



Pembangkit Listrik Tenaga Biogas berbasis Kotoran Kelinci

Muhammad 'Izzuddin Al-Qassam ¹, As'ad Shidqy Aziz ², Ayusta Lukita Wardani ³,
Fithrotul Irda Amaliah ⁴, Daeng Rahmatullah⁵

^{1,2,3,4,5} Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

Article Info

Article history:

Diterima 11 Juni 2026

Direvisi 18 Juni 2026

Diterbitkan 19 Juni 2026

Keywords:

Energi Terbarukan

Biogas

Kotoran Kelinci

Biodigester

Modifikasi Generator

ABSTRAK

Keterbatasan pasokan listrik di pedesaan berdampak pada minimnya penerangan malam hari untuk peternakan, sementara penggunaan generator set konvensional berbasis minyak terkendala biaya operasional yang tinggi. Penelitian ini mengusulkan solusi berupa Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg) domestik yang memanfaatkan limbah kotoran kelinci melalui fermentasi anaerobik. Pendekatan yang diterapkan mengintegrasikan biodigester berkapasitas 500 liter, sistem purifikasi kimia tiga tahap (KOH, karbon aktif, dan zeolit alam), serta modifikasi kit konversi gas pada generator set 1000 Watt. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengisian slurry harian sebesar 7,44 liter menghasilkan akumulasi total 275,28 liter dengan zona akumulasi biogas alami sebesar 224,75 liter. Tekanan parsial dari ruang tersebut mampu mengalirkan biogas melewati sistem filter langsung menuju generator set tanpa kompresi mekanis eksternal. Pengujian performa membuktikan sistem ini secara konsisten mampu mengoperasikan generator set selama 12 jam per hari hingga siklus retensi hari ke-31, dengan rata-rata tegangan 220 V dan arus 0,184 A. Penurunan performa terjadi setelah hari ke-31 karena sistem telah mencapai batas waktu retensi hidrolik optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah kotoran kelinci memiliki potensi besar sebagai sumber energi terbarukan yang andal, di mana integrasi sistem biodigester dan purifikasi ini berhasil menjamin kestabilan pasokan listrik harian yang murah serta ramah lingkungan bagi sektor peternakan domestik.

This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license.



Corresponding Author:

Muhammad 'Izzuddin Al-Qassam,

Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

Email: muhammadizzuddin.21005@unesa.ac.id

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan populasi global dan kemajuan teknologi yang pesat memicu lonjakan kebutuhan energi dunia, sementara cadangan sumber daya fosil konvensional terus menipis. Di Indonesia, ketergantungan pada energi fosil masih sangat tinggi, padahal pasokan listrik nasional belum sepenuhnya merata dan andal untuk memenuhi kebutuhan seluruh lapisan masyarakat [1]. Kesenjangan pasokan ini sangat dirasakan di sektor agraris dan peternakan wilayah pedesaan, di mana lokasi operasional seringkali berada jauh dari pemukiman warga dan jaringan listrik utama (PLN). Sebagai dampaknya, para pelaku budidaya kerap mengalami kendala penerangan pada malam hari yang krusial bagi produktivitas dan aspek keamanan. Upaya pemenuhan listrik mandiri menggunakan generator set berbahan bakar minyak komersial juga membebani pelaku budidaya karena biaya operasional yang tinggi serta kontribusinya terhadap emisi gas rumah kaca. Oleh karena itu, diversifikasi energi melalui pemanfaatan sumber energi baru terbarukan (EBT) berbasis potensi lokal menjadi cukup relevan untuk mewujudkan kemandirian energi dan keberlanjutan lingkungan [2].

Salah satu solusi EBT yang potensial dikembangkan adalah biogas berbasis limbah peternakan melalui proses fermentasi anaerobik [3]. Biogas adalah campuran gas yang dihasilkan dari proses fermentasi bahan organik oleh mikroorganisme dalam kondisi anaerob (tanpa oksigen). Komposisi biogas umumnya terdiri dari 50-70% metana (CH₄), 25-50% karbon dioksida (CO₂), 0-5% nitrogen (N₂), dan 0-2 hidrogen sulfida (H₂S). Metana merupakan komponen utama yang memberikan nilai energi pada biogas dengan nilai kalor sekitar 20-25 MJ/m³[4]. Penelitian yang telah dilakukan oleh Purnomo [5] menunjukkan bahwa reaktor biogas dengan daya tampung 1271 dm³ mampu menghasilkan energi listrik sekitar 3,6 kWh[5]. Sementara itu

