

**ANALISIS *POWER* PONTENSIAL PEMBANGKIT LISTRIK BIOGAS
MENGUNAKAN *REACTOR COVER LAGOON* PADA PT TEDCO AGRI
MAKMUR – LAMPUNG TENGAH**

(Skripsi)

Oleh

Lola Febriyana



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

ANALISIS *POWER* POTENSIAL PEMBANGKIT LISTRIK BIOGAS MENGUNAKAN *REACTOR COVER LAGOON* PADA PT TEDCO AGRICULTURE MAKMUR – LAMPUNG TENGAH

Oleh

LOLA FEBRIYANA

Telah di realisasikan analisis *power* pontesial pembangkit listrik biogas menggunakan *reactor cover laggon*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pemanfaatan *waste water* sebagai biogas untuk bahan bakar, Proses pembuatan biogas, dan nilai *power* pontesial sebagai pembangkit listrik. Berkembangnya teknologi, Limbah cair diolah menjadi sumber energi menggunakan reaktor *cover lagoon* , Biogas kemudian diolah menjadi bahan bakar generator untuk dijadikan listrik. Pemanfaatan *waste water* pada PT Tedco Agri Makmur rata- rata sebanyak 30.569 m³ mampu menghasilkan *power* pontesial rata- rata selama 1 bulan sebesar 38,95 MWh. *Power* pontesial sebesar 87% dengan menggunakan biogas sebagai pembangkit listrik sangat membantu mengurangi listrik dari PLN.

Kata kunci : *Biogas, Reactor, pH, Cover Lagoon, Waste Water*

ABSTRACT

POTENTIAL POWER ANALYSIS OF BIOGAS POWER PLANT USING COVERED LAGOON REACTOR AT PT TEDCO AGRI MAKMUR – CENTRAL LAMPUNG

By

LOLA FEBRIYANA

The potential power analysis of a biogas power plant using a cover lagoon reactor has been realized. This research aims to determine the use of waste water as biogas for fuel, the process of making biogas, and the value of potential power as an electricity generator. The development of technology, liquid waste is processed into an energy source using a cover lagoon reactor, Biogas is then processed into generator fuel to make electricity. Obtained the use of waste water at PT Tedco Agri Makmur with an average of 30,569 m³ is able to produce an average potential power of 38.95 MWh in 1 month. Potential power of 87%, the use of biogas as an electricity generator is very helpful in reducing electricity from PLN.

Key Words : *Biogas, Covered Lagoon, pH, Reactor, Waste Water*

**ANALISIS *POWER* PONTENSIAL PEMBANGKIT LISTRIK BIOGAS
MENGUNAKAN *REACTOR COVER LAGOON* PADA PT TEDCO AGRI
MAKMUR – LAMPUNG TENGAH**

Oleh

LOLA FEBRIYANA

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Sarjana

SARJANA SAINS

Pada

Jurusan Fisika

Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Lampung



FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS LAMPUNG

BANDAR LAMPUNG

2024

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : Analisis *Power* Pontesial Pembangkit
Listrik Biogas Menggunakan *Reactor Cover*
Lagoon Pada PT Tedco Agri Makmur – Lampung
Tengah

Nama Mahasiswa : Lola Febriyana

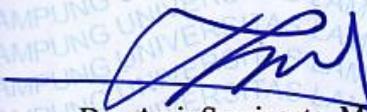
Nomor Pokok Mahasiswa : 2017041046

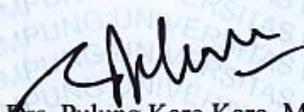
Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam

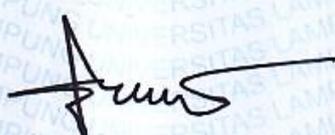


1. Komisi Pembimbing


Drs. Amir Supriyanto, M.Si.
NIP.196504071991111001


Drs. Pulung Karo Karo, M.Si
NIP.196107231986031003

2. Ketua Jurusan Fisika


Dr. Gurum Ahmad Pauzi, S.Si, M.T
NIP. 1980100102005011002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

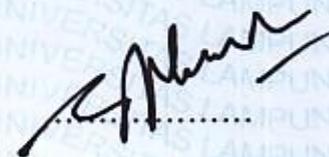
Ketua

: Drs. Amir Supriyanto, M.Si.



Sekretaris

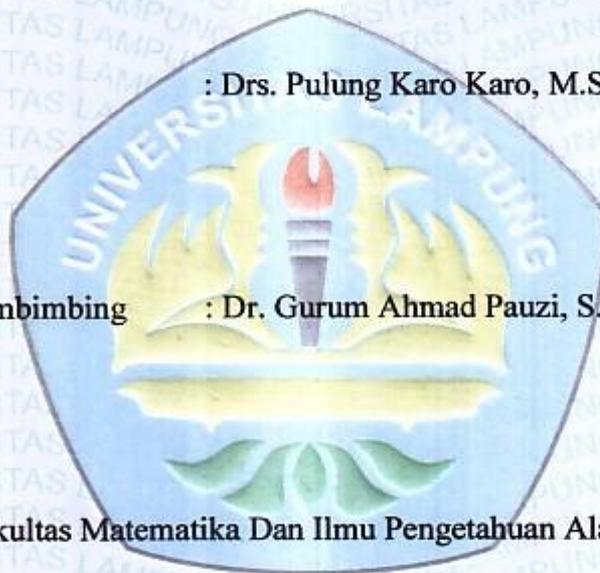
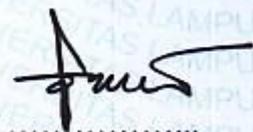
: Drs. Pulung Karo Karo, M.Si.



Penguji

Bukan pembimbing

: Dr. Gurum Ahmad Pauzi, S.Si, M.T

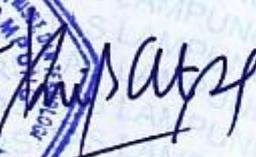


2. Dekan Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.

Nip. 197110012005011002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 29 Juli 2024

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa didalam skripsi ini tidak terdapat karya orang lain dan tidak terdapat pendapat atau karya yang ditulis oleh orang lain kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka, selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan ini tidak benar maka saya bersedia dikenai saksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 29 Juli 2024



Lola Febriyana
NPM. 2017041046

RIWAYAT HIDUP



Penulis memiliki nama lengkap Lola Febriyana yang lahir di Candirejo pada tanggal 25 Februari 2002. Penulis merupakan anak pertama dari pasangan M. Sardiyanto dan Misni Dewi Lestari. Penulis menyelesaikan pendidikan di SDN 1 Candirejo pada tahun 2014, SMP N 2 Way Pengubuan pada tahun 2017 dan SMA N 1 Way Pengubuan pada tahun 2020. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Lampung melalui SBMPTN tahun 2020. Selama menempuh pendidikan di Universitas Lampung. Penulis telah melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) pada tahun 2021 di PT Great Giant Pinapple pada departemen Biogas, Dengan judul “Proses Hasil Produksi Biogas Dari Limbah Industri PT.Great Giant Pinapple”. Penulis melakukan pengabdian terhadap masyarakat dengan mengikuti program Kuliah Kerja Nyata (KKN) Priode II tahun 2023 di Desa Karang Tengah, Kecamatan Tebat Karai, Kabupaten Kepahiang, Bengkulu. Penulis melakukan kegiatan himouan mahasiswa fisika pada 2020 yaitu melakukan magang pada social masyarakat dan mengikuti Unit Kegiatan Mahasiswa pada SAINTEK pada bidang kominfo. Penulis melakukan tugas akhir pada industri Biogas.

MOTTO

“kau tahu tidak semua orang di dunia ini bisa memahami niat kita sebenarnya mereka tidak terlalu tertarik dengan kita jadi tidak perlu menjelaskan sesulit apapun hidup kita atau sekeras apapun usaha kita kita hanya akan melakukan yang kita lakukan dan hidup seperti biasanya kita akan terus hidup diam-diam apapun kata orang”.

- Kim Sabu, Dr Romantic 3-

“Kalau ingin menunggu sampai diri kita siap, Kita akan menghabiskan sisa hidup kita hanya untuk menunggu”.

- Hazelnut -

PERSEMBAHAN

Kedua Orang Tuaku

Ayahku M. Sardiyanto

&

Ibuku Misni Dewi Lestari

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah Swt, atas segala berkat, rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian ini yang bertempat di PT Tedco Agri Makmur-Lampung Tengah. Dengan judul “**Analisis Power Pontesial Pembangkit Listrik Tenaga Biogas Menggunakan *Reactor Covered Lagoon* Pada PT Tedco Agri Makmur-Lampung Tengah**”. Hasil penelitian ini disusun memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan TA dan juga syarat memenuhi salah satu mata kuliah wajib di Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna dalam penulisan berikutnya yang lebih baik. Semoga laporan ini bermanfaat bagi penulis maupun pembaca.

Bandar Lampung, 29 Juli 2024

Lola Febriyana
NPM. 2017041046

SANWANCANA

Puji syukur kepada Allah Swt, yang telah memberikan kemudahan, kelancaran dan berkat karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian ini yang bertempat di PT Tedco Agri Makmur-Lampung Tengah. Dengan judul “**Analisis Power Pontesial Pembangkit Listrik Tenaga Biogas Menggunakan *Reactor Covered lagoon* Pada PT Tedco Agri Makmur-Lampung Tengah**”. Pada kesempatan kali ini dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan terimakasih pada pihak-pihak yang turut membantu. Penulisan skripsi ini tidak dapat terwujud tanpa adanya bantuan dari berbagai pihak, baik berupa tenaga maupun pikiran. Oleh karna itu, pada kesempatan kali ini penuli hanturkan terima kasih kepada:

1. Bapak Drs. Amir Supriyanto, M.Si. sebagai pembimbing I yang telah memberi arahan, masukan, mengajari, membimbing, dan memberi pengarahan terhadap penulis;
2. Bapak Drs. Pulung Karo Karo, M.Si. sebagai pembimbing II yang telah senantiasa memberikan ilmu wawasan, arahan, saran terhadap penulis;
3. Bapak Dr. Gurum Ahmad Pauzi, S.Si.,M.T. sebagai dosen penguji yang telah mengoreksi kekurangan dan memberikan saran kepada penulis, dan memberikan arahan kepada penulisan skripsi;
4. Bapak Gunawan sebagai pembimbing lapangan yang telah membimbing dan mengarahkan selama penulis melakukan penelitian.
5. Ibu Suprihatin, S.Si.,M.Si, sebagai pembimbing akademik yang telah meberikan bimbingan dan arahan kepada penulis;
6. Seluruh dosen Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung;

7. Bapak Badriyadi, Tete Amna yang telah membantu penulis selama proses administrasi dan keberlangsungan seminar sidang skripsi.
8. Cinta pertama dan panutanku Ayahku M. Sardiyanto dan pintu surgaku ibuku Misni Dewi atas segala pengorbanan dan tulus kasih sayang yang diberikan, tak kenal lelah memberikan perhatian, dukungan dan telah mendoakan sehingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai meraih gelar sarjana. Semoga ayah dan ibu sehat panjang umur dan bahagia selalu.
9. Kepada Adik ku Chika Aulia yang selalu memberikan dukungan dan menghibur serta mendoakan untuk penulis;
10. Teman-teman ku Sephia, Hanin, Viona, Ninis, Mutiara, Rindiani, Widiya, Dinda, Rizka, dan Aziz atas saran, motivasi, bantuan, dukungan serta kebersamaanya selama ini;
11. Teman-teman Angkatan 2020, Wisma Dian Pelangi, dan seluruh pihak yang telah membantu dan tidak bisa penulis sebutkan satu persatu atas kebersamaan selama perkuliahan ini;

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, sekalipun sudah berusaha dengan kemampuan yang dimiliki untuk menyempurnakan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis dengan senang hati menerima segala kritik dan saran yang membangun dari semua pihak baik itu penulis maupun untuk pembaca. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan umum bagi masyarakat.

