



Analysis Of The Potential Of Fecal Waste As An Alternative Fuel

Analisis Potensi Limbah Tinja Sebagai Bahan Bakar Alternatif

Aldi Pratama^{1*}, Nanda Putri Miefthawati, B.Sc., M.Sc.²

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau (Department of Electrical Engineering)
Jl. HR Soebrantas Simpang Baru, Pekanbaru, 28293, Indonesia

Corresponden E-Mail: ¹11950515074@students.uin-suska.ac.id, ²nandamieftawati@uin-suska.ac.id

Paper: Received 16 June 2025 ; Fixed 23 June 2025; Approved 25 June 2025
Corresponding Author: Aldi Pratama¹, Nanda Putri Miefthawati, B.Sc., M.Sc.²

Abstrak

Tinja manusia merupakan limbah organik yang melimpah dan berpotensi mencemari lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik. Salah satu solusi pengelolaannya adalah dengan memanfaatkannya sebagai sumber energi terbarukan berupa biogas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi pemanfaatan tinja manusia sebagai bahan bakar alternatif di Pondok Pesantren Jabal Nur, Kandis, Riau. Metode yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif dengan pengumpulan data primer dan sekunder. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan jumlah 820 santri, pondok pesantren menghasilkan sekitar 328 kg tinja per bulan, yang dapat dikonversi menjadi 60,5 m³ biogas. Penggunaan biogas ini mampu menghemat konsumsi LPG sebesar 27,48 kg per bulan. Analisis kelayakan ekonomi menunjukkan bahwa proyek ini secara lingkungan sangat layak, namun dari sisi ekonomi masih belum menguntungkan secara finansial dengan nilai NPV sebesar -Rp1.174.700, Net B/C 0,856, dan PBP selama 7,18 tahun. Meskipun demikian, biogas dari tinja manusia tetap memiliki potensi besar sebagai solusi energi alternatif yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Kata kunci: biogas, limbah tinja, energi terbarukan, kelayakan ekonomi, pondok pesantren.

Abstract

Human feces is an abundant organic waste that poses environmental risks if not managed properly. One sustainable solution is to convert it into renewable energy in the form of biogas. This study aims to analyze the potential of utilizing human feces as an alternative fuel source at the Jabal Nur Islamic Boarding School in Kandis, Riau, Indonesia. A quantitative approach was used, incorporating both primary and secondary data. The results indicate that with 820 students, the boarding school produces approximately 328 kg of feces per month, which can generate around 60.5 m³ of biogas. This biogas can reduce LPG consumption by 27.48 kg per month. The economic feasibility analysis reveals that while the project is environmentally viable, it is not yet financially profitable, with a Net Present Value (NPV) of -Rp1,174,700, a Net Benefit-Cost Ratio (Net B/C) of 0.856, and a Payback Period (PBP) of 7.18 years. Nevertheless, human feces-derived biogas holds significant potential as an environmentally friendly and sustainable alternative energy solution.

Keywords: biogas, fecal waste, renewable energy, economic feasibility, Islamic boarding school.

1. Pendahuluan

Permasalahan energi dunia adalah ketidak-seimbangan permintaan (*demand*) dan pasokan (*supply*) serta akses terhadap sumber daya energi. Berbagai faktor yang menyebabkan ketidakseimbangan tersebut antara lain adalah pesatnya laju pertumbuhan penduduk dan masifnya industrialisasi dunia. Hal ini meningkatkan konsumsi energi dunia secara drastis dan mengakibatkan tersedotnya cadangan energi khususnya energi tidak terbarukan. Diperkirakan hingga tahun 2030 konsumsi energi dunia masih tergantung kepada energi tidak terbarukan (minyak bumi dan batubara) [1].

Di Indonesia permintaan (*demand*) dari energi tidak terbarukan terus mengalami peningkatan sedangkan pasokan (*supply*) dari energi tidak terbarukan semakin menipis. Penggunaan energi ini di dorong oleh berbagai kebutuhan industri, transportasi, listrik, dan rumah tangga. Permintaan energi tidak terbarukan di Indonesia terus meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi, pertumbuhan penduduk dan aktivitas industri, terutama meliputi: minyak bumi, gas alam, dan batu bara. Permintaan energi tidak terbarukan telah tumbuh pesat, dimana pertumbuhan konsumsi energi nasional berkisar 5-7% pertahun [2].

Ketergantungan terhadap energi tidak terbarukan secara perlahan harus dikurangi. Disamping suplai bahan energi tidak terbarukan yang terus mengalami penurunan, harga bahan bakar ini juga sangat mudah mengalami

fluktuasi bahkan cenderung mengalami kenaikan. Disamping itu polusi yang diakibatkan oleh pembakaran bahan fosil telah terbukti juga dapat mengganggu kesehatan dan mencemari lingkungan [3]. Oleh karena itu maka perlu usaha untuk melakukan perpindahan dari energi tidak terbarukan ke energi terbarukan, salah satunya yaitu energi terbarukan yang bisa dimanfaatkan dan memiliki sumber energi tidak terbatas yaitu biogas.

