



**ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMI PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA BIOGAS DARI KOTORAN SAPI DENGAN
METODE *COGENERATION SYSTEM* PADA
*HOME INDUSTRY***

(Studi Kasus Desa Sekar Mawar Kecamatan Pasir Penyu)

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi



Oleh:

RIYAN RIYADI SEMBIRING
11455104793

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU
2021**

LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BIOGAS DARI KOTORAN SAPI DENGAN METODE *COGENERATION SYSTEM* PADA *HOME INDUSTRY*

(Studi Kasus Desa Sekar Mawar Kecamatan Pasir Penyu)

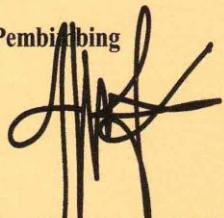
TUGAS AKHIR

Oleh :

RIYAN RIYADI SEMBIRING
11455104793

Telah diperiksa dan disetujui sebagai Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro
di Pekanbaru, pada tanggal 04 Agustus 2021

Pembimbing



Dr. Alex Wenda, ST., M.Eng
NIP. 19780126 00710 1 001

Ketua Program studi

Digitally
signed by
Zulfatri Aini
Tanggal:
2021.08.10
13:43:17 WIB

Dr. Zulfatri Aini, ST., MT
NIP. 197210212007042001



a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BIOGAS DARI KOTORAN SAPI DENGAN METODE *COGENERATION SYSTEM* PADA *HOME INDUSTRY*

(Studi Kasus Desa Sekar Mawar Kecamatan Pasir Penyu)

TUGAS AKHIR

Oleh :

RIYAN RIYADI SEMBIRING
11455104793

Telah dipertahankan di depan Sidang Dewan Penguji
 sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
 Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
 di Pekanbaru, pada tanggal 04 Agustus 2021

Pekanbaru, 04 Agustus 2021

Mengesahkan,

Dekan



Dr. Hartono, M.Pd
NIP. 196403011992031003

Ketua Program studi

Digitally
 signed by
 Zulfatri Aini
 Tanggal:
 2021.08.10
 13:44:09 WIB

Dr. Zulfatri Aini, ST., MT
NIP. 197210212006042001

DEWAN PENGUJI :

Ketua : Rika Susanti., S.T., M.Eng
Sekretaris : Dr. Alex Wenda, S.T., M.Eng
Anggota I : Dr. Liliana, S.T., M.Eng
Anggota II : Susi Afriani., S.T., M.T

Digitally
 signed by
 Liliana
 Tanggal:
 2021.08.05
 20:32:54 WIB

Digitally signed
 by Susi Afriani
 Tanggal:
 2021.08.09
 19:21:52 WIB



LEMBAR ATAS KELAYAKAN INTELEKTUAL

Asas Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau adalah terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa di dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh saya maupun orang lain untuk keperluan lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak memuat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali disebutkan dalam referensi dan di dalam daftar pustaka.

Saya bersedia menerima sanksi jika pernyataan ini tidak sesuai dengan yang sebenarnya.

Pekanbaru, Juli 2021
Yang membuat pernyataan,

RIYAN RIYADI SEMBIRING
11455104793

UIN SUSKA RIAU

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip, menyalin, atau menyebarkan atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BIOGAS DARI KOTORAN SAPI DENGAN METODE *COGENERATION SYSTEM* PADA *HOME INDUSTRY*

(Studi pada Desa Sekar Mawar)

RIYAN RIYADI SEMBIRING
11455104793

Tanggal Sidang: July 2021

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

Jl. H.R. Soebrantas, km. 15, no. 155, Tuah Madani - Tampan - Pekanbaru

ABSTRAK

Desa Sekar Mawar termasuk dalam wilayah Kecamatan Pasir Penyu, Kabupaten Indragiri Hulu Provinsi Riau. Kecamatan Pasir Penyu merupakan salah satu kecamatan terbesar di Kabupaten Indragiri Hulu, dengan jumlah penduduk yaitu 35.460 jiwa dengan kepadatan penduduk sebesar 95,19 per km². 70% dari total KK di Desa tersebut adalah penggiat usaha kecil menengah, hal tersebut menjadikan Desa Sekar Mawar memiliki kebutuhan listrik yang besar. Potensi jumlah kotoran sapi di desa tersebut sebesar 27.950 kg/hari mampu menghasilkan biogas sebesar 1.118 m³/hari mampu menghasilkan daya sebesar 8.608,6 kWh atau setara dengan 8,6 MW. Dengan potensi tersebut maka dapat di rancang pembangunan PLTBg dan dimaksimalkan dengan metode *cogeneration system*. *Cogeneration system* adalah produksi bersamaan dari energi listrik dan uap atau fluida panas lainnya dengan satu peralatan konversi energi. Selain menghasilkan energi listrik dan termal secara bersamaan *cogeneration system* juga dapat beroperasi dengan bahan bakar energi terbarukan seperti biogas. Dengan menggunakan metode *cogeneration system* mampu menghasilkan uap 500,5 kg/jam, kalor pada boiler hingga 376,2 kW dan daya pada turbin sebesar 162,1 kW dengan efisiensi sebesar 43,1%. Rancangan PLTBg di Desa Sekar Mawar membutuhkan biaya investasi sebesar Rp.2.721.997.118,75, dengan pendapatan tahunan dari penjualan listrik sebesar Rp. 1.362.5804.841 dari produksi listrik sebesar 1.419.588,38 kWh/tahun. Hasil kelayakan ekonomi sistem, diperoleh NPV positif sebesar Rp 9.141.482.246, *payback period* selama 5,1 tahun dan IRR sebesar 22,55% sehingga dikatakan layak untuk dibangun.

Kata Kunci: Biogas, NPV, IRR, Kotoran Sapi.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber.
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau



**TECHNICAL AND ECONOMIC ANALYSIS OF BIOGAS POWER
PLANT FROM COW MANURE UTILIZATION WITH
COGENERATION SYSTEM METHOD
IN HOME INDUSTRY**

(Case Study: Sekar Mawar Village, Indragiri Hulu District, Riau)

**RIYAN RIYADI SEMBIRING
11455104793**

Date: July 2021

Department of Electrical Engineering
Faculty of Science and Technology
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
H.R. Soebrantas St. km. 15, no. 155, Tuah Madani - Tampan - Pekanbaru

ABSTRACT

Cogeneration system is a simultaneous production of electricity and steam or other hot fluids with one energy conversion equipment

Sekar Mawar Village is included in the Pasir Turtle District, Indragiri Hulu Regency, Riau Province. Pasir Turtle District is one of the largest sub-districts in Indragiri Hulu Regency, with a population of 35,460 people with a population density of 95.19 per km². 70% of the total KK in village has a small and medium business, because of those things Sekar Mawar Village requires a large electricity demand. The potential amount of cow manure in the village is 27,950 kg/day capable of producing biogas of 1,118 m³/day capable of generating power of 8,608.6 kWh or equivalent to 8.6 MW. With this potential, a PLTBg is designed to used cogeneration system method. Cogeneration system is a simultaneous production of electricity and steam or other hot fluids with one energy conversion equipment. The cogeneration system is capable of operating on renewable energy fuels such as biogas. By using the cogeneration system method, the steam obtained is 500.5 kg/hour, the heat in the boiler is up to 376.2 kW and the power at the turbine is 162.1 kW with an efficiency of 43.1%. The PLTBg design in Sekar Mawar Village requires an investment of Rp. 2,721,997,118.75, with an annual income from electricity sales of Rp. 1,362,5804,841 of electricity production of 1,419,588.38 kWh/year. The results of the economic feasibility of the system, obtained a positive NPV of Rp 9,141,482,246, a payback period of 5.1 years and an IRR of 22.55% so it is said to be feasible to build.

Keywords: Biogas, NPV, IRR, Cow Manure Utilization.



KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr.Wb

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT, yang telah mencurahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis. Shalawat dan salam buat baginda Rasulullah SAW, sebagai seorang sosok pemimpin dan suri tauladan bagi seluruh umat di dunia yang patut di contoh dan di teladani bagi kita semua. Atas ridho Allah SWT penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “Analisis Efisiensi Energi pada Industri Bioetanol Menggunakan Metode Cogeneration System”.

Melalui proses bimbingan dan pengarahan yang disumbangkan oleh orang-orang yang berpengetahuan, dorongan, motivasi, dan juga do'a orang-orang yang ada disekeliling penulis sehingga penulisan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan penuh kesederhanaan. Sudah menjadi ketentuan bagi setiap Mahasiswa yang ingin menyelesaikan studinya pada perguruan tinggi UIN SUSKA Riau harus membuat karya ilmiah berupa Tugas Akhir guna mencapai gelar sarjana.

Oleh sebab itu sudah sewajarnya penulis menyampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Ibunda tercinta Minawati, ayahanda Terhormat Eddy Sembiring yang selalu memberikan semangat, dukungan moril, maupun materil dan juga doa kepada penulis.
2. Bapak Prof. Dr. H. Akhmad Mujahidin, M.Ag selaku rektor UIN SUSKA Riau beserta kepada seluruh staf dan jajarannya.
3. Bapak Ahmad Darmawi, M.Ag selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
4. Ibu Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom selaku ketua Prodi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau.



5. Bapak Mulyono, ST, MT selaku sekretaris Prodi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau.

6. Bapak Dr. Alex Wenda, ST., M.Eng selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu serta pemikirannya dengan ikhlas dalam memberikan penjelasan dan masukan yang sangat berguna sehingga penulis menjadi lebih mengerti dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

7. Ibu Dr. Liliana, ST., M.Eng selaku dosen penguji satu dan sekaligus pembimbing akademik yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi kritikan dan saran yang sangat membangun terhadap penulis.

8. Ibu Susi Afriani ST, MT selaku dosen penguji dua yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi keritikan dan saran yang sangat membangun terhadap penulis.

9. Untuk yang terkasih Mona Sepri, SE yang selalu mendukung dan memberi semangat dalam pengerjaan tulisan ini.

10. Untuk teman-teman seperjuangan atau seangkatan yang sudah meraih gelar ST maupun yang masih proses meraih gelar ST.

11. Alumni Teknik Elektro Uin Suska yang telah membantu dalam hal motivasi untuk penyelesaian Tugas Akhir ini,

12. Seluruh Pihak Prodi Teknik Elektro yang telah memberikan bimbingan dan curahan ilmu kepada penulis sehingga bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Semoga bantuan yang telah diberikan baik moril maupun materil mendapat balasan pahala dari Allah SWT, dan sebuah harapan dari penulis semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembaca semua pada umumnya.

Semua kekurangan hanya datang dari penulis dan kesempurnaan hanya milik Allah SWT, hal ini yang membuat penulis menyadari bahwa dalam pembuatan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan kemampuan, pengalaman, dan pengetahuan penulis. Untuk itu penulis mengharap kritik dan saran dari semua pihak yang bersifat positif dan membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Pekanbaru, Juli 2021
Yang membuat pernyataan,

RIYAN RIYADI SEMBIRING
11455104793

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
LEMBAR PENGESAHAN	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
LEMBAR ATAS KELAYAKAN INTELEKTUAL	IV
LEMBAR PERNYATAAN	V
ABSTRAK	VI
ABSTRACT	VII
KATA PENGANTAR	VIII
DAFTAR ISI	X
DAFTAR GAMBAR	XII
DAFTAR TABEL	XIII
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Rumusan Masalah.....	I-5
1.3 Tujuan Penelitian	I-6
1.4 Batasan Masalah	I-6
1.5 Manfaat Penelitian	I-6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
2.1 Penelitian Terkait	II-1
2.2 Kotoran Sapi	II-2
2.2.1 Potensi Limbah Kotoran Sapi	II-3
2.2.2 Kandungan Kotoran Sapi	II-4
2.3 Biogas	II-4
2.3.1 Sejarah Biogas.....	II-4
2.3.2 Pengertian Biogas.....	II-6
2.3.3 Komposisi Biogas	II-7
2.3.4 Tahap Pembentukan Biogas	II-8
2.3.5 Produksi Biogas	II-9
2.3.6 Reaksi Pembentukan Biogas	II-11
2.3.7 Faktor yang Mempengaruhi Pembentukan Biogas	II-12
2.3.8 Keuntungan Penggunaan Biogas di bidang Peternakan.....	II-14
2.4 Pembangkit Listrik Tenaga Biogas	II-15
2.4.1 Komponen PLTBg (Pembangkit Listrik Tenaga Biogas).....	II-15
2.4.2 Digester Biogas	II-19
2.4.3 Pemeliharaan Instalasi Biogas.....	II-22
2.5 Tipe Digester Biogas	II-22
2.4.4 Tipe <i>Batch</i>	II-23
2.4.5 Tipe Aliran Kontinyu (<i>Continuous Flow</i>).....	II-24
2.6 <i>Metode Cogeneration System</i>	II-25

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.7 Aspek teknis.....	II-26
2.8 Aspek Ekonomi.....	II-29
2.4.6 Perhitungan Biaya	II-29

BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... III-1

3.1. <i>Flow Chart</i> Penelitian.....	III-1
3.2. Prosedur Penelitian	III-2
3.3. Tahap Identifikasi Masalah dan Studi Literatur	III-2
3.4. Survei dan Pengumpulan Data.....	III-3
3.5. Analisa Kapasitas Daya	III-4
3.6. Potensi Matematis Daya PLTBg.....	III-5

BAB IV HASIL DAN ANALISA IV-1

4.1. Gambaran Umum Lokasi	IV-1
4.2. Potensi Kotoran Sapi Di Desa Sekar Mawar	IV-1
4.3. Perhitungan Potensi Kotoran Sapi	IV-2
4.4. Perancangan Digester	IV-3
4.5. Analisa Teknologi Pembangkit.....	IV-7
4.6. Perhitungan Konversi Steam/Uap panas yang dihasilkan dari pembakaran Gas Metana dengan <i>Cogeneration system</i>	IV-8
4.7. Analisis Efisiensi yang dihasilkan <i>Cogeneration system</i>	IV-11
4.8. Analisis Ekonomi.....	IV-12
4.9. Analisis Kelayakan Ekonomi.....	IV-18

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN V-1

5.1. Kesimpulan	V-1
5.1. Saran	V-1

DAFTAR PUSTAKA



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Jenis Bahan Baku Penghasil Biogas	II-3
2.2 Komposisi Unsur dari Kotoran Sapi	II-4
2.3 Rasio C/N dalam Beberapa Jenis Kotoran Hewan.....	II-4
2.4 Kelompok Bakteri Penghasil Biogas	II-7
2.5 Komposisi Biogas	II-7
2.6 Standar Formasi Nilai Kalor	II-13
2.7 Perbedaan Digester Biogas berdasarkan Jenis Material	II-16
2.8 Menghitung diameter Digester.....	II-28
2.5 Perbedaan Digester Biogas berdasarkan Jenis Material	II-10
3.1 Data primer yang dibutuhkan dan sumber data.....	III-1
4.1 Jenis Bahan Baku Penghasil Biogas	IV-1
4.2 Unjuk kerja sampel instalasi biogas	IV-2
4.3 Komposisi biogas (%) kotoran sapi dan campuran kotoran ternak dengan sisa pertanian	IV-4
4.4 Hasil perhitungan kapasitas biogas dan PLT Biogas	IV-4
4.5 Dimensi Rancangan Digester Biogas.....	IV-9
4.6 Daya Kalor yang dihasilkan <i>Cogeneration System</i>	IV-16
4.7 Rincian Biaya Investasi Awal Pembuatan PLTBg.....	IV-17
4.8 Biaya Total Investasi PLTBg.....	IV-18
4.9 Biaya Sekarang Untuk Total Biaya O&M Selama Umur Proyek.....	IV-19
4.10 Total Cash Flow Benefit	IV-20
4.11 Total <i>Cash Flow Cost</i>	IV-21
4.12 Nilai <i>Net Present Value</i> (NPV) Selama Umur Proyek.....	IV-22
4.13 Nilai NPV1 Dan NPV2 Selama Umur Proyek.....	IV-24

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip, menyalin, atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

© Hak cipta ini dimiliki oleh UIN Suska Riau / Sultan Syarif Kasim Riau

UIN SUSKA RIAU

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemenuhan energi listrik di Indonesia termasuk permasalahan berkelanjutan untuk mencapai pembangunan yang maju. Saat ini Indonesia telah memprioritaskan pembangunan energi ke seluruh penjuru negeri termasuk desa dan dusun. Rasio elektrifikasi di Riau telah mencapai 92,43% [1]. Namun, tidak hanya upaya mendistribusikan listrik ke seluruh negeri, penyedia layanan energi juga tetap perlu memperhatikan pemeliharaan layanan energi yang ada misalnya gangguan listrik dan naiknya konsumsi listrik karena pertumbuhan penduduk.

Setiap tahunnya tingkat konsumsi energi listrik bertambah signifikan disebabkan oleh banyak faktor misalnya pendapatan rumah tangga, jumlah pertumbuhan penduduk, tingginya angka pernikahan/perkawinan dan peningkatan teknologi informasi [2]. Faktor pertumbuhan jumlah penduduk dan peningkatan ekonomi merupakan faktor paling dominan mempengaruhi kebutuhan energi listrik [3].

Pertumbuhan penduduk di Indonesia lebih tinggi daripada Pakistan, Filipina, Nigeria dan India yaitu $> 2,50\%$. Tahun 2020 laju pertumbuhan penduduk meningkat $0,95\%$ angka ini diperkirakan terus meningkat hingga 2050 [4]. Selanjutnya, laju pertumbuhan di Provinsi Riau termasuk tinggi yaitu $3,59\%$. Angka ini jauh di atas persentase pertumbuhan provinsi lainnya di pulau Sumatera yang rata-rata 2% [5]. Hal ini menyebabkan tingkat konsumsi dan kebutuhan listrik juga terus meningkat.

Jika pertumbuhan konsumsi energi tidak ditangani secara tepat oleh penyedia layanan energi maka akan terjadi berbagai permasalahan seperti gangguan listrik, ketidakseimbangan beban, dan kekurangan daya listrik [6]. Dalam menyikapi ini penyedia layanan energi perlu menetapkan kebijakan untuk menambah pembangkit listrik untuk mengantisipasi terjadinya berbagai permasalahan.