Bandar Lampung, 29 Juli 2024

Lola Febriyana
NPM.201704104

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
HALAMAN JUDUL	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
MENGESAHKAN	iii
PERNYATAAN	iii
RIWAYAT HIDUP	iii
MOTTO	iii
PERSEMBAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
SANWANCANA	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumus dan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Profil Perusahaan	5
2.1.1 Visi Dan Misi	6
2.1.2 Kebijakan Mutu	6
2.1.3 Value	6
2.1.4 Brand	7

2.1.5 Product	8
2.2 Penelitian Terkait	9
2.3 Landasan Teori.....	10
2.3.1 Biogas	10
2.3.2 Proses Pembuatan Biogas	11
2.3.4 Proses Anaerob	13
2.3.5 Limbah	14
2.3.6 Limbah Cair Tapioka	15
2.3.7 Bakteri Anaerob	15
2.3.8 Kapur	16
2.3.9 Gas Metana (CH ₄).....	17
2.3.10 <i>Covered Lagoon Anaerobic Reaktor</i>	19
2.3.11 <i>Scrubber</i>	20
2.3.12 <i>Flare</i>	21
2.3.13 Generator	22
2.2.14 Konversi Energi Biogas Menjadi Listrik.....	24
III. METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	25
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	25
3.2.1 Alat Peneltian.....	25
3.2.2 Bahan Penelitian	26
3.3 Prosedur Penelitian	26
3.4 Proses Pembuatan Biogas	27
3.5 Analisis Hasil Data	28
3.5.1 Jumlah <i>Waste water</i> Yang Diproduksi	28
3.5.2 Analisis <i>Power Pontesial</i> dan Penggunaan <i>Power Pontesial</i>	28
IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	30
4.1 Proses Pembuatan Biogas	30
4.1.1 Limbah <i>Waste Water</i>	30
4.1.2 Kolam pencampuran	31
4.1.3 Kolam <i>Reactor</i>	32
4.1.4 <i>Filterisasi</i>	33
4.1.4 Pembakaran Sisa Gas.....	34
4.1.5 Mesin Penghasil Energi	35
4.2 Analisis pH, Suhu, dan Kapur.....	37
4.3 Produksi Jumlah <i>Waste Water</i>	38
4.4 Analisis Hasil <i>Power Pontesial</i> dan Penggunaan <i>Power Pontesial</i>	40
V. SIMPULAN DAN SARAN	44
5.1 Simpulan	44

5.2 Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN.....	49

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1 Bakteri Anaerob.....	16
Gambar 2. 2 Kapur	17
Gambar 2. 3 <i>Reaktor Cover Lagoon</i>	19
Gambar 2. 4 <i>Scrubber</i>	20
Gambar 2. 5 <i>Flare</i>	22
Gambar 2. 6 Generator	23
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian	26
Gambar 3. 2 Diagram alir proses.....	27
Gambar 3. 3 Grafik penggunaan <i>power</i> pontesial	29
Gambar 4. 1 Kolam limbah	31
Gambar 4. 2 Kolam pencampuran	32
Gambar 4. 3 Kolam <i>reactor</i>	33
Gambar 4. 4 <i>filterisasi</i>	34
Gambar 4. 5 Sisa pembuangan gas	35
Gambar 4. 6 Mesin pembangkit listrik	36
Gambar 4. 7 Grafik hubungan Volume dengan <i>waste water</i>	39
Gambar 4. 8 Grafik <i>power</i> pontesial dan penggunaanya.....	42

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3. 1 Alat Penelitian	25
Tabel 3. 2 Bahan Penelitian.....	26
Tabel 3. 3 Data pengamatan	28
Tabel 3. 4 Hasil efesiensi penggunaan <i>power</i> pontesial.....	29
Tabel 4. 1 Spesifikasi <i>reactor</i>	32
Tabel 4. 2 Analisi pH, suhu, kapur.....	37
Tabel 4. 3 Data <i>waste water</i> , volume biogas, konsumsi biogas	39
Tabel 4. 4 Hasil <i>power</i> pontesial	441

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangkit listrik merupakan bagian integral dari infrastruktur energi suatu negara. Pembangkit listrik memainkan peran kunci dalam memenuhi kebutuhan energi masyarakat, industri, dan sektor lainnya (Sadikin dan Firmansyah, 2019). Dalam upaya mengurangi dampak lingkungan dan meminimalkan biaya produksi listrik, penting untuk mengoptimalkan penggunaan energi. Pemahaman yang lebih mendalam tentang bagaimana energi digunakan dan disipasi dalam proses pembangkitan listrik dapat membantu meningkatkan efisiensi operasional. Selain itu, pembangkit listrik juga dihadapkan pada masalah lingkungan, termasuk emisi gas rumah kaca dan polusi udara. Oleh karena itu, perlu diterapkan solusi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan dalam industri pembangkit listrik (Kurniawan dan Wibowo, 2021).

Energi merupakan kebutuhan yang diperlukan dalam kehidupan manusia, setiap tahun penggunaan energi di Indonesia mengalami peningkatan yang disebabkan oleh meningkatnya pertumbuhan penduduk. Meningkatnya aktivitas manusia dan besarnya tuntutan untuk mendapatkan kepraktisan dan kenyamanan hidup manusia, berakibat pada meningkatnya konsumsi energi. Konsumsi energi Indonesia sebesar 95% berasal dari bahan bakar fosil. Dari total tersebut, 50% berupa Bahan Bakar Minyak (BBM). Pada PT Tedco Agri Makmur memiliki Program untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil yaitu dengan penggunaan *renewable energy* biogas merupakan salah satu energi alternatif yang ramah lingkungan dan dapat diperbaharui

Pencemaran air merupakan masalah serius yang dihadapi oleh banyak wilayah di seluruh dunia. Peningkatan aktivitas manusia, pertumbuhan industri, dan urbanisasi telah menyebabkan pelepasan limbah ke perairan yang dapat merusak ekosistem air. Limbah yang terbuang dalam industri dapat dimanfaatkan menjadi biogas seperti dari limbah cair tapioka dan limbah nanas. Limbah merupakan buangan dalam bentuk zat cair maupun padat yang mengandung bahan berbahaya dan beracun yang karena sifat dan konsentrasinya atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung (Agustina, 2011). Limbah dapat diolah menjadi biogas dengan cara mencampurkan bakteri anaerob pada proses pembutan dan menggunakan kapur sebagai penyeimbang pH untuk bakteri dilakukan proses di *cover lagoon*. Bakteri anaerob dibedakan menjadi 2 yaitu anaerob obligat yaitu bakteri yang sama sekali tidak dapat tumbuh pada kondisi ada oksigen dan anaerob fakultatif, yaitu bakteri yang masih dapat hidup pada kondisi ada sedikit oksigen (Brooks. , *et al* . 2012). Sedangkan kapur atau Kalsium karbonat adalah mineral inorganik yang dikenal tersedia dengan harga murah secara komersial. Sifat fisis kalsium karbonat seperti, morfologi, fase, ukuran dan distribusi ukuran harus dimodifikasi menurut bidang pengaplikasiannya. Bentuk morfologi dan fase kalsium karbonat (CaCO_3) terkait dengan kondisi sintesis seperti, konsentrasi reaktan, suhu, waktu aging dan zat adiktif alam (Kirboga dan Oner, 2013).

Cover lagoon, atau sering disebut juga sebagai biodigester yang berlapis, adalah salah satu teknologi penting dalam produksi biogas dan pembangkit listrik tenaga biogas. Teknologi ini digunakan untuk menghasilkan biogas dari limbah organik dan menyimpannya dalam lapisan yang tertutup untuk kemudian dikonversi menjadi energi listrik. *Cover lagoon* adalah salah satu metode yang digunakan secara luas dalam sistem pembangkit listrik tenaga biogas, dan dalam tulisan ini, kami akan menjelaskan prinsip-prinsip kerja, keuntungan, dan tantangan terkait dengan teknologi ini (Batstone dan Viridis, 2014). *Cover lagoon* adalah bentuk dari proses digesti anaerobik, yang merupakan konsep mendasar di balik produksi biogas. Proses ini terjadi dalam lingkungan tanpa oksigen, di mana mikroorganisme menguraikan bahan organik menjadi biogas. *Cover lagoon*. menggunakan kolam atau bak yang tertutup dengan atap atau pelapis untuk menciptakan lingkungan anaerobik yang ideal. Bahan baku untuk cover lagoon

biasanya berupa limbah organik seperti kotoran hewan, sisa tanaman, dan limbah makanan. Limbah ini dimasukkan ke dalam kolam dan dibiarkan terfermentasi oleh mikroorganisme dalam kondisi anaerobik. Selama proses ini, biogas, yang terutama terdiri dari metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2), dihasilkan. Biogas ini kemudian dapat dikumpulkan dan disimpan di dalam *cover lagoon* untuk digunakan sebagai sumber energi (Li, *et al.*, 2013).

Generator mesin listrik arus bolak balik (AC) mengubah masukan berupa gerak (mekanik) menjadi listrik. Generator ini mempunyai dua jenis belitan, yaitu belitan jangkar (hydrogen) dan belitan medan (eksitasi). Kedua jenis belitan ini dapat ditempatkan pada stator (bagian yang diam) maupun pada rotor (bagian yang berputar). Generator yang digunakan pada pusat – pusat pembangkit tenaga listrik, ketiga belitan jangkarnya umumnya ditempatkan pada stator, sedangkan belitan medan ditempatkan pada rotor. Penempatan belitan medan pada rotor bagi generator yang berkapasitas daya besar lebih menguntungkan karena hanya dua cincin seret (slip ring) yang digunakan sehingga lebih sederhana dan kuat, dengan rugi – rugi slip ring yang lebih kecil. Selain itu, penempatan belitan jangkar pada stator lebih memungkinkan pemakaian isolasi yang lebih tebal sehingga memungkinkan pembangkit tegangan yang lebih tinggi pada terminal stator (Syarifuddin. 2013).

