

DOI <http://dx.doi.org/10.36722/sst.v9i1.2619>

Analisis Perbandingan Bahan Bakar Gas dan Energi Listrik Dari Biogas Dengan Memanfaatkan Feses Manusia

Nanda Utama^{1*}, Marhama Jelita¹

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Jl. HR. Soebrantas No. 155 Panam, Pekanbaru, 28293.

Penulis untuk Korespondensi/E-mail: nandautama0304@gmail.com

Abstract – The increasing population growth every year results in many problems, the problem that arises is the increasing amount of waste in the form of human feces that is thrown into septic tanks. Large amounts of human feces can be found, such as in Islamic boarding schools with the number of students continuing to increase, causing the amount of feces to also continue to increase. The problem of human feces can be overcome by utilizing feces into biogas. Utilizing biogas is a solution to replace fossil fuels and also prevents human waste from polluting the environment. The aim of the research is to find out the potential amount of student feces, find out the biogas produced using the anaerobic method, find out the results of converting biogas to LPG fuel and electrical energy and compare the costs of the energy conversion process so as to save the operational costs of the Islamic boarding school. The amount of feces produced from 59 people was 14.75 kg/day with the biogas obtained being 0.068 m³/day, the conversion of biogas to LPG fuel as much as 0.03128 kg/day, the electrical energy produced was 223,892 kJ/day, the result of converting biogas to electrical energy is 0.06224 kWh/day, the cost of saving gas fuel is IDR. 33,456 and the cost of saving electrical energy is Rp. 2,524. So the result of using biogas from human feces is that the greatest energy obtained is electrical energy, while the greatest savings are gas fuel.

Abstrak - Meningkatnya pertumbuhan penduduk setiap tahunnya mengakibatkan banyak permasalahan, masalah yang timbul yaitu meningkatnya jumlah limbah berupa feses manusia yang dibuang ke dalam *septic tank*. Jumlah feses manusia yang banyak dapat ditemukan seperti di pesantren dengan jumlah santri yang terus meningkat menyebabkan jumlah feses juga terus meningkat. Permasalahan feses manusia dapat diatasi dengan memanfaatkan feses menjadi biogas. Pemanfaatan biogas merupakan salah satu solusi pengganti bahan bakar fosil dan juga mencegah limbah manusia agar tidak mencemari lingkungan. Tujuan penelitian yaitu mengetahui jumlah potensi feses santri, mengetahui biogas yang dihasilkan dengan metode anaerob, mengetahui hasil dari konversi biogas ke bahan bakar gas elpiji dan energi listrik serta perbandingan biaya dari proses konversi energi tersebut sehingga menghemat biaya pengeluaran operasional pesantren. Jumlah feses yang dihasilkan dari 59 orang sebesar 14,75 kg/hari dengan biogas yang didapat sebanyak 0,068 m³/hari, hasil konversi biogas ke bahan bakar gas elpiji sebanyak 0,03128 kg/hari, energi listrik yang dihasilkan sebesar 223,892 kJ/hari, hasil konversi biogas ke energi listrik sebesar 0,06224 kWh/hari, biaya penghematan bahan bakar gas sebesar Rp. 33.456 dan biaya penghematan energi listrik sebesar Rp. 2.524. Jadi hasil pemanfaatan biogas dari feses manusia energi yang didapat paling besar yaitu energi listrik sedangkan penghematan paling besar yaitu bahan bakar gas.

Keywords - Human Feces, Gas Fuel, Electrical Energy, Biogas, Anaerobic Methods.

PENDAHULUAN

Seiring pertumbuhan penduduk yang semakin meningkat tiap tahunnya, maka kebutuhan energi akan semakin meningkat pula, tercatat

Indonesia sendiri berada pada urutan ke 4 dunia dengan jumlah penduduk terbanyak dengan jumlah 275,8 juta jiwa [1]. Meningkatnya jumlah penduduk tersebut maka kebutuhan energi dari waktu ke waktu juga semakin meningkat [2]. Kebanyakan

masyarakat Indonesia masih mengandalkan energi tidak terbarukan seperti energi fosil untuk memenuhi kebutuhan energi sehari-hari misalnya memasak, listrik dan lain lain. Keberadaan energi fosil semakin lama semakin menipis dan banyak dampak negatif bagi lingkungan, solusi dari penggunaan energi fosil tersebut salah satunya beralih ke energi terbarukan [3]. Energi terbarukan adalah energi yang berasal dari alam yang tidak akan pernah habis dan dapat diperbaharui jika dikelola dengan baik [4]. Sumber daya energi di Indonesia yang melimpah dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif atau energi terbarukan pengganti energi fosil [5]. Adapun sumber energi terbarukan antara lain energi surya, energi panas bumi, energi angin, energi air, energi nuklir, dan energi biogas yang berasal dari limbah tumbuhan, hewan, dan manusia [6]. Salah satu sumber energi biogas yaitu feses manusia karena semakin hari jumlah pertumbuhan penduduk meningkat yaitu potensi limbah manusia [7]. Penghasil feses manusia yang banyak dapat ditemukan seperti sekolah, perkantoran, perumahan dan lain sebagainya. Salah satu tempat penghasil feses manusia yaitu di sekolah, contohnya di Sekolah Menengah Pertama Islam Terpadu Al Hakim *Boarding School* Bandar Sei Kijang (SMP IT Al Hakim *Boarding School* Bandar Sei Kijang).

