

**PRA RANCANGAN PABRIK BIOGAS DARI *PALM OIL MILL EFFLUENT*  
(POME) KAPASITAS 14.000 TON/TAHUN**



**SKRIPSI**

Diajukan sebagai salah satu syarat menyelesaikan Pendidikan  
Sarjana Terapan (S1) Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia Berkelanjutan  
Jurusan Teknik kimia  
Politeknik Negeri Ujung Pandang

Dwi Rezky Muzdalifah B 431 20 054

Siti Sya'fa Ghaliah Al Amrin 431 20 073

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA BERKELANJUTAN  
JURUSAN TEKNIK KIMIA  
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG  
MAKASSAR  
2024**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “**Pra Rancangan Pabrik Biogas dari *Palm Oil Mill Effluent* (POME) Kapasitas 14.000 Ton/Tahun**” oleh Dwi Rezky Muzdalifah B NIM 431 20 054 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 14 Oktober 2024

Menyetujui,

Pembimbing I

Ir. Hastami Murdiningsih, M.T  
NIP. 196006061988032002

Pembimbing II

Rahmiah Sjafruddin, S.T., M.Eng.  
NIP. 197602052006042001

Mengetahui,

Koordinator Program Studi

D4 Teknologi Rekayasa Kimia Berkelanjutan



Ir. Yuliani HR., S.T., M.Eng  
NIP. 197304092003122002

## DAFTAR ISI

|   | Hal.                         |
|---|------------------------------|
| <b>HALAMAN JUDUL</b> .....                        | <b>i</b>                     |
| <b><u>HALAMAN PENGESAHAN</u></b> .....            | <b>ii</b>                    |
| <b><u>HALAMAN PENERIMAAN</u></b> .....            | Error! Bookmark not defined. |
| <b><u>KATA PENGANTAR</u></b> .....                | Error! Bookmark not defined. |
| <b><u>DAFTAR ISI</u></b> .....                    | <b>iv</b>                    |
| <b><u>DAFTAR TABEL</u></b> .....                  | Error! Bookmark not defined. |
| <b><u>DAFTAR GAMBAR</u></b> .....                 | Error! Bookmark not defined. |
| <b><u>DAFTAR SIMBOL</u></b> .....                 | Error! Bookmark not defined. |
| <b>SURAT PERNYATAAN</b> .....                     | <b>xix</b>                   |
| <b><u>RINGKASAN</u></b> .....                     | Error! Bookmark not defined. |
| <b><u>SUMMARY</u></b> .....                       | <b>viii</b>                  |
| <b><u>BAB I PENDAHULUAN</u></b> .....             | <b>101</b>                   |
| 1.1 <u>Latar Belakang</u> .....                   | 101                          |
| 1.2 <u>Kapasitas Rancangan</u> .....              | 102                          |
| 1.3 <u>Penentuan Lokasi Pabrik</u> .....          | 108                          |
| 1.4 <u>Tinjauan Pustaka</u> .....                 | 112                          |
| <b><u>BAB II DESKRIPSI PROSES</u></b> .....       | Error! Bookmark not defined. |
| 2.1 <u>Spesifikasi Bahan Baku dan Produk</u> .... | Error! Bookmark not defined. |
| 2.2 <u>Tinjauan Termodinamika</u> .....           | Error! Bookmark not defined. |
| 2.3 <u>Langkah Proses</u> .....                   | Error! Bookmark not defined. |
| 2.4 <u>Diagram Alir (Flowsheet)</u> .....         | Error! Bookmark not defined. |

**BAB III NERACA MASSA** .....Error! Bookmark not defined.

**BAB IV NERACA PANAS** .....Error! Bookmark not defined.

**BAB V SPESIFIKASI ALAT** .....Error! Bookmark not defined.

**BAB VI UTILITAS** .....Error! Bookmark not defined.

6.1 Unit Penyediaan Uap (*Steam*) .....**Error! Bookmark not defined.**

6.2 Unit Penyediaan Air .....**Error! Bookmark not defined.**

6.3 Unit Penyediaan Listrik.....**Error! Bookmark not defined.**

6.4 Unit Penyediaan Bahan Bakar.....**Error! Bookmark not defined.**

**BAB VII INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA** .....Error!

Bookmark not defined.