Biogas merupakan energi yang dihasilkan oleh teknologi tepat guna dari proses fermentasi biomassa seperti limbah yang berasal dari kotoran ternak, limbah dari rumah makan, limbah sampah, limbah pabrik, sisa-sisa panen [4][5]. Biogas merupakan gas yang dapat dijadikan bahan bakar alternatif untuk menggantikan bahan bakar yang berasal dari energi tidak terbarukan seperti minyak tanah dan gas alam. Biogas juga sebagai salah satu jenis bioenergi yang didefinisikan sebagai gas yang dilepaskan jika bahan-bahan organik seperti kotoran ternak, kotoran manusia, jerami, sekam dan daun-daun hasil sortiran sayur difermentasi atau mengalami proses metanisasi [6][7]. Kotoran atau tinja manusia merupakan salah satu bahan baku pembuatan biogas yang memiliki potensi yang sangat besar. Potensi limbah tinja manusia yang banyak dapat ditemukan di beberapa tempat seperti sekolah, perkantoran, perumahan dan lain sebagainya.

Salah satu sekolah yang dipilih sebagai studi kasus adalah Pondok Pesantren Jabal Nur. Pondok Pesantren Jabal Nur Kandis, Siak, Riau, Indonesia, tingkat pendidikannya yaitu dari MTS dan MA. Total santri dan santiawati pada pondok tersebut dan tinggal disana berjumlah 820 orang dan semua santri dan santriwati tinggal di pondok tersebut [8]. Berdasarkan wawancara dengan salah satu pengurus dapur di pondok pesantren tersebut, diketahui bahwa Saat ini, pondok pesantren menggunakan gas LPG 3 kg, dengan kebutuhan harian sekitar 2 tabung. Dalam satu bulan, total penggunaan gas LPG mencapai 60 tabung perbulan. Dengan semakin meningkatnya jumlah santri maka semakin besar juga konsumsi gas LPG serta Limbah tinja yang dihasilkan, oleh karena itu pemanfaatan tinja manusia sebagai sumber biogas di Pondok Pesantren Jabal Nur, Kandis dapat menjadi salah satu alternatif. Biogas yang telah dihasilkan akan digunakan sebagai bahan bakar memasak. Pemilihan tinja manusia sebagai bahan baku biogas didasarkan pada ketersediaan yang kontinu dan kandungan bahan organik yang cukup tinggi. Selain itu, pengelolaan tinja yang baik dapat mengurangi pencemaran lingkungan dan risiko penyebaran penyakit [9].

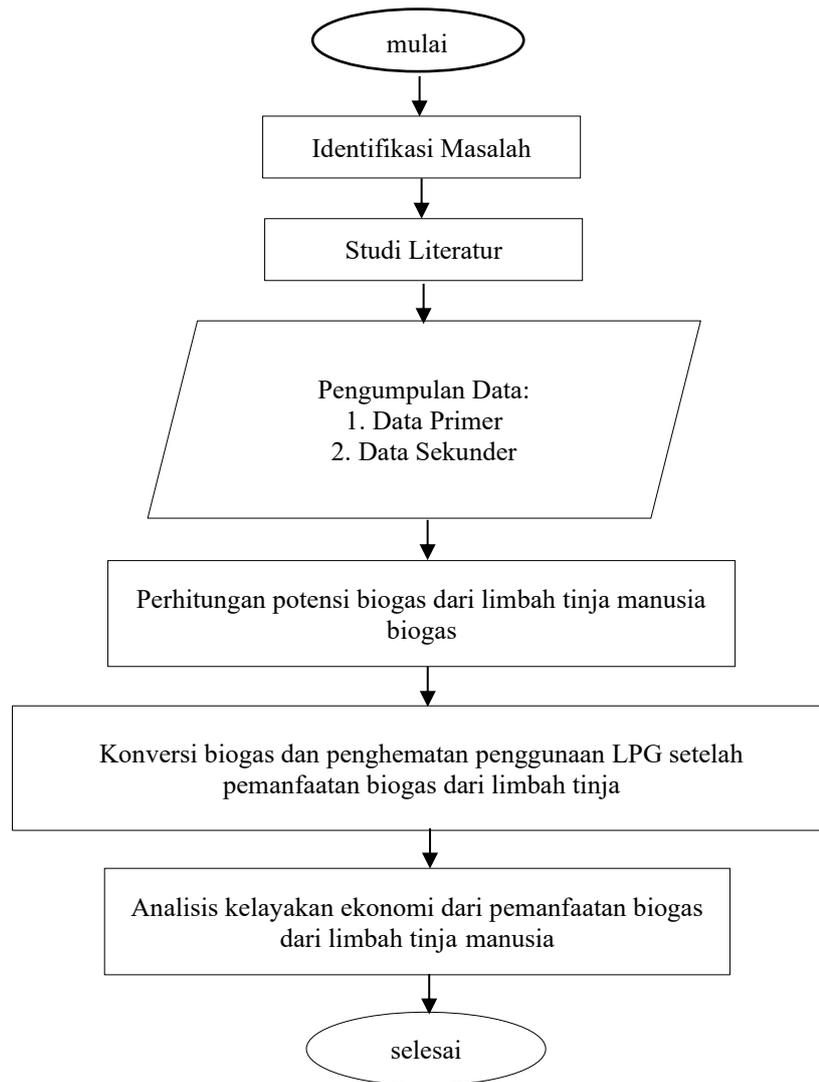
Permasalahan pemanfaatan tinja manusia telah dibahas dalam berbagai penelitian sebelumnya. Misalnya, penelitian [10] mengenai potensi biogas di wilayah Magelang menunjukkan bahwa produksi biogas di daerah tersebut mencapai 86.690 m³, setara dengan 43.345 kg gas LPG atau 14.448 tabung LPG 3 kg, yang dapat memenuhi kebutuhan memasak bagi sekitar 278 rumah tangga selama satu tahun. Penelitian lainnya [2] menganalisis potensi feses sebagai bahan bakar alternatif di Pondok Pesantren Syech Walid Thaib Saleh Indragiri Teluk Sungka, dan menemukan bahwa biogas yang dihasilkan sebesar 0,154 m³/hari dapat dikonversikan menjadi bahan bakar setara dengan LPG 0,07084 kg atau kayu bakar 0,539 kg.