Konsep dari analisis *power* potensial pembangkit listrik biogas menggunakan *cover lagoon* bertujuan untuk menganalisa hasil dari *power* potensial, mengetahui bagaimana limbah diolah dan berapa banyak *power* potensial yang digunakan.

1.2 Rumus dan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, rumusan masalah yang membatasi aspek utama dalam penelitian ini antara lain :

1. bagaimana limbah diproses untuk pembuatan biogas ?
2. bagaimana menghitung hasil *power* potensial biogas ?
3. bagaimana menghitung banyaknya penggunaan *power* potensial biogas ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini antara lain:

1. menganalisa proses pengelolaan limbah sebagai biogas;
2. menganalisa hasil *power* potensial pembangkit listrik biogas menggunakan reaktor *cover lagoon*;
3. menganalisa perhitungan penggunaan *power* potensial;

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian diperoleh dari penelitian yang dilakukan antar lain sebagai berikut:

1. mampu mengetahui proses pengelolaan limbah biogas;
2. mampu menganalisa berapa banyak penggunaan *power* potensial pembangkit listrik tenaga biogas;
3. mampu mengetahui hasil *power* potensial pembangkit listrik biogas;
4. mengetahui faktor yang berhubungan dengan *power* potensial;

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian kali ini yaitu:

1. mengetahui *power* potensial dan penggunaan *power* potensial di PT. Tedco Agri Makmur;
2. mengetahui proses pembuatan biogas menggunakan reaktor *cover lagoon*;

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Profil Perusahaan

PT. Tedco Agri Makmur merupakan perusahaan swasta nasional yang didirikan pada tahun 2018 sebagai pengembangan bisnis grup tedco, dimana pabrik pertamanya dibangun tahun 2009 dan baru beroperasi pada tahun 2011. Tedco Agri merupakan perusahaan pengelola singkong menjadi tepung tapioka secara terintegrasi. Pabrik Tedco Agri merupakan pabrik pengolahan otomatis dengan teknologi modern, berlokasi di Desa Tanjung Ratu, Way Pangubuhan, Lampung Tengah di atas lahan ± 45 Ha.

Pabrik kini dioperasikan oleh putra-putri Indonesia yang telah berpengalaman dan memiliki keahlian dalam bidangnya masing-masing terutama dalam industri tepung tapioka. Dengan komitmen yang kuat untuk memberikan kualitas produk yang terbaik kepada pelanggan, Tedco Agri selalu mengedepankan faktor-faktor (QHSE) *Quality, Health, Safety, and Environment*.

Quality : memastikan kualitas produk di setiap proses sesuai dengan standar.

Health : memberikan dan menjaga lingkungan kerja yang sehat.

Safety : memastikan keselamatan kerja para pekerja.

Environment : memberikan lingkungan bersih, hijau dan ramah lingkungan

Pabrik Tedco Agri juga mengembangkan pembangunan pabrik Biogas dari hasil pengolahan limbah cair, yang menjadikan pabrik ini menghasilkan listrik sendiri

dan menjadi pabrik yang ramah lingkungan. Juga dengan lahan kelolaan \pm 6000 Ha melalui kerjasama Inti-Plasma dengan para petani, menjadikan pabrik Tedco Agri mampu beroperasi secara konsisten. Pada saat ini Tedco Agri sedang mengembangkan pembangunan kedua dengan teknologi lebih baik dan modern, sebagai wujud komitmen kami untuk memberikan produk yang konsisten dan berkualitas kepada konsumen.

2.1.1 Visi Dan Misi

2.1.1.1 Visi

Menjadi perusahaan terintegrasi berbahan baku singkong yang terbaik, bernilai dan tumbuh terus menerus

2.1.1.2 Misi

- Lebih Banyak Orang Bahagia
- Memberikan produk/jasa terbaik kepada Pelanggan
- Memberikan keuntungan kepada Stakeholder (Pemegang Saham, Karyawan, dan Mitra)
- Memberikan manfaat lebih kepada masyarakat/lingkungan

2.1.2 Kebijakan Mutu

Menghasilkan produk berkualitas yang menjadi pilihan utama pelanggan, dengan kehandalan SDM berkarakter TIMESS, dan semangat perbaikan berkesinambungan *Tag Line We Do More*. Berarti kami berkomitmen untuk melakukan lebih dan memiliki fleksibilitas dalam setiap produk kami demi tercapainya kepuasan pelanggan

2.1.3 Value

“Menghasilkan Produk Berkualitas yang menjadi pilihan utama pelanggan dengan kehandalan SDM berkarakter TIMESS dan semangat perbaikan berkesinambungan“.

T : Tangguh (*Tough*) Kami dg berani menyelesaikan semua masalah/tantangan hingga maksimal : berani, bekerja keras, berjuang, disiplin, pantang menyerah

I : Integritas (*Integrity*) Kami mempunyai rasa memiliki untuk melakukan yg terbaik : jujur, loyalitas/komitmen, tanggung jawab

M : Managerial (*Management*) Kami selalu belajar dan bekerja dg pengetahuan terkini untuk bisa mencapai sasaran : *visioner, problem solver, leadership, Entrepreneurship*

E : Efektif & Efisien (*Effective & Efisience*) Kami melakukan apa yang perlu dilakukan dg cerdas untuk hasil yg optimal : orientasi pada hasil, orientasi pada biaya, berpikir sistem

S : Sukses (*sucsess*) Kami semua bekerja sama dalam satu team untuk menjadi yang terdepan dan pemenang

S : Sosial (*Social*) Kami harus selalu memberikan kontribusi dan berbagi pada lingkungan: zakat, sedekah, CSR

2.1.4 Brand

Lebah Ratu adalah produk Tedco Agri dengan Kualitas Super yang dapat digunakan lebih lanjut oleh berbagai industri pengolahan seperti industri makanan, kertas, lem, tekstil, farmasi, kimia, serta industri lainnya baik untuk skala industri kapasitas besar, menengah, maupun industri rumah tangga.

Sebagai wujud dari komitmen kami untuk memuaskan Para pelanggan, melakukan penyesuaian dalam proses produksi guna memenuhi kebutuhan dan permnyaan spesifikasi yang bersifat khusus dari pelanggan. Kualitas produk dan proses Produksi Tedco Agri telah terakreditasi oleh badan sertifikasi Managemen Mutu (ISO 9001:2008), BPOM, serta sertifikasi Halal dari MUI.

Tedco Agri memiliki komitmen yang kuat untuk memberikan yang terbaik bagi pelanggan maupun lingkungan. Dengan merek “LEBAH RATU” yang kami kumandangkan, memiliki filosofi dimana diharapkan sang lebah ratu dapat

bereproduksi dan memberikan manfaat yang luas sebagaimana manfaat setetes madu.

Kata Lebah, "BEE" menjadi slogan, motivasi, dan komitmen kami untuk memberikan produk terbaik dan bernilai tambah kepada pelanggan dan lingkungan : *Best product, Efficient process, Enviro-friendly*.

2.1.5 Product

Pabrik Tedco Agri hanya menghasilkan satu jenis produk tepung tapioka terbaik, yang dapat digunakan lebih lanjut oleh berbagai industri pengolahan seperti industri kertas, garmen, farmasi, kimia, makanan, dan industri turunan tepung lainnya, baik dengan skala industri besar, menengah, maupun industri rumah tangga.

Berikut merupakan standar spesifikasi produk yang dihasilkan :

1. *Whiteness* : *Min.* 93.00 % ;
2. *Starch Content* : *Min.* 85.00 % ;
3. *Moisture Content* : 12 - 13 % ;
4. *Ash Content* : *Max.* 0.2 % ;
5. *pH of suspension* : 5 – 7 ;
6. *Viscosity* : *Apx* > 400 ;
7. Residu Mesh 325 : *Max.* 0.1 % ;

Beberapa spesifikasi tersebut di atas dapat disesuaikan *adjustment* dengan permintaan customer dengan melakukan penyesuaian dalam proses produksi. Kualitas produk dan proses produksi Tedco Agri telah mendapat akreditasi dari badan sertifikasi Sistem Manajemen Mutu (ISO 9001:2008), BPOM, serta sertifikasi Halal dari MUI.

Sistem pengepakan dapat bervariasi dari 25 kg, 50 kg, hingga jumbo-bag 1000 kg, juga penggunaankarung dengan lapisan dalam (*liner*), serta penggunaan kode

produksi di setiap shiftnya dengan sistem *easy-track*, memastikan setiap produk yang dihasilkan dapat terekam dengan baik untuk keamanan dan kenyamanan pelanggan. Produk “Lebah Ratu” dipasarkan baik secara langsung maupun melalui saluran distribusi eksklusif, dimana dapat dipastikan keamanan, ketepatan waktu, dan efisiensi produk tersebut tiba di pelanggan.

2.2 Penelitian Terkait

Penelitian terkait yang dilakukan oleh Atmaja dan Rumokyo pada tahun 2020, Mengenai analisis efisiensi pembangkit listrik tenaga biogas menggunakan *covered lagoon*. Dari perhitungan efisiensi pembangkit listrik tenaga biogas diperoleh efisiensi pengelolaan air limbah mencapai 94,80%, efisiensi biogas mencapai 99,29%, efisiensi kerja pembangkit listrik mencapai 19,65%. Dengan simulasi pengelolaan maksimal, kapasitas maksimal pembangkit listrik ini hanya mampu mencapai 1,48 MW. Berdasarkan hasil diatas maka efisiensi pembangkit listrik tenaga biogas menggunakan *covered lagoon* perlu dievaluasi pada sisi efisiensi yang hanya beroperasi 19,65% (Atmaja dan Rumokyo, 2020).

Penelitian terkait yang dilakukan oleh Hidayati pada tahun 2016. Mengenai penelitian analisis potensi dan kelayakan finansial pada argoindustri biogas menggunakan *covered lagoon reactor* termodifikasi. Biogas memiliki potensi yang tinggi yaitu dari 9.000 sapi mampu menghasilkan energi listrik untuk 203 pelanggan dengan daya listrik terpasang 1.300 VA. Pendirian instalasi biogas layak dijalankan karna memenuhi kriteria kelayakan usaha yaitu: *Net Present Value* (NPV) sebesar Rp 77.353.897.714,-; *Internal Ret of Retrurn* (IRR) sebesar 42,52 %, nilai *Net Benefit/Cost Ration* (Net B/C) sebesar 4,51 dan *payback Period* selama dua tahun. Hasil analisis sensitivitas menunjukkan bahwa kenaikan harga input sampai 23% menyebabkan proyek menjadi tidak layak (Hidayati, 2016).