SMP IT Al Hakim *Boarding School* Bandar Sei Kijang merupakan Sekolah Menengah Pertama Islam Terpadu yang didirikan oleh H. Abdul Hakim Harun pada tahun 2019 yang beralamat di Jl. Lintas Timur km.39 Desa Lubuk Ogung Kecamatan Bandar Sei Kijang Kabupaten Pelalawan Provinsi Riau dengan luas lahan lebih kurang tiga hektar. Pada SMP IT Al Hakim *Boarding School* memiliki jumlah santri sebanyak 57 orang masing-masing santri putra 33 orang dan santri putri 24 orang yang semua tinggal di asrama. Berdasarkan wawancara dengan Bapak Alif Ramadhan selaku sekretaris yayasan jumlah santri setiap tahunnya meningkat tercatat mulai dari tahun pertama sebanyak 3 orang, tahun kedua 25 orang, tahun ketiga 29 orang dan tahun keempat berjumlah 57 orang. Fasilitas yang ada pada SMP IT Al Hakim *Boarding School* Bandar Sei Kijang diantaranya enam ruang belajar, satu masjid, satu kantor, dua rumah guru dan dua asrama. Pada SMP IT Al Hakim *Boarding School* Bandar Sei Kijang memiliki dua asrama yaitu asrama putra dan asrama putri, selain santri masing-masing asrama memiliki 1 orang penjaga asrama. Fasilitas yang dimiliki asrama antara lain 6 ruangan kamar tidur per asrama, satu dapur untuk 2 asrama, 1 kamar mandi dan 1 WC per asrama. Toilet asrama masing-masing memiliki 1 *septic tank* untuk pembuangan feses para

santri. Jumlah total feses yang dihasilkan di pesantren ini adalah sebesar 14,75 kg/hari.

Berdasarkan penuturan dari Bapak Alif sebagai sekretaris Yayasan, terdapat permasalahan yang ditimbulkan akibat pembuangan feses ke *septic tank*. Salah satunya adalah *septic tank* yang menjadi penuh, mengakibatkan bau tidak sedap dari toilet dan sering terjadinya saluran WC yang tersumbat [8]. Masalah lain yang ditimbulkan perlu dilakukan penyedotan *septic tank* secara berkala yang tentu saja memerlukan biaya. Biaya untuk satu kali penyedotan WC diperkirakan sekitar Rp. 400.000 untuk volume sebesar 5 m³. Biaya penyedotan WC menjadi bagian dari pengeluaran operasional sekolah, terdapat juga pengeluaran tagihan listrik yang mencapai Rp. 800.000/bulan serta pengeluaran bahan bakar gas elpiji lebih kurang 60 kg/bulan. Penggunaan gas elpiji setiap tahunnya mengalami kenaikan, pada tahun 2019 harga gas elpiji 3 kg hanya sebesar Rp. 17.000, pada tahun 2023 telah mencapai Rp. 25.000. Kenaikan harga ini tentu akan menambah biaya operasional pesantren. [Alif, Wawancara Pribadi]

Permasalahan limbah feses manusia dilakukan penelitian [1] dengan kajian tentang potensi dan proses pembuatan biogas dari feses manusia dalam skala perumahan sebagai pengganti gas elpiji di perumahan Desa Panjerejo Kecamatan Rejotangan dengan metode eksperimen menggunakan proses anaerobik, hasil penelitian ini mengetahui cara pembuatan biogas dari kotoran manusia yang digunakan pengganti gas elpiji. Penelitian [2] melakukan kajian tentang potensi biogas dari feses manusia di MCK umum pasar Prabumulih dengan metode pengamatan langsung dengan jumlah pengguna MCK 50 orang menghasilkan feses sebanyak 125 kg/hari dan biogas yang dihasilkan sebanyak 3,5 m³/hari, mampu mencukupi kebutuhan memasak satu keluarga terdiri dari 5-6 orang dan menyalakan 3 lampu selama 5 jam. Penelitian [3] melakukan kajian tentang analisis perancangan reaktor biogas kap 16 m³ dari feses manusia yang di konversi menjadi bahan bakar gas pengganti gas elpiji di perumahan sederhana Desa Sidojangkung Menganti Gresik menggunakan metode anaerobik, hasil penelitian ini pada reaktor menghasilkan biogas sekitar 4 m³/hari, untuk kebutuhan memasak membutuhkan biogas 0,30 m³/jam dengan tekanan rata-rata 75 mm H₂O. Penelitian [1], [2] dan [3] melakukan kajian pemanfaatan limbah feses manusia dengan metode *anaerob* perhitungan manual dan eksperimen. Penelitian metode *anaerob* perhitungan manual memiliki kelebihan