7.1 Instrumentasi .....**Error! Bookmark not defined.**

7.2 Keselamatan Kerja .....**Error! Bookmark not defined.**

**BAB VIII STRUKTUR ORGANISASI DAN MANAGEMEN**

**PERUSAHAAN** .....Error! Bookmark not defined.

8.1 Bentuk Perusahaan .....**Error! Bookmark not defined.**

8.2 Struktur Organisasi.....**Error! Bookmark not defined.**

8.3 Pembagian Tugas dan Wewenang .....**Error! Bookmark not defined.**

8.4 Jumlah dan Kualifikasi Karyawan .....**Error! Bookmark not defined.**

8.5 Sistem Kerja .....**Error! Bookmark not defined.**

**BAB IX TATA LETAK PABRIK DAN PEMETAAN** .....Error! Bookmark not

defined.

9.1 Deskripsi Tata Letak.....**Error! Bookmark not defined.**

9.2 Tata letak alat proses .....**Error! Bookmark not defined.**

**BAB X ANALISIS EKONOMI**.....Error! Bookmark not defined.

10.1 Total Capital Investment (TCI) .....**Error! Bookmark not defined.**

10.2 Total Production Cost (TPC).....**Error! Bookmark not defined.**

**BAB XI KESIMPULAN**..... 126

**DAFTAR PUSTAKA**..... 127

LAMPIRAN A ..... LA-1

LAMPIRAN B ..... LB-1

LAMPIRAN C ..... LC-1

LAMPIRAN D ..... LD-1

LAMPIRAN E ..... LE-1



## RINGKASAN

Prarancangan pabrik biogas dari Palm Oil Mill Effluent (POME) dimaksudkan untuk memanfaatkan limbah hasil pabrik kelapa sawit, dimana POME merupakan salah satu limbah dari industri kelapa sawit dalam pengolahan CPO (Crude Palm Oil) yang jumlahnya melimpah dan belum banyak di manfaatkan.

Pabrik biogas direncanakan pada tahun 2026 di Kab. Mamuju Tengah, Kec. Budong-Budong, Sulawesi Barat dengan kapasitas 14.000 ton/tahun yang beroperasi selama 330 hari. Proses pembuatan biogas dilakukan dengan beberapa tahap yaitu: Proses Persiapan Bahan Baku, Proses Fermentasi Anaerobik, dan Proses Pemurnian Biogas.

Bentuk Perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan bentuk organisasi dan memiliki total tenaga kerja 124 orang. Sistem kerja karyawan berdasarkan pembagian menurut jam kerja yang terdiri dari shift dan nonshift.

Hasil perhitungan analisa ekonomi menunjukkan keuntungan setelah pajak sebesar Rp 203.716.505.995. Break Event Point (BEP) pada 45,29 % dan POT 1,2 tahun. Analisis ekonomi menunjukkan bahwa pabrik biogas dengan kapasitas 14.000 Ton/Tahun layak didirikan.