eksperimen oleh Paniran et al., menunjukkan konversi biogas menjadi listrik sebesar $2,4 \text{ m}^3/\text{kWh}$ [6]. Selama ini, perhatian riset dan implementasi teknologi biogas skala rumah tangga mayoritas bertumpu pada kotoran sapi atau babi. Padahal, limbah kotoran kelinci memiliki karakteristik biokimia yang sangat unggul untuk *biomethanisasi*. Berdasarkan studi literatur oleh Bertholt et al. kotoran kelinci mengandung materi organik tertinggi mencapai 80% dengan rasio karbon terhadap nitrogen (C/N) optimal sebesar 28,57. Parameter tersebut melampaui karakteristik kotoran babi (materi organik 50%, rasio C/N 14) dan kotoran ayam (materi organik 65%, rasio C/N 11), sehingga kotoran kelinci mampu menghasilkan biogas dengan kadar metana (CH_4) lebih tinggi yakni mencapai 58,61%[7]. Selain itu, Miroshnichenko & Nikulina mengonfirmasi nilai *Specific Biogas Yield (SBY)* dan *Specific Methane Yield (SMY)* yang cukup tinggi (390 dan 222 ml/g *oDM-organic Dry Matter*)[8]. Ketersediaan limbah kotoran kelinci segar yang melimpah dan kontinu sepanjang tahun di lokasi budidaya kelinci di Desa Prigen, sebenarnya menyimpan potensi besar namun hingga kini belum dimanfaatkan secara optimal dan cenderung dibuang hingga memicu pencemaran lingkungan serta bau menyengat.

Meskipun potensi teoritis kotoran kelinci sangat menjanjikan, aplikasi praktisnya sebagai pembangkit energi listrik berskala kecil masih menghadapi berbagai hambatan teknis yang signifikan. Penelitian sebelumnya menguji pemanfaatan kotoran kelinci pada *biodigester* tipe floating dome berkapasitas 200 liter, mampu mengoperasikan generator DC dengan keluaran daya rata-rata 31,66 Watt selama 80 detik[9]. Keterbatasan ini umumnya dipicu oleh rendahnya kualitas kemurnian biogas yang dihasilkan karena masih bercampur dengan gas pengotor seperti karbon dioksida (CO_2) dan hidrogen sulfida (H_2S) yang menurunkan nilai kalor pembakaran serta mempercepat korosi pada komponen mekanis generator set[10]. Di samping itu, tantangan mekanis pada kestabilan tekanan aliran gas dan efisiensi sistem konversi bahan bakar gas pada generator set skala kecil acapkali membuat kontinuitas operasional listrik harian sulit dipertahankan dalam jangka panjang.

Untuk mengatasi kesenjangan antara potensi teoritis dan kendala aplikatif tersebut, penelitian ini mengusulkan sebuah pendekatan sistemik yang mengintegrasikan perancangan *biodigester* kapasitas medium (500 liter) dengan tiga tahapan pemurnian biogas terintegrasi, serta modifikasi kit konversi bahan bakar pada generator set AC konvensional berdaya ≤ 1000 Watt. Proses pemurnian biogas dilakukan dengan melewati gas melalui filter kimia yang mengombinasikan Kalium Hidroksida (KOH), karbon aktif, dan zeolit alam. Merujuk pada konsep purifikasi oleh Taqiyuddin dan Ritonga et al., kombinasi adsorben ini dirancang untuk mereduksi kadar gas pengotor secara masif, di mana zeolit secara efektif mengikat CO_2 dan karbon aktif mengadsorpsi H_2S , sehingga kadar metana (CH_4) dapat ditingkatkan secara signifikan guna menjamin kualitas pembakaran yang bersih dan aman bagi ruang bakar generator set[10][11]. Energi mekanis dari generator set yang digerakkan oleh biogas murni ini selanjutnya diubah menjadi energi listrik menggunakan generator set yang telah dimodifikasi.

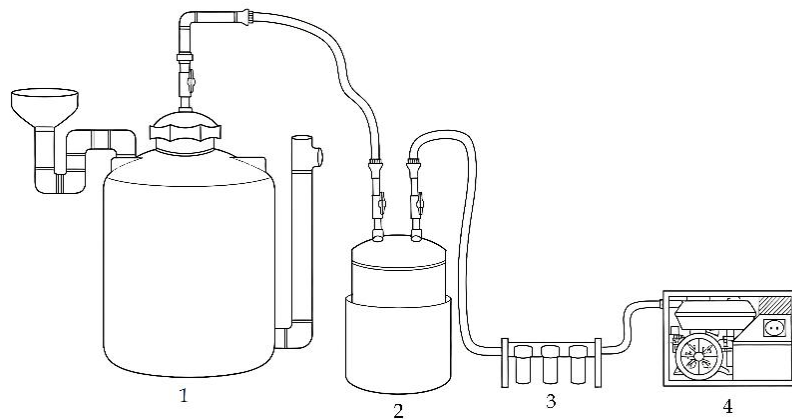
Nilai kebaruan dan inovasi dari penelitian ini terletak pada keberhasilan integrasi sistem yang mampu menghasilkan kestabilan pasokan listrik harian secara kontinu dalam durasi panjang (siklus retensi hingga 31 hari) dari substrat kotoran kelinci dicampur dengan air dengan skala 1:1[12] berskala domestik. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang durasi operasi generatornya singkat atau fluktuatif, sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini berhasil menyalurkan tegangan listrik rata-rata sebesar 220 V, dengan nilai arus yang mengalir rata-rata sebesar 0,184 A, selama 31 hari. Melalui pendekatan terpadu ini, penelitian tidak hanya memberikan kontribusi ilmiah pada ranah teknologi EBT dan teknik listrik, tetapi juga menawarkan model pengelolaan limbah sirkular (*circular economy*) yang aplikatif dan ramah lingkungan bagi pelaku budidaya kelinci di Desa Prigen.

2. METODA

2.1. Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Biogas

Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg) terintegrasi ini terdiri dari empat sub-sistem utama, yakni:

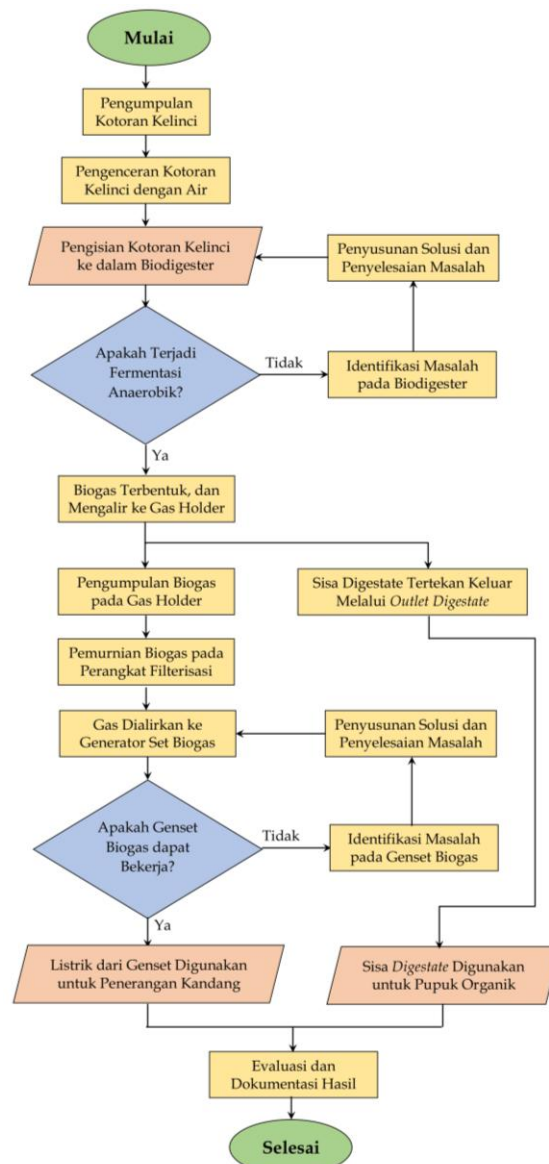
1. Unit Reaktor Biogas: Menggunakan aplikasi *biodigester* dengan tangki reaktor volume total 500 L, sebagai menampung *slurry* ketika proses fermentasi anaerobik[13].
2. Unit Penampung Biogas: Aplikasi desain tangki penampung gas (*gasholder*) tipe floating dome berdiameter penampung 0,6 m (luas penampang $A = 0,2826 \text{ m}^2$)[13].
3. Unit Perangkat Filterisasi (Purifikasi): Tabung filter kimia yang diisi oleh susunan adsorben berupa Kalium Hidroksida (KOH), karbon aktif tempurung kelapa, dan zeolit alam untuk mengeliminasi senyawa pengotor seperti CO_2 , H_2S dan uap air (H_2O)[10][11].
4. Unit Generator Set: Mesin generator set pembakaran internal skala kecil berkapasitas daya maksimum $\leq 1000 \text{ W}$ yang dimodifikasi menggunakan *fuel conversion kit* pada bagian karburator agar mampu menerima suplai bahan bakar gas[14].



Gambar 1. Desain Pembangkit Listrik Tenaga Biogas

2.2. Prosedur Operasional Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Biogas

Prosedur operasional jalannya sistem dari persiapan substrat hingga menghasilkan energi listrik untuk penerangan kandang diatur berdasarkan diagram alir terstruktur pada Gambar 2 sebagai berikut:



Gambar 2. Diagram Alir Prosedur Operasional PLTBg

Muhammad 'Izzuddin Al-Qassam: Pembangkit Listrik Tenaga Biogas ...