dibandingkan dengan metode eksperimen, salah satunya yaitu lebih efisien dan tidak memerlukan waktu yang lama.

Pemanfaatan limbah feses manusia menjadi biogas, selain digunakan bahan bakar gas juga bisa dikonversi menjadi energi listrik. Penelitian [4] melakukan kajian tentang pemanfaatan feses manusia sebagai bio energi alternatif melalui perancangan sistem instalasi pipa pembuangan *septic tank* tersentralisasi pada perencanaan pembangunan perumahan. Penelitian ini mengambil sampel pada *septic tank* rumah tangga dalam satu RT di kota Surabaya yang berjumlah 345 orang/RT dengan feses sebanyak 69 kg dan biogas yang dihasilkan 3,54 m³/kapita/hari/RT. Pada penelitian [5] melakukan kajian tentang pemanfaatan kotoran manusia menjadi energi listrik dan mengkaji kelayakan ekonomi berlokasi di kota Pontianak dengan metode anaerobik proses pencernaan, hasil dari penelitian ini limbah manusia menghasilkan biogas sebesar 3.091,94 m³/hari gas metana 2.164,36 m³/hari dan energi listrik 24.157 kWh/hari, hasil analisis ekonomi pembangunan pembangkit listrik tenaga biogas layak untuk dilaksanakan. Berdasarkan penelitian [5] hasil yang diperoleh tidak hanya potensi biogas yang dihasilkan dan di konversi energi listrik tetapi juga kelayakan ekonomi yang mana kelebihanannya dapat mengetahui biaya yang didapatkan dengan memanfaatkan biogas dan juga asumsi nilai ekonomis di masa yang akan datang.

Penelitian ini merujuk pada penelitian [2] yang membahas biogas konversi ke bahan bakar gas dengan metode pengamatan langsung dan penelitian [5] membahas biogas konversi ke energi listrik, penelitian ini merupakan gabungan kedua penelitian tersebut yaitu membahas perbandingan biogas konversi ke bahan bakar gas dan energi listrik dengan metode anaerob perhitungan manual serta perbandingan biaya hasil konversi energi tersebut.

Feses manusia dikonversi menjadi biogas karena energi ini sangat cocok dilakukan selain energinya tidak pernah habis, cara membuatnya pun tidak terlalu sulit dan bahannya mudah di dapat. Kandungan utama dari biogas terdiri dari gas metana dan karbondioksida [9]. konversi feses manusia menjadi biogas bisa menggunakan beberapa metode seperti anaerobik, aerobik, dan eksperimen. Pemanfaatan limbah feses manusia menjadi biogas dengan metode anaerobik memiliki kelebihan yaitu dapat mengurai limbah organik lebih efisien dibandingkan dengan proses lainnya.

Mikroorganisme anaerobik dapat bekerja dengan baik dalam lingkungan tanpa oksigen, mengubah bahan organik menjadi biogas dan limbah cair dengan kecepatan yang baik [10]. Pemanfaatan feses manusia dengan metode *anaerobik* merupakan salah satu solusi untuk mengurangi pencemaran tanah akibat feses manusia selain itu juga lumpur yang mengendap hasil fermentasi bagus digunakan sebagai pupuk [11]. Biogas yang dihasilkan feses manusia ini dikonversi menjadi energi bahan bakar gas dan energi listrik [12]. Api yang dihasilkan berwarna biru, tidak menghasilkan jelaga dan tidak berbau [13]. Biogas dari limbah feses dapat di konversi menjadi bahan bakar gas dan energi listrik yang mana kebutuhannya tertinggi. Pada penelitian ini akan membahas perbandingan penghematan biaya dan perbandingan energi yang dihasilkan dari pemanfaatan feses manusia menjadi biogas. Tujuan pada penelitian ini yaitu menghitung jumlah potensi feses santri, menghitung biogas yang dihasilkan dengan metode *anaerob*, menghitung dan mengkonversi biogas ke bahan bakar gas elpiji dan energi listrik serta perbandingan biaya dari proses konversi energi tersebut.

METODE

Pada penelitian ini melakukan analisis perbandingan bahan bakar gas dan energi listrik dari biogas dengan memanfaatkan feses manusia, penelitian ini berlokasi di asrama santri SMP IT Al Hakim *Boarding School* Bandar Sei Kijang, alasan memilih lokasi ini karena para santri menetap di asrama sehingga feses para santri di buang pada satu *septic tank* saja. Langkah awal yang dilakukan pada penelitian ini yaitu mengumpulkan data yang bertujuan untuk mendapatkan hasil perhitungan jumlah feses yang dimanfaatkan menjadi biogas. Data pada penelitian ini merupakan data sekunder yaitu data yang didapatkan dari hasil wawancara dengan Pak Alif Ramadhan selaku sekretaris yayasan dan data yang didapatkan dari jurnal-jurnal terkait, selanjutnya data tersebut diolah dan dilakukan kajian potensi feses manusia menjadi biogas yang digunakan untuk pengganti bahan bakar gas dan energi listrik. [Alif, Wawancara Pribadi]

Data yang didapatkan dari hasil wawancara

Data jumlah orang yang tinggal di asrama, jumlah pemakaian bahan bakar gas elpiji di dapur asrama, dan jumlah tagihan listrik di asrama pesantren seperti pada Tabel 1. [Alif, Wawancara Pribadi]

Tabel 1. Data yang diperlukan dalam penelitian

Data yang diperlukan	Jumlah
Jumlah orang yang tinggal di asrama	57 santri dan 2 penjaga asrama
Pemakaian bahan bakar gas	20 tabung gas elpiji 3 kg per bulan
Jumlah tagihan listrik	Rp. 800.000 per bulan

Tabel 1 merupakan data jumlah orang yang tinggal di asrama, pemakaian bahan bakar gas dan jumlah tagihan listrik di asrama SMP IT Al Hakim *Boarding School* Bandar Sei Kijang, data jumlah santri digunakan untuk menghitung banyak feses yang dihasilkan untuk dimanfaatkan menjadi biogas, sedangkan data pemakaian bahan bakar gas dan jumlah tagihan listrik digunakan untuk mendapatkan perbandingan harga dari pemanfaatan biogas pengganti bahan bakar gas dan energi listrik. Data jumlah santri dari awal tahun berdirinya pesantren sampai sekarang terus meningkat terlihat di Tabel 2.

Tabel 2. Jumlah santri per tahun

Tahun	Jumlah Santri
2019	3 orang
2020	25 orang
2021	29 orang
2022	57 orang

Tabel 2 merupakan data jumlah santri dari awal berdirinya SMP IT Al Hakim *Boarding School* Bandar Sei Kijang sampai sekarang, data ini digunakan untuk mendapatkan jumlah feses yang dihasilkan setiap tahunnya untuk dimanfaatkan menjadi biogas.

Data yang didapatkan dari jurnal terkait

Data kandungan dan volume yang dihasilkan feses per harinya tentang kandungan bahan dan volume gas yang dihasilkan dari kotoran manusia adalah [4][14][12].

Tabel 3. Kandungan bahan dan volume gas yang dihasilkan kotoran manusia

Banyak feses (kg/hari/orang)	Kandungan bahan kering-BK (%)	Biogas yang dihasilkan (m ³ /kg)
0,25 – 0,4	23	0,020 – 0,028

Tabel 3 merupakan tabel kandungan bahan dan volume gas yang dihasilkan dari kotoran manusia, data banyak feses (kg/hari) digunakan untuk menghitung jumlah feses yang dihasilkan per hari oleh santri SMP IT Al Hakim *Boarding School* Bandar Sei Kijang sedangkan data kandungan bahan kering-BK (%) dan data biogas yang dihasilkan

(m³/kg) digunakan pada perhitungan feses santri untuk di konversi menjadi biogas.

Data perbandingan hasil pembakaran biogas dengan bahan bakar lain pada Tabel 4 [15][8][10][4].

Tabel 4. Perbandingan pembakaran biogas dengan bahan bakar lain

1 m ³ 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 4 merupakan data perbandingan pembakaran biogas dengan bahan bakar lain, data ini digunakan untuk mendapatkan hasil perbandingan jumlah biogas jika di konversi menjadi bahan bakar gas elpiji. Setelah semua data terkumpul langkah selanjutnya melakukan perhitungan dan kajian potensi feses manusia menjadi biogas, penelitian ini melakukan dua perhitungan yaitu mengkonversi biogas dari feses manusia pengganti bahan bakar gas elpiji dan pengganti energi listrik.