Studi lain [11] meneliti pemanfaatan biogas dari limbah MCK umum di Pasar Prabumulih dan menemukan bahwa biogas yang dihasilkan sebesar 3,5 m³/hari hanya mampu memenuhi kebutuhan memasak satu keluarga berisi 5-6 orang dan untuk penerangan tiga lampu selama lima jam. Penelitian lainnya [12] membahas kelayakan finansial pemanfaatan limbah kotoran sapi untuk biogas di Pondok Pesantren Khairul Ummah, yang hasilnya menunjukkan bahwa proyek ini layak secara ekonomi.

Dari beberapa penelitian di atas memiliki kelebihan masing masing. Rumusan masalah dalam penelitian ini diangkat dari kenyataan bahwa limbah tinja manusia di Pondok Pesantren Jabal Nur, Kandis, Riau, belum dimanfaatkan secara optimal sebagai sumber energi alternatif, padahal jumlahnya cukup besar dan berpotensi menghasilkan biogas. Di sisi lain, kebutuhan energi untuk memasak di pondok pesantren tersebut masih sepenuhnya bergantung pada gas LPG, yang penggunaannya terus meningkat seiring bertambahnya jumlah santri. Pada penelitian ini bertujuan untuk menghitung potensi tinja manusia menjadi bahan bakar biogas dengan perhitungan matematis merujuk pada penelitian [9] [2] [10]. Kemudian menghitung seberapa besar penghematan penggunaan gas LPG yang dapat dicapai apabila biogas tersebut dimanfaatkan merujuk pada penelitian [11]. serta apakah pemanfaatan biogas ini layak secara ekonomi berdasarkan analisis Net Present Value (NPV), Net Benefit-Cost Ratio (Net B/C), dan Payback Period (PBP). merujuk pada penelitian [12].

2. Metode penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian kuantitatif yang menggunakan pendekatan deskriptif dan analitik. Dalam penelitian ini, data yang digunakan terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh langsung dari Pondok Pesantren Jabal Nur, seperti jumlah santri, kebutuhan harian gas LPG, dan data tentang limbah tinja yang dihasilkan. Sementara itu, data sekunder berasal dari literatur dan penelitian sebelumnya yang mencakup informasi mengenai kandungan bahan kering tinja, potensi biogas, serta kelayakan ekonomi biogas.

Gambar 1. *Flowchart* penelitian

Pada penelitian ini, akan dilakukan pemanfaatan tinja manusia sebagai sumber biogas di Pondok Pesantren Jabal Nur, Kandis. Biogas yang telah dihasilkan akan digunakan sebagai bahan bakar memasak. Pemilihan tinja manusia sebagai bahan baku biogas didasarkan pada ketersediaan yang kontinu serta kandungan bahan organik yang cukup tinggi, sehingga dapat dimanfaatkan secara efektif sebagai energi terbarukan. Selain itu, pengelolaan tinja yang baik dapat mengurangi pencemaran lingkungan dan risiko penyebaran penyakit [9]. Metode penelitian yang digunakan yaitu metode kuantitatif. Data yang digunakan pada penelitian ini yaitu berupa data primer dan data sekunder.

A. Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini yaitu data primer dan data sekunder

1. Data Primer

Data primer merupakan data yang didapatkan langsung dari pihak Pihak Pesantren Jabal Nur, data yang di peroleh sebagai berikut:

Tabel 1 Data yang Diperlukan

Data yang diperlukan	Keterangan
Jumlah santri dan santriwati (2024)	820 orang
Gas LPG	60 Tabung gas 3 kg per bulan

Tabel 1 di atas merupakan data jumlah santri dan santriwati yang di tinggal di pondok pesantren pada tahun 2024 dan bahan bakar Gas LPG yang digunakan untuk memasak lauk dan menanak nasi dalam 1 bulan. Jumlah santri dan santriwati digunakan untuk menghitung jumlah tinja yang dihasilkan yang akan dihitung potensi energy biogas, gas LPG digunakan untuk mengetahui apakah dengan potensi biogas yang dihasilkan dari tinja manusia tersebut dapat memenuhi untuk kebutuhan memasak pada Pondok Pesantren Tersebut.

2. Data sekunder

Adapun data sekunder yang digunakan diambil dari referensi dari jurnal terkait. Terdiri dari beberapa data yaitu, data kandungan bahan kering dan volume biogas yang dihasilkan dari tiap jenis kotoran, data perbandingan hasil konversi biogas ke bahan bakar lain.

- a. Data kandungan bahan kering dan volume gas yang dihasilkan dari tiap jenis kotoran

Tabel 2 Kandungan bahan kering dan volume gas yang dihasilkan tiap jenis kotoran [14]

Jenis	Banyak Tinja (kg/hari)	Kandungan Bahan Kering (%)	Biogas yang Dihasilkan (m ³)
Sapi /Kerbau	25-30	20	0,023-0,040
Kambing /Domba	2,23	26	0,040-0,059
Ayam	0,18	28	0,065-0,116
Itik	0,34	38	0,065-0,116
Unggas	7	9	0,040-0,060
Manusia	0,25-0,40	23	0,020-0,028

Tabel 2 diatas merupakan kandungan bahan dan volume gas yang dihasilkan dari setiap jenis kotoran, pada penelitian ini kandungan biogas yang digunakan yaitu tinja manusia. Kandungan biogas tersebut sebagai acuan untuk perhitungan potensi biogas yang dihasilkan dari tinja manusia di Pondok Pesantren Jabal Nur.

- b. Data perbandingan hasil konversi biogas ke bahan bakar lain.

Tabel 3. Perbandingan hasil pembakaran biogas dengan bahan bakar lain hasil biogas setara bahan bakar lain [15]

1 m³ Biogas	Elpiji 0,46 kg
	Minyak Tanah 0,62 liter
	Minyak Solar 0,52 liter
	Bensin 0,80 liter
	Gas Kota 1,50 m ³
	Kayu Bakar 3,50 kg

Tabel 3 diatas merupakan hasil perbandingan biogas dengan bahan bakar lain, data ini digunakan sebagai perbandingan bahan bakar biogas yang dihasilkan dari tinja manusia dengan bahan bakar lain, yaitu ketika di konversi menjadi gas elpiji dan kayu bakar. Pada penelitian ini, biogas yang dihasilkan dari tinja manusia pada Pondok Pesantren Jabal Nur akan di konversikan menjagag elpiji dan kayu bakar.

B. Perhitungan potensi biogas

Untuk melakukan perhitungan potensi biogas diperlukan beberapa langkah perhitungan yaitu:

1. Jumlah Berat Kotoran Manusia

Jumlah santri dan santriwati di Pondok Pesantren Jabal Nur berjumlah 820 orang, apabila jumlah tinja manusia per hari 0,25 kg/orang, maka

$$\sum_n = 0,25 \cdot X \quad (1)$$

Dimana:

\sum_n = Jumlah Tinja yang Dihasilkan (Kg)

0,25 = Banyak Tinja (Kg/Hari)

X = Jumlah Santri

2. kandungan kering Tinja Manusia

Dapat dilihat pada tabel 2, kandungan dari tinja manusia yaitu 77 % air dan 23% total solid (materi padat), sehingga:

$$\text{Total Solid} = \text{kandungan Kering (\%)} \times \text{tinja manusia (kg/hari)} \quad (2)$$

Setelah di hitung berapa kandungan kering dari tinja manusia, sehingga bisa dihitung berapa biogas yang dapat dihasilkan di Pondok Pesantren Jabal Nur tersebut.

3. Potensi Biogas

Setelah didapatkan berapa kandungan kering dari kotoran manusia yang dihasilkan selama satu hari di Pondok Pesantren Jabal Nur, maka bisa di hitung berapa potensi biogas yang dapat dihasilkan menggunakan persamaan berikut:

$$Bg = TS \times 0,020 \quad (3)$$

Dimana:

Bg = Potensi Biogas Per Hari (m^3/hari)

TS = Total Solid (kg)

0,020 = Jumlah Biogas yang dihasilkan (m^3)

Setelah didapatkan berapa biogas yang dihasilkan selama satu menggunakan persamaan diatas, maka akan dihitung berapa biogas yang dihasilkan selama 30 hari.

C. Konversi biogas dan penghematan penggunaan LPG setelah pemanfaatan biogas dari limbah tinja.

Setelah didapatkan berapa potensi biogas yang dihasilkan selama 30 hari di Pondok Pesantren Jabal Nur, biogas tersebut akan digunakan sebagai kebutuhan memasak di pondok pesantren tersebut. Dimana kegiatan memasak di pondok pesantren tersebut menggunakan gas LPG, maka biogas yang dihasilkan dari tinja manusia yang telah di hitung sebelumnya akan di konversi menjadi gas LPG dengan merujuk pada tabel 3. Setelah itu dapat dilakukan perbandingan penggunaan bahan bakar LPG sebelum dan sesudah adanya biogas dari tinja manusia.

D. Analisis Kelayakan Ekonomi

Kelayakan ekonomi merupakan salah satu aspek penting untuk menentukan apakah sebuah teknologi layak dan tidaknya untuk diterapkan. Salah satu cara yang digunakan adalah memproyeksi aliran kas. Aliran kas dalam pengembangan biogas terdiri dari aliran kas masuk dan aliran kas keluar. Aliran kas masuk (inflow) berasal dari penerimaan harga biogas yang dihasilkan (disetarakan dengan harga minyak tanah). Arus kas keluar (outflow) berasal dari pengeluaran biaya investasi untuk pembangunan instalasi biogas dan biaya operasional. Selisih antara keduanya merupakan suatu keuntungan atau kerugian dari penerapan instalasi biogas [10].

Dalam menentukan analisis kelayakan ekonominya mengacu ke penelitian [12] yaitu NPV (*net present value*), Net B/C (*Net Benefit-Cost Ratio*) dan PBP (*Pay Back Racio*). Untuk menentukan hal tersebut dapat menggunakan persamaan berikut:

$$NVP = \sum_{t=1}^n = \frac{Bt - Ct}{(1+i)^t} \quad (3)$$

$$\frac{B}{C} \text{ ratio} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{Bt}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{Ct}{(1+i)^t}} \tag{4}$$

$$PBP = \frac{I}{A} \tag{5}$$

keterangan:

NVP= net present value (Rp)

Bt = aliran kas masuk pada tahun ke-t (Rp)

Ct = aliran kas keluar pada tahun ke-t (Rp)

t = tahun ke-t

I = tingkat suku bunga (%/tahun)

n = umur ekonomi alat (tahun)

PBP = jumlah waktu untuk pengembalian modal

I = biaya investasi (Rp)

A = benefit tiap tahun (Rp)

E. Anaerobic digester

Anaerobic digester adalah perangkat atau tangki tertutup yang dirancang untuk menguraikan bahan organik secara anaerob atau tanpa oksigen, menghasilkan biogas sebagai sumber energi terbarukan. *Anaerobic digester* dibagi menjadi 2 tipe yaitu:

1. Tipe batch

Tipe batch bekerja dengan cara memasukkan semua bahan organik ke dalam digester sekaligus, lalu fermentasi berlangsung tanpa penambahan bahan baru hingga selesai. Setelah itu, residu dikeluarkan dan siklus diulang. Tipe ini memiliki kelebihan desain sederhana dan murah, tidak membutuhkan pengisian dan pengeluaran secara rutin. Kekurangan dari tipe ini ada jeda waktu antara siklus fermentasi dan kurang cocok untuk kebutuhan energi yang stabil. Cocok untuk rumah tangga atau proyek skala kecil dengan kebutuhan gas tidak konstan [11].

2. Tipe continuous

Digester tipe continuous dirancang untuk memungkinkan pengisian dan pengeluaran bahan secara teratur. Limbah organik dimasukkan secara berkala ke dalam digester, dan pada saat yang sama, residu hasil fermentasi dikeluarkan. Proses ini memungkinkan produksi biogas yang lebih stabil dan berkelanjutan, cocok untuk kebutuhan energi yang konstan seperti di komunitas atau industri. Meskipun demikian, sistem ini memerlukan pengawasan yang lebih intensif dan kontrol yang lebih cermat terhadap parameter operasional, seperti suhu, pH, dan pencampuran bahan, untuk memastikan kondisi fermentasi tetap optimal. Tipe continuous juga lebih kompleks dan membutuhkan biaya pemeliharaan yang lebih tinggi dibandingkan tipe batch, tetapi memiliki keuntungan dalam menghasilkan biogas secara berkelanjutan tanpa adanya jeda waktu [11].

3. Hasil dan pembahasan

Pada penelitian ini, pemanfaatan biogas dari tinja manusia menggunakan metode anaerobic digestion yang akan di gunakan sebagai bahan bakar memasak berlokasi di Pondok Pesantren Jabal Nur, kandis. hasil penelitian berupa analisa jumlah santri, tinja yang dihasilkan, potensi biogas yang dihasilkan, dan analisis kelayakan ekonominya di Pondok Pesantren Jabal Nur.

Pemanfaatan tinja manusia sebagai sumber biogas didasarkan pada beberapa penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa tinja manusia memiliki kandungan organik yang cukup tinggi dan mampu menghasilkan gas metana melalui proses anaerobic digestion. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa pemanfaatan tinja sebagai sumber energi dapat mengurangi dampak lingkungan akibat pembuangan limbah domestik yang tidak dikelola dengan baik.