Berdasarkan RUPTL PLN 2009-2019 dan RUPTL PLN 2015-2025, didapati bahwa hingga tahun 2020 di Provinsi Riau akan dibangun 1.649 MW tambahan pembangkit yang didominasi oleh PLTU, PLTBG dan PLTMG [7]. Dengan kebutuhan listrik yang terus bertambah ini diperlukan pertambahan daya yang menjamin keberlangsungan kebutuhan



manusia. Salah satu solusi penambahan pembangkit listrik adalah dengan pemanfaatan biomassa karena potensinya yang berlimpah di Riau.

Potensi pengembangan pembangkit listrik berbasis energi baru dan terbarukan (EBT) adalah sangat besar sekitar 417,8 GW sedangkan yang dimanfaatkan hanya 2,5% dari potensi yang ada [8]. Selanjutnya, menurut wakil menteri ESDM diakses dalam esdm.go.id, pengembangan potensi PLTBg (Pembangkit Listrik Tenaga Biogas) memiliki biaya investasi yang relatif murah dibandingkan dengan pembangkit listrik EBT lainnya [9]. Biogas adalah gas produk akhir pencernaan/degradasi anaerobik (dalam lingkungan tanpa oksigen) oleh bakteri-bakteri menthanogen. Salah satu limbah yang dihasilkan dari aktifitas kehidupan manusia adalah limbah dari usaha peternakan sapi yang terdiri dari feses, urin, gas dan sisa makanan ternak. Penggunaan biogas umumnya mempunyai manfaat ganda yaitu CH_4 yang dapat digunakan sebagai bahan bakar, sedangkan limbah cair dan padat bisa dimanfaatkan pula sebagai pupuk organik [10].

Menurut laporan FAO, peternakan merupakan penyumbang gas rumah kaca utama. Diperkirakan emisi gas rumah kaca yang setara dengan 7.516 juta metrik ton ekuivalen CO_2 (CO_2°) per tahun, atau 18% emisi gas rumah kaca dunia setiap tahun yang diakibatkan oleh hewan ternak, sapi, domba, kambing, unta, kuda, babi, dan unggas [11]. Jumlah ini melebihi gabungan emisi dari seluruh transportasi di dunia seperti motor, mobil, truk, pesawat, dan lain-lain yang menyumbang 13% gas rumah kaca atau pembangkit listrik di seluruh dunia yang menyumbang 11% gas rumah kaca [11].

Peternakan di Provinsi Riau sangat menjanjikan berdasarkan data, jumlah populasi sapi di Riau berkisar 179.472 ekor dan terus meningkat sebesar 10,93% dalam dua tahun [12]. Potensi peternakan sapi semakin didukung dengan sentra perkebunan sebesar 2,37 hektar di wilayah Riau. Hal ini dikarenakan ketersediaan pakan ternak akan mencukupi adanya pengembangan usaha peternakan. Pemerintah Provinsi Riau melalui Dinas Peternakan mengatakan bahwa ditinjau dari ketersediaan lahan terdapat beberapa kabupaten yang memiliki potensi pengembangan peternakan sapi di Provinsi Riau diantaranya Bengkalis, Siak, Meranti, dan Indragiri Hulu [13].

Kabupaten Indragiri Hulu memiliki 14 kecamatan, 16 kelurahan dan 178 desa. Luas wilayahnya mencapai 7.723,80 km^2 dan jumlah penduduk 421.922 jiwa dengan sebaran 55 jiwa/ km^2 dan di desa sekar mawar memiliki jumlah KK 1.054 jiwa [14]. Berdasarkan letak geografis indragiri hulu dengan *Latitude* 0,339076 dan *Longitude* 102,325543 untuk PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) kabupaten Indragiri Hulu belum termasuk maksimal



karena intensitas radisasi matahari $< 4,57 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$ [15] sedangkan biayanya terlalu tinggi yaitu besar dari seratus juta rupiah dengan umur dua puluh tahun [16].

Sedangkan untuk potensi biogas Indragiri Hulu pada tahun 2018 termasuk memiliki potensi yang memadai yaitu dengan jumlah sapi 39.198, kambing 27.780 dan 2.447 ekor. Jumlah ini merupakan angka yang cukup besar dibandingkan kabupaten lain yang ada di Provinsi Riau [17].

Kecamatan Pasir Penyu merupakan salah satu kecamatan terbesar di Kabupaten Indragiri Hulu, dengan jumlah penduduk yaitu 35.460 jiwa dengan kepadatan penduduk sebesar $95,19 \text{ per km}^2$ [18] sehingga tingkat konsumsi listriknya juga tinggi. Berdasarkan studi pendahuluan yang dilakukan oleh penulis pada tanggal 20 Februari 2020 dari hasil wawancara dengan menggunakan kuisisioner, didapatkan sampel bahwa konsumsi energi listrik di kelurahan Sekar Mawar Kecamatan Pasir Penyu adalah rata-rata $2,3 \text{ kWh/hari}$ dalam satu rumah [19]. Dengan penggunaan alat elektronik yang cukup besar misalnya lampu, televisi, *rice cooker*, kulkas, dan *freezer*. Hal ini dikarenakan mayoritas keluarga di Desa Sekar Mawar bermata pencaharian sebagai berwirausaha seperti UMKM dan *Home Industry*. Hasil wawancara dengan beberapa orang warga mengatakan bahwa pada pukul $17.30 - 19.00$ listrik sering mengalami kenaikan beban, sehingga beberapa peralatan elektronik terpaksa dimatikan agar lampu tetap menyala. Hal ini sangat mengganggu warga yang memiliki usaha seperti warung, warnet, fotokopi ataupun industri pengolahan makanan karena akan berdampak pada sektor usahanya. Selain itu diketahui pula bahwa dari 10 KK yang diwawancarai, 4 diantaranya memiliki *generator set* (genset) agar warung ataupun usaha yang dimiliki tetap berjalan optimal saat terjadinya beban puncak. Saat ini sumber listrik utama pada Desa Sekar Mawar Kecamatan Pasir Penyu adalah dari PLN, tetapi karena adanya beban puncak penggunaan listrik pada *Home Industry* mengakibatkan kurang maksimalnya penggunaan energi listrik dan sering terjadinya pemadaman mendadak. Oleh sebab itu perlu adanya alternatif tambahan dari genset untuk membantu ketika masalah terjadi. Akan tetapi rata-rata pengeluaran dengan genset adalah sekitar 30 liter bensin/bulan atau seharga Rp.300.000/bulan [19]. Hal ini menyebabkan biaya operasional yang cukup besar yang harus ditanggung KK di Desa Sekar Mawar.

Desa Sekar Mawar Kecamatan Pasir Penyu memiliki beberapa fasilitas umum seperti kantor kelurahan, Balai desa, Masjid, Sekolah, dan Taman RTH Taman asri Kota Molek yang juga menggunakan beberapa alat elektronik. Berdasarkan data studi pendahuluan penggunaan listrik pada fasilitas umum sebesar 24 kWh/hari [19].



Permasalahan kebutuhan listrik yang terjadi di Desa Sekar Mawar Kecamatan Pasir Penyau dari hasil penelusuran berita telah terjadi sejak tahun 2015. Misalnya dari berita yang dikutip dari goriau.com bahwa pemadaman bergilir sering terjadi di Kecamatan Pasir Penyau hal ini disebabkan oleh kekurangan pembangkit listrik dan kekurangan daya sebesar 5,4 MW [20]. Selain itu, berita dari infopublik.id diketahui bahwa Kecamatan Pasir Penyau masih membutuhkan penambahan daya sebesar 30 MW agar tidak terjadinya pemadaman mendadak sedangkan Gardu Induk Tegangan Tinggi yang dibangun sejak 2017 lalu hingga 2018 belum beroperasi optimal hal ini dikarenakan adanya penarikan kabel transmisi yang masih belum selesai [21]. Namun, walaupun pada akhir 2018 hingga 2019 GI di Kecamatan Pasir Penyau telah beroperasi, kebutuhan beban di Desa Sekar Mawar masih terindikasi belum memadai hal ini dikarenakan mayoritas penduduk memiliki mata pencaharian wirausaha. Selain itu laju pertumbuhan penduduk sebesar 1,87% per tahun dengan jumlah KK sebesar 1.054 KK [18]. 70% dari total KK di Desa tersebut adalah penggiat usaha kecil menengah. Hal ini menjadikan Desa Sekar Mawar memiliki kebutuhan listrik yang besar.

Desa Sekar Mawar memiliki potensi biogas yang cukup memadai. Peternakan sapi di Desa Sekar Mawar dimiliki oleh empat orang dengan jumlah sapi yang berbeda. Namun, total keseluruhan sapi berubah-ubah karena fluktuasi penjualan setiap harinya. Tapi pada satu kepemilikan sapi, jumlah rata-rata sapi yang dternakan tanpa dijual ke pasar paling sedikit adalah 1118 ekor [22].

Potensi limbah peternakan sebagai salah satu bahan baku pembuatan biogas dapat ditemukan di sentra-sentra peternakan, terutama di peternakan dengan skala besar yang menghasilkan limbah dalam jumlah besar dan rutin. Kotoran sapi merupakan kotoran yang paling efisien digunakan sebagai penghasil biogas karena setiap 10- 25 kg kotoran sapi per hari dapat menghasilkan 2 m³ biogas. Dimana energi yang terkandung dalam 1 m³ biogas sebesar 11,72 kWh atau dapat digunakan sebagai penerangan 60 – 100 watt selama 6 jam [23].

Produksi kotoran sapi per hari sejauh ini hanya dimanfaatkan untuk pupuk kandang yang dijual Rp.20.000 per karung. Dari 1118 ekor sapi menghasilkan kotoran ternak rata-rata 50 karung per hari. Satu ekor sapi mampu menghasilkan 25 kg kotoran menghasilkan 2 m² biogas. Sementara itu, di Desa Sekar Mawar memiliki sebuah tempat yaitu Pasar Ternak dengan jumlah sapi 1118 ekor, dimana 1 ekor sapi menghasilkan 25 kg kotoran sapi. Artinya produksi kotoran sapi ini menghasilkan 27.950 kg/hari. jumlah sapi masih



bisa bertambah seiring berjalannya waktu, tetapi untuk menjaga konsistennya penghasilan, maka jumlah 1118 ekor sapi ini harus dijadikan standar pemeliharaan [23].

Potensi awal biogas dihitung dengan mengkalkulasikan dengan kandungan bahan kering (BK) (%) dimana dari 27.950 kg/hari kandungan BK adalah 20% yaitu 400 kg BK sehingga, potensi biogas di Desa Sekar Mawar adalah kira-kira 16 m³/hari. Berdasarkan sumber [23] untuk mengkonversi potensi energi listrik biogas limbah kotoran sapi dengan mengkalikan 11,72 kWh sehingga potensi listrik yang dihasilkan adalah 8.608,6 kWh/hari. Di satu sisi, Pasar Ternak ini tidak mengolah kotoran sapi dengan maksimal atau tidak dimanfaatkan dengan baik, padahal urin, feses dan gas yang dihasilkan ternak sangat berpotensi untuk dijadikan bahan baku pembuatan biogas. Dalam analisa pembangkit listrik perlu ditentukan secara spesifik konsumsi bahan bakar agar dapat menghasilkan penghematan.

Analisis teknis dan ekonomi PLTBg (Pembangkit Listrik Tenaga Biogas) di Desa Sekar Mawar dilakukan dengan metode *Cogeneration System* secara *on-grid*. Metode *Cogeneration System* yang dikenal dengan *Combined Heat and Power* (CHP) adalah produksi bersamaan dari energi listrik dan uap atau fluida panas lainnya dengan satu peralatan konversi energi sehingga kalor panas yang terjadi akan dimanfaatkan kembali untuk menghasilkan daya listrik [24]. Kelebihan metode *cogeneration system* dapat mengkombinasikan energi panas dan listrik sehingga proses lebih efisien [25], mengurangi polusi terutama CO₂ yang merupakan penyebab utama efek rumah kaca, beberapa bahan bakar biomassa dan energi buang dapat digunakan sebagai bahan bakar pada skema kogenerasi, sehingga meningkatkan efisiensi biaya dan mengurangi energi yang terbuang, dan pemangkasan biaya, terutama bagi industri dikarenakan penyediaan energi panas untuk keperluan sendiri [26].

Maka dari itu penulis perlu melaksanakan penelitian yang berjudul “**Analisis Teknis dan Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Biogas dari Kotoran Sapi dengan Metode *Cogeneration System* di Desa Sekar Mawar Kecamatan Pasir Penyau**”.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan dalam penelitian ini adalah:

1. Apakah PLTG dengan metode *Cogeneration System* berpotensi dikembangkan di Desa Sekar Mawar?
2. Bagaimana tingkat kelayakan dari aspek teknis dan ekonomi pembangkit listrik tenaga gas di Desa Sekar Mawar?



1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain ialah:

1. Untuk mengetahui potensi listrik yang dihasilkan dari PLTG metode *Cogeneration System* yang dikembangkan di Desa Sekar Mawar.
2. Untuk mengetahui tingkat kelayakan pembangkit listrik tenaga gas berdasarkan aspek teknis dan aspek ekonomi di Desa Sekar Mawar

1.4 Batasan Masalah

Agar tugas akhir ini lebih terarah dan dapat mencapai hasil yang diinginkan, oleh karena itu penulis akan membatasi tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Pembahasan prinsip kerja PLTG hanya dibahas secara umum.
2. Tidak membahas zat organik dan zat kimia secara spesifik.
3. Analisa ekonomi hanya menghitung nilai *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR) dan *Payback Priode* (PP) .
4. Aspek-aspek yang dipertimbangkan dalam pembangunan PLTG ini dibatasi hanya dalam aspek teknis dan ekonomis.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Secara akademis, diharapkan penelitian ini dapat bermanfaat bagi penambahan referensi yang berkaitan dengan PLTG di Teknik Elektro Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
2. Secara Praktis, penelitian ini diharapkan bermanfaat bagi Pemerintah Kabupaten Indragiri Hulu agar bisa menjadikan PLTG sebagai solusi energi alternatif terbarukan.
3. Memberi masukan kepada pemerintah dalam mengatasi krisis listrik dan permasalahan kotoran ternak di Provinsi Riau khususnya di Kecamatan Pasir Penyu, Kabupaten Indragiri Hulu.
4. Memberi gambaran peluang investasi pengembangan teknologi pengolahan kotoran ternak menjadi energi.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Referensi yang terkait dengan penelitian ini sebagaimana yang telah dilakukan oleh peneliti terdahulu seperti:

Penelitian yang dilakukan oleh [27] dengan judul “*Studi Potensi Sampah Organik Pasar Kota Medan Menjadi Pembangkit Energi Listrik Sebagai Energi Alternatif Terbarukan*”. Hasil penelitian diketahui bahwa rata-rata sampah per hari $\pm 1.008,87$ ton perhari, Perbulan = $\pm 28.188,94$ ton perbulan. Potensi penghasilan energi listrik dari sampah di Kota Medan adalah 232.598,54 kWh per hari dan 6.496.565 kWh atau $\pm 6,49$ GWh/bulan yang artinya nilai tersebut mencukupi kekurangan energi listrik di Sumatera Utara. Potensi yang besar ini maka memungkinkan untuk mendirikan pembangkit listrik tenaga biogas (PLTBg) dengan sumber bahan baku dari sampah organik TPA Terjun Medan.

Penelitian yang di lakukan oleh [28] dengan judul “*Biothings V2: Pengembangan Alat Penghasil Biogas Otomatis Menggunakan Tenaga Hybrid Berbasis Iot (Internet Of Things) Guna Meningkatkan Hasil Produksibiothings V2*”. Penelitian ini menunjukkan bahwa pengembangan alat penghasil biogas otomatis berbasis IoT (*Internet of Things*) guna meningkatkan hasil produksi biogas alat ini mempunyai dua komponen utama yaitu komponen mekanik seperti kerangka, motorlistrik, dan reduser sebagai output, kemudian ada komponen elektronik yang berupa modulwifi, sensor ultrasonik sebagai input ke server IoT.

Penelitian yang dilakukan [29] dengan judul “*Analisa teknis dan ekonomis perbandingan penggunaan bahan bakar PLTMG terhadap PLTG di Pusat Listrik Balai Pungut Duri*”. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dengan diperoleh rata-rata nilai Heat Rate 14.369,18 Btu/kwh pada PLTG lebih baik dari pada nilai Heat Rate PLTMG sebesar 9002,88 Btu/kwh. Nilai efisiensi PLTMG lebih baik daripada PLTG. Berdasarkan analisa biaya produksi PLTMG lebih untung sebesar Rp.22.914.397.100 sedangkan PLTG memiliki biaya produksi sebesar Rp. 219.170.000.

Penelitian yang dilakukan [28] dengan judul “*Efisiensi energi pada industri bioetanol menggunakan metode Cogeneration System*”. Hasil dari penelitian ini adalah



berupa potensi limbah industri sebesar 1.371.980 kg/hari dengan menghasilkan volume produksi biogas sebesar 50.763,26 m³/hari. sehingga jumlah uap yang dihasilkan adalah 22.723,894 kg uap/jam. Berdasarkan nilai efisiensi energi, didapat sebesar 46,7% dan total pengurangan emisi yang dapat dilakukan sebesar 178.685,782 tCO₂

Penelitian yang dilakukan [29] dengan judul “*pemanfaatan kotoran sapi untuk bahan bakar PLT biogas 80 KW di desa babadan kecamatan ngajum malang*. Hasil penelitian ini biogas dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif terbarukan yang sesuai jika diterapkan di desa Babadan kecamatan ngajum. Di tempat tersebut memiliki 4.000 ekor sapi di peternakan mereka, sehingga potensi kotoran yang dihasilkan adalah 100.000 kg/hari. Jumlah tersebut dapat dikonversikan menjadi energi listrik sebesar 3.760 kWh/hari melalui sebuah instalasi biogas yang dilengkapi dengan sebuah generator biogas.