Perhitungan potensi biogas dari feses santri pengganti bahan bakar gas elpiji dengan metode *anaerob*, Penelitian analisis perbandingan bahan bakar gas dan energi listrik dari biogas dengan memanfaatkan feses manusia menggunakan metode *anaerob* yaitu proses fermentasi dengan bakteri metanorganik untuk menghasilkan gas metana, ada empat langkah utama pada metode *anaerob* antara lain hidrolisis yaitu penguraian bahan organik kompleks menjadi unit yang lebih kecil, acidogenesis/pengasaman yaitu proses fermentasi produk hidrolisis ke dalam substrat metanogen, acetogenesis yaitu proses fermentasi produk acidogenesis ke dalam substrat metanogen, methanogenesis yaitu mengubah hidrogen menjadi metana [16]. Metana yang dihasilkan pada proses *anaerob* dapat dihitung menggunakan persamaan (2) dengan mengetahui jumlah feses dan kandungan bahan kering. Untuk perhitungan potensi biogas pengganti bahan bakar gas elpiji data yang diperlukan yaitu data jumlah santri yang tinggal di asrama ditambah 2 orang penjaga asrama, dalam perhitungan memerlukan kandungan dan volume yang dihasilkan feses per harinya tentang kandungan bahan dan volume gas yang dihasilkan dari kotoran manusia [4]. Proses perhitungan biogas dari feses manusia dengan metode *anaerob* sebagai berikut.

Menghitung jumlah Feses

Langkah awal yaitu menentukan jumlah feses yang dihasilkan dengan cara menghitung perkalian nilai minimum jumlah feses yang dihasilkan per harinya pada Tabel 3 dan jumlah santri yang tinggal di asrama pesantren, dengan persamaan sebagai berikut [4].

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

Dimana:

\sum_n = Jumlah feses yang dihasilkan (Kg)

0,25 = Banyak feses (Kg/Hari)

X = Jumlah Santri

Menghitung potensi biogas per hari

Untuk menghitung biogas per hari dapat dihitung dengan perkalian jumlah feses yang dihasilkan dan kandungan bahan kering feses pada Tabel 3. Pada perhitungan ini gas metana dari proses anaerob dihasilkan setelah mengetahui jumlah feses dan kandungan bahan keringnya, perhitungan ini menggunakan persamaan sebagai berikut [4].

$$B_g = \sum_n BK \quad (2)$$

Dimana:

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

\sum_n = Jumlah Feses yang Dihasilkan (kg)

BK = Kandungan Bahan Kering (%)

Menghitung biogas yang dihasilkan

Pada perhitungan ini merupakan hasil akhir perhitungan potensi biogas dari feses santri dengan menggunakan metode anaerob yaitu perkalian potensi biogas per hari (m^3 /hari) dengan nilai minimum biogas yang dihasilkan yaitu 0,020 (m^3 /kg) pada Tabel 3, dengan persamaan sebagai berikut [4].

$$\text{Biogas yang dihasilkan} = B_g \cdot 0,020 \text{ m}^3/\text{kg} \quad (3)$$

Hasil dari perhitungan ini dikonversi ke bahan bakar lain dalam 1 m^3 biogas pada Tabel 4. Perhitungan potensi biogas dari feses santri pengganti energi listrik, Pada perhitungan potensi biogas pengganti energi listrik menggunakan persamaan sebagai berikut [17].

$$\dot{Q}_{in} = \dot{m} LH \quad (4)$$

$$\dot{m} = \rho \cdot B_g \quad (5)$$

Dimana:

Q_{in} = Daya Input atau Daya Termal (Watt)

\dot{m} = Laju Alir Massa Metana (kg/s)

L = Nilai Kalor Pembakaran Gas Metana Batas Bawah = 5020 kJ/kg

ρ = Massa Jenis Biogas = 0,656 kg/ m^3

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

Pada perhitungan ini didapatkan daya input hasil dari laju alir massa metana dikali nilai kalor pembakaran gas metana batas bawah (LHV). Laju alir massa metana didapatkan dari hasil perhitungan massa jenis biogas dikali potensi biogas per hari. Untuk perhitungan hasil konversi ke energi listrik menggunakan ketetapan 1 kJ = 0,000278 kWh.

Perbandingan biaya ekonomis pemakaian biogas pengganti bahan bakar gas elpiji dan energi listrik Setelah hasil potensi biogas didapatkan langkah selanjutnya melakukan perbandingan penggunaan bahan bakar gas elpiji dan energi listrik dengan hasil potensi biogas dari feses manusia tersebut dengan tujuan untuk mendapatkan penghematan biaya dalam penggunaan energi biogas pengganti bahan bakar gas dan energi listrik, untuk mendapatkan biaya penghematan dapat dihitung dengan cara.