Penelitian terkait selanjutnya dilakukan oleh Noer pada tahun 2017, mengenai analisa pengaruh pembebanan terhadap efisiensi generator di PLTG borang dengan menggunakan software matlab. Untuk mengetahui efisiensi generator dan rugi-rugi daya pada PLTU Borang, kami harus melakukan perhitungan secara

manual dan menggunakan software MATLAB, perhitungan efisiensi tersebut pembangkit dan rugi-rugi daya dengan menggunakan software MATLAB dilakukan dengan mengumpulkan data berupa pembangkit listrik yang tidak terpakai dan arus beban. Arus beban terpakai generator. Berdasarkan hasil perhitungan manual dengan menggunakan software matlab, efisiensi tertinggi pada PLTG borang didapatkan saat beban puncak sebesar 99,88%. Sedangkan efisiensi terendah untuk hasil perhitungan manual didapatkan saat beban tertinggi sebesar 99,87%. Dan hasil perhitungan rugi daya terkecil pada saat beban puncak adalah 0,0112 MW dan rugi daya terbesar pada saat beban puncak adalah 0.0146 MW. Efisiensi dan rugi daya sangat dipengaruhi oleh daya dan arus beban terpakai. Semakin tinggi daya dan arus maka semakin tinggi efisiensi generator dan semakin kecil rugi daya pada generator (Noer, 2017).

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Wildani pada tahun 2021, mengenai analisis efisiensi generator pada unit 1 pembangkit listrik tenaga uap 2x25 MW. PT mamuju. Pada analisis ini yang dilakukan adalah mencari nilai efisiensi generator dengan mencari pada saat kondisi pembebanan beberapa efisiensi meningkat. Dalam mencari nilai efisiensi menggunakan aplikasi matlab R2016a dengan memasukkan nilai data output generator menggunakan kurva 50%, beban 80% dan beban 100% l. Kemudian mencari kondisi efisiensi optimum.pada penelitian dilakukan dengan mengambil sampel selama 15 hari, pada saat pembebanan 50% nilai rata-rata efisiensi sebesar 97,3463%. Mengacu pada buku manual diketahui nilai efisiensi generator secara desain sebesar 98%. Saat pembebanan dasar (50%) efisiensi menurun sebesar 0.7304% pembebanan (80%) efisiensi menurun sebesar 0,4764% dan pembebanan puncak (100%) efisiensi menurun sebesar 0,6537%. Sehingga efisiensi optimum terjadi pada kondisi pembebanan 80% (ekonomis) nilai sebesar 97,5236% (Wildani, *et al* , 2021).

2.3 Landasan Teori

2.3.1 Biogas

Biogas merupakan gas yang dihasilkan oleh aktivitas anaerobik atau fermentasi bahan organik termasuk limbah manusia dan hewan, limbah rumah tangga, limbah biodegradable atau limbah organik yang dapat terbiodegradasi dalam kondisi

anaerobik. Kandungan utama biogas adalah metana 55-75° karbon dioksida 25-45%.Energi yang terkandung dalam biogas tergantung dari konsentrasi metana (CH₄). Semakin tinggi kandungan metana, maka semakin besar kandungan energi (nilai kalor) pada biogas, dan sebaliknya semakin kecil kandungan metana semakin kecil nilai kalornya (Abdurrachman *et al.*, 2013).

Biogas ini diharapkan dapat mengurai terhadap bahan bakar fosil, dan dapat mendapatkan suatu kenaikan untuk daerah pengembangan. Pada dasarnya segala macam bahan yang mengandung senyawa organik dapat dijadikan biogas, baik yang berasal dari sisa rumah tangga, sisa sayuran pasar atau yang berupa sampah ataupun sisah limbah industri Biogas yang didominasi oleh gas metana, merupakan gas yang dapat dibakar. Metana secara luas diproduksi dipermukaan bumi oleh bakteri pembusuk dengan cara menguraikan bahan organik. Bakteri metanogenesis berperan dalam pembusukan. Bakteri ini terdapat di rawa-rawa, lumpur sungai, sumber air panas (*hot spring*), dan perut hewan herbivora seperti sapi dan domba. Hewan-hewan ini tidak dapat memproses rumput yang mereka makan, bila tidak ada bakteri anaerobik yang memecah selulosa di dalam rumput menjadi molekul-molekul yang dapat diserap oleh perut mereka. Gas yang diproduksi oleh bakteri ini adalah gas metana (Lazuardy, 2008).

Kandungan *nutrien* utama untuk bahan pengisi biogas adalah *nitrogen*, *fosfor* dan kalium. Kandungan *nitrogen* dalam bahan sebaiknya sebesar 1,45%, sedangkan *fosfor* dan kalium masing-masing sebesar 1,10%. *Nutrien* utama tersebut dapat diperoleh dari substrat kotoran ternak dan sampah daun (Widodo, 2006).

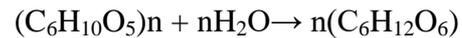
2.3.2 Proses Pembuatan Biogas

Secara umum proses pembuatan biogas terdiri dari 4 tahap yaitu *hidrolisis*, *asidogenesis*, *asetogenesis*, dan *metanogenesis*.

2.3.2.1 Proses Hidrolisis

Hidrolisis adalah proses pemecahan molekul kompleks berukuran besar menjadi molekul yang sederhana. Fermentasi adalah proses penguraian senyawa-senyawa

organik kompleks menjadi senyawa sederhana dalam kondisi anaerob. Pada tahap ini, bahan-bahan organik seperti karbohidrat, lipid dan protein didegradasi menjadi senyawa dengan rantai pendek.



Pada proses ini $C_6H_{10}O_5$ ditambah dengan H_2O merupakan bahan kimia dari selulosa penambahan senyawa air bertujuan untuk mengubah selulosa menjadi glukosa ($C_6H_{12}O_6$), dimana glukosa merupakan substrat utama pada proses fermentasi.

2.3.2.2 Reaksi *Asidogenesis*

Pada fase *asidogenesis*, komponen-komponen organik yang dapat larut diuraikan oleh bakteri anaerob untuk memproduksi asam-asam organik yang mudah menguap seperti asam asetat, asam butirat, asam format, asam propionat, dan asam-asam lemak rantai pendek, serta dihasilkannya juga O_2 dan H_2 Terjadi pada suhu $30^\circ C$ dan pada pH 4-6 (Lailan, 2014). Berikut contoh dari reaksi *asidogenesis*:

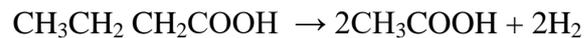


Reaksi diatas merupakan reaksi dari *asidogenesis* dimana reaksi *acetic acid*, *butyrid acid*, dan *propanoic acid*. Reaksi tersebut merupakan reaksi organik menjadi asam organik dan alkohol.

2.3.2.3 Reaksi *Asetogenesis*

Proses *asetogenesis*, yaitu perubahan asam dan *hydrogen* menjadi asam asetat. Pada proses ini senyawa asam dan etanol diuraikan acetogenic bacteria menjadi asam format, asetat, CO_2 , dan H_2 . Kandungan *hydrogen* yang terlalu tinggi mencegah konversi produk antara *asidogenesis*, sehingga asam *hydrogen* menumpuk dan menghambat pembentukan metana. Bakteri asetogenik harus hidup dekat berdampingan dalam komunitas biotek dengan bakteri metanogen

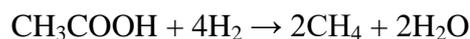
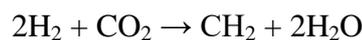
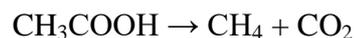
pemakan *hydrogen*, yang mengkonsumsi *hydrogen* bersama-sama dengan karbon dioksida selama pembentukan metana. Berikut adalah contoh reaksi *asetogenesis* :



Reaksi di atas merupakan reaksi dari *acetid acid*, yang merupakan proses asam organik menjadi asam asetat.

2.3.2.4 Reaksi *Metanogenesis*

Tahap *metanogenesis* adalah proses pembentukan gas metana dengan bantuan bakteri metana seperti *Mathanobacillus*, *Mathanobacteriu*, *Methanococcus*, dan *Methanosacaria*. Proses ini mengubah asam organik sederhana menjadi H_2 , CO_2 , dan asetat. Asam asetat akan mengalami dekarbosisasi dan reduksi CO_2 , kemudian menghasilkan produk akhir metana dan CO_2 (Dewi, 2019), berikut merupakan pembentukan gas metana :



Reaksi di atas merupakan reaksi pembentukan gas. Reaksi pertama adalah reaksi *Hydrogeotrophic methanogenesis* merupakan reaksi bakteri pemakan hydrogen, selanjutnya *Acetotrophyic methanogenesis* reaksi bakteri pemakan asetat dan reaksi termodinamika perubahan energi.

2.3.4 Proses Anaerob

Secara umum proses anaerob adalah suatu aktivitas pemecahan bahan-bahan organik oleh mikroorganisme dalam keadaan tanpa oksigen. Penguraian senyawa organik seperti karbohidrat, lemak, dan protein yang terdapat dalam limbah cair dengan proses anaerobik akan menghasilkan biogas yang mengandung metana 50%-70%, CO_2 25%-45% dan sejumlah kecil nitrogen, hidrogen, dan hidrogen sulfida dalam bentuk padat dilarutkan terlebih dahulu menggunakan air sehingga menghasilkan asam lemak *volatile*. Selanjutnya, bahan organik dalam bentuk cair

dimasukan dalam digester lain untuk proses pembentukan CH_4 . Pada tahap pembentukan gas CH_4 , mikroorganisme metanogen mengubah asam lemak *volatile* sehingga menghasilkan produk berupa gas, terutama gas CH_4 dan CO_2 . Pengolahan secara *two stage digestion system* ini lebih efisien dalam mempercepat pencernaan pada tahap metanogenesis, karena pH pada tahap pembentukan asam akan dipertahankan pada 5-6,5 akibat terbentuknya asam lemak *volatile*. Pada tahap pencernaan ini biasanya dilakukan dalam waktu 10-30 hari. Pada tahap pembentukan gas CH_4 kemungkinan diperlukan adanya penyesuaian pH untuk efisiensi pembentukan metana. Penyesuaian pH tersebut dilakukan dengan cara penambahan bahan kimia. Dengan adanya penyesuaian pH, maka mikroorganisme metanogen akan lebih cepat mencerna materi organik menjadi gas CH_4 (Carty and Smith, 1986).