2.2 Kotoran Sapi

Sapi atau dikenal dengan sebutan ilmiah *Bos Taurus* adalah hewan ternak yang berasal dari anggota suku *Bovidae*. Sapi juga dikenal sebagai hewan ternak yang memiliki banyak peranan bagi kehidupan manusia, sapi juga memiliki banyak pemanfaatan baik dari segi konsumsi hingga dari segi peternakan dan perkemunan. Kotoran sapi adalah salah satu bagian yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biogas. Hal ini dikarenakan pada kotoran sapi mengandung sejumlah bakteri yang tumbuh menghasilkan gas, gas inilah yang menjadi biogas. Bakteri tersebut adalah *Escherichia coli*, *Citrobacter freundii*, *Pseudomonas putrefasciens*, *Enterobacter cloace*, *Proteus morganii*, *Salmonella sp*, *Enterobacter aerogenes*, *Flavobacterium*, *Pseudomonas fluorescens*, dan *Providencia alcalifasciens*. Tidak hanya itu, kotoran sapi juga mengandung unsur N, K, serta mengandung Nutrien dan matrial serat yang menjadi makanan bagi bakteri untuk berkembang biak.[30]

Kotoran sapi merupakan sisa atau limbah yang dihasilkan dari sistem pencernaan sapi dan mempunyai warna yang beragam dari kehijauan sampai kehitaman, tergantung makanan yang dimakan oleh sapi. Kotoran sapi akan berwarna gelap ketika terkena udara atau oksigen. Kotoran sapi berbentuk padat dan dalam sistem ekskresinya umumnya bercampur dengan urin dan CH₄ dan NH₃. Kotoran sapi memiliki kandungan unsur hara yang beragam yang bergantung pada keadaan tingkat produksinya, jenis, jumlah konsumsi pakan, dan individu ternak sendiri [19]. Kotoran sapi dinilai memiliki potensi dalam menghasilkan biogas maupun biostarter, hal ini dikarenakan kotoran sapi memiliki bakteri yang dapat menghasilkan gas metan yang terdapat dalam perut hewan ruminansia[31].



2.2.1 Potensi Limbah Kotoran Sapi

Usaha peternakan sapi di Indonesia memiliki potensi yang sangat besar yang tersebar di beberapa daerah. Usaha peternakan sapi memerlukan kondisi geografis yang ideal untuk keberlangsungan hidup sapi. Provinsi Riau memiliki kondisi iklim tropis basah yang bagus untuk budidaya peternakan sapi terbukti dengan data statistik BPS (badan pusat statistik) Provinsi Riau, pada tahun 2012 jumlah ternak sapi di Provinsi berjumlah 49.763 ekor di tahun 2017 meningkat menjadi 54.034 ekor [4].

Kotoran sapi merupakan bahan baku potensial dalam pembuatan biogas karena mengandung pati dan lignoselulosa. Biasanya, kotoran sapi dimanfaatkan sebagai pupuk dan sisanya digunakan untuk memproduksi gas metana menggunakan proses anaerob. Kotoran sapi adalah biomassa yang mengandung karbohidrat, protein, dan lemak. Biomassa yang mengandung karbohidrat tinggi akan menghasilkan gas metana yang rendah dan CO₂ yang tinggi, jika dibandingkan dengan biomassa yang mengandung protein dan lemak dalam jumlah yang tinggi. Secara teori, produksi metana yang dihasilkan dari karbohidrat, protein, dan lemak berturut-turut adalah 0,37 ; 1,0 ; 0,58 m³ CH₄ per kg bahan kering organik. Kotoran sapi mengandung ketiga unsur bahan organik tersebut sehingga dinilai lebih efektif untuk dikonversi menjadi gas metana.

Salah satu cara menentukan bahan organik yang sesuai untuk menjadi bahan masukan sistem biogas adalah dengan mengetahui perbandingan karbon (C) dan nitrogen (N) atau disebut rasio C/N. Beberapa percobaan yang telah dilakukan oleh ISAT menunjukkan bahwa aktivitas metabolisme dari bakteri metanogenik akan optimal pada nilai rasio C/N sekitar 8-20. Produksi Kotoran sapi disajikan dalam tabel 2.1 sebagai berikut:

Tabel 2.1 Jenis Bahan Baku Penghasil Biogas [32]

Jenis	Banyak Tinja (Kg/hari)	Kandungan BK (%)	Biogas (m ³ /kg.BK)
Sapi	25	20	0,023 - 0,040
Kambing/Domba	1,13	26	0,040 - 0,059
Ayam	0,18	28	0,065 - 0,116
Itik	0,34	38	0,065 - 0,116
Babi	7	9	0,040 - 0,059
Manusia	0,25-0,4	23	0,020 - 0,028



2.2.2 Kandungan Kotoran Sapi

Pada kotoran sapi dapat berpotensi menghasilkan 36 liter biogas pada setiap 1 kilogramnya. Berikut komposisi unsur dari kotoran sapi : [33]

Tabel 2.2 Komposisi unsur dari kotoran sapi

Jenis Gas	Persentase
Methana (CH ₄)	65,7
Karbon Dioksida (CO ₂)	27,0
Nitrogen (N ₂)	2.3
Karbon Monoksida (CO)	0
Oksigen (O ₂)	0,1
Propena (C ₃ H ₈)	0,7
Hydrogen Sulfida (H ₂ S)	-
Nilai kalori (kkal/m ²)	6513

(Sumber: Hermawan, dkk, 2007)

Selain kandungan selulosa yang tinggi pada kotoran sapi, hal yang harus diperhatikan untuk bahan baku pembuatan biogas adalah kandungan rasio C/N nya. Berikut kandungan rasio C/N kotoran hewan : [34]

Tabel 2.3 Rasio C/N dalam beberapa jenis kotoran hewan

Jenis Kotoran	Rasio C/N
Sapi	18
Kerbau	18
Kuda	25
Babi	25
Kambing/Domba	30
Ayam	15
Manusia	6-10

(Sumber: Syamsuddin, 2005)

2.3 Biogas

2.3.1 Sejarah Biogas

Berdasarkan beberapa temuan dan literasi sejarah, pada awalnya biogas sudah ditemukan pada masa kebudayaan mesir, cina dan romawi kuno. Namun pada masa ini masyarakat masih menggunakan gas alam ini sebagai bahan yang mudah terbakar untuk menghasilkan panas. Orang pertama yang mengaitkan gas bakar ini dengan proses pembusukan bahan sayuran adalah Alessandro Volta pada tahun 1776, sedangkan Willam Henry pada tahun 1806 mengidentifikasi gas yang dapat terbakar tersebut sebagai metan. Becham tahun 1868, murid Louis Pasteur dan Tappeiner tahun 1882 memperlihatkan asal



mikrobiologis dari pembentukan metan. [35]

Seiring dengan perkembangan zaman, biogas mengalami pasang surut dalam proses pembuatannya. Pada akhir abad ke-19 Jerman dan Prancis memanfaatkan limbah pertanian menjadi beberapa unit pembangkit yang berasal dari biogas. Kemudian selama perang dunia ke-2 banyak petani di Inggris dan benua Eropa lainnya yang membuat digester kecil untuk menghasilkan biogas. Namun, dalam perkembangannya karena harga BBM semakin murah dan mudah diperoleh, pada tahun 1950-an pemakaian biogas di Eropa mulai ditinggalkan. Jika era tahun 1950-an Eropa mulai meninggalkan biogas dan beralih ke BBM, hal sebaliknya justru terjadi di negara-negara berkembang seperti India dan Cina yang membutuhkan energi murah dan selalu tersedia. Cina menggunakan teknologi biogas dengan skala rumah tangga yang telah dimanfaatkan oleh hampir sepertiga rumah tangga di daerah pinggiran Cina. Perkembangan biogas di Cina bisa dikatakan mengalami perkembangan yang signifikan, pada tahun 1992 sekitar lima juta rumah tangga menggunakan instalasi biogas sehingga biogas menjadi bahan bakar utama sebagian penduduk Cina. Seperti yang diungkapkan Prof Li. Kangmin dan Dr Mae-Wan Ho, *director of the The Institute of Science in Society*, biogas merupakan jantung dari tumbuhnya eco-economy di Cina, namun beberapa kendala harus diselesaikan untuk meraih potensi yang lebih besar.

Perkembangan yang senada juga terjadi di India, tahun 1981 mulai dikembangkan instalasi biogas di India. India merupakan negara pelopor dalam penggunaan energi biogas di benua Asia dan pengguna energi biogas ini dilakukan sejak masih dijajah oleh Inggris. India sudah membuat instalasi biogas sejak tahun 1900. Negara tersebut mempunyai lembaga khusus yang meneliti pemanfaatan limbah kotoran ternak yang disebut *Agricultural Research Institute dan Gobar Gas Research Station*. Data yang diperoleh menyebutkan bahwa pada tahun 1980 di seluruh India terdapat 36.000 instalasi gas bio yang menggunakan feses sapi sebagai bahan bakar. Teknik biogas yang digunakan sama dengan teknik biogas yang dikembangkan di Cina yaitu menggunakan model sumur tembok dan dengan drum serta dengan bahan baku kotoran ternak dan limbah pertanian. Tercatat sekitar tiga juta rumah tangga di India menggunakan instalasi biogas pada tahun 1999. Menginjak abad ke 21 ketika sadar akan kebutuhan energi pengganti energi fosil, di berbagai negara mulai menggalangkan energi baru terbarukan, salah satunya biogas. Tak ketinggalan negara adidaya seperti Amerika Serikat menunjukkan perhatian khususnya bagi perkembangan biogas. Bahkan, Departemen Energi Amerika Serikat memberikan



dana sebesar US\$ 2,5 juta untuk perkembangan biogas di California.

Jika dibandingkan di Indonesia, teknologi biogas baru ditemukan pada tahun 1970-an yang diawali dengan berkembangnya wilayah pedesaan. Perkembangan ini termasuk salah satunya adalah pemanfaatan biogas menjadi energi alternatif bagi petani dalam mengelola perkemunan yang ramah lingkungan. Potensi ini menjadi salah satu perkembangan bagi kementerian ESDM guna meningkatkan potensi pada bidang ternakan dan pertanian, hal ini akan memberikan dampak yang sangat besar bagi pemenuhan energi di Indonesia.[36]

2.3.2 Pengertian Biogas

Biogas ialah *resource alternative* yang didapatkan dari perubahan komposisi organik yang diuraikan oleh bakteri dengan proses anaerob. Sifat dari biogas adalah *renewable*. Konversi energi menjadi biogas dianggap mudah diaplikasikan, bersifat *environmental friendly*, dan memiliki *resource* yang melimpah. Biogas memiliki keunggulan pada bahan baku yang beragam mulai dari limbah-limbah rumah tangga, pertanian, peternakan, kehutanan hingga komponen biotik lain yang menghasilkan gas. Pengembangan substrat/bahan baku biogas juga tidak sulit karena banyak didapatkan di Indonesia [37].

Biogas juga dapat dikatakan sebagai produk gas dari rantai anaerobik tanpa melibatkan oksigen atau udara yang terjadi di ruang terisolasi. Biogas dikenal sebagai sumber energi alternatif EBT yang memiliki efisiensi baik. Segala macam bahan organik yang ada dalam dapat diuraikan oleh mikroorganisme sehingga menghasilkan gas. Gas inilah yang akan menjadi *resource* untuk biogas [38].

Biogas adalah gas tidak berwarna yang mudah terbakar yang dihasilkan dari pemecahan biologis bahan organik; terjadi tanpa adanya oksigen. Biogas berasal dari “bahan biogenik” dan dihasilkan dari *anaerobic digestion* dari bahan biodegradable seperti biomassa, limbah hijau kotoran sapi dan sisa pertanian seperti singkong, tebu dan sebagainya. Biogas terdiri dari campuran berbagai gas, terutama metana (CH₄), karbon dioksida (CO₂), 1–5% gas lain, termasuk hidrogen (H₂) [39].

Gas dihasilkan oleh bakteri yang terjadi selama bio-degradasi bahan organik dalam kondisi anaerobik [40]. Biogas memiliki kandungan metana yang tinggi (Tabel 2.1), yang membuatnya menjadi sumber energi yang *renewable*. Energi yang dilepaskan dari biogas menjadikannya bahan bakar yang cocok di negara mana pun untuk keperluan berbagai keperluan. Biogas juga dapat digunakan dalam digester anaerobik dimana energi dalam



gas diubah menjadi listrik dan panas menggunakan mesin gas [41]. Sebanyak biogas sebagian besar terdiri dari metana dan karbon dioksida, yang merupakan gas rumah kaca yang berbahaya bagi lingkungan. Oleh karena itu, penting untuk menjalani proses pembakaran sebelum dilepaskan ke atmosfer. Sifat fisik, kimia dan biologi ubi kayu serta potensi biomassa lainnya dapat mempengaruhi komposisi dan hasil biogas [39].

Biogas yang diproduksi dijadikan energi untuk keperluan masak, pencahayaan dan bahan bakar genset. Keunggulan biogas jika dikomparasikan dengan bahan bakar minyak berbasis fosil diantaranya ramah lingkungan dan dapat diperbaharui [42].

Tabel 2.4 Kelompok Bakteri Penghasil Biogas

Kelompok	Jenis Bakteri
Fermentatif	<i>Streptococci</i> , <i>Bacteriodes</i> , dan beberapa jenis <i>Enterobacteriaceae</i> .
Asetogenik	<i>Desulfovibrio</i>
Metana	<i>Mathanobacterium</i> , <i>Mathanobacillus</i> , <i>Methanosacaria</i> , dan <i>Methanococcus</i>

(Sumber: Wahyono dan Sudarno, 2012).

2.3.3 Komposisi Biogas

Biogas memiliki berbagai unsur penyusun, hal ini bergantung oleh reaksi yang terjadi. Proses anaerobik melibatkan berbagai senyawa kimia. Apabila biogas yang diproduksi berasal dari proses fermentasi umumnya konsentrasi metana relatif rendah yaitu 40%. Apabila komposisi CH₄ rendah maka bahan bakau yang ada hanya dapat digunakan sebagai energi pembakar seperti memasak. berkadar rendah dalam biogas sebesar itu hanya bisa dimanfaatkan sebagai bahan bakar dalam kegiatan masak memasak. Komposisi biogas disajikan pada Tabel 2.2 [43].

Tabel 2.5 Komposisi Biogas [43]

Komponen	Konsentrasi %
Metane (CH ₄)	55 – 60
Karbon Dioksida (CO ₂)	35 – 40
Hidrogen (H ₂)	2 – 7
Nitrogen (N ₂)	0 – 2
Hidrogen Sulfida (H ₂ S)	2

Karakteristik Kandungan Utama Biogas (Soleh, 2016) adalah sebagai berikut:

1. Gas Metana

Sifat fisika metana sebagai berikut:

- a. Berat Molekul : 16,04 gram/mol
- b. Densitas : $7,2 \times 10^{-4}$ gram/ml (pada 1 atm dan 0°C)
- c. Nilai kalor CH_4 : 13.279,302 Kkal/kg
- d. Nilai kalor biogas : 6.720—9660 Kkal/kg
- e. dp : 3,8 Å

Sifat kimia metana (Soleh, 2016) sebagai berikut:

- a. Reaksi pembakaran sempurna gas metana menghasilkan gas karbon dioksida dan uap air.



2. Karbon Dioksida

Sifat fisika karbon dioksida (Soleh, 2016) sebagai berikut:

- a. Berat Molekul : 44,01 gram/mol
- b. Densitas : $1,98 \times 10^{-3}$ gram/ml (pada 1 atm dan 0°C)
- c. dp : 3,3 Å

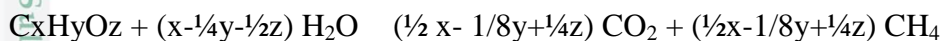
Sifat kimia karbon dioksida sebagai berikut

- a. Karbon dioksida bereaksi dengan natrium hidroksida membentuk natrium karbonat.



2.3.4 Tahap Pembentukan Biogas

Substrat yang dapat menghasilkan biogas umumnya adalah limbah organik seperti buah, sayur dan limbah pertanian. Gas metana yang terbentuk dari proses fermentasi pada sistem anaerob (tanpa oksigen) dengan bantuan pengurai/bakteri akan menghasilkan gas metan (CH_4) dan gas CO_2 dengan kuantitas lebih besar daripada gas H_2 , N_2 dan H_2S . Dibutuhkan waktu 7 hingga 10 hari dalam memproduksi biogas dengan temperatur terbaik 35°C dan pH interval 6,4 – 7,9. Mikroorganisme yang dapat mendekomposisi biogas diantaranya bakteri anaerob seperti, Methanobacterium, Methanobacillus, Methanococcus dan Methanosarcina. Secara umum, reaksi pembentukan CH_4 yaitu [44]:



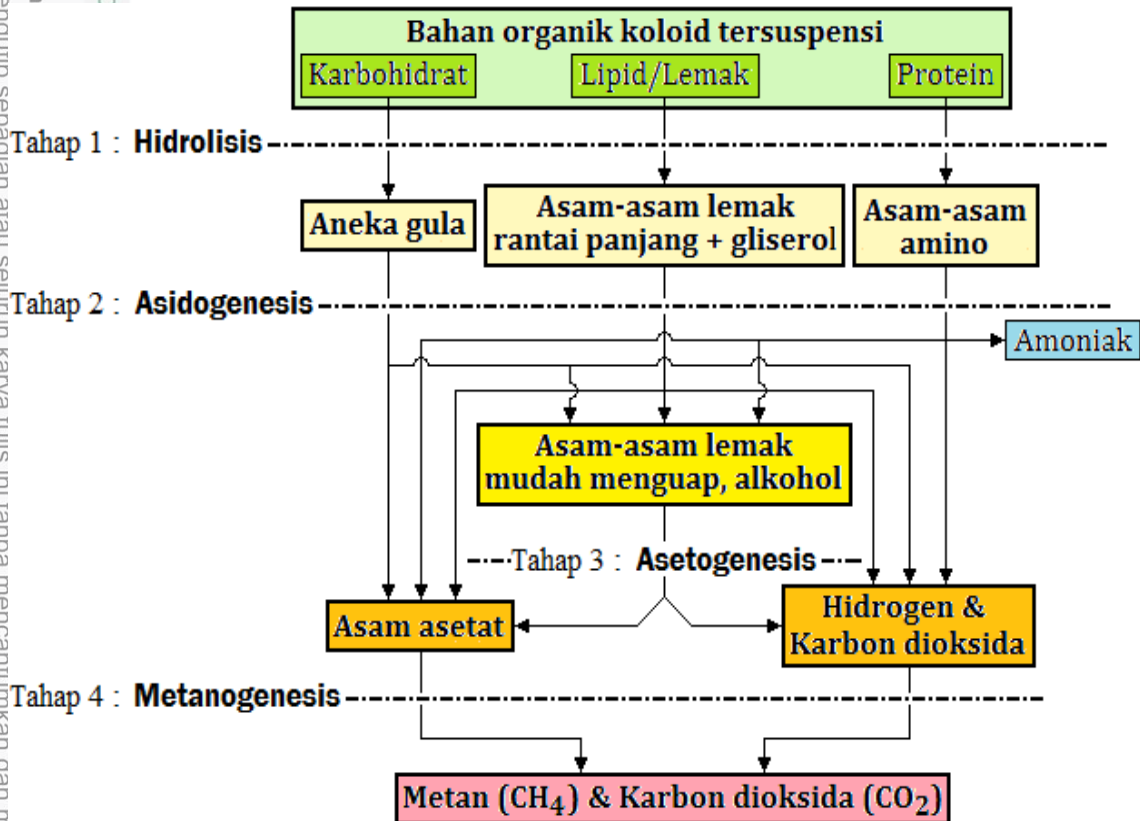
Reaksi kimia pembuatan biogas (gas metana) ada 3 tahap, yaitu :

- a. Reaksi Hidrolisa / Tahap pelarutan
- b. Reaksi Asidogenik / Tahap pengasaman
- c. Reaksi Metanogenik / Tahap Pembentukan Gas Metana

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
 Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2.3.5 Produksi Biogas

Biogas dihasilkan dari serangkaian reaksi organik dengan degradasi biomassa membutuhkan bakteri sebagai pengurai dengan kondisi bebas udara atau dengan istilah *anaerobic digestion* [44]. Berikut ini adalah proses biogas:



Gambar 2.1 Proses Pembentukan Biogas

Gas yang membuat biogas ini dapat terbakar adalah gas metana (CH₄) sehingga jumlah energi yang terkandung dalam biogas ini bergantung pada konsentrasi gas metana tersebut. Semakin tinggi kandungan gas metana dalam digester maka semakin besar kandungan energi (nilai kalor) pada biogas. Secara umum, di dalam proses pembentukan biogas terdapat tiga tahapan, yaitu [45]:

Tahap 1 : Hidrolisis. Banyak limbah organik terdiri dari polimer organik kompleks seperti protein, lemak, karbohidrat, selulosa, lignin, dan lain-lain, beberapa di antaranya dalam bentuk padatan yang tidak larut. Pada tahap ini, polimer organik ini dipecah oleh enzim ekstraseluler yang diproduksi oleh bakteri hidrolitik, dan dilarutkan dalam air. Komponen organik (atau monomer) yang mudah larut yang dibentuk dengan mudah tersedia untuk bakteri penghasil asam.

