengelola.