

# Analisis Potensi Limbah Kotoran Sapi Sebagai Sumber Energi Listrik Terbarukan

I Ketut Perdana Putra<sup>1</sup>, Ni Made Seniari<sup>2</sup>

Jurusan Teknik Elektro Universitas Mataram, Nusa Tenggara Barat

Jl. Majapahit No. 62 Mataram

<sup>1</sup>ikperdana@unram.ac.id

<sup>2</sup>seniari-nimade@unram.ac.id

**Intisari** — Pemanfaatan biogas sebagai sumber energi terbarukan telah menjadi fokus utama dalam mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan menurunkan emisi gas rumah kaca. Artikel ini membahas proses konversi kalor yang terkandung dalam biogas menjadi energi listrik. Melalui proses anaerobik digestion, kotoran sapi diubah menjadi biogas yang kemudian dimurnikan dan digunakan dalam generator untuk menghasilkan listrik. Penelitian ini mengeksplorasi potensi konversi kotoran sapi menjadi energi listrik melalui proses pencernaan anaerobik dan konversi biogas. Dengan data dari 45 ekor sapi bali yang masing-masing menghasilkan antara 25 hingga 35 kg kotoran per hari, penelitian ini menghitung jumlah biogas yang dihasilkan dan efisiensi konversinya menjadi energi listrik. Hasil analisis menunjukkan bahwa dari 1.000 kg kotoran sapi, dapat dihasilkan sekitar 40 m<sup>3</sup> biogas per hari dengan nilai kalor sekitar 6 kWh per m<sup>3</sup>. Dengan efisiensi konversi sistem biogas genset sekitar 35%, energi listrik yang dapat dihasilkan berkisar antara 94,5 kWh hingga 132,3 kWh per hari. Penelitian ini juga menyoroti berbagai manfaat konversi biogas kotoran sapi, termasuk pengurangan ketergantungan pada sumber energi fosil, pengelolaan limbah yang lebih baik, dan kontribusi terhadap pengurangan emisi gas rumah kaca. Penelitian ini menegaskan bahwa kotoran sapi tidak hanya berfungsi sebagai limbah tetapi juga sebagai sumber energi yang berkelanjutan, dengan potensi untuk meningkatkan keberlanjutan energi dan manajemen lingkungan.

**Kata kunci** — Biogas, Kotoran Sapi, Energi Listrik, Energi Terbarukan.

**Abstract** — The use of biogas as a renewable energy source has become a major focus in reducing dependence on fossil fuels and reducing greenhouse gas emissions. This article discusses the process of converting heat contained in biogas into electrical energy. Through the anaerobic digestion process, cow dung is converted into biogas which is then purified and used in a generator to produce electricity. This study explores the potential for converting cow dung into electrical energy through the anaerobic digestion process and biogas conversion. With data from 45 Balinese cows, each producing between 25 and 35 kg of dung per day, this study calculated the amount of biogas produced and its conversion efficiency into electrical energy. The results of the analysis show that from 1,000 kg of cow dung, around 40 m<sup>3</sup> of biogas can be produced per day with a calorific value of around 6 kWh per m<sup>3</sup>. With a conversion efficiency of the biogas generator system of around 35%, the electrical energy that can be produced ranges from 94.5 kWh to 132.3 kWh per day. The study also highlights the various benefits of cow dung biogas conversion, including reduced dependence on fossil fuels, improved waste management, and contribution to greenhouse gas emissions reduction. The study confirms that cow dung serves not only as waste but also as a sustainable energy source, with the potential to improve energy sustainability and environmental management.

**Keywords** — Biogas, Cow Dung, Electricity, Renewable Energy.

## I. PENDAHULUAN

Energi merupakan kebutuhan dasar bagi kehidupan manusia dan pembangunan ekonomi. Ketergantungan yang tinggi pada bahan bakar fosil telah menyebabkan berbagai permasalahan lingkungan, seperti peningkatan emisi gas rumah kaca dan perubahan iklim. Oleh karena itu, eksplorasi dan pemanfaatan sumber energi terbarukan menjadi sangat penting untuk mencapai

keberlanjutan lingkungan dan keamanan energi. Salah satu sumber energi terbarukan yang menjanjikan adalah biogas yang dihasilkan dari proses anaerobik digestion kotoran ternak, terutama kotoran sapi.