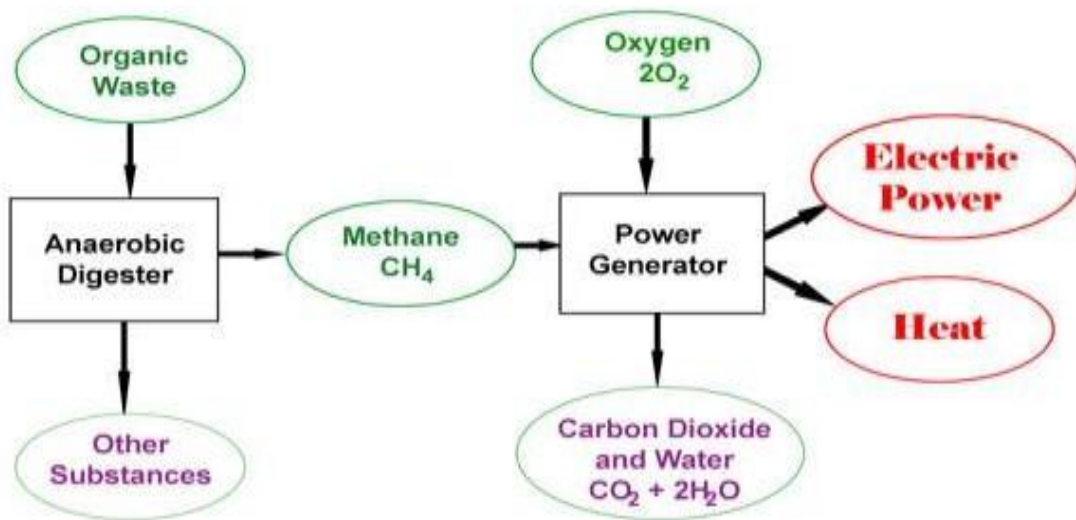


Tahap 2: Asidogenesis/pembentukan asam. Komponen monomer yang dilepaskan oleh pemecahan hidrolitik yang terjadi selama tindakan bakteri tahap-1 selanjutnya diubah menjadi asam asetat (asetat) dan H₂ / CO₂ oleh bakteri acetogenik pada tahap ini. Asam lemak volatil diproduksi sebagai produk akhir metabolisme bakteri protein, lemak dan karbohidrat; di mana asam asetat, propionat, dan laktat adalah produk utama. Karbon dioksida dan gas hidrogen juga dibebaskan selama katabolisme karbohidrat. Metanol dan alkohol sederhana lainnya adalah produk sampingan lain dari pemecahan karbohidrat. Proporsi substrat yang berbeda ini diproduksi tergantung pada flora yang ada serta pada kondisi lingkungan.

Tahap 3: Pembentukan Metana. Produk dari tahap kedua akhirnya diubah menjadi CH₄ dan produk akhir lainnya oleh sekelompok bakteri yang disebut metanogen. Bakteri metanogenik adalah anaerob obligat yang tingkat pertumbuhannya umumnya lebih lambat daripada bakteri pada tahap 1 dan 2. Bakteri metanogenik menggunakan asam asetat, metanol, atau karbon dioksida dan gas hidrogen untuk menghasilkan metana. Asam asetat atau asetat adalah satu-satunya substrat paling penting untuk pembentukan metana, dengan sekitar 70% dari metana yang dihasilkan berasal dari asam asetat. Metana yang tersisa berasal dari karbon dioksida dan hidrogen. Beberapa substrat lain juga dapat dimanfaatkan, seperti asam format, tetapi ini tidak penting, karena mereka biasanya tidak hadir dalam fermentasi anaerobik. Bakteri metanogenik juga bergantung pada bakteri tahap 1 dan 2 untuk menyediakan nutrisi dalam bentuk yang dapat dimanfaatkan. Sebagai contoh, senyawa nitrogen organik harus direduksi menjadi amonia untuk memastikan pemanfaatan nitrogen yang efisien oleh bakteri metanogenik.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Biogas power generation flow chart

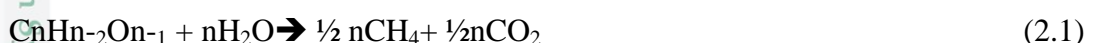


Gambar 2.2 Proses Biogas [44]

2.3.6 Reaksi Pembentukan Biogas

Terdapat beberapa jenis atau kelompok reaksi pada makhluk hidup. Pada bakteri penghasil biogas tergolong kedalam kelompok makhluk hidup yang mengelola makanan melalui reaksi anaerobik. Biogas dari pencernaan anaerobik limbah, pengolahan makanan, hewan dan limbah lainnya biasanya mengandung sekitar 55% sampai 70% CH₄ dan 30% sampai 45% CO₂. Wibowo dkk., menemukan hasil penelitian yang dilakukan terhadap fermentasi kotoran hewan, bahwa pada hasil fermentasi kotoran sejumlah hewan terdapat kandungan gas CO₂ dengan kadar yang paling banyak.[46] Gas ini memiliki komposisi utama pada gas metana yang menjadi biogas yang dihasilkan. Tingginya kadar CO₂, maka akan memperkecil kadar metana.

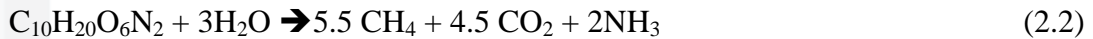
Produksi biogas dari substrat organik melibatkan reaksi redoks internal yang mengubah molekul organik untuk CH₄ dan CO₂. Untuk kasus yang paling sederhana, konversi karbohidrat, seperti gula (misalnya, glukosa, C₆H₁₂O₆) dan pati atau selulosa (C_nH_{n-2}O_{n-1}), dapat diproduksi dengan jumlah perbandingan yang sama antara CH₄ dan CO₂ yakni (50:50 rasio), berikut reaksinya: [47]



Dalam kasus limbah yang mengandung protein atau lemak, dapat menghasilkan jumlah metana yang lebih besar. Berikut adalah proses terjadinya reaksi pada protein :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengutip sumbernya.
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Sedangkan untuk lemak dan minyak nabati (Trigliserida), sebuah CH_4 berbanding dengan CO_2 rasionya adalah 70:30, Reaksinya sebagai berikut :



Contoh-contoh sederhana reaksi yang dapat berubah sesuai dengan efek dari beberapa faktor, sebagai berikut :

1. Produk yang dihasilkan dalam limbah digester (misalnya: asetat, asam lemak propionat, metabolit dan lainnya).
2. Bakteri menggunakan reaksi ini untuk membuat lebih banyak bakteri lagi. Dengan demikian, terdapat beberapa biomassa yang dihasilkan sebagai bagian dari proses-proses metabolisme bakteri tersebut.

Dua faktor diatas dapat mengurangi CH_4 lebih banyak dibandingkan dengan produksi CO_2 . Namun kemungkinan terjadinya hal semacam ini relatif kecil, karena sebagian besar substrat terdegradasi memang diubah menjadi CH_4 dan CO_2 , ini dikarenakan hasil biomassa bakteri pada fermentasi anaerob cukup rendah, biasanya kurang dari 5%. Pencernaan yang tidak sempurna juga tidak mempengaruhi komposisi gas secara signifikan. Oleh karena itu, faktor di atas dapat diabaikan. Dengan demikian, isi maksimum CH_4 dalam biogas yang dihasilkan dari pencernaan anaerobik hanya dapat sekitar 70% ketika pencernaan minyak disertakan.[47]

2.3.7 Faktor yang Mempengaruhi Pembentukan Biogas

Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi pembentukan biogas, yaitu perbandingan C/N bahan isian, lama fermentas, temperatur, serta kandungan bahan kering. Faktor tersebut dapat di jelaskan sebagai berikut: [48]

1. Perbandingan C/N bahan isian, adalah perbandingan atai rasio antaran komposisi bahan penyusun atau bahan baku pembuatan gas. C/N itu sendiri menunjukkan unsur Carbon dan unsur Nitrogen yang terkandung dalam satuan bahan. Semua mahluk hidup terbuat dari sejumlah besar bahan Karbon (C) dan Nitrogen (N) dalam jumlah kecil. Untuk menjamin semuanya berjalan lancar, unsur-unsur nutrisi yang dibutuhkan mikroba harus tersedia secara seimbang. Ternak ruminansia seperti sapi, kambing dan domba rata-rata lebih lama dalam menghasilkan biogas dibandingkan dengan ternak non ruminansia. Lamanya produksi biogas disebabkan oleh mutu pakan yang lebih rendah, sehingga rasio

C/N-nya tinggi akibatnya perkembangan mikroba pembentuk gas lebih lama dibandingkan yang bermutu tinggi. Tinggi rendahnya mutu ini tergantung pada nilai N (nitrogen) di dalam ransum. Namun demikian nilai N juga tergantung pada C (karbon). Jadi, perbandingan C dan N akan menentukan lama tidaknya proses pembentukan biogas.

2. Lama fermentasi, secara umum bakteri memerlukan waktu dalam proses berkembang biak. Fermentasi atau penghancuran limbah oleh bakteri di dalam tangki berlangsung kurang lebih 60-90 hari. [49]
3. Temperatur, temperatur atau dikenal dengan suhu memiliki peranan penting bagi bakteri penghasil biogas untuk tumbuh dan berkembang biak. Pada umumnya bakteri memiliki gusus protein yang memiliki suhu optimal untuk dapat bekerja yaitu antara rentang 32-37°C. Perkembangbiakan bakteri sangat dipengaruhi oleh suhu. Suhu yang terlalu tinggi atau rendah dapat menyebabkan kurang atau tidak aktifnya mikroba penghasil biogas, sehingga kurang baik untuk proses pembentukan biogas.
4. Kandungan bahan kering, Bahan isian dalam pembuatan bio gas harus berupa bubur. Bentuk bubur ini dapat diperoleh bila bahan bakunya mempunyai kandungan air yang tinggi. Bahan baku dengan kadar air yang rendah dapat dijadikan berkadar air tinggi dengan menambahkan air ke dalamnya dengan perbandingan tertentu sesuai dengan kadar bahan kering bahan tersebut. Bahan baku yang paling baik mengandung 7-9 % bahan kering. Aktivitas normal dari mikroba metan membutuhkan sekitar 90% air dan 7- 10% bahan kering dari bahan masukan untuk fermentasi. Dengan demikian isian yang paling banyak menghasilkan biogas adalah yang mengandung 7-9% bahan kering. Untuk kandungan kering sejumlah tersebut bahan baku isian biasanya dicampur dengan air dengan perbandingan tertentu. [50]

Tabel 2.6 Standar formasi nilai kalor [48]

Substansi	Kalor (kJ/mol)	Massa Molar (gram)	Kalor (MJ/kg)
O ₂ , N ₂	0	-	0
H ₂ O Uap	241,8	18	13,43
H ₂ O Cair	285,7	18	15,87
CO ₂	393,8	44	8,95



Substansi	Kalor (kJ/mol)	Massa Molar (gram)	Kalor (MJ/kg)
CO	110,6	28	3,95
CH ₄	74,9	16	4,68
CH ₂ (Kerosene)	25,4	14	1,81

Nilai kalor yang dibebaskan selama pembakaran dihitung dari jumlah formasi nilai kalor dari produk pembakaran dikurangi jumlah formasi nilai kalor dari reaktan (metan, oksigen dan nitrogen). Tabel diatas memberikan nilai kalor standar dari beberapa jenis gas.

2.3.8 Keuntungan Penggunaan Biogas di bidang Peternakan

Kegiatan peternakan juga turut memicu terciptanya gas rumah kaca. Berdasarkan laporan FAO pada tahun 2008, salah satu penghasil emisi gas rumah kaca terbesar berasal dari sektor peternakan, yaitu sebesar 18%. Gas yang dihasilkan terdiri dari karbondioksida (9%), metana(37%), dinitrogen oksida (65%), dan amonia (64%). Gas-gas tersebut merupakan hasil dari limbah ternak , diantara gas yang dihasilkan metana (CH₄) memiliki potensi panas yang lebih tinggi dibandingkan dengan karbondioksida. Padahal disatu sisi energi panas yang dihasilkan dari metana tersebut merupakan potensi yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi yang terbarukan. Namun, karena belum dapat diolah dengan baik maka potensi tersebut menjadi terbuang sia-sia.

Selain keunggulan dari segi teknik pemanfaatan kotoran ternak menjadi biogas juga dapat menyelesaikan beberapa masalah yang sifatnya sosial, ekonomi dan ekologi.

Berdasarkan sumberlain menyebutkan bahwa keunggulan penggunaan biogas di bidang peternakan adalah sebagai berikut: [51]

1. Mampu memberikan dorongan kepada peternak untu memberikan pemeliharaan yang intensif atau semi intensif dengan tujuan pengelolaan ternak yang optimal. Hal ini dinilai dapat meningkatkan kualitas ternak pada setiap periode pemeliharaan.
2. Dapat memberikan peluang usaha yang lebih luas dan ekonomis serta memberikan keuntungan kepada peternak dengan skala kecil hingga menengah di kawasan pedesaan.
3. Menghemat pengeluaran bagi petani yang memanfaatkan bahan bakar biogas sebagai bahan untuk membakar kayu atau sebagai pengganti minyak tanah untuk keperluan rumah tangga seperti memasak atau penerangan. Hal ini tidak



dimaksudkan langsung mengganti fungsi minyak tanah, melainkan sebagai alternatif tambahan untuk menekan pengeluaran.

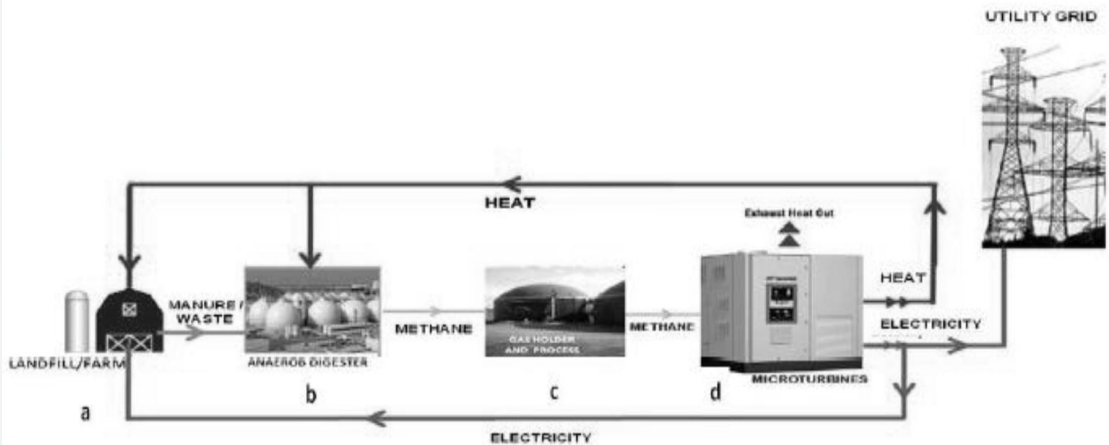
4. Memberikan pendapatan tambahan
5. Membuka lapangan pekerjaan dalam bidang pengelolaan bahan baku.
6. Membantu memperlambat laju pemanasan global dengan menurunkan emisi gas rumah kaca.

2.4 Pembangkit Listrik Tenaga Biogas

Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg) adalah pembangkit listrik yang dihasilkan oleh energi yang berasal dari biogas-gas yang dihasilkan oleh aktivitas anaerobik atau fermentasi dari bahan-bahan organik cair. Kandungan utama dalam biogas adalah metana dan karbon dioksida. Biogas dapat digunakan sebagai bahan bakar kendaraan maupun untuk menghasilkan energi listrik.

2.4.1 Komponen PLTBg (Pembangkit Listrik Tenaga Biogas)

Sistem PLTBg secara lengkap terdiri dari digester anaerob, feedstock, biogas conditioning (untuk memurnikan kandungan metan dalam biogas), *Engine- Generator (microturbines)*, *Heat Recovery Use*, *Exhaust Heat Recovery* dan *Engine Heat Recovery*. Berikut ini gambar sistem penyaluran energi listrik dan panas PLTBg disajikan pada gambar 2.3 [32].