Tabel 5. Jumlah Santri dan Tinja yang Dihasilkan

Tahun	Santrwan dan santriwati (orang)	Tinja yang dihasilkan Per Hari (kg)
2023	783	195,75
2024	820	205

Tabel 5 menunjukkan jumlah santriwan dan santriwati Pondok Pesantren Jabal Nur. Dapat dilihat jumlahnya yaitu 820 orang pada tahun 2024. Untuk 1 orang santriwan atau santriwati dalam sehari dihasilkan 0,25 kg tinja. Maka, tinja yang dihasilkan selama sehari pada tahun 2023 dengan jumlah santriwan dan santriwati sebanyak 783 orang adalah 195,75 kg, dan pada tahun 2024 sebanyak 205 kg. Tinja yang dihasilkan bergantung pada jumlah orang yang ada di pondok tersebut. Semakin banyak orang, semakin banyak pula tinja yang dihasilkan.

A. Potensi Biogas yang Dihasilkan dari tinja manusia

Tabel 6. Potensi Biogas yang Dihasilkan

Tahun	Kandungan Kering	Biogas yang Dihasilkan per hari (m ³)	Biogas yang Dihasilkan Per Bulan (m ³)
2023	45,02	0,90	27,01
2024	47,15	0,943	28,29

Tabel 6 menunjukkan potensi biogas yang dihasilkan di Pondok Pesantren Jabal Nur. Untuk perhitungan potensi biogas yang dihasilkan, kandungan kering yang akan diproses menjadi biogas diperhitungkan. Dalam sehari manusia menghasilkan tinja sebanyak 0,25 kg, dengan kandungan kering sebesar 23%, yang dapat menghasilkan biogas sebanyak 0,020 m³. Dengan demikian, Pondok Pesantren Jabal Nur menghasilkan biogas pada tahun 2023 sebanyak 0.90 m³ dalam sehari, jika dihitung selama sebulan mencapai 27,01 m³. Pada tahun 2024, biogas yang dihasilkan sebanyak 0,943 m³/hari dan dalam sebulan mencapai 28,29 m³. Potensi biogas yang dihasilkan tergantung dari banyaknya santriwan dan santriwati di pondok tersebut; semakin banyak orang, semakin besar jumlah biogas yang dihasilkan.

B. Konversi Biogas ke LPG

Setelah didapatkan hasil dari perhitungan potensi biogas dapat dilakukan konversi dari biogas ke gas LPG melalui data dari tabel 3.

Tabel 7. Konversi Biogas ke Gas LPG dan Kayu Bakar

Tahun	Hasil Konversi Biogas Ke Bahan Bakar Gas Elpiji (Kg/bulan)	Hasil Konversi Biogas Ke Bahan Bakar Gas Elpiji (Tabung/bulan)
2023	12,426	4,14
2024	13,01	4,33

Tabel 7 menunjukkan hasil konversi biogas ke gas LPG. Untuk 1 m³ biogas dapat menghasilkan gas LPG sebanyak 0,46 kg. Maka dalam 1 bulan, dengan jumlah biogas yang dihasilkan sebanyak 28,29 m³ pada tahun 2024, dapat menghasilkan gas LPG sebanyak 13,01 kg atau setara dengan 4,33 tabung gas LPG 3 kg [16]. Dapat disimpulkan bahwa banyaknya gas LPG yang dihasilkan tergantung dari jumlah orang yang ada di pondok tersebut karena biogas yang dihasilkan berbanding lurus dengan jumlah orang yang ada di pondok tersebut.

C. Penghematan penggunaan gas LPG Sebelum dan Setelah Penggunaan Biogas dari Tinja Manusia sebagai kebutuhan memasak di Pondok Pesantren Jabal Nur

Tabel 8. Penggunaan gas LPG setelah adanya biogas (2024)

waktu	penggunaan gas LPG sebelum menggunakan biogas (tabung 3kg)	penggunaan gas LPG setelah menggunakan biogas (tabung 3 kg)	Harga gas LPG (tabung 3 kg)
1 bulan	60	55,67	22.000

Tabel 8 menunjukkan penggunaan gas setelah menggunakan biogas. Sebelum adanya biogas, Pondok Pesantren Jabal Nur menggunakan gas LPG untuk memasak sebanyak 60 tabung dalam satu bulan. Setelah adanya biogas, dapat menghemat penggunaan gas LPG sebanyak 4,33 tabung per bulan. Jika dikonversi

dalam bentuk nilai rupiah, penghematan yang diperoleh dalam 1 bulan mencapai Rp.95.000 jika dalam 1 tahun menghemat Rp.1.140.000.

D. Analisis Kelayakan Ekonomis

Untuk dapat menentukan kelayakan ekonomis dari suatu proyek diperlukan beberapa langkah, pertama menghitung *inflow* dan *outflow*, menghitung NPV, net B/C, PBP.