Kotoran sapi, sebagai limbah peternakan yang melimpah, mengandung bahan organik yang dapat diurai oleh mikroorganisme anaerobik untuk menghasilkan biogas. Biogas ini terdiri dari metana (CH<sub>4</sub>) dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), dengan metana sebagai

komponen utama yang dapat digunakan sebagai bahan bakar. Proses konversi biogas menjadi energi listrik melalui pembangkit listrik biogas menyediakan solusi energi yang bersih, efisien, dan berkelanjutan. Selain itu, penggunaan biogas juga dapat mengurangi emisi metana yang merupakan gas rumah kaca yang lebih kuat dibandingkan karbon dioksida.

Pemanfaatan biogas dari kotoran sapi untuk menghasilkan listrik tidak hanya menawarkan solusi energi alternatif tetapi juga membantu dalam pengelolaan limbah ternak, mengurangi polusi, dan menghasilkan produk sampingan berupa digestat yang dapat digunakan sebagai pupuk organik. Teknologi ini telah diimplementasikan dalam berbagai skala, mulai dari sistem skala kecil di pedesaan hingga instalasi besar di peternakan komersial.

Namun, meskipun potensi dan manfaatnya sangat besar, masih terdapat berbagai tantangan dalam implementasi teknologi biogas ini. Tantangan tersebut meliputi biaya investasi awal yang tinggi, kebutuhan akan perawatan dan manajemen yang tepat, serta variasi dalam produksi biogas yang dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti jenis pakan, suhu, dan sistem digester yang digunakan.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Biogas merupakan gas yang dihasilkan dari proses fermentasi anaerobik bahan organik, seperti kotoran sapi. Proses ini melibatkan mikroorganisme yang mengurai bahan organik dalam kondisi tanpa oksigen, menghasilkan campuran gas yang terdiri dari metana ( $\text{CH}_4$ ), karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), dan sejumlah kecil gas lainnya. Produksi biogas dari kotoran sapi telah banyak diteliti dan dikembangkan sebagai sumber energi terbarukan.

Referensi [1] mencatat bahwa proses pencernaan anaerobik dari kotoran ternak dan limbah organik di fasilitas biogas terpusat memiliki potensi besar dalam produksi biogas. Biogas ini dapat diubah menjadi energi listrik secara efisien dengan menggunakan teknologi yang tepat. Sebelum digunakan untuk menghasilkan listrik, biogas dari kotoran sapi

perlu dimurnikan untuk menghilangkan gas-gas pengotor seperti hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ) dan meningkatkan kandungan metana agar efisiensi pembakaran dalam generator lebih baik. Menurut [6] kemajuan dalam teknologi pemurnian biogas telah meningkatkan kualitas biogas dari limbah ternak, termasuk kotoran sapi. Teknologi ini memungkinkan konversi biogas menjadi listrik dengan efisien, meningkatkan kelayakan dan keberlanjutan biogas sebagai sumber energi terbarukan.

Konversi biogas menjadi energi listrik dilakukan melalui pembangkit listrik biogas yang menggunakan mesin pembakaran dalam atau turbin gas. Proses ini mengubah energi kimia dalam metana menjadi energi listrik melalui pembakaran. Referensi [10] menyatakan bahwa produksi biogas dari kotoran ternak, terutama kotoran sapi, adalah teknologi yang sudah mapan. Setelah dimurnikan, biogas dapat dimanfaatkan dalam unit pembangkit listrik dan panas (CHP) untuk menghasilkan listrik dan panas, memberikan solusi energi berkelanjutan.

Referensi [2] menyebutkan bahwa pembangkit biogas domestik yang sering menggunakan kotoran sapi sebagai bahan baku utama telah menunjukkan kesuksesan signifikan dalam mengonversi biogas menjadi listrik. Konversi ini tidak hanya memenuhi kebutuhan energi lokal tetapi juga berkontribusi pada pengelolaan limbah dan perlindungan lingkungan. Referensi [8] menyatakan bahwa optimalisasi produksi biogas melalui sistem digester anaerobik menghasilkan biogas berkualitas tinggi yang dapat digunakan untuk menghasilkan listrik. Penelitian ini mendukung penerapan teknologi biogas untuk konversi energi yang efisien dan ramah lingkungan.