Gambar 2.3 Konsep PLTBG [32]

I. Sumber Pasakan Limbah Organik (*Feedstock*)

Sumber pasakan limbah organik adalah tempat asal bahan organik seperti industri, peternakan, tempat sampah atau tempat proses akhir dari proses

pengolahan bahan hasil pertanian. Didalam *feedstock* terdapat juga tangki pemasukan bahan organik (*inlet feed substrate/feedstock*) merupakan wadah penampungan yang terhubung ke digester melalui saluran dengan kemiringan tertentu [32]

2. Sistem Bio-Digester

Sistem biodigester terdiri dari proses pengolahan awal, biodigester, dan kolam sedimentasi. Dalam proses pengolahan awal, POME dikondisikan untuk mencapai nilai-nilai parameter yang dibutuhkan untuk masuk ke digester. Pada tahap ini, dilakukan proses penyaringan untuk menghilangkan partikel besar seperti kotoran atau serat. Proses pengadukan dan netralisasi pH dilakukan untuk mencapai pH optimal pada 6,5-7,5.

Secara umum, ada tiga jenis material yang digunakan untuk pembuatan digester biogas di Indonesia: tabung plastik, fiberglass, dan beton (kubah tetap). Manfaat dan kerugian setiap jenis digester ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.7 Perbedaan Digester Biogas berdasarkan Jenis Material [52]

	Beton (kubah tetap)	Fiberglass	Tabung plastik
Keuntungan	Biaya awal yang rendah dan umur manfaat yang panjang; tidak ada bagian yang bergerak atau berkarat; desain dasar kompak, menghemat ruang dan terisolasi dengan baik; konstruksi menciptakan lapangan kerja lokal.	Kontrol kualitas permanen di pabrik; isolasi udara yang baik dan umur pakai yang panjang; efek isolasi yang baik; ringan dan mudah diangkut; periode konstruksi yang singkat.	Biaya rendah, kemudahan transportasi, kecanggihan konstruksi rendah, suhu digester tinggi, tidak rumit pembersihan, pengosongan dan pemeliharaan; periode konstruksi yang singkat.
Kerugian	Masalah yang sering terjadi adalah gas yang penuh; Tekanan gas	Biaya bahan baku yang tinggi dan fluktuasi	Jangka pakai relatif pendek, rentan rusak, sedikit penciptaan lapangan kerja lokal;

	Beton (kubah tetap)	Fiberglass	Tabung plastik
	berfluktuasi secara substansial bergantung pada volume gas yang disimpan; periode konstruksi yang lama.	harga; material dapat mengambang ketika permukaan air di atas tanah.	dan pemberian makan dan pembuangan yang tidak nyaman

3. Scrubber Hidrogen Sulfida (H₂S)

Untuk digunakan menjadi bahan bakar pembangkit listrik, maka proses pencucian menjadi sesuatu yang sangat penting. Untuk menjaga umur komponen pembangkit harus dikurangkan atau dimurnikan biogas dari unsur H₂S. Pencucian (pengurangan) H₂S dari biogas dapat dilakukan secara fisika, kimia ataupun biologi. Pemurnian secara fisika dilakukan dengan cara penyerapan dengan air, pemisahan dengan menggunakan membran atau absorpsi dengan menggunakan karbon aktif. Tujuan dari pencucian biogas adalah sebagai berikut:

- a. Mencegah terjadinya korosi
- b. Menghindari keracunan H₂S (maksimum yang diperbolehkan adalah 5 ppm)
- c. Mencegah kandungan sulfur dalam biogas, yang jika terbakar akan menjadi SO₂ atau SO₃, yang lebih berbahaya dari pada H₂S.
- d. Mengurangi SO₂ yang terbawa oleh gas buang biogas sehingga dapat mengurangi titik embun dalam cerobong.

Sebelum biogas dapat menghasilkan daya listrik, *scrubber hydrogen sulfide* digunakan untuk menurunkan konsentrasi H₂S ke tingkat yang disyaratkan oleh *gas engine*, biasanya di bawah 200 ppm

4. Dehumidifier Biogas

Dehumidifier dalam bentuk *dryer*, *chiller* atau *cyclone* berfungsi untuk mengurangi kadar air dalam biogas yang akan dialirkan kedalam *gas engine*. Hal ini membantu mengoptimalkan proses pembakaran pada mesin, mencegah pengembunan dan melindungi mesin dari pembentukan asam



5. Gas engine

Gas engine sama dengan motor bakar, yang membedakannya adalah bahan bakar yang digunakan berupa gas alam, biogas yang berasal dari proses konversi dari asifikasi. Pada *gas engine* udara yang bercampur dengan gas didalam karburator masuk melalui saluran intake ke ruang pembakaran, pada saat bersamaan melalui percikan bunga api *spark plug* (busi) terjadi pembakaran yang akan menghasilkan tenaga listrik.

Pada saat sekarang ini, *gas engine* lebih banyak digunakan karena memiliki efisiensi yang lebih tinggi hingga 76%-86%, juga menghasilkan gas buang yang yang lebih ramah lingkungan. Keunggulan menggunakan *gas engine* adalah sebagai berikut :

- Ukuran yang lebih kecil dengan volume 5,7 x 1,7 x 2,3. Sehingga dapat ditempatkan pada ruang yang lebih kecil dengan beberapa unit *gas engine*, serta dapat diatur sesuai dengan kapasitas laju aliran gas.
- Kontainer kedap suara yang dapat mengurangi polusi suara/kebisingan sehingga tidak membutuhkan ruangan tertutup dan dapat ditempatkan diluar ruangan, serta dapat beroperasi dengan normal tanpa membuat kebisingan.
- Di dalam mesin ini knalpot sudah menjadi satu bagian dengan mesin, sehingga tidak membutuhkan biaya untuk membeli knalpot sebagai sistem pembuang mesin. Beberapa produk gas engine memiliki efisiensi mencapai 76-86%.

Proses yang terjadi pada saat membangkitkan listrik sama halnya dengan mesin secara umum, *gas engine* tipe Jenbacher J320 GS dapat membangkitkan listrik dengan menggunakan gas yang mengandung CH₄, CO₂ dan Nitrogen, seta O₂. Penggunaan gas dapat digunakan tanpa dilakukan pemurnian terlebih dahulu, namun harus memiliki kandungan mentana sekitar 27-60%, atau sekitar 600m³/jam untuk dapat menghasilkan listrik sebesar 1 MW. Adapun model Jenbacher J320 GS seperti gambar dibawah ini

6. Burner dan Boiler

Biogas yang dihasilkan dari proses penguraian *anaerobic* dapat menjadi bahan bakar boiler. *Burner biogas* biasanya dipasang pada dinding boiler. Biogas merupakan bahan bakar alternatif bagi boiler untuk

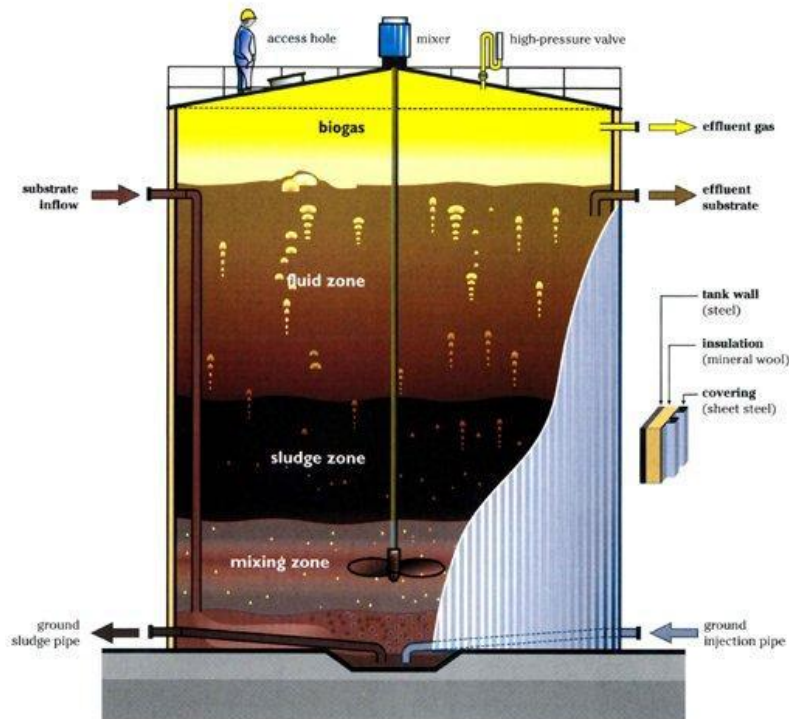
menghasilkan panas atau listrik menggantikan bahan bakar biomassa, seperti, cangkang, dan serat, yang biasa digunakan di pabrik kelapa sawit

7. Sistem Instrumentasi dan Kontrol

Operator menggunakan sistem instrumentasi dan kontrol untuk memantau parameter seperti suhu pH, aliran cairan gas, serta tekanan gas. Sistem control juga digunakan untuk menghentikan sitem secara manual maupun otomatis saat kondisi tidak aman.

2.4.2. Digester Biogas

Digester merupakan komponen utama dalam produksi biogas. Digester merupakan tempat dimana bahan organik diurai oleh bakteri secara anaerob (tanpa udara) menjadi gas CH₄ dan CO₂. Digester harus dirancang sedemikian rupa sehingga proses fermentasi anaerob dapat berjalan dengan baik. Pada umumnya produksi biogas terbentuk pada 4-5 hari setelah digester diisi. Produksi biogas menjadi banyak pada 20-35 hari.



Gambar 2.4 Digester Biogas [32]



Terdapat beberapa jenis digester yang dapat dilihat berdasarkan konstruksi, jenis aliran, dan posisinya terhadap permukaan tana. Jenis digester yang dipilih dapat didasarkan pada tujuan pembuatan digester tersebut. Hal yang penting adalah apapun yang dipilih jenisnya, tujuan utama adalah mengurangi kotoran dan menghasilkan biogas yang mempunyai kandungan CH₄ tinggi. Dari segi konstruksi, digester dibedakan menjadi:

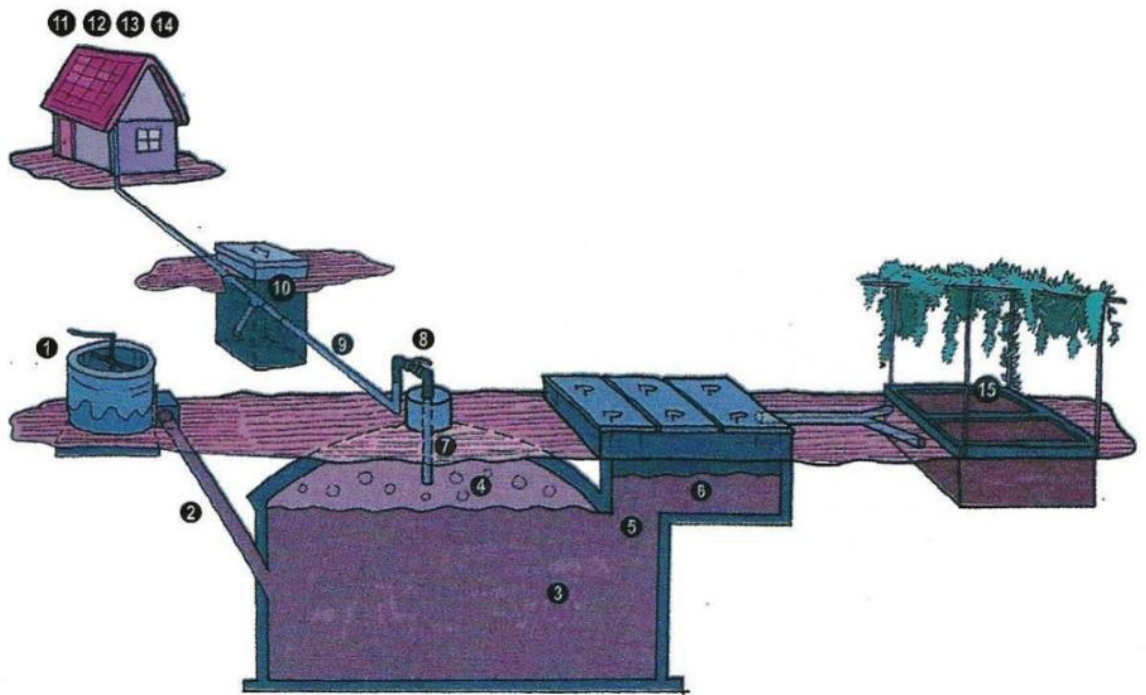
1. *Fixed Dome* (kubah tetap)

Digester jenis ini mempunyai volume tetap. Seiring dengan dihasilkannya biogas, terjadi peningkatan tekanan dalam digester. Karena itu, dalam konstruksinya digester jenis kubah tetap, gas yang terbentuk akan segera dialirkan ke pengumpul gas di luar reaktor. Indikator produksi gas dapat dilakukan dengan memasang indikator tekanan.

2. *Floating Dome* (Kubah Apung)

Pada digester tipe ini terdapat bagian yang reaktor yang dapat bergerak seiring dengan kenaikan tekanan reaktor. Pergerakan bagian kubah dapat dijadikan indikasi bahwa produksi biogas sudah mulai atau sudah terjadi. Bagian yang bergerak juga berfungsi sebagai pengumpul biogas. Dengan model ini, kelemahan tekanan gas yang berfluktuasi pada reaktor biodigester jenis kubah tetap dapat diatasi sehingga tekanan gas menjadi konstan. Kelemahannya adalah membutuhkan teknik khusus untuk membuat tampungan gas bergerak seiring naik atau turunnya produksi biogas. Kelemahan lainnya adalah material dari tampungan gas yang dapat bergerak harus dipilih yang mempunyai sifat tahan korosi, hal tersebut menyebabkan harganya relatif lebih mahal.

Komponen pada digester biogas terdiri dari komponen-komponen sebagai berikut: [53]



Gambar 2.5 Instalasi Biogas [54]

Berdasarkan gambar diatas dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. *Inlet* (Tempat Pencampur)
Tempat ini digunakan untuk mencampurkan campuran kotoran ternak dan air ke dalam digester.
2. *Pipa inlet*
Pipa ini berfungsi untuk menyalurkan campuran kotoran ternak dengan air ke dalam digester (reaktor).
3. *Digester*
Digester atau bisa disebut juga reaktor berfungsi sebagai tempat mengolah kotoran ternak melalui proses difermentasi oleh bakteri-bakteri untuk menghasilkan gas.
4. *Manhole*
Manhole adalah lubang untuk keluaran kotoran ternak ke outlet dan berfungsi sebagai lubang keluar masuk manusia ketika mengontrol keadaan didalam bangunan digester.
5. *Outlet*
Saluran ini digunakan untuk mengeluarkan kotoran yang telah di *fermentasi* oleh bakteri. Saluran ini bekerja berdasarkan prinsip kesetimbangan tekanan *hidrostatik*.



6. Pipa Gas Utama

Pipa gas utama adalah pipa yang menyalurkan gas dari kubah digester ke rumah.

7. Saluran Pipa

Saluran gas ini disarankan terbuat dari bahan polimer untuk menghindari korosi. Untuk pembakaran gas pada tungku, dan ujung saluran pipa bisa disambung dengan pipa baja anti karat.

8. Katup Gas Utama

Katup ini digunakan sebagai pengatur tekanan gas dalam digester. Katup pengaman ini menggunakan prinsip pipa T. Bila tekanan gas dalam saluran gas lebih tinggi dari kolom air, maka gas akan keluar melalui pipa T, sehingga tekanan didalam digester akan turun.

2.4.3 Pemeliharaan Instalasi Biogas

Pada dasarnya setiap peralatan atau instalasi memiliki metode khusus dalam melakukan perawatan guna menjaga serta dapat mengoptimalkan masa pakai dari alat atau instalasi tersebut. Pada instalasi biogas juga memiliki metode perawatan pada instalasinya yaitu sebagai berikut: [51]

1. Mengisi bahan baku berupa kotoran ternak segar dalam digester sesuai dengan kapasitas harian agar produksi biogas kontinyu.
2. Mencegah bahan penghambat (pestisida, disinfektan, air deterjen atau sabun) masuk kedalam digester.
3. Mem.bersihkan peralatan seperti kompor dan generator secara teratur.
4. Mengolah limbah biogas secara teratur.
5. Mengaplikasikan hasil olahan sisa bahan baku pembuatan biogas agar tidak terjadi penumpukan pada bak penampungan.
6. Segera perbaiki jika terjadi kebocoran pada instalasi peralatan biogas

2.5 Tipe Digester Biogas

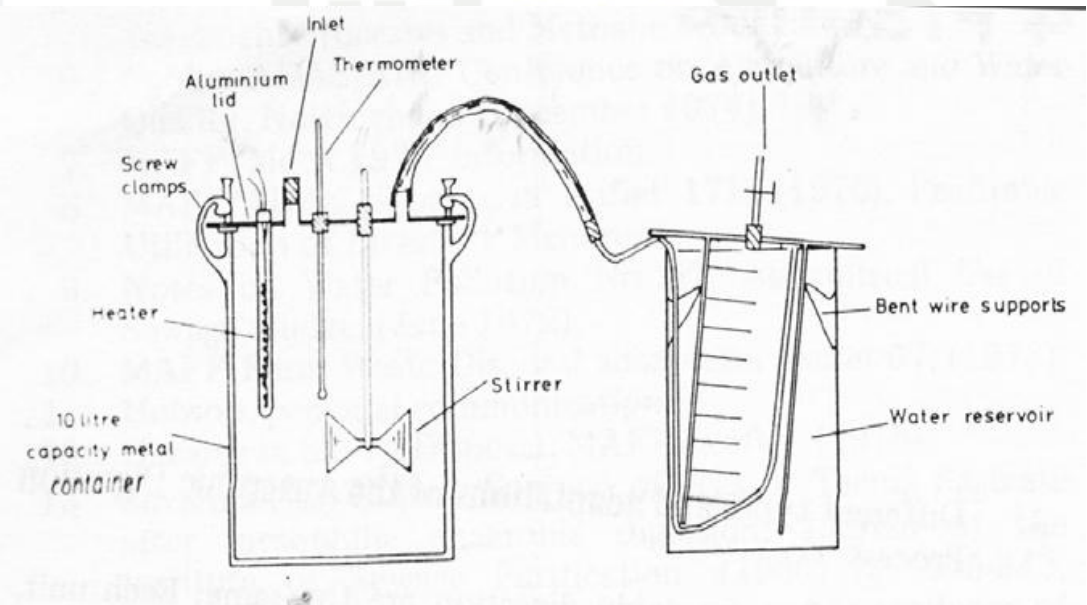
Digester merupakan suatu media (wadah) pembentuk biogas oleh mikroorganisme dengan menguraikan bahan-bahan organik tersebut. Pada proses pembuatan biogas, digester yang digunakan ialah digester anaerob (tidak terpengaruh udara sekitar) yang bertujuan agar bakteri metanogen dapat berkembang pada kondisi hidupnya yang tidak terpengaruh oleh udara sekitar. Menurut aliran masukan material

organik, digester biogas dibedakan menjadi dua jenis yaitu tipe bak (*batch*) dan tipe aliran (*continuous*).