2.3. Instrumen Pengujian

Proses akuisisi data dilakukan secara periodik untuk menguji performa kuantitatif dari keseluruhan parameter teknis sistem:

1. Pengujian Kapasitas *Slurry*

Pengisian *slurry* dilaksanakan setiap hari, selama 37 hari [7]. Data volume *slurry* harian dicatat untuk mengetahui akumulasi volume *slurry* yang terkumpul di dalam *biodigester* dari hari pertama, hingga hari ke-37.

Volume penambahan *slurry* harian dihitung secara matematis berdasarkan jumlah kotoran harian sebanyak 2,4 kg, dengan menggunakan pendekatan rasio kadar bahan kering dalam bahan organik[13]:

$$V_s = \frac{\text{Berat Kotoran} \times 80\%}{25,80\%} = \frac{2,4 \text{ kg} \times 80\%}{25,80\%} = 7,44 \text{ L} \quad (1)$$

Dimana:

- Berat Kotoran = 2,4 kg, adalah berat kotoran yang dihasilkan oleh budidaya kelinci setiap hari
- 80% = persentase bahan organik dalam kotoran kelinci[7]
- 25,80% = kadar bahan kering dari total *slurry*[8]

Berdasarkan Persamaan 1 tersebut, didapatkan hasil bahwa volume *slurry* yang ditambahkan per hari adalah sebanyak 7,44 L.

2. Pengujian Kinerja Generator Set

Pengujian ini dimulai dengan mengalirkan biogas menuju generator set 1000-Watt yang telah dipasang *converter kit* biogas. Generator set dinyalakan menggunakan *recoil starter*, dan dioperasikan selama 12 jam per hari, kemudian pengukuran dilakukan terhadap tegangan (Volt) yang dihasilkan, dan arus (Ampere) yang mengalir oleh generator set.

Data tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh generator set dicatat untuk mengetahui kinerja operasional generator set dengan menggunakan bahan bakar dari biogas berbasis kotoran kelinci.

Akuisisi data parameter kelistrikan meliputi, nilai tegangan dan nilai arus yang dihasilkan generator set. Data tegangan dan arus dipantau menggunakan alat ukur untuk melihat fluktuasi suplai energi listrik dari generator set. Alat ukur yang digunakan pada pengujian ini adalah:

- *Voltmeter* = digunakan untuk mengukur tegangan listrik AC, dengan rentang yang dapat diukur dari 0-300 VAC
- *Clamp amperemeter* = digunakan untuk mengukur arus listrik AC, dengan rentang yang dapat diukur dari 0-20 A

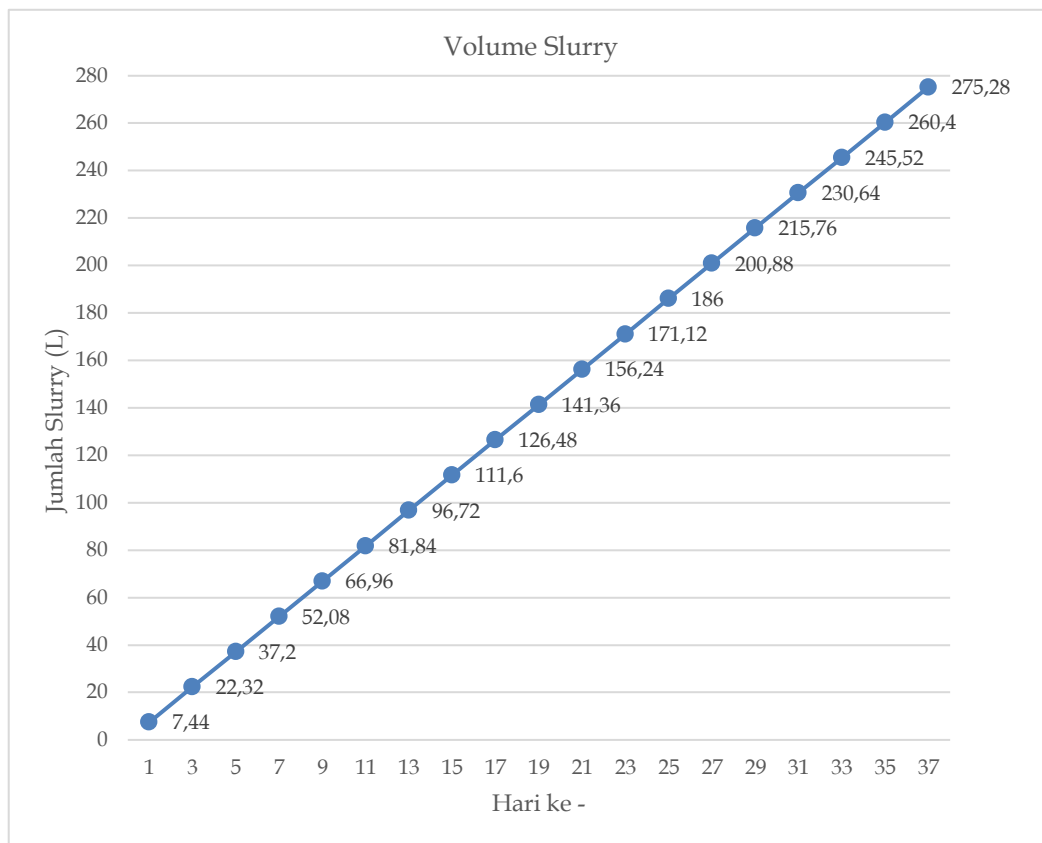
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Produksi *Slurry* dan Akumulasi Ruang Kosong *Biodigester*