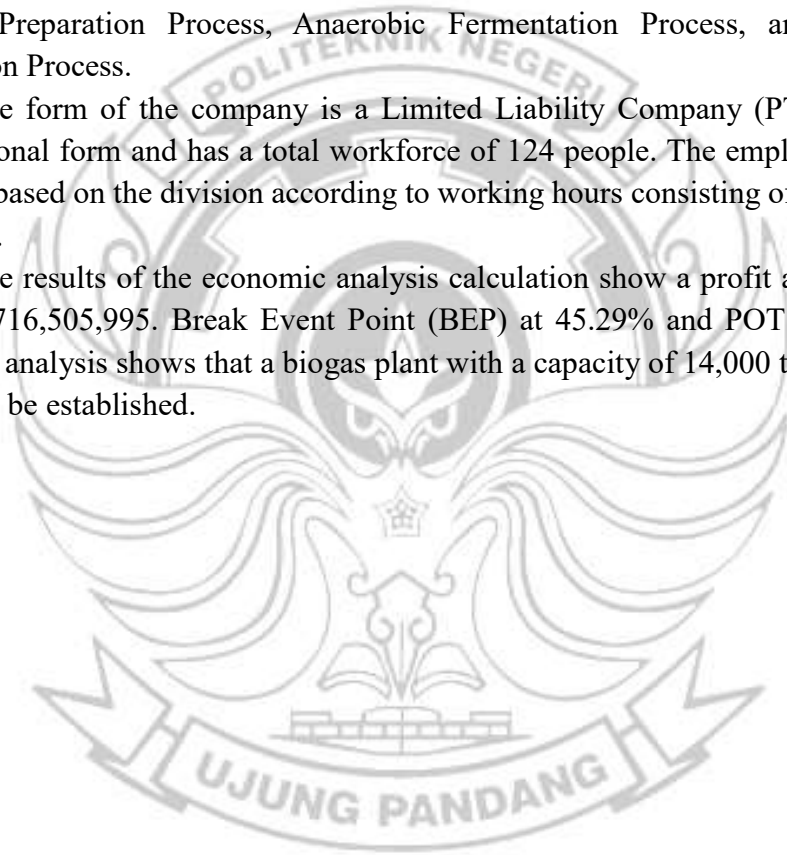
## SUMMARY

The design of a biogas plant from Palm Oil Mill Effluent (POME) is intended to utilize waste from palm oil mills, where POME is one of the wastes from the palm oil industry in processing of CPO (Crude Palm Oil) which is abundant and has not been widely utilized.

The biogas plant is planned in 2026 at Central Mamuju Regency, Budong-Budong District, West Sulawesi with capacity of 14,000 tons/year operating for 330 days. The biogas production process is carried out in several stages, namely: Raw Material Preparation Process, Anaerobic Fermentation Process, and Biogas Purification Process.

The form of the company is a Limited Liability Company (PT) with an organizational form and has a total workforce of 124 people. The employee work system is based on the division according to working hours consisting of shifts and non-shifts.

The results of the economic analysis calculation show a profit after tax of IDR 203,716,505,995. Break Event Point (BEP) at 45.29% and POT 1.2 years. Economic analysis shows that a biogas plant with a capacity of 14,000 tons/year is feasible to be established.



# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Penggunaan energi gas masyarakat Indonesia tiap tahunnya mengalami peningkatan dengan total penggunaan gas dan minyak pada tahun 2024 s.d Maret mencapai 5.367,71 BBTUD (SKKMIGAS,2024). Melihat kebutuhan masyarakat Indonesia akan energi yang semakin meningkat maka Indonesia mengembangkan visi untuk menggunakan Energi Baru Terbarukan (EBT). Energi Baru Terbarukan (EBT) merupakan salah satu pengelolaan energi dari proses alam yang berkelanjutan dan dijadikan sebagai energi alternatif. Pengembangan visi Indonesia mengenai EBT terbukti pada peraturan pemerintah No. 79 Tahun 2014 tentang kebijakan energi Nasional (KEN) dan peraturan presiden No. 22 tahun 2017 tentang rencana umum energi Nasional (REUN) memiliki target penggunaan EBT pada tahun 2025 dan 2050 masing-masing sebesar 23% dan 31% dari total kebutuhan energi nasional. (Setyono & Kiono, 2021)

Contoh energi terbarukan adalah panas bumi (geothermal), bahan bakar nabati (biofuel), aliran air sungai, panas surya, angin, biomassa, biogas, ombak laut, dan suhu kedalaman laut. Salah satu energi terbarukan yang banyak dikembangkan saat ini di Indonesia yaitu biogas. Biogas merupakan gas yang dapat di hasilkan dari proses fermentasi bahan bahan organik dalam kondisi tanpa kehadiran oksigen seperti limbah cair hasil produksi pabrik kelapa sawit. Indonesia merupakan negeri produsen kelapa sawit terbesar di ASEAN ataupun dunia dengan total produksi minyak kelapa sawit mencapai 48.235.405 Ton pada tahun 2023. Proses produksi

di pabrik kelapa sawit terdiri dari sterilisasi, pengupasan, klarifikasi dan pemulihan minyak inti sawit. Proses-proses tersebut yang menghasilkan limbah berupa limbah padat (Tandan Buah Kosong) dan limbah cair (*Palm Oil Mill Effluent*) dengan komposisi limbah cair yang mendominasi.

*Palm Oil Mill Effluent* (POME) merupakan limbah produksi kelapa sawit yang saat ini menjadi fokus utama untuk terus ditingkatkan pemanfaatannya karena polutan dari industri kelapa sawit yang paling banyak menimbulkan masalah lingkungan karena kandungan senyawa organiknya yang tinggi di atas baku mutu yang disyaratkan oleh Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.5 Tahun 2014 dengan dampak 100 kali lebih mencemari dibandingkan limbah domestik.

## 1.2 Kapasitas Rancangan

Kapasitas produksi pabrik mempengaruhi perhitungan ekonomis maupun teknik dalam suatu perancangan pabrik. Dalam pemilihan kapasitas pabrik biogas, ada beberapa pertimbangan yang perlu diperhatikan, antara lain:

### 1.2.1 Ketersediaan bahan baku

Bahan baku utama pembuatan biogas pada pabrik yang akan didirikan adalah Limbah Cair Kelapa Sawit (POME). Bahan baku ini mudah didapatkan karena banyak terdapat pabrik kelapa sawit di Indonesia.

Tabel 1.1 Kapasitas Produksi Kelapa Sawit Indonesia

| <b>Pabrik Kelapa Sawit</b>                    | <b>Kapasitas Produksi<br/>(Ton/Jam TBS)</b> |
|---|---|
| PT Austindo Nusantara Jaya Agri Siais (ANJAS) | 60  |
| PT Astra Agro Lestari Tbk                     | 45  |
| PT Hutan Hijau Mas                            | 120   |
| PT Djaja Putra Indonesia                      | 45  |

| <b>Pabrik Kelapa Sawit</b>                                 | <b>Kapasitas Produksi<br/>(Ton/Jam TBS)</b> |
|--|---|
| PT Karangjuang Hijau Lestari                               | 45  |
| PT Maridan Sejati Surya Plantation                         | 45  |
| PT Mitra Agrolika Sejahtera                                | 45  |
| PT Padasa Enam Utama                                       | 60  |
| PT Permata Nusa Sejati                                     | 30  |
| PT Sebakis Inti Lestari                                    | 40  |
| PT Sempurna Sejahtera                                      | 30  |
| PTP Nusantara II Kebun Sawit Seberang (PKS<br>Kwala Sawit) | 30  |
| PTP Nusantara II Kebun Sawit Seberang (Sawit<br>Seberang)  | 30  |
| PTP Nusantara II Kebun Sawit Seberang (Sawit<br>Hulu)      | 30  |
| PTP Nusantara II Kebun Sawit Seberang (Sawit<br>Merbau)    | 30  |
| PT Fajar Saudara Kusuma                                    | 57,6  |

Sumber: (Puteri, 2023)

Menurut (Ahmad, MT, 2003) setiap ton minyak sawit yang dihasilkan akan mengeluarkan limbah cair sebanyak 2,5 m<sup>3</sup> berarti semisal untuk mencapai produksi minyak sawit sebesar 12,3 juta ton menghasilkan 30,7 juta m<sup>3</sup> limbah cair. Data ini menunjukkan betapa beratnya beban yang ditanggung oleh lingkungan akibat pencemaran oleh limbah cair industri minyak sawit sehingga pencemaran ini dikategorikan sebagai pencemar lingkungan yang dahsyat. Salah satu pabrik kelapa sawit yang ada di Indonesia yaitu PT. Astra Agro Lestari (AALI) yang terletak di Sulawesi Barat dengan total produksi CPO yang dihasilkan dapat dilihat pada tabel 1.2 berikut:

Tabel 1.2 Produksi CPO dan POME PT. Astra Agro Lestari (AALI)

| <b>Waktu</b>     | <b>Produksi CPO<br/>(Ton)</b> | <b>Kapasitas POME<br/>(m<sup>3</sup>)</b> |
|------------------|-------------------------------|---|
| 2019             | 1.653.596,00                  | 4.133.990,00                              |
| 2020             | 1.429.053,00                  | 3.572.632,50                              |
| 2021             | 1.473.017,00                  | 3.682.542,50                              |
| 2022             | 1.303.765,00                  | 3.259.412,50                              |
| 2023             | 1.275.539,00                  | 3.188.847,50                              |
| <b>Total</b>     | <b>7.134.970,00</b>           | <b>17.837.425,00</b>                      |
| <b>Rata-Rata</b> | <b>1.426.994,00</b>           | <b>3.567.485,00</b>                       |

Sumber: Laporan Tahunan PT. Astra Agro Lestari, 2023 (data diolah)

### 1.2.2 Produsen Biogas di Indonesia

Tabel 1.3 Kapasitas Pabrik Biogas di Indonesia

| <b>Nama Perusahaan</b>    | <b>Lokasi</b>                  | <b>Kapasitas<br/>(ton/tahun)</b> |
|---------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| PT. Astra Agro Lestari    | Kalimantan dan Sumatera        | 66.355                           |
| PT. Asian Agri            | Riau, Jambi dan Sumatera Utara | 110.592                          |
| PT. Wilmar International  | Sumatera dan Kalimantan        | 8.294                            |
| PT. Musim Mas             | Sumatera dan Kalimantan        | 8.294                            |
| PT. Golden Agri-Resources | Sumatera dan Kalimantan        | 11.592                           |

### 1.2.3 Kebutuhan Biogas

Kebutuhan akan biogas dari tahun ke tahun terus mengalami peningkatan, hal ini disebabkan oleh pertumbuhan populasi penduduk yang semakin meningkat. Salah satu manfaat biogas yang bisa digunakan oleh masyarakat yaitu sebagai alternatif pengganti LPG untuk memasak dan bahan bakar generator untuk menghasilkan Listrik. Berdasarkan data dari Direktorat Jenderal Minyak Dan Gas Bumi Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral, kebutuhan LPG lebih besar

dibanding dengan produksi LPG di Indonesia. Melihat data tersebut, untuk mengurangi impor LPG dari luar negeri maka dibangun pabrik biogas untuk memenuhi kebutuhan LPG masyarakat Indonesia.

Proyeksi kebutuhan biogas dapat dicari melalui data konsumsi, produksi, impor dan ekspor LPG. Berdasarkan data dari Statistik Minyak dan Gas Bumi Semester I 2022 Direktorat Jenderal Minyak Dan Gas Bumi Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral Indonesia memiliki kebutuhan biogas yang dapat dihitung berdasarkan Discounted Method sebagai berikut:

Tabel 1.4 Perhitungan pertumbuhan rata rata untuk Data produksi

| <b>Waktu</b>         | <b>Data Produksi (Ton/Tahun)</b> | <b>%P</b>      |
|----------------------|----------------------------------|----------------|
| 2017                 | 2.006.918                        | 0,0000         |
| 2018                 | 2.002.354                        | -0,0023        |
| 2019                 | 1.935.172                        | -0,0336        |
| 2020                 | 1.921.652                        | -0,0070        |
| 2021                 | 1.902.557                        | -0,0099        |
| <b>Total</b>         | <b>9.768.653</b>                 | <b>-0,0527</b> |
| <b>i (Rata-rata)</b> | <b>1.953.731</b>                 | <b>-0,0105</b> |

Sumber: (Statistik Minyak dan Gas Bumi Semester I 2021, ESDM)

Tabel 1.5 Perhitungan pertumbuhan rata rata Data Ekspor

| <b>Waktu</b>         | <b>Data Ekspor (Ton/Tahun)</b> | <b>%P</b>     |
|----------------------|--------------------------------|---------------|
| 2017                 | 372                            | 0,0000        |
| 2018                 | 434                            | 0,1667        |
| 2019                 | 457                            | 0,0530        |
| 2020                 | 334                            | -0,2691       |
| 2021                 | 351                            | 0,0509        |
| <b>Total</b>         | <b>1.948</b>                   | <b>0,0014</b> |
| <b>i (Rata-rata)</b> | <b>390</b>                     | <b>0,0003</b> |

Sumber: (Statistik Minyak dan Gas Bumi Semester I 2021, ESDM)

Tabel 1.6 Perhitungan pertumbuhan rata rata Data Konsumsi

| Waktu                | Data Konsumsi (Ton/Tahun) | %P              |
|----------------------|---------------------------|-----------------|
| 2017                 | 7.200.853                 | 0               |
| 2018                 | 7.562.184                 | 0,050179        |
| 2019                 | 7.777.990                 | 0,028538        |
| 2020                 | 8.023.805                 | 0,031604        |
| 2021                 | 8.358.499                 | 0,041713        |
| <b>Total</b>         | <b>38.923.331</b>         | <b>0,152033</b> |
| <b>i (Rata-rata)</b> | <b>7.784.666</b>          | <b>0,030407</b> |

Sumber: (Statistik Minyak dan Gas Bumi Semester I 2021, ESDM)