2.4.4 Tipe Batch

Pada tipe batch bahan organik ditempatkan di tangki tertutup dan proses secara anaerobik selama periode tertentu tergantung pada jumlah bahan yang dimasukan. Bahan organik digester biasanya dipertahankan pada temperatur tertentu. Selain itu terkadang dilakukan pengadukan untuk membantu melepaskan gelembung gas dari *sludge*.

Digester tipe *batch* umum digunakan pada tahap eksperimen, yaitu untuk mengetahui potensi dari bahan yang diproses sebelum unit yang besar dibangun. Miniatur tipe *batch* dirancang oleh *Henry Doubleay Research Association*. Digester ini memiliki kapasitas 10 liter dan cocok digunakan sebagai percobaan di laboratorium.[55]



Gambar 2.6 Digester tipe *batch* untuk percobaan [56]

Digester tipe *batch* memiliki kelebihan lain, yaitu dapat digunakan ketika bahan tersedia pada waktu – waktu tertentu dan bila memiliki kandungan padatan tinggi (sekitar 20%). Bila bahan berserat/sulit diproses, tipe *batch* lebih cocok digunakan dibandingkan tipe aliran kontinyu (*continuous flow*), karena lama proses dapat ditingkatkan dengan mudah. Bila saat proses terjadi kesalahan, misalnya karena bahan beracun, proses dapat dihentikan dan dimulai dengan yang baru.



2.4.5 Tipe Aliran Kontinyu (*Continuous Flow*)

Pada tipe aliran kontinyu, bahan organik dimasukan ke dalam digester secara teratur pada satu ujung dan seteahl memulai fermentasi, keluar di ujung yang lain.

Tipe ini mengatasi masalah pada proses pemasukan dan penggosongan pada tipe *batch*. Terdapat dua jenis dari tipe aliran kontinyu, diantaranya:

- a. Vertikal, dikembangkan oleh *Gobar Gas Institute*, India.
- b. Horizontal, dikembangkan oleh *Fry* di Afrika Selatan dan California, AS. Selain itu dikembangkan oleh *Biogas Plan Ltd.* dengan digester yang terbuat dari karet *butyl (butyl rubber bag)*.

Selain itu terdapat beberapa jenis digester biogas yang biasa digunakan. Digester ini dibuat dengan bahan dasar batu bata dan semen, digester tersebut yaitu *Fixed Dome* dan *Floating Drum*. Jenis *fixed dome* ini terdiri dari bagian pencerna yang berbentuk kubah tertutup yang tidak dapat dipindah-pindah, penahan gas kaku dan baskom pemisah substat (keseimbangan). Bagian silinder pencerna terbuat dari beton, walaupun demikian efektifitas penggunaan gasnya rendah karena fluktuasi tekanan yang tidak dapat konstan. Selain itu bahan beton tidak kedap air, sehingga pada penyimpanan gas harus dicat dengan bahan yang kedap udara seperti lateks atau cat sintetis.

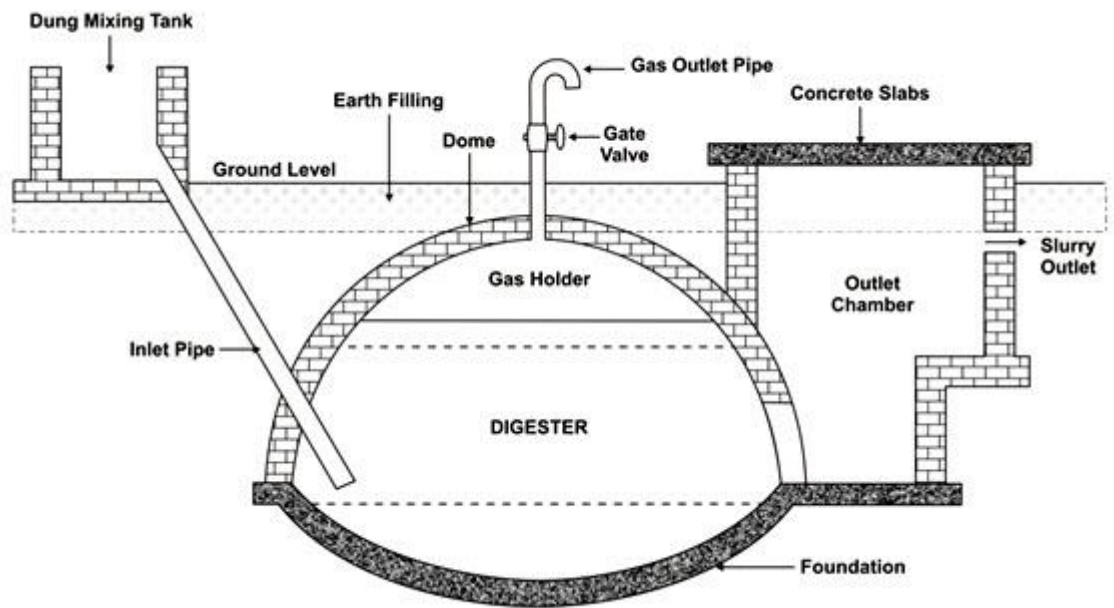
Unit pencerna jenis *dixed dome* sebaiknya dibenamkan di dalam tanah, hanya bagian penahan gas yang menonjol di permukaan tanah. Hal ini dimaksudkan untuk menjaga kestabilan temperatur. Keuntungan unit pencerna ini adalah umur pakai yang panjang (sekitar 20 tahun), rancangan stabil, sehingga dapat menciptakan lapangan kerja lokal. Kesulitan yang dihadapi tidak kedap air karena terbuat dari beton, tekanan gas tidak konstan, hanya dapat dibuat dengan baik apabila dikerjakan oleh tenaga ahli.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak Cipta Milik UIN Suska Riau

Sat:slamg University of Sultan Syarif Kasim Riau

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.7 Digester tipe *batch* untuk percobaan [57]

Digester *floating drum* terdiri dari ruang pencernaan berbentuk silinder atau kubah yang dapat bergerak, penahan gas mengapung atau drum. Pergerakan penahan gas dipengaruhi oleh proses fermentasi dan pembentukan gas. Bagian drum sebagai tempat tersimpannya gas yang terbentuk mempunyai rangka pengarah agar pergerakan drum stabil.

Keuntungan unit pencernaan *floating drum* adalah mudah dioperasikan, produksi gasnya dapat dimonitor dan tekanan konstan. Kerugiannya adalah umur pakai pendek (<5 tahun), karena drum terbuat dari logam mudah berkarat dan bersifat inhibitor terhadap pertumbuhan bakteri/mikroorganisme. Bila substratnya mengandung bahan berserat, pengeluaran gas akan terhambat, karena pembentukan buih yang banyak.

2.6 Metode Cogeneration System

Cogeneration system juga dikenal sebagai gabungan panas dan daya (*combined and heat*) yang digunakan untuk menunjukkan produksi listrik dan panas secara bersamaan [58]. *Cogeneration* dapat digerakkan dengan bahan bakar fosil yang digabungkan dengan EBT seperti biogas. Biogas disini dapat yang berasal dari limbah pertanian atau organik [24].

Dalam proses *cogeneration system* dihitung entalpi uap dari data tabel uap dengan karakteristik *superheated* 400°C, 32 barg dengan nilai h_1 sebesar 3226,3 kJ/kg. Entalpi H₂O yang masuk dihitung dalam fasa cair dengan temperatur 105°C, 32 barg diperoleh h_0



sebesar 442, 28 kJ/kg. Efisiensi boiler diasumsikan adalah 85% yang dapat dibangkitkan dari bahan bakar tersedia yakni :

$$E_{BB} = VBS \text{ (m}^2\text{/jam)} \times \text{nilai kalor pembakaran biogas (kJ/m}^3\text{)} \quad (2.4)$$

Sehingga diperoleh jumlah laju aliran uap yang dapat dihasilkan dari pembakaran biogas:

$$\pi = Q \text{ (h}_1\text{-h}_0\text{)} / E_{BB} \quad (2.5)$$

Kalor yang dihasilkan oleh *steam* yang dihasilkan dengan menggunakan persamaan : [59]

$$Q_{in} = m \text{ (h}_1 - h_0\text{)} \quad (2.6)$$

Sehingga kalor masuk untuk memutar turbin dapat dihitung dengan persamaan

$$W_{turb in} = m \text{ (W}_{pump in}\text{)} \text{ [59]} \quad (2.7)$$

Sehingga kalor keluaran turbin dapat dihitung dengan tekanan dan suhu tetap $h_1 = h_3$ dan sisa uap dari turbin dalam keadaan *saturated mixture* dengan tekanan 0,14 Mpa sebesar 2122,94 kJ/kg. menggunakan persamaan : [59]

$$W_{turb out} = m \text{ (h}_3 - h_5\text{)} \quad (2.8)$$

Sehingga kerja total turbin dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut: [59]

$$W_{net} = W_{turb out} - W_{turb in} \quad (2.9)$$

2.7 Aspek teknis

Dalam aspek teknis hal-hal yang perlu dikumpulkan adalah sebagai berikut; pengumpulan data potensi bahan baku biogas, perhitungan jumlah dari *total solid* (TS), *volatile solid* (VS) dalam proses anaerob, perhitungan jumlah volume gas mentan yang dihasilkan, dan perhitungan potensi energi listrik yang dihasilkan. Berikut ini uraian langkah penentuan aspek teknis PLTBg:

1. Perkiraan Beban

Perkiraan beban merupakan hal yang perlu dilakukan dalam perencanaan pembangkit listrik dalam sistem interkoneksi maupun yang berdiri sendiri/ terisolir (isolated), yang meliputi analisis kebutuhan beban selama umur proyek (*lifetime*), termasuk memperkirakan beban puncak, beban harian, dan beban tahunan.

2. Perhitungan Data Potensi Bahan Baku Biogas

Dalam penelitian ini data yang digunakan adalah potensi kotoran ternak sapi di Desa Sekar Mawar.

Potensi kotoran sapi dipenuhi dengan asumsi menurut [23]:

$$\begin{aligned} 1 \text{ ekor sapi} &= 25 \text{ kg kotoran sapi per hari} \\ \text{Produksi kotoran sapi} &= \text{jumlah ekor sapi} \times 25 \text{ kg} \end{aligned} \quad (2.10)$$



Potensi bahan kering untuk biogas dihitung dengan persamaan kandungan bahan kering dengan asumsi 20% dari kotoran sapi sehingga:

$$\text{Potensi bahan kering} = 20\% \times \text{kilogram kotoran ternak per hari} \quad (2.11)$$

Potensi tersebut dikonversi ke volume biogas dengan persamaan:

$$\text{Volume biogas} = \text{Potensi bahan kering} \times \text{faktor konversi biogas yang dihasilkan} \quad (2.12)$$

$$\text{Volume biogas} = \text{m}^3/\text{hari}$$

Faktor konversi biogas kotoran sapi adalah 0,04 m³/kg.BK

Selanjutnya, dihitung potensi listrik yang dihasilkan dengan asumsi:

$$1 \text{ m}^3 \text{ biogas} = 4,7 \text{ kWh}$$

$$\text{Potensi listrik} = 4,7 \text{ kWh} \times \text{Volume biogas}$$

Dengan mengetahui potensi listrik (kWh/hari) maka akan dapat menentukan kapasitas PLTBg yang akan dirancang.

3. Perhitungan Jumlah dari *total solid* (TS) *volatile solid* (VS) dalam proses anaerob

$$\text{TS} = 3,095\% \times \text{Ps Kg} \quad (2.13)$$

$$\text{VS} = 85\% \times \text{TS Kg} \quad (2.14)$$

Ps : Data potensi bahan baku biogas (Kg/hari)

TS : *Total solid* (Kg/hari)

VS : *Volatile solid* (Kg/hari)

4. Perhitungan jumlah volume gas metana yang dihasilkan

$$\text{Vgm} = 0,417 \times \text{VSm}^3 \quad (2.15)$$

Vgm : Jumlah volume gas metan (m³)

VS : *Volatile solid* (Kg/hari)

5. Perhitungan potensi energi listrik yang dihasilkan

$$\text{E} = \text{Vgm} \times \text{FK k Wh} \quad (2.16)$$

E : Produksi Energi Listrik (kWh)

Vgm : Jumlah volume gas metan (m³)

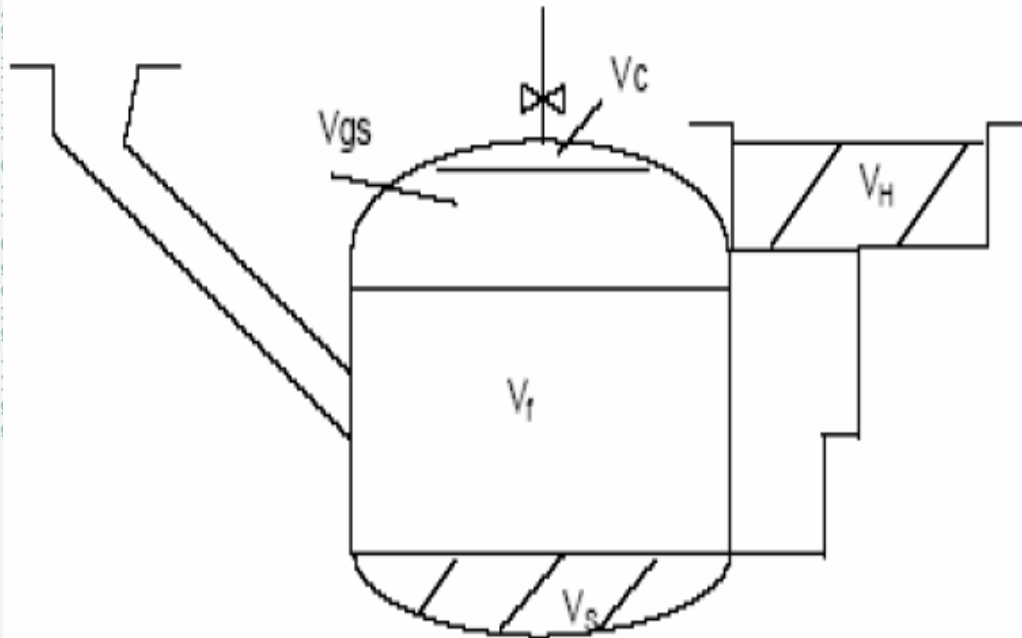
FK : Faktor konversi (kWh/m³)

6. Perhitungan Digester

Untuk menghitung volume digester yang perlu diperhatikan adalah tipe digester, volume limbah harian, waktu retensi/digestifikasi, dan volume biogas. Digester yang akan digunakan adalah tipe chine fixed dome. Waktu digestifikasi atau retensi tergantung pada temperatur lingkungan dan temperatur digester. Dengan kondisi tropis seperti di Indonesia, pada suhu 25 – 35°C.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Ukuran tangki digester biogas tergantung dari jumlah, kualitas dan jenis limbah organik yang tersedia dan temperatur saat proses fermentasi anaerob. Di bawah ini gambar bentuk penampang silender digester anaerob (*Cylindrical Shaped Bio-Gas Digester Body*) dengan penjelasan sebagai berikut :



Gambar 2.4 gambar bentuk penampang silender digester anaerob[32]

Berdasarkan gambar 2.4 dimensi geometrikan tangki digester berlaku ketentuan bentuk geometrikan ruangan-ruangan digester sebagai berikut :

Tabel 2.8 menghitung diameter Digester

Dimensi	Rumus Dimensi	Nilai	Dimensi	Rumus Dimensi	Nilai
V1	$0,0827 \times D^3$	$387,8 \text{ m}^3$	f1	$D/5$	3,3 m
V2	$0,05011 \times D^3$	235 m^3	f2	$D/8$	2,1 m
V3	$0,3142 \times D^3$	$1.473,2 \text{ m}^3$	s1	$0,911 \times D^2$	$255,1 \text{ m}^2$
R1	$0,725 \times D$	12,1 m	s2	$0,8345 \times D^2$	$233,8 \text{ m}^2$
R2	$1,0625 \times D$	17,8 m			

7 Perhitungan Gas Engine

Setelah mendapat jumlah produksi CH_4 yang telah melewati proses pemurnian, maka untuk menghitung nilai energi dan daya listrik yang dihasilkan dari



teknologi *gas engine*. Perkembangan teknologi telah menghasilkan tingkat efisiensi *gas engine* dengan persamaan berikut:

$$El = VBS \times \% CH_4 \times H_{\text{metan}} \times CF \times \eta_{el} \tag{2.16}$$

$VBS \times \% CH_4 \times H = \text{potensi energi listrik (E)}$

Sehingga
 $El = E \times \eta_{el}$
 Dimana

El = Energi Listrik (kWh)

VBS = volume produksi biogas (m^3)

$\% CH_4$ = Prosentase gas metan

H_{metan} = nilai kalor metan (kWh/m^3)

CF = Capacity Factor ,diasumsikan sebesar 0,8

η_{el} = Efisiensi Listrik

8. Perhitungan produksi biogas dan energi listrik selama hari operasional

Dengan mengasumsikan 30 hari waktu pemeliharaan, maka perhitungan produksi biogas (gas metana) dan energi listrik yang dapat dibangkitkan adalah sebagai berikut :

a. produksi gas metana

$$\text{produksi gas metana/tahun} = \text{produksi gas metana/hari} \times 365 \text{ hari} \tag{2.17}$$

b. produksi gas metana

$$\text{produksi energi listrik /tahun} = \text{produksi energi listrik/hari} \times 365 \text{ hari} \tag{2.18}$$

2.8 Aspek Ekonomi

Total *Net Present Cost* (NPC) adalah nilai dari seluruh biaya yang dikeluarkan selama masa pakai, dikurangi nilai sekarang dari semua pendapatan diperoleh selama masa pakai. Biaya meliputi biaya modal, biaya penggantian, biaya O & M, biaya bahan bakar, denda emisi, dan biaya pembelian daya dari jaringan listrik. Model ekonomi menggunakan *Net Present Cost* (NPC) yang merupakan total biaya instalasi dan operasi sistem selama periode usia proyek (*lifetime*).