Perhitungan biaya penghematan pemakain gas:

Massa Bahan Bakar X Harga Bahan Bakar Gas Untuk mencari massa bahan bakar dapat dihitung menggunakan persamaan.

$$M = V \cdot \rho \quad (6)$$

M = Massa Bahan Bakar (kg)

V = Volume Gas/Biogas Yang Dihasilkan Per Bulan

ρ = Massa Jenis Biogas = 0,656 kg/ m^3

Perhitungan ini didapatkan hasil biaya penghematan pemakaian gas setelah memanfaatkan biogas dari feses manusia dengan perhitungan massa bahan bakar dikali harga bahan bakar gas, sesuai dengan data hasil dari wawancara dengan Bapak Alif Ramadhan harga gas elpiji yaitu Rp. 25.000 per 3 kg.

Perhitungan biaya penghematan pemakain listrik:

Energi Listrik Yang Dihasilkan Dari Biogas X Harga Listrik Per kWh.

Perhitungan ini didapatkan hasil biaya penghematan pemakaian listrik setelah memanfaatkan biogas dari feses manusia dengan perhitungan energi listrik yang dihasilkan dari biogas per bulan dikali dengan harga listrik per kwh, sesuai data hasil wawancara

dengan Bapak Alif Ramadhan harga listrik per kwh yaitu Rp. 1.352.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian analisis perbandingan bahan bakar gas dan energi listrik dari biogas dengan memanfaatkan feses manusia menggunakan metode *anaerob* yang berlokasi di SMP IT Al Hakim *Boarding School* Bandar Sei Kijang menggunakan sekunder, hasil penelitian yang dianalisis diantaranya feses yang dihasilkan dari jumlah santri yang tinggal di asrama, biogas yang dihasilkan dari feses santri, hasil konversi biogas ke bahan bakar gas elpiji, energi listrik yang dihasilkan dari biogas, hasil konversi biogas ke energi listrik, biaya penghematan bahan bakar gas dan biaya penghematan energi listrik.

Potensi feses manusia SMP IT Al Hakim *Boarding School* Bandar Sei Kijang dari awal tahun berdirinya terdapat pada Tabel 5.

Tabel 5. Potensi feses manusia SMP IT Al Hakim *Boarding School* Bandar Sei Kijang

Tahun	Jumlah Orang Yang Tinggal Di Asrama	Feses Yang Dihasilkan Per Hari (kg)
2019	5	1,25
2020	27	6,75
2021	31	7,75
2022	59	14,75

Tabel 5 menunjukkan potensi feses manusia SMP IT Al Hakim *Boarding School* Bandar Sei Kijang. Terlihat bahwa semakin meningkat jumlah santri per tahun akan menghasilkan massa feses yang semakin banyak. Dari Tabel 5 diperoleh dari 1 orang santri dapat menghasilkan feses sebanyak 0,25 kg/hari, sehingga didapatkan hasil perhitungan pada tahun 2019 dengan jumlah santri 5 orang yaitu 1,25 kg feses santri per harinya dan terus meningkat sampai pada tahun 2022 dengan jumlah santri 59 orang yaitu 14,75 kg feses per harinya, sehingga dari Tabel 5 dapat disimpulkan bahwa jumlah santri berbanding lurus dengan massa feses yang dihasilkan. Peningkatan jumlah santri menyebabkan meningkatnya feses manusia yang dihasilkan karena jumlah populasi manusianya bertambah. Hasil perhitungan potensi biogas dari jumlah santri per hari, bulan, dan tahun dari awal berdirinya SMP IT Al Hakim *Boarding School* Bandar Sei Kijang.

Tabel 6. Hasil perhitungan potensi biogas SMP IT Al Hakim *Boarding School* Bandar Sei Kijang

Tahun	Biogas Yang Dihasilkan per Hari (m ³)	Biogas Yang Dihasilkan Per Bulan (m ³)	Biogas Yang Dihasilkan Per Tahun (m ³)
2019	0,0057	0,171	2,0805
2020	0,031	0,93	11,315
2021	0,035	1,05	12,775
2022	0,068	2,04	24,82

Tabel 6 menunjukkan potensi biogas yang dihasilkan dari feses santri SMP IT Al Hakim *Boarding School* Bandar Sei Kijang. Perhitungan ini didapatkan dari hasil persamaan (1), (2), dan (3). Terlihat bahwa semakin banyak massa feses maka semakin besar volume biogas yang dihasilkan. Pada Tabel 6 juga menunjukkan dalam 1 orang santri menghasilkan feses sebanyak 0,25 kg/hari itu akan menghasilkan 23% kandungan bahan kering dan biogas yang dihasilkan sebesar 0,020 m³/kg. Pada hasil perhitungan ini jumlah biogas yang dihasilkan semakin lama semakin banyak ini disebabkan karena jumlah santri tiap tahunnya semakin meningkat sehingga jumlah biogas dari feses santri pun semakin banyak pula. Peningkatan jumlah biogas yang dihasilkan berkorelasi dengan jumlah feses manusia karena jumlah sumber energi yang tersedia semakin bertambah aktivitas mikroorganisme pada proses *anaerobik* untuk menghasilkan biogas.