## III. METODELOGI PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji potensi konversi biogas dari kotoran sapi menjadi energi listrik. Metodologi penelitian yang digunakan mencakup beberapa tahapan utama, yaitu :

1. Melakukan pengumpulan data primer berupa jumlah sapi yang ada di lokasi penelitian. Melakukan pengamatan

langsung jumlah kotoran sapi serta dilakukan pengambilan dokumentasi.

2. Melakukan wawancara langsung dengan para peternak, memberi penjelasan tentang potensi konversi dari kotoran sapi menjadi biogas.
3. Mencari data sekunder berupa pustaka yang mendukung penelitian.
4. Melakukan analisis konversi dari data kotoran sapi sampai menjadi energi listrik

#### IV. ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

##### A. Analisis data.

Data primer yang didapatkan dari lokasi penelitian adalah berupa jumlah indukan sapi Bali yaitu sebanyak 45 ekor. Semua indukan sapi terkonsentrasi pada satu lokasi, sehingga kotoran sapi terkumpul pada satu tempat. Dalam penelitian ini digunakan asumsi setiap satu ekor sapi menghasilkan kotoran sebanyak 15 - 20 kg sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh FAO (*Food and Agriculture Organization*).



Gbr.1 Potensi kotoran sapi yang melimpah setiap hari



Gbr.2 Kondisi peternakan sapi



Gbr.3 Kondisi kotoran sapi sebagai bahan biogas

Referensi [9] melaporkan bahwa rata-rata sapi menghasilkan sekitar 65-75 pon kotoran per hari, yang setara dengan sekitar 30-34 kg. Namun, ini termasuk urin. Jika hanya kotoran padat, angkanya lebih rendah, sekitar 15-20 kg. Referensi [5] menyebutkan bahwa sapi potong menghasilkan sekitar 18-20 kg kotoran padat per hari. Menurut FAO (*Food and Agriculture Organization*), seekor sapi dewasa dapat menghasilkan sekitar 15-20 kg kotoran per hari.

##### B. Perhitungan Konversi Data

Konversi energi biogas menjadi energi listrik melibatkan beberapa tahapan proses, mulai dari produksi biogas hingga pembakaran biogas dalam generator untuk menghasilkan listrik. Berikut adalah beberapa rumus yang relevan dalam konversi energi biogas menjadi energi listrik:

###### 1) Produksi Biogas:

Volume biogas yang dihasilkan dapat dihitung berdasarkan jumlah bahan baku yang diolah. Jika diketahui rata-rata produksi biogas per kilogram kotoran sapi adalah  $V$  ( $m^3/kg$ ), maka total volume biogas  $V_{total}$  yang dihasilkan dari  $m$  kilogram kotoran sapi dapat dihitung dengan:

$$V_{total} = m \times V \quad (1)$$

###### 2) Kandungan Energi Biogas:

Kandungan energi biogas tergantung pada fraksi metana ( $CH_4$ ) dalam biogas. Nilai kalor atau energi yang terkandung dalam biogas dapat dihitung dengan menggunakan nilai kalor metana. Nilai kalor metana ( $LHV$ ) adalah sekitar  $35.8 MJ/m^3$ . Jika fraksi metana dalam

biogas adalah  $x$ , maka kandungan energi dalam volume biogas ( $E_{biogas}$ ) adalah:

$$E_{biogas} = V_{total} \times x \times LHV \quad (2)$$

Di mana:

$V_{total}$  = Volume Total Biogas ( $M^3$ )

$x$  = Fraksi Metana Dalam Biogas  
(Biasanya Sekitar 0.60 - 0.70)

$LHV$  = Nilai Kalor Metana ( $35.8 \text{ MJ}/M^3$ )

3) Konversi Energi Biogas ke Energi Listrik:

Efisiensi konversi biogas menjadi listrik oleh generator adalah  $\eta$ . Energi listrik ( $E_{electric}$ ) yang dihasilkan dari energi biogas dapat dihitung dengan:

$$E_{electric} = E_{biogas} \times \eta \quad (3)$$

Di mana:

$E_{biogas}$  = Kandungan Energi Dalam Biogas (MJ)

$\eta$  = Efisiensi Konversi Generator  
(biasanya sekitar 0.30 - 0.40 atau 30% - 40%)

4) Daya Listrik yang Dihasilkan:

Jika energi listrik yang dihasilkan diketahui, daya listrik ( $P$ ) yang dihasilkan dapat dihitung dengan:

$$P = \frac{E_{electric}}{t} \quad (4)$$

Di mana:

$P$  = Daya Listrik (W)

$E_{electric}$  = Energi Listrik (J atau MJ)

$T$  = Waktu Operasi (jam)

Untuk menghitung konversi energi biogas menjadi energi listrik dengan data jumlah sapi induk sebanyak 45 ekor yang menghasilkan kotoran sapi sebanyak 675 kg sampai 900 kg per hari, kita dapat menggunakan langkah-langkah berikut: Rata-rata produksi biogas per kilogram kotoran sapi adalah  $0.03 \text{ m}^3/\text{kg}$ . Kandungan energi biogas dengan nilai kalor metana (*Lower Heating Value*) adalah  $35.8 \text{ MJ}/\text{m}^3$ . Fraksi metana dalam biogas adalah 65%. Efisiensi konversi energi biogas menjadi listrik oleh generator adalah 35%.

5) Langkah-Langkah Perhitungan untuk kotoran sapi 675 kg sebagai berikut:

Volume biogas yang dihasilkan:

$$V_{total} = 675 \text{ kg} \times 0.03 \text{ m}^3/\text{kg} = 20.25 \text{ m}^3$$

Kandungan energi dalam biogas:

$$E_{biogas} = 20.25 \text{ m}^3 \times 0.65 \times 35.8 \text{ MJ}/\text{m}^3 \\ = 471.0825 \text{ MJ}$$

Energi listrik yang dihasilkan:

$$E_{electric} = 471.0825 \text{ MJ} \times 0.35 \\ = 164.878875 \text{ MJ}$$

Daya listrik yang dihasilkan (jika operasi berlangsung selama 24 jam)

$$P = 164.878875 \text{ MJ}/24 \text{ jam} \\ = 6.869954 \text{ MJ}/\text{jam} \\ = 6.869954 \times 106 \text{ J}/\text{jam} \\ = 1902.76 \text{ W} \\ = 1.903 \text{ kW}$$

Tabel 1. Hasil konversi dari kotoran sapi menjadi energi listrik

Berat Kotoran Sapi (kg)	Volume Biogas ( $\text{m}^3$ )	Kandungan Energi Biogas (MJ)	Energi Listrik (MJ)	Daya Listrik (kW)
675	20.25	471.08	164.88	1.903
700	21.00	488.70	171.05	1.987
725	21.75	506.33	177.22	2.071
750	22.50	523.95	183.38	2.156
775	23.25	541.58	189.55	2.240
800	24.00	559.20	195.72	2.324
825	24.75	576.83	201.89	2.408
850	25.50	594.45	208.06	2.493
875	26.25	612.08	214.22	2.577
900	27.00	629.70	220.39	2.661

### C. Pembahasan

Dari hasil analisis diatas tampak bahwa kotoran sapi yang jarang dimanfaatkan dapat menghasilkan energi listrik yang memiliki potensi yang besar sebagai salah satu sumber energi terbarukan. Dari 45 ekor sapi yang ada dalam satu tempat dapat menghasilkan sekitar 675 sampai 900 kg kotoran sapi. Dari hasil kotoran sapi jika di manfaat secara benar sebagai pembangkit energi listrik maka akan

dapat menghasilkan energi listrik berkisar antara 1.903 kW sampai 2.661 kW. Jumlah ini sudah dapat dipergunakan oleh 4 sampai 6 keluarga kecil dengan masing masing daya 450 kW.