Proses fermentasi anaerobik diawali dengan pengumpulan kotoran kelinci segar sebanyak 2,4 kg yang kemudian diencerkan menggunakan air dengan rasio 1:1 menjadi *slurry*. Pengisian *slurry* dilaksanakan setiap hari selama 37 hari, pasokan *slurry* harian dimasukkan secara konstan ke dalam reaktor *biodigester* berkapasitas total 500 Liter. Berdasarkan karakteristik material organik kotoran kelinci, volume pengisian *slurry* harian ditentukan berdasarkan perhitungan pada Persamaan 1, sebanyak 7,44 L setiap hari.

Dengan volume input harian sebesar 7,44 L, akumulasi total *slurry* yang masuk ke dalam reaktor hingga akhir masa pengamatan mencapai 275,28 L. Data pantauan dan kondisi volume *slurry* di dalam reaktor selama masa fermentasi dituangkan dalam grafik pada Gambar 3.

Akumulasi total volume *slurry* sebanyak 275,28 L tersebut tidak memenuhi kapasitas total tangki *biodigester* sebesar 500 L, sehingga menyisakan ruang kosong (*headspace*) di bagian atas *biodigester* sebesar 224,75 L. Sisa ruang kosong ini memiliki peran sebagai zona akumulasi biogas alamiah, yang akan digunakan sebagai bahan bakar untuk mengoperasikan generator set.



Gambar 3. Grafik Volume Slurry pada Reaktor Biogas Selama Masa Fermentasi

3.2. Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Biogas dan Durasi Operasional Generator Set

Biogas yang diproduksi dan terakumulasi di dalam *headspace biodigester* (224,75 L) memiliki tekanan parsial yang cukup kuat untuk mendorong aliran gas melewati sistem filterisasi (KOH, karbon aktif, dan zeolit) langsung menuju generator set tanpa bantuan kompresi mekanis luar.

Biogas yang telah dimurnikan tersebut dialirkan menuju generator set berdaya 1000 W yang telah dimodifikasi menggunakan kit konversi bahan bakar. Data parameter elektrikal dan durasi operasional generator set dari hari pertama hingga hari ke-31 dituangkan dalam Tabel 1.

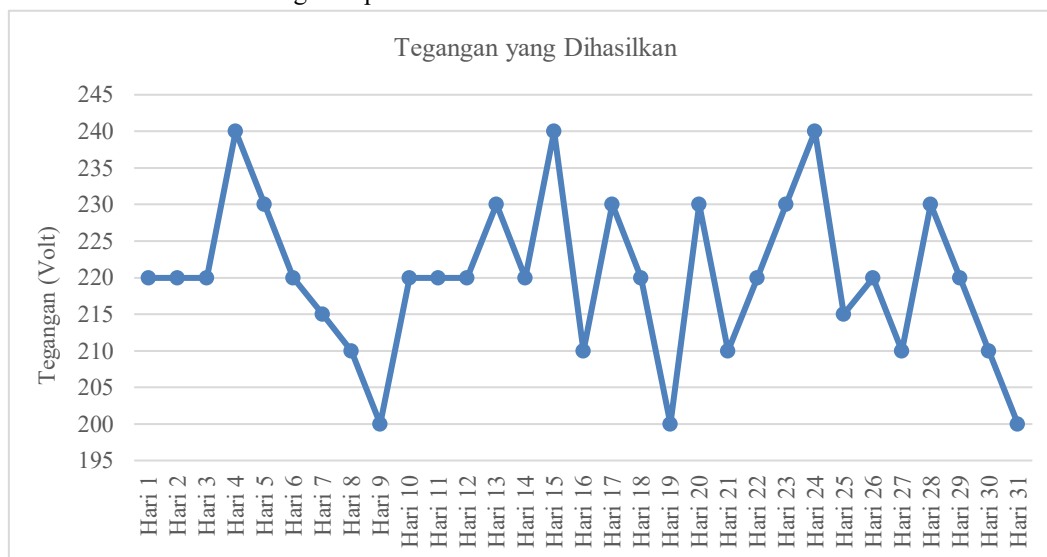
Tabel 1. Data Pengujian Kinerja Generator Set