2.4.6 Perhitungan Biaya

Pada bagian ini menggambarkan metodologi untuk mengestimasi biaya-biaya yang mungkin timbul dari pembangunan PLTBg adalah sebagai berikut:

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang menyalin, mengutip, atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



1. Net Present Cost (NPC)

Total net present cost (NPC) adalah nilai dari seluruh biaya yang dikeluarkan selama masa pakai, dikurangi nilai sekarang dari semua pendapatan diperoleh selama masa pakai. Biaya meliputi biaya modal, biaya penggantian, biaya O & M, biaya bahan bakar, denda emisi, dan biaya pembelian daya dari jaringan listrik. Model ekonomi menggunakan *Net Present Cost* (NPC) yang merupakan total biaya instalasi dan operasi sistem selama periode usia proyek (*lifetime*) [60] :

a. *Net Present Cost* (NPC)

Net present cost (NPC) adalah biaya total dari semua biaya pemasangan dan pengoperasian komponen selama masa proyek berlangsung. *Net Present Cost* (NPC) sendiri dapat dihitung menggunakan Persamaan berikut:

$$NPC = \text{Capital Cost} + \text{Replacement Cost} + \text{O\&M Cost} + \text{Fuel Cost} + \text{Salvage}$$

Keterangan :

Capital Cost = Biaya modal komponen (Rp)

Replacement Cost = Biaya pergantian komponen (Rp)

O&M Cost = Biaya operasional dan perawatan (Rp)

Fuel Cost = Biaya bahan bakar (Rp)

Salvage = Biaya yang tersisa pada komponen (Rp)

b. *Cost of Energy* (COE)

Cost of Energy (COE) merupakan biaya yang diperlukan untuk menghasilkan tiap 1 kWh energi listrik yaitu, hasil pembagian antara biaya tahunan dengan produksi energi tahunan. Nilai COE dari masing-masing skenario menggunakan Persamaan berikut:

$$COE = \frac{TAC}{E_{tot, served}} \tag{2.17}$$

Keterangan :

$E_{tot, served}$ = Total energi tahunan yang digunakan untuk melayani beban (kWh)

TAC = *Total Annualize Cost* atau biaya total tahunan yang dikeluarkan untuk pembangkit cadangan. (Rp)

Hak paten dilindungi undang-undang
 Hak cipta dilindungi undang-undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

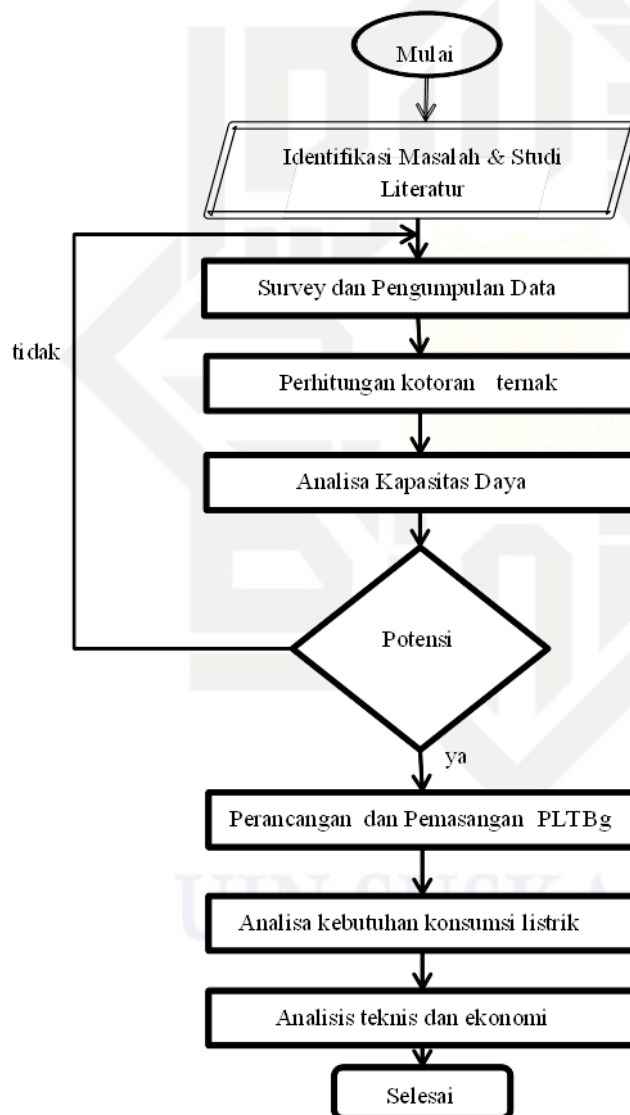
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Flow Chart Penelitian

Lokasi Penelitian ini terletak di Desa Sekar Mawar Kabupaten Indragiri Hulu. Pada penelitian ini peneliti menguraikan langkah-langkah penelitian pada bagan *flowchart* berikut:



Gambar 3.1 *Flowchart*



3.2. Prosedur Penelitian

Dalam penelitian ini dimulai dengan pemilihan lokasi. Pemilihan lokasi bersumber dari studi literatur yang dilakukan berdasarkan data yang dipublikasi oleh Pemerintah Kabupaten Indragiri Hulu maupun dari pemerintah Desa Sekar Mawar, juga didasari dari data yang dipublikasi oleh BPS Indragiri Hulu. Jurnal ilmiah, buku, dan artikel yang terkait dengan topik penelitian juga menjadi bahan studi literatur dalam penelitian ini.

Setelah menentukan lokasi penelitian, ada sembilan tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini. Dimana delapan tahap tersebut, yaitu:

1. Identifikasi masalah dan studi literatur.
2. Survei dan pengumpulan data
3. Perhitungan kotoran ternak
4. Analisa kapasitas daya
5. Perhitungan potensi matematis PLTBg
6. Perancangan dan Pemasangan PLTBg
7. Analisa kebutuhan konsumsi listrik
8. Analisis teknis dan ekonomi
9. Kesimpulan dan Saran

3.3. Tahap Identifikasi Masalah dan Studi Literatur

Dalam melakukan penelitian, tahap perencanaan merupakan hal pertama yang dipersiapkan. Dimana pada tahap perencanan, semua hal teknis yang akan dilaksanakan disusun dengan jelas untuk memudahkan penelitian berjalan sesuai rencana. Adapun perencanaan yang di susun dalam penelitian ini yaitu:

1. Identifikasi Masalah

Penelitian ini dimulai dengan identifikasi masalah yang diangkat sebagai latar belakang dalam penelitian ini. Adapun masalah utama yang diangkat dalam penelitian ini adalah tidak mencukupinya pasokan listrik dari jaringan listrik utama PLN (Persero) di Sekar Mawar. Sedangkan di sisi lain potensi energi primer dalam hal ini energi terbarukan khususnya biogas dalam hal ini dari kotoran ternak, dan dinilai bagus untuk dimanfaatkan dengan optimal.

2. Studi Literatur

Melakukan pembacaan beberapa sumber penelitian terkait seperti jurnal-jurnal yang telah dipublikasi ataupun buku buku yang berkaitan dengan teori mengenai komponen yang terdapat dalam sistem pembangkit listrik tenaga gas (PLTG).



3.4. Survei dan Pengumpulan Data

Pada penelitian ini dilakukan pengumpulan data sebagai nilai masukan pada perancangan pembangkit listrik tenaga biogas (PLTG) secara manual. Lokasi penelitian berada di Desa Sekar Mawar, Kabupaten Indragiri Hulu. Pemilihan lokasi ini dengan alasan sebagai berikut:

1. Desa Sekar Mawar memiliki potensi biogas yang besar dengan belum terjangkau jaringan listrik utama dari PLN (Persero) secara menyeluruh sehingga tingkat kebutuhan masyarakat terhadap listrik cukup besar.
2. Potensi energi biogas yang merupakan salah satu sumber energi terbarukan dinilai bagus untuk dioptimalkan dalam memenuhi kebutuhan listrik Desa Sekar Mawar.

Pada penelitian ini, yang menjadi populasi adalah jumlah pengguna listrik, yaitu rumah tangga (KK) di Desa Sekar Mawar. Untuk penarikan jumlah sampel menggunakan teknik *probability sampling*.

Dalam teknik *probability sampling* terbagi beberapa teknik untuk menentukan jumlah sampel, dan yang penulis gunakan dalam penelitian ini adalah teknik *simple random sampling*. Metode pengambilan sampel disesuaikan dengan taraf signifikansi dari penelitian yakni 1% dan 5%. Dengan teknik ini pengambilan data dilakukan secara acak tanpa memperhatikan strata yang ada dalam suatu populasi karena populasi dianggap homogen, dan jumlah sampel 1% saja sudah cukup mewakili (Sugiyono, 2017).

Tabel 3.1 Data primer yang dibutuhkan dan sumber data

No	Data yang Dibutuhkan	Sumber Data
1	Sumber saat ini, kapasitas terpasang, lama operasi, biaya penerangan per bulan, dan permasalahan saat ini.	Pengisian kuesioner kepada tiap KK yang menjadi sampel penelitian dengan teknik wawancara.
2	Profil beban, yang meliputi: 1. Konsumsi energi listrik harian 2. Beban puncak harian	Pengisian kuesioner kepada tiap KK yang menjadi sampel penelitian dengan teknik wawancara.

Dalam perencanaan awal, dibutuhkan tanggapan masyarakat desa Sekar Mawar tentang sumber energi listrik yang ada sekarang dan kesanggupan dalam pembayaran tagihan listrik. Beberapa parameter yang diperlukan seperti konsumsi energi harian dan juga beban puncak harian yang didapatkan dengan pengisian data kuisoner kepada tiap KK yang menjadi sampel penelitian.



3.5. Analisa Kapasitas Daya

Pada tahap ini akan dilakukan wawancara dan pengisian kuesioner secara langsung kepada beberapa rumah tangga yang menjadi sampel penelitian. Tujuan dari studi beban adalah untuk mendapatkan konsumsi beban harian dan beban puncak. Tujuan mendapatkan beban harian dan beban puncak adalah untuk menentukan kapasitas dari pembangkit listrik yang akan di bangun. Dalam studi beban ini akan di lakukan dua tahap, yaitu:

1. Membuat daftar beban listrik

Pada tahap ini akan dibuat sebuah *spreadsheet*, kemudian data hasil wawancara dan kuesioner akan disusun kedalam *Spreadsheet* tersebut sesuai jenis dan jumlah beban, rating daya beban, dan waktu beban digunakan per hari. Dibawah ini tampilan daftar sampel beban listrik yang akan dibagikan kepada para responden :

Nama peralatan	Daya (watt)	Jumlah	Jam dinyalakan	Lama penggunaan (jam/hari)	Keterangan

2. Pembuatan profil beban

Pada tahap ini akan dilakukan perhitungan menggunakan *spreadsheet* yang telah dibuat untuk mendapatkan konsumsi energi harian dengan mengalikan rating daya beban dengan durasi penggunaan. Studi beban listrik dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan data konsumsi energi listrik harian dan beban puncak harian. Data konsumsi energi listrik harian dan data beban puncak harian digunakan untuk menentukan kapasitas generator dimana data ini saling berhubungan dengan proses pembakaran dalam perhitungan untuk memenuhi beban listrik di desa Sekar Mawar.

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang menyalin, mengutip, atau sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



3.6. Potensi Matematis Daya PLTBg

Pada penelitian ini dilakukan perhitungan daya pembangkit listrik tenaga gas (PLTBg) secara manual. Pada penelitian ini, merancang pembangkit listrik tenaga gas (PLTBg) *on Grid*, hal ini dimaksudkan agar pembangkit yang dibangun nantinya di prioritaskan untuk masyarakat yang belum mendapat listrik dari PLN. Perancangan pembangkit listrik tenaga gas (PLTBg) ini berdasarkan aspek teknik dan ekonomi.

3.7 Perancangan dan Pemasangan PLTBg

3.7.1. Aspek Teknis

Perancangan dilakukan dengan melakukan perhitungan analisis teknis dan ekonomi. Adapun beberapa parameter aspek teknik yang dihitung dalam perancangan pembangkit listrik tenaga gas (PLTBg) sebagai berikut:

1. Perhitungan Data Potensi Bahan Baku Biogas

Dalam menghitung data potensi bahan baku biogas digunakan persamaan (2.9), (2.10), (2.11) secara berturut-turut. Dari potensi jumlah kotoran sapi per hari diperoleh bahwa 2.000 kg/hari dengan volume biogas 16 m³/hari sehingga dapat menghasilkan energi listrik sebesar 75,2 kWh per hari.

2. Perhitungan Jumlah dari *total solid* (TS) *volatile solid* (VS) dalam proses *anaerob*.

Perhitungan TS dengan VS dengan persamaan (2.13) dan (2.14).

3. Perhitungan jumlah volume gas metana yang dihasilkan

Perhitungan potensi dilakukan dengan persamaan (2.15).

4. Perhitungan potensi energi listrik yang dihasilkan

Perhitungan potensi dilakukan dengan persamaan (2.16).

5. Memasukkan analisa dengan metode *cogeneration system*.

Efisiensi boiler diasumsikan adalah 85% dengan persamaan (2.1) dan menghitung laju aliran uap yang dapat dihasilkan dari pembakaran biogas dengan persamaan (2.2), menghitung kalor yang dihasilkan oleh *steam* yang dihasilkan dengan menggunakan persamaan (2.3), menghitung uap yang dihasilkan dengan persamaan (2.4), selanjutnya mendapatkan nilai kalor keluaran turbin gas dengan memaksimalkan kerja dengan persamaan (2.5) dan



(2.6). Selanjutnya persamaan terakhir yang dihitung adalah kerja total turbin dengan rumus (2.7)

3.8. Aspek Ekonomi

Aspek ekonomi dihitung berdasarkan perbandingan antara biaya yang dihabiskan atau dibutuhkan dengan manfaat yang diperoleh dari suatu proyek pembangkit dalam jangka. Perhitungan ekonomi dimulai dengan menganalisis aliran kas tunai yang dibutuhkan. Kriteria kelayakan investasi yang digunakan adalah *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR) dan *Payback Periode Analisis Switching Value*. Komponen biaya terdiri dari dari biaya investasi. Komponen biaya terdiri dari investasi mesin dan sistem operasi, biaya investasi konstruksi pabrik dan transmisi listrik, biaya pra-investasi dan operasional yang terdiri dari biaya tetap dan biaya variabel. Sedangkan komponen pendapatan berasal dari penjualan listrik yang di hasilkan.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil analisis penelitian pada bahasan sebelumnya didapatkan beberapa kesimpulan antara lain:

1. Potensi jumlah kotoran sapi sebesar 27.950 kg/hari mampu menghasilkan biogas sebesar 1.118 m³/hari
2. Dengan menggunakan metode *cogeneration system* dengan potensi 1.118 m³/hari mampu menghasilkan uap 500,5 kg/jam, kalor pada boiler hingga 376,2 kW dan daya pada turbin sebesar 162,1 kW dengan efisiensi sebesar 43,1%.
3. Pemanfaatan kotoran sapi pada rancangan PLTBg di Desa Sekar Mawar membutuhkan biaya investasi sebesar Rp.2.721.997.118,75, dengan pendapatan tahunan dari penjualan listrik sebesar Rp. 1.362.5804.841 dari produksi listrik sebesar 1.419.588,38 kWh/tahun. Hasil kelayakan ekonomi sistem, diperoleh NPV positif sebesar Rp 9.141.482.246, *payback period* selama 5,1 tahun dan IRR sebesar 22,55%.

5.1. Saran

Dari penelitian yang sudah dilakukan, ada beberapa saran yang ingin disampaikan sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat melakukan perancangan sistem pemanfaatan gas metana dengan *cogeneration system* dengan menggunakan *software* sebagai alat bantu sehingga hasil penelitian bisa lebih maksimal.
2. Pada penelittian selanjutnya harus membahas masalah Emisi dan Analisis Resiko agar mendapatkan hasil yang maksimal.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] PLN, “Rasio Elektrifikasi Provinsi Riau,” Pekanbaru, 2020.
- [2] M. Nazer dan H. Handra, “Analisis Konsumsi Energi Rumah Tangga Perkotaan di Indonesia: Periode Tahun 2008 dan 2011,” *J. Ekon. dan Pembang. Indones.*, vol. 16, no. 2, hal. 141–153, 2017.
- [3] T.B. Basyiran, “Konsumsi Energi Listrik , Pertumbuhan Ekonomi dan Penduduk terhadap Emisi Gas Rumah Kaca Pembangkit Listrik di Indonesia Konsumsi Energi Listrik , Pertumbuhan Ekonomi dan Penduduk terhadap Emisi Gas Rumah Kaca Pembangkit Listrik di Indonesia 1 Semua bahan,” Aceh, 2017. doi: 10.13140/RG.2.2.22056.06401.
- [4] R. P. Tjaja, “Menuju Penduduk Tumbuh Seimbang,” in *Apresiasi Kebijakan Ketransmigrasian dan Kependudukan di Kantor Menteri Negara Transmigrasi dan Kependudukan, Jakarta*, 2020, no. November 2000, hal. 1–13.
- [5] BPS, “Jumlah Penduduk, Laju Pertumbuhan Penduduk Provinsi Riau 2018,” Pekanbaru, 2019.
- [6] A. Wahid, Junaidi, dan Arsyad, “Analisis Kapasitas dan Kebutuhan Daya Listrik untuk Menghemat Penggunaan Energi Listrik di Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura,” *J. Untan*, vol. 3, no. 1, hal. 1–13, 2016.
- [7] PEN, “Data Pembangkit Listrik,” Pekanbaru, 2017.
- [8] Antaranews.com, “Menteri ESDM: Pemanfaatan EBT masih minim, baru capai 2,5 persen,” *TOP NEWS*, 2020. .
- [9] Esdm.go.id, “Indonesia memiliki potensi pengembangan PLTBg besar,” *Direktorat Jendral Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi (EBTKE)*, 2017. .
- [10] Sudaryono, “Pemanfaatan Biogas dari Limbah Kotoran Ternak sebagai Sumber Energi Listrik (Studi Kasus di Desa Suntenjaya, Lembang, Jawa Barat),” *J. Tek. Lingkung.*, vol. 14, no. 1, hal. 59–66, 2013.
- [11] Mongabay.co.id, “Statistik FAO: Indonesia Buang 18,7 Miliar Ton Karbon Antara 1990-2010,” *Situs Berita Lingkungan*, 2017. .
- [12] D. Oknaryanto, “Profil Darah Sapi Bali Janjan pada Masa Adaptasi Pakan Hijauan berupa Daun dan Pelepah Sawit,” Pekanbaru, 2014.
- [13] Republika.co.id, “Pemprov Riau Programkan Pengembangan Sapi Ternak,”

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengantumkan sumber.
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang UIN Suska Riau



Republika.co.id, 2014. .