Penelitian ini menunjukkan bahwa kotoran sapi memiliki potensi signifikan sebagai sumber energi terbarukan melalui konversi biogas menjadi energi listrik. Dengan jumlah kotoran yang dihasilkan oleh 45 ekor sapi induk, dapat dihasilkan energi listrik yang cukup untuk memenuhi kebutuhan listrik harian di berbagai aplikasi skala kecil hingga menengah. Ini tidak hanya mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil tetapi juga memberikan solusi pengelolaan limbah yang lebih baik dan berkontribusi terhadap keberlanjutan lingkungan.

Hal ini sejalan dengan yang diungkapkan [4] bahwa penggunaan biogas yang dihasilkan dari kotoran sapi dalam sistem pembangkit listrik memiliki potensi besar untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di daerah pedesaan sambil mengelola limbah secara berkelanjutan. Hasil penelitian [7] juga menyatakan bahwa Konversi biogas dari kotoran sapi menjadi energi listrik melalui teknologi pembangkit biogas dapat mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil serta meningkatkan efisiensi pengelolaan limbah di Indonesia."

Sementara penelitian [3] menyatakan bahwa Teknologi biogas yang memanfaatkan kotoran sapi tidak hanya memberikan alternatif energi listrik yang ramah lingkungan tetapi juga meningkatkan efisiensi pengelolaan limbah di sektor pertanian."

Dari semua hasil penelitian para peneliti diatas semua menyatakan bahwa kotoran sapi memiliki potensi yang tinggi untuk digunakan sebagai sumber energi listrik terutama di daerah pedesaan yang populasi ternak sapinya tinggi.

## V. KESIMPULAN

1. Penelitian ini menegaskan bahwa konversi kotoran sapi menjadi energi listrik melalui teknologi biogas merupakan solusi yang berpotensi besar untuk menyediakan energi

terbarukan dan mengelola limbah pertanian secara efisien.

2. Dengan jumlah sapi indukan sebanyak 45 ekor dan produksi kotoran berkisar antara 675 kg hingga 900 kg per hari dengan asumsi setiap ekor sapi menghasilkan 15 sampai 20 kg kotoran setiap hari.

3. Kotoran sapi yang diolah menjadi biogas dapat menghasilkan energi biogas berkisar antara 471.0 MJ sampai 679.80 MJ

4. Energi listrik dihasilkan dengan mengubah energi biogas menjadi energi listrik dengan menggunakan generator. Dengan asumsi efisiensi generator sebesar 35% maka dapat dihasilkan daya listrik sebesar 1.903 kW sampai 2.661 kW.

## REFERENSI

- [1] Angelidaki, I., & Ellegaard, L. (2003). Codigestion of manure and organic wastes in centralized biogas plants. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 109(1-3), 95-105.
- [2] Bond, T., & Templeton, M. R. (2011). History and future of domestic biogas plants in the developing world. *Energy for Sustainable Development*, 15(4), 347-354.
- [3] Faisal, A. (2021). Penerapan Teknologi Biogas untuk Pembangkit Listrik di Sektor Pertanian. Penerbit Akademia.
- [4] Hadi, S., & Putra, A. (2020). Pemanfaatan Biogas dari Kotoran Sapi sebagai Sumber Energi Listrik di Pedesaan. *Jurnal Energi dan Lingkungan*, 8(2), 134-145
- [5] NRCS. (1995). "Manure Characteristics. FAO. (2006). "Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options."
- [6] Petersson, A., & Wellinger, A. (2009). Biogas upgrading technologies—developments and innovations. *IEA Bioenergy*, 20, 1-19.
- [7] Pratama, R., & Irawan, Y. (2021). Analisis Potensi Konversi Biogas Kotoran Sapi Menjadi Energi Listrik di

- Indonesia. Laporan Penelitian Universitas Pertanian.
- [8] Sudirman, S., & Prasetyo, H. (2016). Optimalisasi produksi biogas dari kotoran sapi melalui sistem digester anaerobik. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 17(2), 89-97.
- [9] USDA. (1992). "Agricultural Waste Management Field Handbook."
- [10] Weiland, P. (2010). Biogas production: current state and perspectives. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 85(4), 849-860.