Hari ke-	Tegangan (V) (Volt)	Arus (I) (Ampere)	Waktu Operasi (jam)
1	220 V	0,187 A	12 jam
2	220 V	0,190 A	12 jam
3	220 V	0,182 A	12 jam
4	240 V	0,174 A	12 jam
5	230 V	0,176 A	12 jam
6	220 V	0,181 A	12 jam
7	215 V	0,186 A	12 jam
8	210 V	0,190 A	12 jam
9	200 V	0,191 A	12 jam
10	220 V	0,184 A	12 jam
11	220 V	0,183 A	12 jam
12	220 V	0,181 A	12 jam
13	230 V	0,176 A	12 jam
14	220 V	0,186 A	12 jam

Tabel 2. Data Pengujian Kinerja Generator Set

Hari ke-	Tegangan (V) (Volt)	Arus (I) (Ampere)	Waktu Operasi (jam)
15	240 V	0,175 A	12 jam
16	210 V	0,187 A	12 jam
17	230 V	0,182 A	12 jam
18	220 V	0,187 A	12 jam
19	200 V	0,188 A	12 jam
20	230 V	0,178 A	12 jam
21	210 V	0,186 A	12 jam
22	220 V	0,184 A	12 jam
23	230 V	0,181 A	12 jam
24	240 V	0,180 A	12 jam
25	215 V	0,184 A	12 jam
26	220 V	0,187 A	12 jam
27	210 V	0,189 A	12 jam
28	230 V	0,181 A	12 jam
29	220 V	0,185 A	12 jam
30	210 V	0,190 A	12 jam
31	200 V	0,190 A	12 jam

Berdasarkan Tabel 1, menunjukkan bahwa akumulasi biogas pada *headspace* mampu mengoperasikan generator set secara konsisten selama 12 jam per hari semenjak hari pertama pengujian hingga hari ke-31. Tegangan listrik yang dihasilkan generator set berkisar antara 200 V hingga 240 V. Sementara arus listrik yang dihasilkan berkisar antara 0,174 A hingga 0,191. Fluktuasi nilai tegangan dan arus listrik harian dipengaruhi oleh fluktuasi tekanan suplai gas dari reaktor, dan dinamika putaran generator set. Data pada Tabel 1 di atas, dapat divisualisasikan ke dalam grafik pada Gambar 4 dan Gambar 5 berikut.



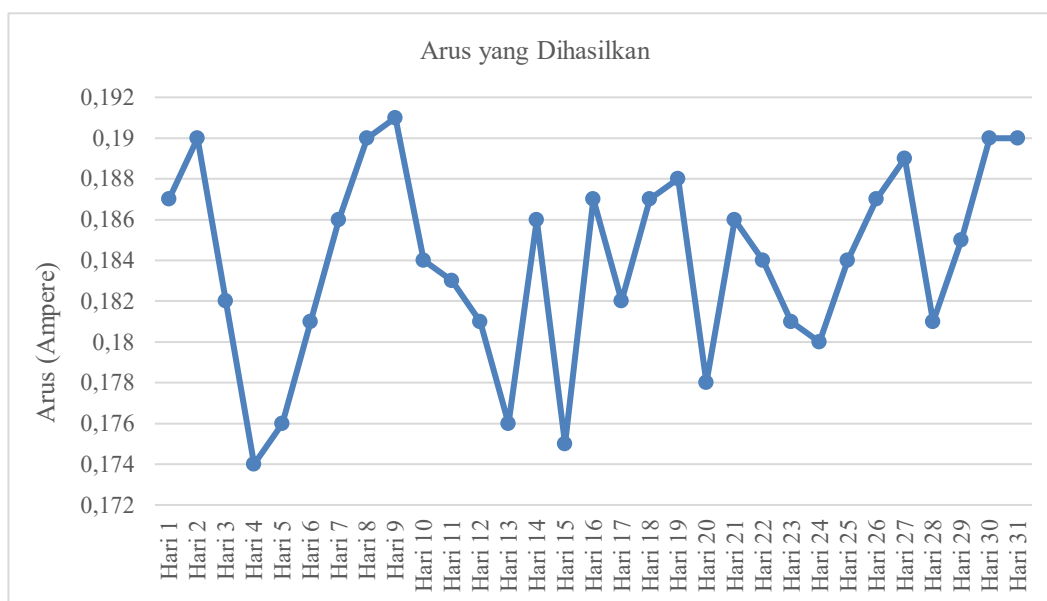
Gambar 4. Grafik Fluktuasi Tegangan yang Dihasilkan oleh Generator Set

Grafik pada Gambar 4 di atas menunjukkan bahwa nilai tegangan yang dihasilkan oleh generator set terpantau fluktuatif dengan rentang antara 200 V hingga 240 V, rata-rata nilai tegangan yang dihasilkan adalah 220 V. Fluktuasi nilai tegangan tersebut disebabkan oleh tidak adanya perangkat untuk penstabil tegangan, sehingga energi listrik yang dihasilkan oleh generator set masih bergantung pada putaran rotor di dalam generator set. Berdasarkan hukum induksi elektromagnetik, tegangan induksi berbanding lurus dengan

kecepatan putaran poros generator. Oleh karena itu, penurunan putaran mesin akibat suplai gas yang tidak stabil langsung memicu penurunan tegangan output generator[15].