Selama proses operasi, udara tidak boleh masuk. Masuknya udara akan mempercepat produksi asam organik, menambah karbondioksida tetapi mengurangi metana. Pengaturan keasaman sangat perlu sebab zat metana sangat sensitif terhadap perubahan pH. Nilai pH diusahakan berkisar antara 6 dan 8 agar perkembangan mikroorganisme sangat pesat. Namun, pada kecepatan produksi gas pengaruh variasi pH sangat nyata untuk lebih mengaktifkan kegiatan mikroba. Temperatur sangat berpengaruh, kecepatan fermentasi meningkat bila temperatur mendekati 300°C . Bila pencampuran atau kontak yang baik dilaksanakan secara tepat, alkalinitas dapat diatur dan temperature bias dikontrol dan tersedia bahan makanan bagi mikroba (Sukmana, 2011).

2.3.5 Limbah

Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestic (rumah tangga), yang lebih dikenal sebagai sampah, yang kehadirannya pada suatu saat dan tempat tertentu tidak dikehendaki lingkungan karena tidak memiliki nilai ekonomis. Bila ditinjau secara kimiawi, limbah ini terdiri dari bahan kimia Senyawa organik dan Senyawa anorganik. Dengan konsentrasi dan kuantitas tertentu, kehadiran limbah dapat berdampak negatif terhadap lingkungan terutama bagi kesehatan manusia, sehingga perlu dilakukan

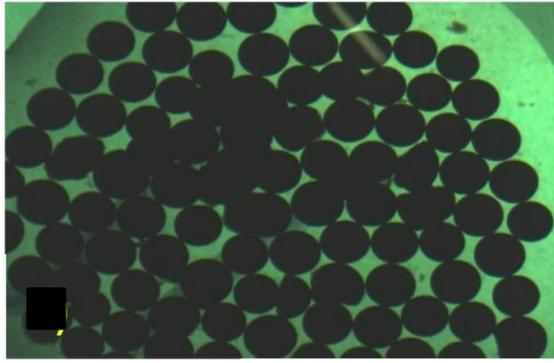
penanganan terhadap limbah. Tingkat bahaya keracunan yang ditimbulkan oleh limbah tergantung pada jenis dan karakteristik limbah. Karakteristik limbah dipengaruhi oleh ukuran partikel (mikro), sifatnya dinamis, penyebarannya luas dan berdampak panjang atau lama. Sedangkan kualitas limbah dipengaruhi oleh volume limbah, kandungan bahan pencemar dan frekuensi pembuangan limbah. Berdasarkan karakteristiknya, limbah industri dapat digolongkan menjadi 4 yaitu limbah cair, limbah padat, limbah gas dan partikel serta limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun). Untuk mengatasi limbah diperlukan pengolahan dan penanganan limbah. Pada dasarnya pengolahan limbah ini dapat dibedakan menjadi: pengolahan menurut tingkatan perlakuan pengolahan menurut karakteristik limbah (Regina, 2000).

2.3.6 Limbah Cair Tapioka

Limbah cair tapioka merupakan bahan baku utama proses pembuatan baik dari pencucian bahan baku sampai pada proses pemisahan pati dari airnya atau proses pengendapan. Limbah tapioka memiliki karakteristik yaitu memiliki warna putih kekuningan dan beraroma nanas. Limbah tapioka memiliki volum sebesar 1409 m³/hari dengan suhu sebesar 30°-34°C.

2.3.7 Bakteri Anaerob

Bakteri anaerob adalah bakteri yang tumbuh dalam suasana kurang atau tidak ada oksigen (O₂). Keberadaan oksigen justru menyebabkan bakteri mati atau terhambat pertumbuhannya. Hal ini dikarenakan dalam suasana ini akan terbentuk H₂O₂ yang bersifat toksik terhadap bakteri. Bakteri anaerob dibedakan menjadi 2 yaitu anaerob obligat yaitu bakteri yang sama sekali tidak dapat tumbuh pada kondisi ada oksigen dan anaerob fakultatif, yaitu bakteri yang masih dapat hidup pada kondisi ada sedikit oksigen (Brooks. , *et al* . 2012).



Gambar 2. 1 Bakteri Anaerob (*Sumber : Afridi et al., 2019*)

Golongan bakteri yang dapat berkembang dalam keadaan ini adalah bakteri anaerob yaitu bakteri yang tidak menggunakan udara bebas untuk hidupnya. Bakteri anaerob tidak bereplikasi dengan adanya oksigen; Namun, mereka menunjukkan perbedaan besar dalam efek mematikan oksigen. Secara umum, organisme anaerobik ditemukan secara eksklusif sebagai flora normal benar-benar anaerobik (yaitu, mati dalam beberapa menit jika oksigen $<0,5\%$), sedangkan yang memiliki signifikansi klinis agak aerotoleran (yaitu, mentoleransi 2% hingga 8% oksigen). Anaerob ketat tidak tumbuh dalam 10% karbon dioksida udara; Bakteri mikroaerofilik dapat tumbuh pada 10% karbon dioksida di udara atau dalam kondisi aerobik atau anaerobik, dan organisme fakultatif dapat melakukannya tumbuh dengan ada atau tidaknya udara. Dasar fisiologis untuk oksigen sensitivitas tidak dipahami dengan baik. Pengajaran di depan umum bersifat negative Potensi oksidasi-reduksi (Eh) lingkungan sangat penting (Hartatik *et al.*, 2011).

2.3.8 Kapur

Batu kapur merupakan bahan alam yang banyak terdapat di Indonesia. Batu kapur adalah batuan padat yang mengandung banyak kalsium karbonat (Lukman *et al.*, 2012). Mineral karbonat yang umum ditemukan berasosiasi dengan batu kapur adalah aragonite (CaCO_3), yang merupakan mineral *metastable* karena pada kurun waktu tertentu dapat berubah menjadi kalsit (CaCO_3) (Sucipto *et al.*, 2007).



Gambar 2. 2 Kapur (*Sumber : Pribadi*)

Kalsium karbonat adalah mineral inorganik yang dikenal tersedia dengan harga murah secara komersial. Sifat fisis kalsium karbonat seperti, morfologi, fase, ukuran dan distribusi ukuran harus dimodifikasi menurut bidang pengaplikasiannya. Bentuk morfologi dan fase kalsium karbonat (CaCO_3) terkait dengan kondisi sintesis seperti, konsentrasi reaktan, suhu, waktu aging dan zat adiktif alam (Kirboga dan Oner, 2013). Kalsit (CaCO_3) merupakan fase yang paling stabil dan banyak digunakan dalam industri cat, kertas, magnetic recording, industri tekstil, detergen, plastik, dan kosmetik (Lailiyah et al., 2012). kapur merupakan Kapur hidrolis sebagian besar bahannya terbuat dari batu gamping sekitar 65%-75%, yaitu kalsium karbonat beserta bahan pengikutnya berupa silika, alumina, magnesia dan oksida besi. Di Indonesia kapur umumnya digunakan sebagai bahan campuran pasangan untuk pekerjaan pasangan seperti yang tertuang dalam analisa harga satuan, akan tetapi berapa nilai kekuatan tekannya tidak secara jelas disebutkan (Lin *et al.*, 2024).

2.3.9 Gas Metana (CH_4)

Metana (CH_4) merupakan salah satu gas rumah kaca dengan indeks potensi pemanasan global 21 kali molekul karbon dioksida (CO_2). Daya pemanasan global satu molekul gas metana ditroposfer 21 kali lebih tinggi daripada satu molekul CO_2 , sedangkan gas N_2O mempunyai potensi pemanasan global 310 kali molekul CO_2 (Johnson *et a.*, 2007). Gas metana akan bertahan di lapisan troposfir sekitar 710 tahun. Lahan sawah menyumbang metana sekitar 15%-45% di

atmosfer, sedangkan sumbangan lahan kering sekitar 3%-10% (Majumdar 2003). Mitigasi emisi GRK merupakan langkah atau upaya mengurangi konsentrasi GRK yang diemisikan ke atmosfer Gas metana (CH_4) merupakan gas buangan yang diperoleh dari tempat pembuangan akhir, dari hasil dekomposisi sampah selain itu gas metana juga dapat diperoleh dari feses ternak, lahan gambut, serta limbah cair minyak kelapa sawit (POME). Gas CH_4 mempunyai daya rusak 21 – 23 kali dari daya rusak yang lebih besar dari CO_2 (Hatta dan Sulakhudin, 2016).

Metana pada atmosfer bumi tergolong ke dalam gas rumah kaca yang memiliki potensi pemanasan global sebesar 25 kali lebih besar dari pada gas karbon dioksida. Menurut NOAA (2023) terjadi kenaikan kadar gas metana di bumi dari 1907,70 ppb tahun 2022 menjadi 1919,97 ppb tahun 2023 dimana kenaikan ini disebabkan dari kegiatan perindustrian, dan kendaraan bermotor. Untuk mengurangi emisi gas metana di bumi maka gas metana perlu ditangkap kemudian diekstraksi sebagai bahan bakar maupun produk kimia yang memiliki harga jual yang tinggi. Salah satu konversi metana menjadi produk kimia adalah metanol. Metanol merupakan suatu senyawa kimia dengan struktur molekul CH_3OH , bersifat polar karena memiliki gugus hidroksil ($-\text{OH}$) dan sering dijadikan pelarut dalam sintesis senyawa organik (Heilitika, 2022).

Metana dan karbon dioksida ada-lah gas utama yang dihasilkan oleh pem-busukan bakteri limbah. Metana (CH_4) dapat menimbulkan ledakan dan kebakaran jika berada di udara dengan konsentrasi 5-15% (NIST, 2001). Menurut laporan Kementerian Negara Lingkungan Hidup tahun 2008 berjudul kontribusi sampah terhadap pemanasan global diperkirakan bahwa 1 ton sampah padat menghasilkan 50 kg gas metana. Konsentrasi gas metana yang tinggi akan mengurangi konsentrasi oksigen di atmosfer sehingga menyebabkan gejala kekurangan oksigen. Jika kandungan oksigen di udara hingga di bawah 19,5 % akan mengakibatkan asfiksia atau hilangnya kesadaran makhluk hidup karena kekurangan asupan oksigen dalam tubuh. Berdasarkan hasil penelitian Lestari (2013) tentang penentuan konsentrasi gas metana Hasil pengukuran tersebut lebih besar jika dibandingkan dengan baku mutu Amerika yaitu sebesar 160 g/m³.

2.3.10 Covered Lagoon Anaerobic Reaktor

Covered Lagoon Anaerobic Reactor (CoLLAR) merupakan *reactor* biogas desain sederhana karna hanya berupa kolam yang diberi penutup kedap gas yang diberi pipa dan pompa. Desain *reactor* biogas menggunakan CoLLAR adalah *lagunan* yang dilapisi *High Density Poly Ethane* (HDPE) dengan ketebalan yang berfarasi yang berfungsi untuk menangkap biogas. Digester ini adalh digester termurah dari segi biaya, namun kekurangannya adalah memerlukan *Lagoon* yang besar dengan temperature hangat sehingga *reactor* ini tidak sesuai dengan iklim dingin tetapi ketika musim panas dan kolam dipanaskan , produksi 35% lebih tinggi dari pada dimusim dingin (Isdiyanto Dan Hasnudin 2010). Sistem *Cover Lagoon Anaerobic Reactor* (CoLAR) mampu menghasilkan produksi biogas perhari yang mencapai 485,4 m³ yang mengandung gas metana sebesar 58,8% (Rahma *et al.*, 2014).



Gambar 2. 3 Reaktor Cover Lagoon (Sumber : Lovan *et al.*, 2023)

Gambar 2.3 merupakan *Cover Lagoon Anaerobic Reactor* (CoLAR) penggunaan reaktor lagon dalam produksi biogas memiliki relevansi yang signifikan dalam industri energi terbarukan setelah tahun 2022. Ini mencakup kontribusi terhadap

keberlanjutan, diversifikasi energi, potensi keuntungan ekonomi, dan inovasi teknologi (Islam, *et al.* 2022).

2.3.11 Scrubber

Proses pengolahan biologis baru untuk menghilangkan hidrogen sulfida dari biogas anaerobik menggunakan *bio-scrubber* telah dikembangkan. Proses pengolahannya terdiri dari menara kontak gas/cair dan tangki aerasi. Biogas dari proses pengolahan air limbah anaerobik dimasukkan ke dalam menara kontak multi-baki gelembung (*bio-scrubber*) dan digosok dengan cairan lumpur aktif dari tangki aerasi. Cairan lumpur yang mengandung sulfida kemudian dikembalikan ke tangki aerasi, dimana sulfida dioksidasi menjadi sulfat oleh bakteri pengoksidasi sulfur seperti *Thiobacillus*. Menara kontak dirancang kedap udara untuk mencegah udara bercampur dengan biogas yang digunakan sebagai bahan bakar. Model simulasi dikembangkan untuk menghitung konsentrasi gas buang dari menara kontak, dengan memasukkan parameter masukan seperti konsentrasi hidrogen sulfida influen, laju aliran gas, dan rasio gas cair (Anita, 2017)



Gambar 2. 4 *Scrubber* (Sumber : Pribadi)

Kondenser berpendingin air berdasarkan cara kerjanya memiliki dua klasifikasi. Fungsi dari cooling tower atau menara pendingin adalah untuk menurunkan suhu aliran fluida baik itu air, ataupun oil dengan cara mengekstraksi panas dari fluida dan mengemisikannya ke atmosfer. Setelah melalui kondenser, temperatur air akan naik karena menyerap sejumlah kalor dari refrigerant di Kondenser, temperatur air akan naik karena menyerap sejumlah kalor dari refrigerant di kondenser. Air yang keluar dari sprinkler ini kemudian masuk ke water column dan bersinggungan dengan aliran udara yang arahnya berlawanan (air panas turun kebagian bawah cooling tower, sementara udara masuk dari bagian bawah untuk seterusnya keluar dari bagian atas). Pada saat persinggungan antara air dan udara, sejumlah kalor akan dilepaskan oleh air yang bertemperatur lebih tinggi ke udara yang bertemperatur lebih rendah. Sehingga mengakibatkan temperatur air akan turun. Temperatur air yang sudah dingin ini kemudian ditampung dibagian bawah *cooling tower* (basin) untuk kemudian disirkulasikan lagi menuju kondenser agar dapat menyerap kalor lagi (Dwinda, 2015).

2.3.12 Flare

Instalasi Flare merupakan sistem pengamanan terhadap kelebihan tekanan dari suatu jenis gas yang dihasilkan dari proses pengelolaan produksi, yaitu dengan cara membakar gas tersebut. Selain itu, pembakaran gas pada *flare* bertujuan untuk pencemaran lingkungan. Hal ini disebabkan karena apabila gas yang dibuang ke udara tanpa dibakar terlebih dahulu tentunya memiliki dampak negatif bagi lingkungan sekitar seperti kerusakan tumbuhan, lingkungan hidup, dan kesehatan manusia. Pembakaran gas pada *flare* masih menghasilkan emisi gas CO₂ yang tentunya mencemari lingkungan dan merupakan penyebab utama pemanasan globaln saat ini. Oleh karena itu, perlunya pengembangan lebih lanjut mengenai pemanfaatan gas pada *flare* (Aghalino, 2012). Pada **Gambar 2.5** menunjukan *flare* Gas yang dihasilkan dari pengolahan minyak bumi sebagian besar adalah gas metana. Gas metana ini merupakan gas rumah kaca yang berkontribusi terhadap pemanasan global. Sama halnya seperti karbondioksida (CO₂), tetapi gas metana memiliki dampak sebesar 21 x lebih merusak dari pada karbondioksida. Disamping itu, gas yang diproduksi biasanya juga banyak mengandung CO₂ dan H₂S yang dapat membahayakan manusia saat udara lembab

tekanan udara akan menurun, maka gas akan menjadi lebih berat dari udara dan hal ini dapat membuat gas turun ketanah sehingga terjadi kebakaran (Richard, 2010).



Gambar 2. 5 Flare (Sumber : Pribadi)

Flare alat ini menggunakan system gas keamanan gas dan pembebasannya yaitu pressure yang berkerja untuk menurunkan gas yang dibutuhkan (Ohio, 2014).

2.3.13 Generator

Generator bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Apabila rotor generator diputar pada kecepatan konstan, fluks magnetik yang dihasilkan arus eksitasi pada belitan medan rotor menginduksi tegangan pada belitan jangkar stator. Tegangan induksi stator ini meningkat secara linier sesuai dengan peningkatan arus eksitasi hingga terjadi kejenuhan pada inti rotor. Apabila terminal rotor dihubungkan dengan beban, akan mengalir arus pada belitan jangkar stator, dan terjadilah transfer daya dari generator ke beban tersebut. Pada generator dikopel langsung dengan turbin uap kemudian akan menghasilkan tegangan listrik manakala turbin tersebut berputar (Al haramain. 2019). Pada **Gambar 2.6** merupakan jenis mesin listrik yang berfungsi untuk menghasilkan

tegangan bolak-balik dengan cara mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Energi mekanis diperoleh dari putaran rotor yang digerakkan oleh penggerak mula (prime mover), sedangkan energi listrik diperoleh dari proses dari proses induksi elektromagnetik yang terjadi pada kumparan stator dan rotornya. Pada dasarnya generator merupakan mesin listrik arus bolak balik (AC) mengubah masukan berupa energi gerak (mekanik) menjadi energi listrik. Generator ini mempunyai dua jenis belitan, yaitu belitan jangkar (armatur) dan belitan medan (eksitasi). (Hartono, 2020).



Gambar 2. 6 Generator (*Sumber : Pribadi*)

Generator tersusun dari dua bagian utama, yaitu bagian yang diam (stator) dan bagian yang berputar (rotor), dan diantara kedua bagian tersebut terdapat celah udara yang sempit (Fitri, 2013). Stator merupakan bagian diam dari suatu generator, terdiri dari rumah/rangka stator, inti besi dan belitan stator. Rotor sebagai bagian yang berputar pada generator, terdiri dari inti rotor, belitan rotor dan sikat-sikat pada slip ring Rotor pada generator sinkron pada dasarnya adalah sebuah elektromagnet yang besar. Kutub medan magnet rotor dapat berupa kutub menonjol (salient pole) dan kutub silinder (non salient pole). (William and Stevenson. 1984).

2.2.14 Konversi Energi Biogas Menjadi Listrik

Energi biogas merupakan energi yang potensial untuk dikembangkan dan dimanfaatkan di Indonesia maupun di dunia. Di samping itu dengan terus meningkatnya tarif dasar listrik, kenaikan harga LPG (*Liquefied Petroleum Gas*), premium, minyak tanah, minyak solar, minyak diesel dan minyak bakar telah mendorong pengembangan sumber energi alternatif yang murah, berkelanjutan dan ramah lingkungan (Widodo. *et al*, 2006). Konversi energi biogas untuk pembangkit tenaga listrik dapat dilakukan dengan menggunakan *gasturbine*, *microturbines* dan *otto cycle engine*. Pemilihan teknologi ini sangat dipengaruhi potensi biogas yang ada seperti konsentrasi gas metana maupun tekanan biogas, kebutuhan beban dan ketersediaan dana yang ada (Saragih, 2010).

Biogas mengandung energi kimia dalam bentuk metana CH_4 . Gas ini adalah bagian utama dari biogas dan mudah terbakar. Biogas digunakan sebagai bahan bakar pada generator yang menggunakan BBM sebagai bahan bakarnya, baik disel maupun bensin. Untuk metode ini, generator dapat menggunakan biogas murni atau menggunakan system *hybrid* bersama dengan solar ataupun bensin (Tengker, 2022).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari sampai dengan bulan Maret 2024. Penelitian ini terdiri atas beberapa tahapan proses hasil biogas, pengambilan data dan analisis hasil. Pelaksanaan penelitian untuk pengambilan data dilakukan pada PT Tedco Agri Makmur, Lampung Tengah, Lampung.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Dalam analisis kali ini terdapat alat dan bahan yang digunakan untuk mendukung berjalannya proses penelitian ini antara lain:

3.2.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini dapat ditunjukkan pada **Tabel 3.1**

Tabel 3. 1 Alat Penelitian

No	Alat Penelitian	Fungsi
1.	Kolam rector	Sebagai penguraian limbah cair biogas
2.	Kolam pencampuran	Sebagai pencampuran bahan untuk biogas
3.	<i>Scrubber</i>	Sebagai pengikat kandungan H ₂ S di biogas
4.	<i>Covered lagoon</i>	Sebagai reactor biogas
5.	<i>Flare</i>	Sebagai pembakar kelebihan biogas
6.	Generator	Sebagai mesin penghasil listrik Yang menghasilkan energy listrik