1. *Inflow dan outflow*

Untuk dapat menentukan *inflow* dari proyek ini dapat dilihat pada tabel 8. Yaitu dari harga gas LPG yaitu Rp.22.000 jika diasumsikan dari pemasukan dalam 1 bulan menghasilkan sebanyak Rp.95.000 jika dalam 1 tahun dapat menghemat sebesar Rp.1.140.000. Dalam rencana Perancangan kompor biogas dari limbah tinja manusia menggunakan metode anaerobic digester. Alat alat pembuatannya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 9. Peralatan dan biaya Pembuatan Kompor Biogas

Alat	Biaya (Rp)	Jumlah
Reaktor	7.080.000	2 buah
Peralatan	520.000	
Kompor Biogas	500.000	1 buah
Cangkul	50.000	2 buah
Sekop	30.000	2 buah
total	8.180.000	-

Tabel 9 di atas merupakan peralatan dan bahan biaya yang digunakan untuk membuat kompor biogas(*outflow*). Total biaya yang di perlukan yaitu Rp. 8.180.000. setelah didapatkan biaya investasi pembuatan kompor biomassa, selanjutnya akan menghitung kelayakan ekonomi pembuatan kompor biogas tersebut.

Setelah didapatkan biaya investasi pembuatan kompor biogas, selanjutnya dilakukan perhitungan kelayakan ekonomi pembuatan kompor tersebut.

2. Kelayakan Ekonomi

Pada penelitian kali ini, digunakan beberapa kriteria kelayakan usaha yaitu NVP, Net B/C dan PBP. Analisis kelayakannya menggunakan suku bunga sebesar 10%.

Tabel 11. Nilai dan Kriteria Investasi Pengolahan Tinja Manusia Menjadi Biogas

Kriteria Investasi	Nilai
<i>Net Present Value (NPV)</i>	-Rp.1.174.700
<i>Net Benefit Cost Ratio (net B/C)</i>	0,856
<i>Payback Period (Tahun)</i>	7,18

Dapat di lihat pada tabel 11 diatas merupakan nilai kriteria investasi pemanfaatan tinja manusia menjadi biogas di Pondok Pesantren Jabal Nur. Dari perhitungan yang telah dilakukan rencana instalasi biogas dengan kesetaraan harga gas LPG ini layak untuk di usahakan karena nilai NVP dari pendapatan yang diterima negatif selama 10 tahun pada tingkat suku bunga 10%. Nilai *net B/C* yang didapatkan pada tingkat suku bunga 10% yaitu 0,856 artinya bahwa setiap pengeluaran Rp. 1,00 akan menghasilkan manfaat sebesar Rp. 0,856. Sedangkan nilai pengembalian investasi atau PBP baru dapat dilunasi pada tahun ke-7 bulan ke-2.

Selain aspek teknis dan finansial, perlu dipertimbangkan juga manfaat tidak langsung dari proyek ini yang tidak tercermin langsung dalam perhitungan ekonomi. Misalnya, proyek ini berkontribusi terhadap pengurangan emisi karbon akibat pengurangan konsumsi LPG, serta pengelolaan limbah tinja yang lebih higienis sehingga berdampak positif pada kesehatan lingkungan pesantren. Dari sisi keberlanjutan, proyek ini memiliki potensi dikembangkan lebih lanjut melalui skema pendanaan lingkungan (*green financing*) atau insentif dari pemerintah terkait energi terbarukan. Dengan pendekatan sistem yang lebih efisien, penggunaan teknologi biodigester yang lebih modern, serta edukasi berkelanjutan kepada santri dan pengelola, proyek ini dapat menjadi model percontohan bagi institusi pendidikan lainnya.

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisis yang telah diperoleh dapat disimpulkan beberapa hal yaitu:

1. pemanfaatan limbah tinja manusia sebagai biogas untuk kebutuhan memasak di Pondok Pesantren Jabal Nur, dengan jumlah santri sebanyak 820 orang pada tahun 2024 dapat menghasilkan biogas sebesar 0,943 m³ per hari, jika dalam sebulan sebesar 28,29 m³, jika di konversikan menjadi gas LPG dengan biogas sebesar 28,29 m³ yaitu sebesar 13,01 kg per bulan.
2. Setelah adanya biogas dari tinja manusia di Pondok Pesantren Jabal Nur ini dapat menghemat kebutuhan gas LPG sebesar 13,01 kg per bulan atau jika dirupiahkan menghemat sekitar Rp.95.000 jika dalam 1 tahun dapat menghemat hingga Rp.1.140.000.
3. Dari perhitungan yang telah dilakukan, pengolahan limbah tinja manusia di Pondok Pesantren Jabal Nur ini di tinjau secara kelayakan ekonomis tidak mampu memperoleh tingkat pengembalian yang memenuhi standar kelayakan karena nilai yang di peroleh kurang dari 1. Nilai NVP sebesar -Rp.1.174.700 dan nilai Net B/C yaitu 0,856 dan PBP yaitu 7,18 atau 7 tahun 2 bulan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. L. Talakua, "Pemanfaatan Tinja Manusia Sebagai Bio Energi Alternatif Melalui Perancangan Sistem Instalasi Pipa Pembuangan Septik-Tank Tersentralisasi Pada Perencanaan Pembangunan Perumahan," *Tecnoscienza*, vol. 3, no. 2, pp. 178–194, 2019.
- [2] K. Ihwan, "Analisa Potensi Feses Sebagai Bahan Bakar Alternatif Di Pondok Pesantren Syech Walid Thaib Saleh Indragiri Teluk Sungka," *Selodang Mayang*, vol. 2, no. 3, pp. 166–169, 2016.
- [3] H. Sakke tira, N. Nurpatria, T. Rachmanto, and S. Sugiman, "Pemanfaatan Kotoran Ternak Untuk Biogas Sebagai Energi Terbarukan di SMA Negeri 1 Dompu," *J. Karya Pengabdian*, vol. 2, no. 1, pp. 19–25, 2020, doi: 10.29303/jkp.v2i1.49.
- [4] M. I. S. Hidayatullah, H. S. Tira, and Y. A. Padang, "Pengaruh Variasi C/N Ratio terhadap Volume Produksi Biogas Kotoran Ternak Ayam Petelur The Influence of C/N Ratio to The Volume of Biogas Production From Chicken Manure," *Din. Tek. Mesin*, vol. 6, no. 2, pp. 1–19, 2019.
- [5] Sunaryo, "Rancang bangun reaktor biogas untuk pemanfaatan limbah kotoran ternak sapi di desa limbangan kabupaten banjarnegara," *J. PPKM UNSIQ I*, pp. 21–30, 2014.
- [6] J. Tangio, "Pemanfaatan Biomassa Enceng Gondok Dari Danau Limboto Sebagai Penghasil Biogas," *Jambura J. Chem.*, vol. 1, no. 1, pp. 27–33, 2019, doi: 10.34312/jambchem.v1i1.2105.
- [7] N. Hendrasarie and E. RP, "Pelatihan Pembuatan Biogas Dari Limbah Rumah Makan Dan Tinja," *Abdimas Unwahas*, vol. 6, no. 2, pp. 164–170, 2021, doi: 10.31942/abd.v6i2.5687.
- [8] pondok pesantren jabal nur Kandis, "No Title," pondok pesantren jabal nur kandis. [Online]. Available: <https://pondokpesantrenjabalnur.com/>
- [9] A. Z. Ra, S. -, and Y. -, "Potensi Sumber Biogas Berbasis Tinja Pada Suatu Cluster Perumahan," *Karst J. Pendidik. Fis. DAN Ter.*, vol. 4, no. 1, pp. 33–39, 2021, doi: 10.46918/karst.v4i1.917.
- [10] R. Puspita Dewi and M. Kholik, "228481297," *J. Mech. Eng.*, vol. 2, no. 1, 2018.
- [11] A. Riyawan and P. S. Pudyastuti, "Pemanfaatan Biogas Dari Limbah MCK Umum Di Pasar Prabumulih," 2019, [Online]. Available: http://eprints.ums.ac.id/id/eprint/78246%0Ahttp://eprints.ums.ac.id/78246/1/NASKAH_PUBLIKASI.pdf
- [12] K. Sapi and U. Menghasilkan, "ANALYZE FEASIBILITY FINANCIAL PROPER BY USING DUMP OF," vol. 3, no. 2, pp. 1–11, 2016.
- [13] M. Marsudi, "Produksi Biogas Dari Limbah Rumah Tangga Sebagai Upaya Mengatasi Krisis Energi Dan Pencemaran Lingkungan," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 1, no. 2, pp. 77–85, 2012, doi: 10.24127/trb.v1i2.650.
- [14] M. Fatwarizaldi, T. Tachrir, and A. Lolok, "Analisis Potensi Biogas Kotoran Ternak Sapi Sebagai Pemanfaatan Energi Listrik Alternatif," *J. Fokus Elektroda Energi List. Telekomun. Komputer, Elektron. dan Kendali*, vol. 6, no. 2, p. 94, 2021, doi: 10.33772/jfe.v3i2.6640.
- [15] S. Samnur and A. M. Irfan, "Analisis Kesetaraan Nilai Kalor LPG dengan Biogas dari Biodigester Skala Rumah Tangga," *Tek. Mesin Teknol.*, pp. 103–110, 2011, [Online]. Available: <https://ojs.unm.ac.id/teknologi/article/view/24018%0Ahttps://ojs.unm.ac.id/teknologi/article/download/24018/12212>
- [16] N. Utama and M. Jelita, "Analisis Perbandingan Bahan Bakar Gas dan Energi Listrik Dari Biogas Dengan Memanfaatkan Feses Manusia," *J. Al-AZHAR Indones. SERI SAINS DAN Teknol.*, vol. 9, no. 1, p. 82, 2024, doi: 10.36722/sst.v9i1.2619.