Tekanan biogas yang digunakan untuk suplai bahan bakar generator set juga masih mengalami fluktuasi. Fluktuasi tekanan biogas disebabkan oleh kandungan air pada *slurry* hasil campuran kotoran kelinci dengan air masih fluktuatif, dikarenakan campuran *slurry* hanya mengacu pada kajian teoretis pencampuran kotoran dengan air sebesar 1:1, tanpa melakukan pengujian yang lebih mendalam untuk mendeteksi kandungan air pada kotoran kelinci sebelum dicampur dengan air[12].

Pada hari ke-28 hingga hari ke 31, tegangan listrik yang dihasilkan oleh generator set mengalami penurunan secara konsisten, sampai pada hari ke-32, generator set sudah tidak bisa dioperasikan. Penurunan performa ini menandakan bahwa sistem telah mencapai batas *Hydraulic Retention Time* (HRT) optimal dari karakteristik kotoran kelinci. Fenomena ini diperkuat oleh studi Bertholt et al. (2021) yang menyatakan bahwa kotoran kelinci memiliki waktu retensi hidrolik yang relatif panjang (hingga 37 hari untuk dekomposisi total), namun laju pembentukan metana alamiah akan menurun setelah melewati fase puncak pembakaran akibat menipisnya kandungan nutrisi organik di dalam reaktor[7].



Gambar 5. Grafik Fluktuasi Arus yang Dialirkan dari Generator Set

Grafik pada Gambar 5 di atas menunjukkan bahwa nilai arus yang dialirkan dari generator set terpantau fluktuatif dengan rentang antara 0,174 A hingga 0,191 A, kemudian rata-rata nilai arus yang dialirkan adalah 0,184 A. Fluktuasi nilai arus tersebut disebabkan oleh tegangan listrik yang dihasilkan oleh generator set masih tidak stabil. Hal tersebut sejalan dengan prinsip hukum ohm, dimana jika nilai beban relatif tetap, maka nilai arus listrik yang mengalir juga relatif berbanding lurus dengan tegangan listrik yang dihasilkan oleh sumber tegangan[16].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, rancangan Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg) berbasis kotoran kelinci ini terbukti berhasil menjawab permasalahan keterbatasan penerangan dan tingginya biaya operasional energi fosil di pedesaan yang sebelumnya dipaparkan pada bagian pendahuluan. Integrasi sistem yang melibatkan biodigester 500 L, filterisasi kimia, dan modifikasi kit konversi pada generator set terbukti mampu menghasilkan performa kelistrikan yang andal dan andalan berupa tegangan rata-rata 220 V serta arus rata-rata 0,184 A selama 12 jam per hari sepanjang masa retensi hidrolik 31 hari.

Prospek pengembangan hasil penelitian ke depan dapat diarahkan pada penambahan perangkat penstabil tegangan (voltage stabilizer atau AVR khusus) untuk mengatasi fluktuasi tegangan dan arus akibat ketidakstabilan tekanan gas alami dari reaktor. Selain itu, prospek aplikasi studi lebih lanjut dapat diimplementasikan melalui pemanfaatan sisa pengolahan (digestate) yang secara otomatis keluar melalui outlet untuk diproses lebih optimal sebagai pupuk organik cair maupun padat bernilai ekonomis tinggi, sehingga mewujudkan kemandirian energi sekaligus ekosistem pengelolaan limbah sirkular yang utuh bagi para peternak kelinci.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini tidak terlepas dari dukungan dan bimbingan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Suprpto, S.Pd., M.T., selaku Dekan Fakultas Vokasi Universitas Negeri Surabaya
2. Ibu Ayusta Lukita Wardani, S.ST., M.T., selaku Koordinator Program Studi D4 Teknik Listrik.
3. Bapak As'ad Shidqy Aziz, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Penelitian
4. Orang tua dan keluarga yang senantiasa memberikan do'a restu dan dukungan
5. Rekan-rekan mahasiswa Program Studi D4 Teknik Listrik yang senantiasa memberikan bantuan
6. Bapak Nurhasan dan Saudara Firmansyah, sebagai pemilik budidaya kelinci di Desa Prigen
7. Rekan Maulana Al Faruk, yang telah membantu dalam proses perancangan alat
8. Fauziatul Mufarrohah, S.Pd., yang telah memberi dukungan dan bantuan dalam menyelesaikan penelitian