- [14] B. I. Hulu, "Indragiri Hulu dalam Angka 2017," Rengat, 2017.
- [15] NASA, "Surface Meteorological dan Solar Energy (SMSE)," 2019. .
- [16] D. Nuryadi, "Konsep Rumah Mandiri Energi Menggunakan Tenaga Surya dan Biogas," Pekanbaru, 2011.
- [17] Disnakeswan, "Jumlah Sapi di Provinsi Riau," Pekanbaru, 2018.
- [18] BPS, "Kecamatan Pasir Penyau dalam Angka 2019," Kabupaten Indragiri Hulu, 2019.
- [19] Penulis, "Studi Pendahuluan," 2020.
- [20] Goriau.com, "Setelah menunai kecaman banyak pihak, ternyata ini penyebab listrik di INHU sering mati mendadak," *Surat Kabar Online goriau.com Gudangnya Informasi Riau*, Apr 2016.
- [21] Infopublik.id, "Gardu Induk Tegangan Tinggi di Tanah Datar Belum Beroperasi," *Portal Berita Info Publik*, 2018.
- [22] DinasPeternakan, "Kondisi Peternakan Sapi di Desa Sekar Mawar," 2019.
- [23] Y. F. Saputri, T. Yuwono, S. Mahmudsyah, B. Sebagai, dan S. Energi, "Pemanfaatan Kotoran Sapi untuk Bahan Bakar PLT Biogas 80 KW di Desa Babadan Kecamatan Ngajum Malang," *J. Tek. POMITS*, vol. 1, no. 1, hal. 1–6, 2014.
- [24] S. Afriani, N. P. Miefthawati, dan M. Ilham, "Efisiensi Energi pada Industri Bioetanol Menggunakan Metode Cogeneration System," *Semin. FERTEI 2019*, hal. 172–177, 2019.
- [25] I. A. Rozaq dan N. Y. D. Setyaningsih, "Perencanaan penghematan energi dengan sistem kogenerasi/combine heat and power (CHP) capstone microturbine C-30 di PT Dua Kelinci," *J. SIMETRIS*, vol. 7, no. 2, hal. 495–500, 2016.
- [26] A. Firdaus, "Analisa Perbandingan Overall Efficiency pada Gas Turbine Generator Based Cogeneration dan Conventional di PT. Pusri II," in *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XII (SNTTM XII)*, 2013, hal. 94–98.
- [27] Y. Tobing, M. Irwanto, J. T. Elektro, dan F. T. Industri, "Studi Potensi Sampah Organik Pasar Kota Medan Menjadi Pembangkit Energi Listrik Sebagai Energi Alternatif Terbarukan," *Saintek ITM*, vol. 32, no. 1, hal. 17–23, 2019.
- [28] N. Thoyyibah, A. Jati, N. Putro, D. Sarwanto, dan M. N. Azis, "Biothings V2: Pengembangan Alat Penghasil Biogas Otomatis Menggunakan Tenaga Hybrid



- Berbasis LOT (Internet Of Things) Guna Meningkatkan Hasil Produksi,” *J. Edukasi Elektro*, vol. 3, no. 1, hal. 8–15, 2019.
- [29] N. Gusnita dan B. Prima, “Analisa Teknis dan Ekonomis Perbandingan Penggunaan Bahan Bakar PLTMG terhadap PLTG di Pusat Listrik Balai Pungut - Duri,” *J. Sains, Teknol. dan Ind.*, vol. 15, no. 1, hal. 15–27, 2017.
- [30] H. O. Buckman dan B. C. Brady, *Ilmu Tanah (Terjemahan: Soegiman & Buana IDM)*. Jakarta: Bhratara Karya Aksara, 1982.
- [31] S. A., *Informasi Teknologi Tepat Guna Untuk Pedesaan Biogas*. Bandung: Padjajaran University Press, 2001.
- [32] D. Waskito, “Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Biogas dengan Pemanfaatan Kotoran Sapi di Kawasan Usaha Perternakan Sapi,” Salemba, 2011.
- [33] B. Hermawan, L. Qodriyah, dan C. Puspita, “Pemanfaatan Sampah Organik sebagai Sumber Biogas Untuk Mengatasi Krisis Energi Dalam Negeri,” *Bandar Lampung Univ. Lampung*, 2007.
- [34] T. R. Syamsuddin dan H. H. Iskandar, “Bahan bakar alternatif asal ternak,” *Sinar Tani, Ed.*, no. 3129, 2005.
- [35] E. H. Wahyono dan N. Sudarmo, *Biogas: Energi Ramah Lingkungan*. Bogor: Yapeka, 2012.
- [36] Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, *Outlook energi Indonesia 2014: Pengembangan energi untuk mendukung program substitusi BBM*. Jakarta: badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, 2015.
- [37] A. Haryanto, R. Okfrianas, dan W. Rahmawati, “Pengaruh Komposisi Subtrat dari Campuran Kotoran Sapi dan Rumput Gajah (*Pennisetum purpureum*) terhadap Produktivitas Biogas pada Digester Semi Kontinu,” *J. Rekayasa Proses*, vol. 13, no. 1, hal. 47–56, 2019, doi: 10.22146/jrekpros.41125.
- [38] J. E. Siswanto dan A. Susanto, “Analisa Biogas Berbahan Baku Enceng Gondok dan Kotoran Sapi,” *Chempublish J.*, vol. 3, no. 1, hal. 11–20, 2018, doi: 10.22437/chp.v3i1.4806.
- [39] N. Sawyerr, C. Trois, T. Workneh, dan V. Okudoh, “An overview of biogas production: Fundamentals, applications and future research,” *Int. J. Energy Econ. Policy*, vol. 9, no. 2, hal. 105–116, 2019, doi: 10.32479/ijeeep.7375.
- [40] Sutaryo, “Optimisation and inhibition of anaerobic digestion of livestock manure,” Aarhus University, 2012.



- [41] H. S. Sorathia, P. P. Rathod, dan A. S. Sorathiya, "Bio-Gas Generation and Factors Affecting the Bio-Gas Generation – a Review Study," *Int. J. Adv. Eng. Technol. E*, vol. 3, no. 3, hal. 72–78, 2012.
- [42] C. Afrian, A. Haryanto, U. Hasanudin, dan I. Zulkarnain, "Produksi Biogas Dari Campuran Kotoran Sapi Dengan Rumput Gajah (*Pennisetum Purpureum*)," *J. Tek. Pertan. Lampung*, vol. 6, no. 1, hal. 21–32, 2017.
- [43] C. . Umeghalu, Chukwuma, Okonkwo, dan Umeh, "Potentials for Biogas Production in Anambra State of Nigeria Using Cow Dung and Poultry Droppings," *Int. J. Vet. Sci.*, vol. 1, no. 1, hal. 26–30, 2012.
- [44] Aprizal dan Fachruddin Siregar, "Aplikasi Metoda RCM (Reliability Centered Maintenance) Untuk Optimasi Operasional dan Perawatan Pada Unit Penanganan dan Pemurnian Biogas di PLT Biogas POME (Palm Oil Mill Effluent)," *J. APTEK*, vol. 11, no. 1, hal. 59–68, 2019.
- [45] C. Polprasert, *Organic Waste Recycling -Technology and Management*. London: IWA Publishing, 2007.
- [46] T. S. Wibowo, A. Dharma, dan Refilda, "Fermentasi Anaerob dari Campuran Kotoran Ayam dan Kotoran Sapi dalam Proses Pembuatan Biogas," *J. Kim. Unand*, vol. 2, no. 1, hal. 113–118, 2013.
- [47] K. Krich, D. Augenstein, J. P. Batmale, J. Benemann, B. Rutledge, dan D. Salour, *Biomethane from Dairy Waste: A Sourcebook for the Production and Use of Renewable Natural Gas in California*. California: USDA Rural Development, 2005.
- [48] I. P. A. Wiratmana, I. G. K. Sukadana, dan I. Tenaya, "Studi Eksperimental pengaruh variasi bahan kering terhadap produksi dan Nilai Kalor Biogas Kotoran sapi," *J. Energi dan manufaktur*, vol. 5, no. 1, hal. 1–97, 2012.
- [49] Sridiyanti, "Pengertian Energi Biogas," *sridianti.com*, 2014. .
- [50] Paimin, *Alat Pembuat Biogas dari Drum*. Jakarta: Penebar Swadaya, 2001.
- [51] S. Wahyuni dan S. E. MP, *Biogas: Energi Alternatif Pengganti BBM, Gas dan Listrik*. AgroMedia, 2013.
- [52] J. Wahyudi, T. B. A. Kurnani, dan J. Clancy, "Biogas production in dairy farming in Indonesia: A challenge for sustainability," *Int. J. Renew. Energy Dev.*, vol. 4, no. 3, hal. 219–226, 2015, doi: 10.14710/ijred.4.3.219-226.
- [53] E. H. Wahyono dan N. Sudarno, *Biogas: Energi Ramah Lingkungan*. Bogor: Yapeka, 2012.



- [54] Biru, *Model Instalasi Biogas Indonesia*. Jakarta: Kementrian Energi, 2010.
- [55] L. J. Fry dan R. Merrill, *Methane digesters for fuel gas and fertilizer*, no. 3. New Alchemy Institute Hatchville, MA, 1973.
- [56] P. J. Meynell, *Methane: planning a digester.*, no. Ed. 2. Prism Press, 1982.
- [57] WBU, "Waste and By-product Utilization 2(1+1)," *Lesson 6*, 2014. <http://ecoursesonline.iasri.res.in/mod/page/view.php?id=1430>.
- [58] A. Sanchez, R. Tual, dan S. Minett, "Application Note Small and Medium Scale Cogeneration System (CHP)," 2017.
- [59] L. Tamba, H. Harmen, dan A. Risano, "Kajian Analitis Sistem Pembangkit Uap Kogenerasi," *J. Ilm. Tek. Mesin FEMA*, vol. 1, no. 3, hal. 98459, 2013.
- [60] T. Lambert, P. Gilman, dan P. Lilienthal, "Micropower system modeling with HOMER," in *Integration Alternative Sources Energy*, vol. 1, 2006, hal. 379–418.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang menyalin, menjiplak, atau menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

DATA PROFIL BEBAN

No	Nama	Peralatan	Jumlah	Daya (W/alat)	Lama Penggunaan (Jam/Hari)	total daya
1	Baharudin	lampu	12	10	12 jam	120
		kipas	1	20	6 jam	20
		Mesin Cuci	1	250	1 jam	250
		Setrika	1	300	2 jam	300
		TV	2	100	7 jam	200
		Mesin Air	1	250	2 jam	250
2	Murni, S.Pd	lampu	10	10	12 jam	100
		kipas	1	20	6 jam	20
		kulkas	1	80	24 jam	80
		Mesin Cuci	1	150	1 jam	150
		Setrika	1	250	2 jam	250
		TV	1	68	6 jam	68
		Mesin Air	1	250	2 jam	250
3	Saparudin	lampu	10	10	12 jam	100
		kipas	2	40	5 jam	80
		kulkas	1	100	24 jam	100
		Mesin Cuci	1	150	1 jam	150
		Setrika	1	200	2 jam	200
		TV	1	100	5 jam	100
		Mesin Air	1	250	3 jam	250
4	Hj. Iwan	lampu	15	10	12 jam	150
		kipas	3	60	5 jam	180
		kulkas	1	90	24 jam	90
		Mesin Cuci	1	200	1 jam	200
		Setrika	1	200	2 jam	200
		TV	1	100	6 jam	100
		Mesin Air	1	250	3 jam	250
5	Riau Daniawan	lampu	8	10	12 jam	80
		kipas	2	40	5 jam	80
		kulkas	1	100	24 jam	100
		Mesin Cuci	1	200	2 jam	200
		Setrika	1	200	2 jam	200
		TV	1	100	8 jam	100
		Mesin Air	1	250	2 jam	250
6	Ikhwan	lampu	12	10	12 jam	120

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

No	Nama	Peralatan	Jumlah	Daya (W/alat)	Lama Penggunaan (Jam/Hari)	total daya
1	Herlina	kipas	1	20	5 jam	20
		kulkas	1	100	24 jam	100
		Mesin Cuci	1	200	2 jam	200
		Setrika	1	150	2 jam	150
		TV	1	100	8 jam	100
		Mesin Air	1	300	2 jam	300
		lampu	10	10	12 jam	100
7	herlina	kipas	1	20	5 jam	20
		kulkas	1	80	24 jam	80
		Mesin Cuci	1	250	2 jam	250
		Setrika	1	250	2 jam	250
		TV	2	100	5 jam	200
		Mesin Air	1	200	2 jam	200
		lampu	7	10	12 jam	70
8	Jumiati, S.Pd	kipas	2	20	5 jam	40
		kulkas	1	100	24 jam	100
		Mesin Cuci	1	250	1 jam	250
		Setrika	1	200	2 jam	200
		TV	1	80	5 jam	80
		Mesin Air	1	300	1 jam	300
		lampu	8	10	12 jam	80
9	Budimar	kipas	2	12	5 jam	24
		kulkas	1	100	24 jam	100
		Mesin Cuci	1	250	1 jam	250
		Setrika	1	250	2 jam	250
		TV	1	100	5 jam	100
		Mesin Air	1	300	1 jam	300
		lampu	8	10	12 jam	80
10	Neneng Sumarni	kipas	1	20	9 jam	20
		kulkas	1	100	24 jam	100
		Mesin Cuci	1	200	3 jam	200
		Setrika	1	250	2 jam	250
		TV	1	68	7 jam	68
		Mesin Air	1	300	5 jam	300
		lampu	9	10	12 jam	90
11	Elly Yulianti	kipas	1	20	8 jam	20
		kulkas	1	100	24 jam	100



2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

No	Nama	Peralatan	Jumlah	Daya (W/alat)	Lama Penggunaan (Jam/Hari)	total daya
11	Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa menaungi dan menyebutkan sumber.	Mesin Cuci	1	200	3 jam	200
		Setrika	1	250	2 jam	250
		TV	1	100	8 jam	100
		Mesin Air	1	250	4 jam	250
12	Pramono	lampu	8	10	12 jam	80
		kipas	1	20	11 jam	20
		kulkas	1	100	24 jam	100
		Mesin Cuci	1	250	3 jam	250
		Setrika	1	200	2 jam	200
		TV	1	68	8 jam	68
13	Defi Noto Susilo	Mesin Air	1	300	2 jam	300
		lampu	12	10	12 jam	120
		kipas	2	30	8 jam	60
		kulkas	1	100	24 jam	100
		Mesin Cuci	1	250	4 jam	250
		Setrika	1	300	1 jam	300
		TV	1	80	5 jam	80
		Mesin Air	1	250	2 jam	250
14	Ahmad Syofian	lampu	10	10	12 jam	100
		kipas	2	30	5 jam	60
		kulkas	1	120	24 jam	120
		Mesin Cuci	1	250	1 jam	250
		Setrika	1	300	1 jam	300
		TV	1	100	4 jam	100
		Mesin Air	1	250	1 jam	250
15	Ahmad Safi'i	lampu	8	10	12 jam	80
		kipas	2	12	5 jam	24
		kulkas	1	100	24 jam	100
		Mesin Cuci	1	200	2 jam	200
		Setrika	1	250	2 jam	250
		TV	1	100	5 jam	100
		Mesin Air	1	250	1 jam	250
		16	Sharul	lampu	10	10
kipas	2			30	5 jam	60
kulkas	1			100	24 jam	100
Mesin Cuci	1			300	2 jam	300
Setrika	1			300	1 jam	300



2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

No	Nama	Peralatan	Jumlah	Daya (W/alat)	Lama Penggunaan (Jam/Hari)	total daya
17	Mona Sepri	TV	1	100	4 jam	100
		Mesin Air	1	300	1 jam	300
18	Mawardi	lampu	9	10	12 jam	90
		kipas	3	30	6 jam	90
		kulkas	1	100	24 jam	100
		Mesin Cuci	1	200	2 jam	200
		Setrika	1	300	2 jam	300
		TV	1	100	2 jam	100
		Mesin Air	1	250	2 jam	250
19	Roni Kurniawan	lampu	10	10	12 jam	100
		kipas	2	30	6 jam	60
		kulkas	1	100	24 jam	100
		Mesin Cuci	1	200	2 jam	200
		Setrika	1	300	2 jam	300
		TV	1	100	5 jam	100
		Mesin Air	1	250	2 jam	250
20	Eddy Sembiring	lampu	8	10	12 jam	80
		kipas	1	30	4 jam	30
		kulkas	1	100	24 jam	100
		Mesin Cuci	1	200	1 jam	200
		Setrika	1	300	1 jam	300
		TV	1	100	5 jam	100
		Mesin Air	1	250	1 jam	250
		lampu	9	10	15 jam	90
		kipas	2	50	12 jam	100
		kulkas	1	100	24 jam	100
		Mesin Cuci	1	250	2 jam	250
		Setrika	1	300	1 jam	300
		TV	1	100	7 jam	100
		Mesin Air	1	250	2 jam	250



University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



if Kasim Riau



- ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Riyan Riyadi Sembiring, lahir di Rengat Rawa Sekip 15 Februari 1996 merupakan anak pertama dari 2 bersaudara dari pasangan Eddy Sembiring dan Minawati yang beralamat di PTPN V Bukit Selasih Kecamatan Rengat Barat Kabupaten Indragiri Hulu Provinsi Riau.

Email : riyan.riyadi.sembiring@students.uin-suska.ac.id.

HP : 0852 6488 0756

Pengalaman pendidikan yang jalankan mulai dari SD 007 Kota Lama Rengat Barat, selanjutnya di SMP N 02 Kota Lama. Setelah itu melanjutkan SMK YPL Lirik kecamatan Lirik. Setelah lulus dari SMK penulis melanjutkan pendidikan di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, dengan mengambil Konsentrasi Energi pada tahun 2014. Selama masa perkuliahan Penulis cukup aktif di Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (HIMATE) dari periode 2014-2017. Penulis lulus pada tahun 2021 dengan mengangkat judul penelitian yang berjudul “**Analisis Teknis Dan Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Biogas Dari Kotoran Sapi Dengan Metode Cogeneration System Padahome Industry**”.