3.2.2 Bahan Penelitian

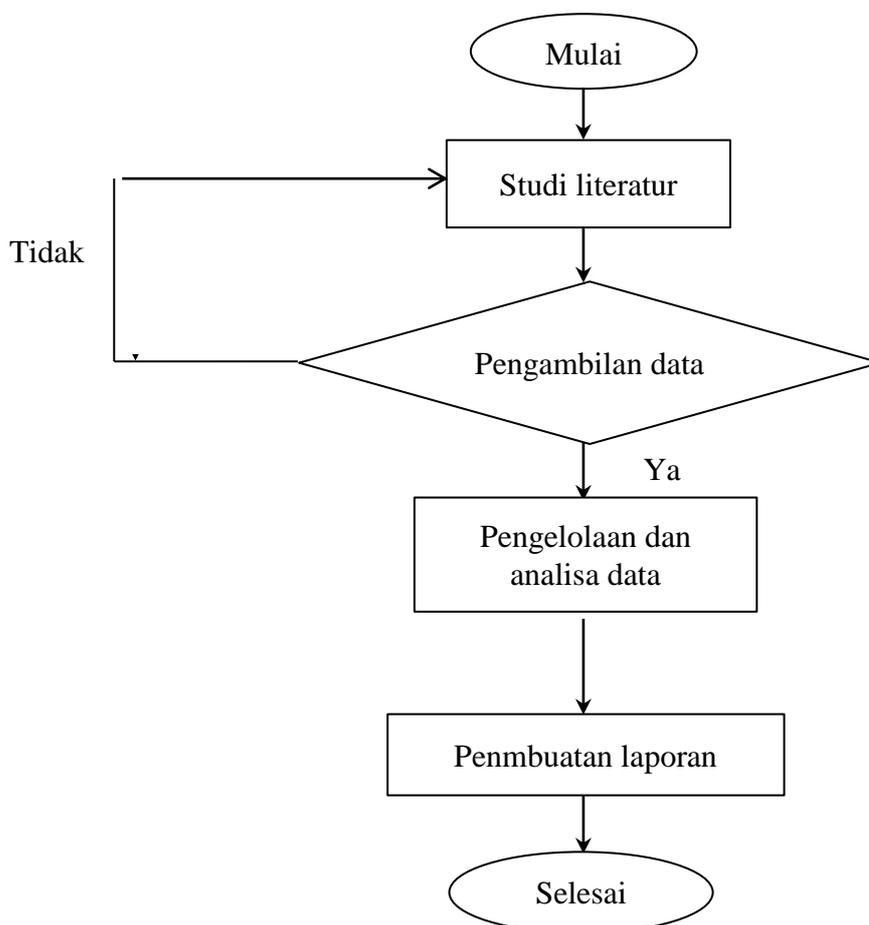
Bahan yang digunakan pada penelitian ini dapat ditunjukkan pada **Tabel 3.2**.

Tabel 3. 2 Bahan Penelitian

No	Bahan	Fungsi
1.	Limbah cair tapioka	Sebagai bahan baku pembuatan biogas
2.	<i>Granula</i>	Bakteri pembentuk biogas
3.	Kapur	Sebagai pengikat bahan baku dan pH

3.3 Prosedur Penelitian

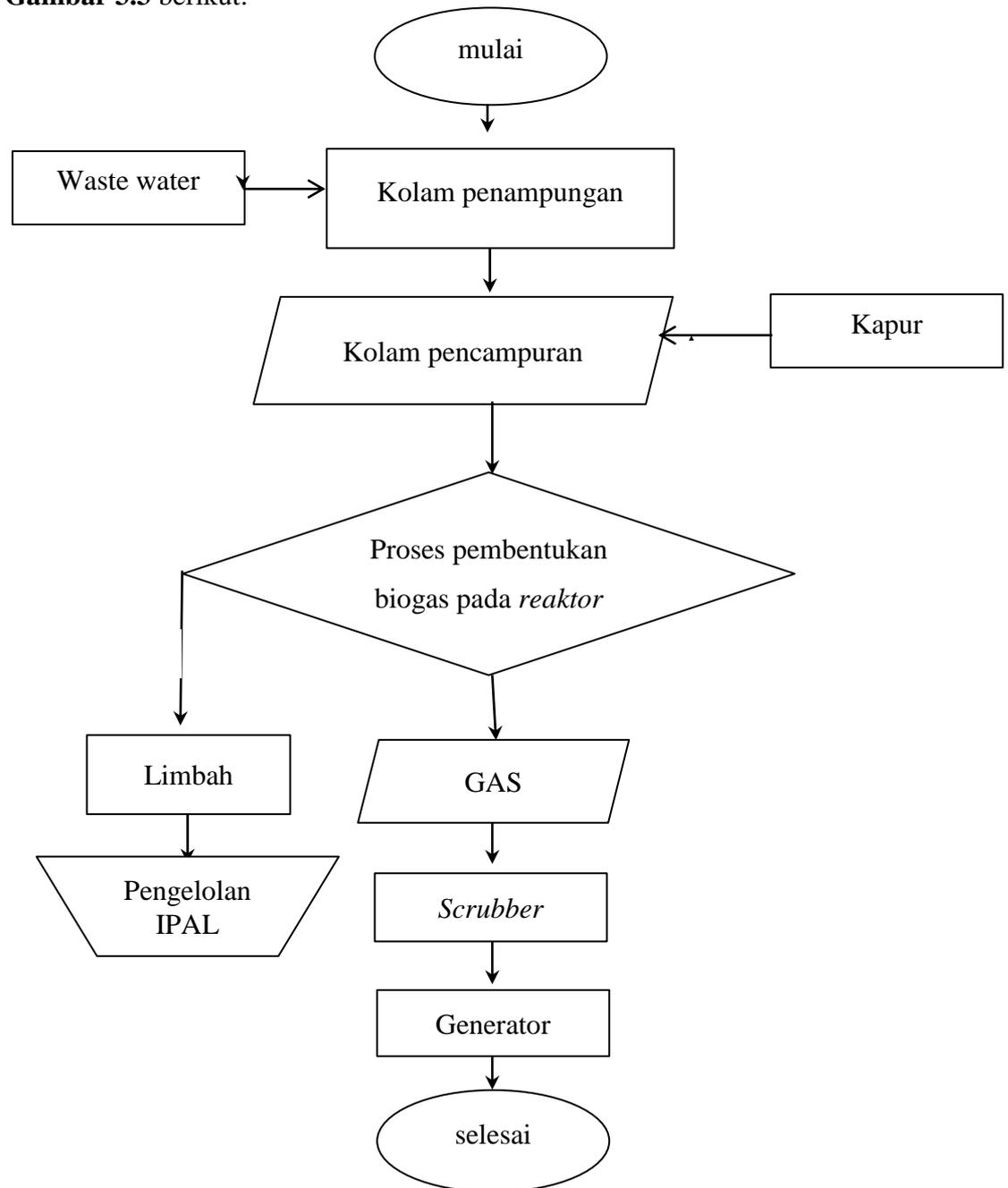
Pada penelitian kali ini terdapat beberapa tahap yang dilakukan yaitu proses pembuatan, pengambilan data, dan analisis data. Langkah - langkah yang dilakukan pada penelitian kali ini dapat dilihat pada **Gambar 3.1** diagram alir berikut:



Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian

3.4 Proses Pembuatan Biogas

PT. Tedco Agri Makmur memiliki tapioka akan diolah sebagai energi terbarukan. Proses produksi dilakukan dengan kolam pencampuran, *covered lagoon*, *scrubber*, *flare*, dan generator. Biogas yang diproduksi didistribusikan ke satu *Thermal Oil Heater* di pabrik tapioka untuk pengeringan pati berikut diagram alir pada **Gambar 3.3** berikut:



Gambar 3. 2 Diagram alir proses

3.5 Analisis Hasil Data

3.5.1 Jumlah *Waste water* Yang Diproduksi

Banyaknya *waste water* yang dihasilkan biasanya tergantung dengan ketersediaan yang dilakukan oleh perusahaan industri ini. Jumlah *Waste water* menjadi salah satu kunci dari data analisis yang akan di perhitungkan dan akan menghasilkan hasil efesiensinya pada pengambilan pada sampel limbah dibuat selama 1 bulan pada bulan february 2024 dimana pada saat itu data actual pertama kali produksi dengan mengambil rata-rata perbulan **Tabel 3.3** berikut:

Tabel 3. 3 Data pengamatan

Tanggal	Jumlah Hasil Biogas	<i>Waste water</i> (m ³)	Biogas Terpakai(m ³)
01/02/2024			
02/02/2024			
28/02/20024			
29/022024			

3.5.2 Analisis *Power Pontesial* dan Penggunaan *Power Pontesial*

Pada contoh pembangkit listrik ini terdapat dua mesin biogas setiap mesin memiliki kapasitas 1.65 M, untuk menghitung total kapasitas dapat dihitung pada persamaan berikut :

$$power\ pontesial = \frac{17.782m^3}{Komsumsi\ biogas\ per\ (m^3/hari)} \times 1.65\ MW \quad (3.1)$$

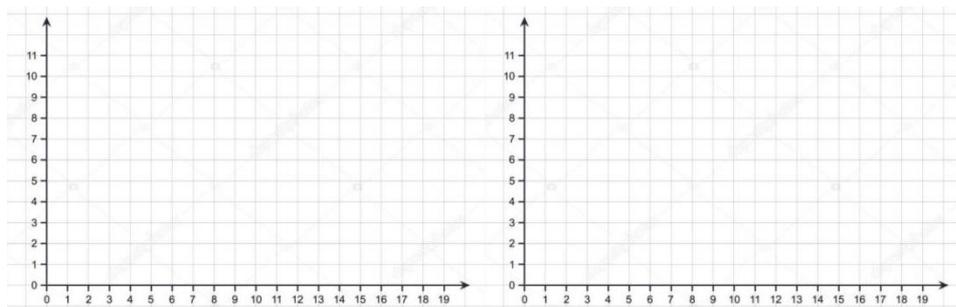
dimana *power potesial* adalah hasil biogas sebagai pembangkit listrik, *komsumsi biogas per (m³/hari)* adalah total daya yang dihasilkan pada 1 bulan, 17.782 m³ merupakan kapasitas biogas lagoon, dan 1.65 MW merupakan listrik yang digunakan. Dan untuk menghitung penggunaan *power potesial* dapat menggunakan persamaan berikut :

$$\text{penggunaan power pontesial} = \frac{\text{power pontesial}}{44,4} \times 100\% \quad (3.2)$$

Dimana penggunaan *power* pontesial merupakan seberapa banyak pemanfaatan menggunakan *power* pontesial merubah energi gerak menjadi listrik , 44.4 adalah standar tes requitment yang dibuat oleh industry. Hasil efesiensi dapat dilihat pada **Table 3.4** dan **Gambar grafik 3.3** berikut.