Tabel 7. Hasil perhitungan konversi biogas ke bahan bakar gas elpiji, jumlah energi listrik yang dihasilkan dari biogas per hari, dan hasil konversi biogas ke energi listrik per hari

Tahun	Hasil Konversi Biogas Ke Bahan Bakar Gas Elpiji (Kg/Tahun)	Energi Listrik Yang Dihasilkan Dari Biogas (Kj/Hari)	Hasil Konversi Biogas Ke Energi Listrik (KWh/Hari)
2019	0,95703	18,77078	0,00521
2020	5,2049	102,086	0,02837
2021	5,8765	115,259	0,03204
2022	11,4172	223,892	0,06224

Hasil perhitungan potensi biogas dari feses santri dikonversi ke bahan bakar gas elpiji per tahun, jumlah energi listrik yang dihasilkan dari biogas per hari, dan hasil konversi biogas ke energi listrik per hari. Pada Tabel 7 menunjukkan hasil konversi biogas dari feses santri ke dalam bahan bakar gas elpiji per tahun, jumlah energi listrik yang dihasilkan per hari, dan daya energi listrik yang dihasilkan dari biogas. Pada hasil konversi biogas ke bahan bakar gas elpiji diketahui bahwa 1 m³ biogas menghasilkan gas elpiji sebesar 0,46 kg, pada Tabel 7 menunjukkan perbandingan energi yang paling

besar dapatkan dari hasil biogas konversi ke energi listrik. Hasil dari perhitungan ini didapatkan dari persamaan (4) dan (5). Bertambahnya jumlah biogas yang dihasilkan akan berbanding lurus dengan energi listrik yang dihasilkan. Biogas yang mengandung metana yang memiliki nilai kalor yang sama dengan gas elpiji yaitu terdiri dari propana dan butana. Kandungan metana pada biogas ini dapat digunakan sebagai bahan bakar yang mengkonversi energi mekanis menjadi energi listrik melalui generator. Hasil perhitungan biaya penghematan bahan bakar gas dan energi listrik yang didapatkan setelah menggunakan biogas dari Feses santri dalam satu bulan.

Tabel 8. Hasil perhitungan biaya penghematan bahan bakar gas dan energi listrik per bulan

Tahun	Biaya Penghematan Bahan Bakar Gas	Biaya Penghematan Energi Listrik
2019	Rp. 2.802	Rp. 211
2020	Rp. 15.250	Rp. 1.150
2021	Rp. 17.220	Rp. 1.299
2022	Rp. 33.456	Rp. 2.524

Tabel 8 menunjukkan hasil perhitungan biaya penghematan bahan bakar gas dan biaya penghematan energi listrik setelah menggunakan biogas dari feses santri per bulannya. Pada Tabel 8 biaya penghematan bahan bakar gas dan energi listrik terjadi peningkatan karena biogas yang dihasilkan dari feses santri semakin banyak tiap tahunnya. Sehingga pada Tabel 8 dapat diketahui bahwa biaya penghematan paling besar didapatkan dari pemanfaatan biogas menjadi bahan bakar gas yaitu mencapai Rp. 33.456 pada tahun 2022.

KESIMPULAN

Pada penelitian analisis perbandingan bahan bakar gas dan energi listrik dari biogas dengan memanfaatkan feses manusia ini dapat disimpulkan bahwa satu orang santri dapat menghasilkan feses sebanyak 0,25 kg/hari dengan kandungan bahan kering 23% dapat menghasilkan biogas sebesar 0,020 m³/kg per hari dan pada SMP IT Al Hakim *Boarding School*.

Bandar Sei Kijang dengan jumlah orang yang tinggal di asrama sebanyak 59 orang menghasilkan feses 14,75 kg/hari dengan biogas yang didapat sebanyak 0,068 m³/hari, hasil konversi biogas ke bahan bakar gas elpiji sebanyak 11,4172 kg/tahun, energi listrik yang dihasilkan sebesar 223,892