REFERENSI

- [1] A. Kharisma, S. Pinandita, and A. E. Jayanti, "Literature Review: Kajian Potensi Energi Surya Alternatif Energi Listrik," *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 5, no. 2, pp. 145–154, 2024, doi: 10.14710/jebt.2024.23956.
- [2] I. Kurniawan, R. Ichwani, R. Fionasari, A. Batubara, and A. Huda, "Indonesia's Renewable Energy Outlook: What to Expect in The Future Renewable Energy of Indonesia. A Brief Review," *Elkawnie*, vol. 8, no. 2, p. 298, 2022, doi: 10.22373/ekw.v8i2.18738.
- [3] F. N. Rahmat, "Analisis Pemanfaatan Sampah Organik Menjadi Energi Alternatif Biogas," *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 4, no. 2, pp. 118–122, 2023, doi: 10.14710/jebt.2023.16497.
- [4] S. Sumarlin, "Potensi Kemandirian Energi dan Implementasi Produksi Bersih Berbasis Pedesaan," *Anoa: Jurnal Pengabdian Masyarakat Fakultas Teknik*, vol. 1, no. 02, pp. 01–11, 2023, doi: 10.51454/anoa.v1i02.195.
- [5] P. P. Purnomo, "Optimalisasi Potensi Pemanfaatan Kotoran Ternak Sapi Melalui Rancang Bangun Reaktor Biogas Terintegrasi," *Jurnal Pengabdian Pendidikan dan Teknologi (JP2T)*, vol. 2, no. 2, p. 112, 2021, doi: 10.17977/um080v2i22021p112-117.
- [6] Paniran, Rosmaliati, and A. Natsir, "Biogas untuk Menghasilkan Energi Listrik," *Dielektrika*, vol. 10, no. 2, pp. 118–126, 2023, doi: 10.29303/dielektrika.v10i2.355.
- [7] S. Segning Harry Bertholt *et al.*, "Characterization of Wet Mesophilic Biomethanization of Three Types of Materials: Chicken Dung, Rabbit Poop and Pig Slurry," *International Journal of Sustainable and Green Energy*, vol. 10, no. 4, p. 145, 2021, doi: 10.11648/j.ijrse.20211004.14.
- [8] I. V. Miroshnichenko and N. V. Nikulina, "Designing a Biogas Plant for an Educational and Scientific Livestock Complex," *KnE Life Sciences*, vol. 2022, pp. 151–163, 2022, doi: 10.18502/cls.v7i1.10117.
- [9] A. J. Adriano, "Biogas Digester for Power Generation using Rabbit Manure as Feedstock: Design, Fabrication, and Evaluation," *Southeast Asian Journal of Agriculture and Allied Sciences*, vol. 5, no. 1, pp. 21–34, 2025, doi: 10.63943/sajaas.vol5iss1art59pp21-34.
- [10] A. H. Firdaus, R. Monasari, N. Qosim, and F. A. F. Astuti, "Pengaruh Kalium Hidroksida Terhadap Emisi Gas Buang Motor Bensin Berbahan Bakar Biogas," *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, vol. 9, no. 1, pp. 11–22, 2021, doi: 10.23887/jptm.v9i1.31545.
- [11] R. H. Altamirano, J. Apolonio, V. Venegas, D. R. Aryal, and R. H. Altamirano, "Biogas purification processes: review and prospects," *Biofuels*, vol. 0, no. 0, pp. 1–13, 2023, doi: 10.1080/17597269.2023.2223801.
- [12] A. Sasmita, S. Elystia, R. Mulyadi, P. Studi, T. Lingkungan, and U. Riau, "Pengaruh Rasio Penambahan Air Terhadap Produksi Biogas dari Sampah Kampus Bina Widya Universitas Riau dengan Metode Wet Anaerobic Digestion," vol. 6, pp. 117–126, 2022.
- [13] Eddy Djatmiko, Eka Maulana, and Abdul Hadi, "Perancangan Sistem Instalasi Biodigester Kapasitas 2000 Liter," *Kalpika*, vol. 19, no. 1, 2023, doi: 10.61488/kalpika.v19i1.34.
- [14] S. Hawibowo and Budiarto, "Perancangan Karburator untuk Bahan Bakar Biogas pada Generator Set 900 VA," *Teknofisika*, vol. 3, no. 2, pp. 52–58, 2022.
- [15] P. Wen, Z. Yuan, Z. Yuan, and H. Xu, "A Compound Control Strategy for an Ultralight Power," 2024.
- [16] A. Ragab and M. Salah, "Ohm ' s Law : Relationship Between Voltage , Current , and Resistance Prepared by :," 2025.