Tabel 3. 4 Hasil efesiensi penggunaan *power* pontesial

Tanggal	<i>Power</i> pontesial	penggunaan <i>power</i> pontesial
01/02/2024		
02/02/2024		
.....		
28/02/2024		
29/02/2024		



Gambar 3. 3 Grafik pengunaan *power* pontesial

Grafik difungsikan untuk melihat nilai rata-rata efesiensi yang terpakai rendah ataupun tinggi pada waktu kapan dan melihat hasil nergi yang dihasilkan oleh generator.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari penelitian ini maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil analisa power potensial pembangkit listrik biogas pada PT. Tedco Agri Makmur, diperoleh rata-rata selama 1 bulan sebesar 38.95 MWh dari *waste water* sebanyak 30.569 m³.
2. Penggunaan power potensial selama 1 bulan mencapai 87% .
3. Faktor yang mempengaruhi efisiensi penggunaan dan hasil *power* potensial adalah kualitas dari volume biogas yang digunakan.
4. Penggunaan *waste water* yang baik akan menghasilkan biogas yang dapat dimanfaatkan jangka panjang oleh industri.
5. Pembuatan biogas yang tidak sederhana dapat dilakukan dengan teknologi reactor *cover lagoon* yang efisien untuk industri.

5.2 Saran

Saran yang dapat dilakukan oleh industri mengenai *power* potensial pembangkit listrik tenaga biogas yaitu, dengan memperhatikannya produksi volume biogas untuk dikirimkan ke generator agar terefisiensi dengan maksimal dan melakukan pengecekan secara berkala pada reaktor *cover lagoon* untuk mengetahui kualitas biogas sebelum masuk ke *scrubber*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrachman, O., Mutiara, M., dan Buchori, L. (2013). Pengikatan karbon dioksida dengan mikroalga (*Chlorella vulgaris*, *Chlamydomonas* sp., *Spirulina* sp.) Dalam upaya untuk meningkatkan kemurnian biogas. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, 2(4), 212-216.
- Aghalino, S. O. (2012). "Gas flaring, Environmental Pollutions and Abatement Measures in Nigeria, *Jurnal Of Sustainable Development In Africa*, Vol. 11, No. 4, 2012, pp. 219-238.
- Agustina, Fransiska. (2011). *Aplikasi Parameter Proses Biogas dari Limbah Cair Industri Tapioka dalam Bioreaktor Anaerobik 2 Tahap*. Magister Teknik Kimia. Semarang: Universitas Diponegoro
- Afridi, Z. U. R., Jing, W., & Younas, H. (2019). Biogas Production And Fundamental Mass Transfer Mechanism In Anaerobic Granular Sludge. *Sustainability*, 11(16), 4443.
- Atmaja, I. Gede Para, dan Stieven N. Rumokoy.(2020). Analysis of Biogas Power Plant Efficiency in Covered Lagoon Digester System. *Frontier Energy System and PowerEngineering* 2.2.6-15.
- Batstone, D. J., & Viridis, B. (2014). The role of anaerobic digestion in the emerging energy economy. *Current Opinion in Biotechnology*, 27, 142-149.
- Brooks, G., Carroll, K. C., Butel, J., & Morse, S. (2012). Jawetz, Melnick & Adelberg's Medical Microbiology (26th ed.). *New York: McGraw-Hill Medical*. h 305-506.
- Carty, R. H., and Smith, R. B., (1986). *Thermochemical Processes: Principles and Model*. Butterworths.
- Dewi, M. N., & Visca, R. (2020). Potensi Limbah Cair Organik Sebagai Bahan Baku Biogas Menggunakan Sistem Fermentasi Dua Tahap. *Jurnal Migasian*, 4(2), 38-43.
- Dwinanda, V. C. (2017). Perancangan Wet Scrubber sebagai Unit Pengurang Kadar H₂S pada Produksi Biogas di PT Eneo Mojokerto. *Surabaya: Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.

- Groggins, P.H. (1958). Unit Processes in Organic Synthesis 2nd ed. *Tokyo: McGraw Hill Kogakusha, Ltd.* 775-777.
- Hartatik, W., I.G.M. Subiksa Dan A. Dariah. (2011). Sifat Kimia Dan Fisik Tanah Gambut. In: *Pengelolaan Lahan Gambut Berkelanjutan. Balai Besar Penelitian Dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian.* Bogor. 45-56 Hal.
- Hartono, B. S., Bambang, P. M., Wahyu, B. M., & Pudir, A. (2020). Development of generator set operation monitoring system for performance analysis and periodic maintenance based on IoT technology. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 830, No. 2, p. 022085). IOP Publishing.
- Herliatika, A., & Widiawati, Y. (2021). Mitigation of Enteric Methane Emission through Feed Modification and Rumen Manipulation. *Indonesian Bulletin of Animal and Veterinary Sciences*,(31), 1, 1-12.
- Hidayati, S., Utomo, T. P., Suroso, E., & Maktub, Z.A. (2019). "Technical and technology aspect assessment of biogas agroindustry from cow manure: case study on cattle livestock industry in South Lampung District." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 230. No. 1. IOP Publishing, 2019.
- Imran, H. M., Hossain, A., Shammash, M. I., Das, M. K., Islam, M. R., Rahman, K., & Almazroui, M. (2022). "Land surface temperature and human thermal comfort responses to land use dynamics in Chittagong city of Bangladesh." *Geomatics, Natural Hazards and Risk* 13.1: 2283-2312.
- Isdiyanto, R., & Hasanudin, U. (2010). Rekayasa dan uji kinerja reaktor biogas sistem colar pada pengolahan limbah cair industri tapioka. *Jurnal Ketenagalistrikan Dan Energi Terbarukan*, 9(1), 14–26.
- Kirboga S., Oner M., (2013). Effect of the Experimental Parameters on Calcium Carbonate Precipitation. *Chemical Engineering Transactions*, volume 32, halaman 2119-2124.
- Kurniawan, T. A., & Wibowo, H. T. (2021). Pengembangan Pembangkit Listrik Terbarukan: Tantangan dan Peluang. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 9(2), 117-12.
- Kursono, Ruslan. (2014). Penerapan System Pertanian *Biorefinery* Terpadu Berbasis Tanaman Nanas PT. Great Giant Pinapple. Prosiding Seminarnasional Hari Pangan Sedunia Ke – 34: *Pertanian Bioindustri Panganlokal Pontesial*.

- Lailiyah, Q., Baqiya, M., Darminto. (2012). Pengaruh Temperatur dan Laju Aliran Gas CO₂ pada Sintesis Kalsium Karbonat Presipitat dengan Metode Bubbling. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, Vol. 1, No. 1 ISSN: 2301-928X. Surabaya : ITS
- Lazuardy, I. (2008). Rancang Bangun Alat Penghasil Biogas Model Terapung *Doctoral dissertation, Universitas Sumatera Utara.*
- Lestari, L.I. (2013). *Penentuan Konsentrasi Gas Metana di Udara Zona 4 TPA Sumur Batu Kota Bekasi.* Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITENAS. Bandung
- Li DaoYi, L. D., Li ShuJun, L. S., Liu TianShu, L. T., Huang XiGuo, H. X., Wu LiLi, W. L., & Jing QuanRong, J. Q. (2013). Effect of mixing on dry anaerobic digestion of dairy manure.. *Journal of Environmental Management*, 128, 973-979.
- Lin C, Akhtar, M., Li, Y., Ji, M., & Huang, R. (2024). Perkembangan Terbaru dalam Sistem Pengiriman Obat Nano CaCO₃ Memajukan Biomedik dalam Diagnosis dan Pengobatan Tumor. *Farmasi*, 16 (2), 275.
- Lovanh, N., Loughrin, J., Ruiz-Aguilar, G., & Sistani, K. (2023). Produksi Metana Dari Digester Anaerobik Yang Tertutup Limbah Rendering: Pengurangan Gas Rumah Kaca Dan Produksi Energi. *Energi* , 16 (23), 7844.
- Mc, Carty, P.L. & Smith, D.P., (1986). Anaerobic Wastewater Treatment. *Environmental Science & Technology*, 20(12): 1200-1206.
- Metcalf , Eddy, Inc., Tchobanoglous, G., and Stensel, H. D. (2002). *Wastewater Engineering: Treatment and Disposal.* New York: *McGraw-Hill Education.*
- Moenir, M., Sartamtomo, S., dan Moertinah, S. (2014). Pengolahan air limbah industri teh botol dengan teknologi biologis anaerobik UASB-wetland. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri*, 5(2), 59-66.
- National Institute of Standards and Technology (NIST). (2001). *Methane. Material Measurement Laboratory.* U.S Secretary of Commerce on Behalf of the United State of America.<http://www.eurojournals.com/ejsr.htm>.10 Maret 2024
- Ni'mah, L. (2014). Biogas from solid waste of tofu production and cow manure mixture: *composition effect.* *Chemica*, 1(1), 1-9.

- Noer, M. (2017). Analisa Pengaruh Pembebanan Terhadap Efisiensi Generator Di Pltg Borang Dengan Menggunakan Software Matlab. *Jurnal Ampere*, 2(2), 103-114.
- Nurhasanah, A., Widodo, W. T., Asari, A., dan Rahmarestia, E. (2006). Perkembangan Digester Biogas di Indonesia. *Jurnal Pertanian*. Volume (2):57.
- Ohio Epa , (2014), “ *Gas Flare , Sistem keamanan dan pembebasan, division of air pollution control* ,November.
- Sadikin, Y., A., dan Firmansyah, I. (2019). Analisis Energi dan Eksergi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap Dengan Kapasitas 2X315 MW di PLTU Paiton Unit 7 & 8. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 10(2), 68-74.
- Sawyer, C. N., McCarty, P. L., and Parkin, G. F. (2002). Chemistry for Environmental Engineering and Science. New York: *McGraw-Hill Education*.
- Sucipto, E. (2007). *Hubungan Pemaparan Partikel Debu pada Pengolahan Batu Kapur Terhadap Penurunan Kapasitas Fungsi Paru*. Semarang : Universitas Diponegoro.
- Sukmana, R.W. dan M. Anny. (2011). *Biogas dari Limbah Ternak*.Nuansa. Bandung.
- Syarifuddin, (2013). *Mesin Arus Bolak-Balik*. Makassar: Program Studi Teknik Listrik Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang,
- Tengker, Y., dan Mangindaan, G. M. C. (2022). *Potensi Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg) Di Universitas Sam Ratulangi*.
- Wang, L. K., Shamas, N. K., and Hung, Y. T. (2009). *Handbook of Environmental Engineering*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Widodo, T.W., Asari, A., Nurhasanah, A. and Rahmarestia, E. (2006). *Biogas Technology Development for Small Scale Cattle Farm Level in Indonesia. International Seminar on Development in Biofuel Production and Biomass Technology*. Jakarta, February 21-22.
- Widjajanti, Endang. (2009). Penanganan Limbah Laboratorium Kimia. [Makalah].Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Wildani, F., Syarifuddin, S., & Thaha, S. (2021), Analisis Efisiensi Generator Pada Unit 1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap 2x25 MW PT. Rekind Daya Mamuju. In *Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI)* (pp. 63-67).