kJ/hari, hasil konversi biogas ke energi listrik sebesar 0,06224 kWh/hari, biaya penghematan bahan bakar gas sebesar Rp. 33.456 dan biaya penghematan energi listrik sebesar Rp. 2.524. Jadi dari hasil pemanfaatan biogas dari feses santri yaitu energi paling besar di dapatkan dari biogas konversi ke energi listrik sedangkan penghematan paling besar yaitu biogas konversi ke bahan bakar gas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan Terima kasih kepada pihak pihak yang telah membantu di dalam penelitian ini, mulai dari bimbingan, saran, kritik dan support sehingga penelitian ini dapat diselesaikan secara lancar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. R. Indraswari and R. J. Yuhan, "Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Penundaan Kelahiran Anak Pertama Di Wilayah Perdesaan Indonesia: Analisis Data Sdki 2012," *J. Kependud. Indones.*, vol. 12, no. 1, p. 1, 2017, doi: 10.14203/jki.v12i1.274.
- [2] A. Hasibuan and W. V. Siregar, "Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik Kota Subulussalam Sampai Tahun 2020 Menggunakan Metode Analisis Regresi," *RELE (Rekayasa Elektro dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 2, pp. 57–61, 2019, doi: 10.30596/rele.v1i2.3013.
- [3] R. R. Al Hakim, "Model Energi Indonesia, Fesesuan Potensi Energy Terbarukan Untuk Ketahanan Energi Di Indonesia: Literatur Review," *J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–11, 2020.
- [4] 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.
- [5] S. Pramadita, "Potensi Daur Ulang Sampah Melalui Identifikasi Jenis Dan Karakteristik Sampah Di Panti Asuhan Dan Pesantren Darul Khairat," *J. Teknol. Lingkung. Lahan Basah*, vol. 9, no. 2, p. 082, 2021, doi: 10.26418/jtllb.v9i2.47598.
- [6] A. Z. Ra, S. -, and Y. -, "Potensi Sumber Biogas Berbasis Feses Pada Suatu Cluster Perumahan," *Karst J. Pendidik. Fis. DAN Ter.*, vol. 4, no. 1, pp. 33–39, 2021, doi: 10.46918/karst.v4i1.917.

- [7] N. Hendrasarie and E. RP, "Pelatihan Pembuatan Biogas Dari Limbah Rumah Makan Dan Feses," *Abdimas Unwahas*, vol. 6, no. 2, pp. 164–170, 2021, doi: 10.31942/abd.v6i2.5687.
- [8] E. L. Talakua, "Pemanfaatan Feses 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.
- [9] V. A. Kusuma, B. Hasanah, and S. Slamet, "Forecasting Potensi Energi Gas Metana menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) pada TPA Manggar kota Balikpapan," *JEECAE (Journal Electr. Electron. Control. Automot. Eng.)*, vol. 5, no. 2, pp. 16–22, 2020, doi: 10.32486/jeecae.v5i2.533.
- [10] 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.
- [11] S. W. Auvaria, W. Nilandita, and S. Nengse, "Perencanaan Sistem Manajemen Lingkungan Pada Aspek Air Bersih, Limbah, Energi, Dan Penghijauan Di Pondok Pesantren (Studi Kasus: Pondok Pesantren An-Najiyah Surabaya)," *Al-Ard J. Tek. Lingkungan.*, vol. 4, no. 2, pp. 36–45, 2019, doi: 10.29080/alard.v4i2.505.
- [12] A. Ardiansyah, "Kajian Potensi Limbah Kotoran Manusia Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Biogas Di Kota Pontianak," *Elkha*, vol. 9, no. 2, p. 53, 2019, doi: 10.26418/elkha.v9i2.25197.
- [13] F. N. Rahmat, "Analisis Pemanfaatan Sampah Organik Menjadi Energi Alternatif Biogas," *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 4, no. 2, pp. 53–57, 2023, doi: 10.14710/jebt.2023.16497.
- [14] D. Andriani, A. Wresta, A. Saepudin, and B. Prawara, "A review of recycling of human excreta to energy through biogas generation: Indonesia case," *Energy Procedia*, vol. 68, pp. 219–225, 2015, doi: 10.1016/j.egypro.2015.03.250.
- [15] K. P. Aji and A. N. Bambang, "Konversi Energi Biogas Menjadi Energi Listrik Sebagai Alternatif Energi Terbarukan dan Ramah Lingkungan di Desa Langse, Kecamatan Margorejo Kabupaten Pati," *Pros. SENTIKUIN (Seminar Nas. Teknol. Ind. Lingkung. dan Infrastruktur)*, vol. 2, p. B4.1-B4.7, 2019, [Online]. Available: <https://pro.unitri.ac.id/index.php/sentikuin/article/view/149>.
- [16] G. M. Pasaribu, E. W. Sinuraya, and D. Denis, "Perancangan Dan Analisa Tekno Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Biogas Dengan Memodifikasi Generator Set (Genset) Berbahan Bakar Minyak Menjadi Generator Set (Genset) Biogas," *Transient J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 1, pp. 275–283, 2021, doi: 10.14710/transient.v10i1.275-283.
- [17] R. Armando, "Studi Analisis Daya Pembangkit Listrik Biogas Dari Kotoran Sapi dan Manusia Di Pondok Pesantren Baiturrahman Jawa Barat," *Reka Elkomika*, vol. 3, no. 2, pp. 136–146, 2015.