Tabel 1.7 Perhitungan pertumbuhan rata rata Data Impor

| Waktu                | Data Impor (Ton/Tahun) | %P              |
|----------------------|------------------------|-----------------|
| 2017                 | 5.461.934              | 0               |
| 2018                 | 5.566.572              | 0,019158        |
| 2019                 | 4.714.695              | -0,15303        |
| 2020                 | 6.396.962              | 0,356814        |
| 2021                 | 6.336.354              | -0,00947        |
| <b>Total</b>         | <b>28.476.517</b>      | <b>0,21</b>     |
| <b>i (Rata-rata)</b> | <b>5.695.303</b>       | <b>0,042692</b> |

Sumber: (Statistik Minyak dan Gas Bumi Semester I 2021, ESDM)

Perkiraan impor LPG pada tahun 2026 ( $m_1$ ) adalah sebagai berikut:

$$m_1 = P (1 + i)^n \dots\dots\dots(1.1)$$

**Keterangan:**

- $m_1$  = Perkiraan import biogas pada tahun 2026
- $P$  = Besar data pada tahun sekarang (ton/tahun)
- $i$  = rata-rata pertumbuhan per tahun (%)
- $n$  = Selisih tahun (tahun ke-n)

Sehingga:

$$\begin{aligned} m_1 &= 6.336.354 (1 + 0,042)^5 \\ &= 7.809.452,86 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Perkiraan konsumsi LPG pada tahun 2026 ( $m_5$ ) berdasarkan tabel adalah

$$\begin{aligned} m_5 &= 8.358.499 (1 + 0,030)^5 \\ &= 9.708.931,80 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Perkiraan Produksi LPG pada tahun 2026 ( $m_2$ ) berdasarkan tabel adalah

$$\begin{aligned} m_2 &= 1.902.557 (1 + (-0,011))^5 \\ &= 1.804.294,56 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Perkiraan Ekspor LPG pada tahun 2026 ( $m_4$ ) berdasarkan tabel adalah

$$\begin{aligned} m_4 &= 351 (1 + 0,0003)^5 \\ &= 351,50 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Maka, peluang kapasitas produksi biogas pada tahun 2026 ( $m_3$ ) dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\mathbf{Kapasitas (m_3) = (Ekspor (m_4) + Konsumsi (m_5)) - (Impor (m_1) + produksi (m_2))}$$

Keterangan:

$$m_1 = \text{Nilai Impor tahun 2026 (ton/tahun)} = 7.809.452,86 \left(\frac{\text{ton}}{\text{tahun}}\right)$$

$$m_2 = \text{Produksi Pabrik dalam Negeri (ton/tahun)} = 1.804.294,56 \left(\frac{\text{ton}}{\text{tahun}}\right)$$

$$m_3 = \text{Kapasitas Pabrik yang akan didirikan pada tahun 2026} \left(\frac{\text{ton}}{\text{tahun}}\right)$$

$$m_4 = \text{Nilai Ekspor Tahun 2026 (ton/tahun)} = 351,50 \left(\frac{\text{ton}}{\text{tahun}}\right)$$

$$m_5 = \text{Nilai Konsumsi Tahun 2026 (ton/tahun)} = 9.708.931,80 \left( \frac{\text{ton}}{\text{tahun}} \right)$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas} &= (351,50 + 9.708.931,80) - (7.809.452,86 + 1.804.294,56) \\ &= 95.535,88 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Kapasitas produksi diasumsikan 15% dari nilai peluang kapasitas produksi di Indonesia sehingga:

$$\begin{aligned} m_3 &= 95.535,88 \left( \frac{\text{ton}}{\text{tahun}} \right) \times 15 \% \\ &= 14.330,38 \frac{\text{ton}}{\text{tahun}} \approx 14.000 \frac{\text{ton}}{\text{tahun}} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, peluang kapasitas pabrik biogas yang akan didirikan pada tahun 2026 secara *discounted method* adalah 14.000 ton/tahun. Daftar pabrik biogas yang sudah didirikan di Indonesia dapat dilihat pada tabel 1.3 dengan jumlah produksi paling kecil yaitu 8.294 ton/tahun sehingga pendirian pabrik biogas dengan kapasitas 14.000 ton/tahun sudah berada di atas minimum dan tidak sama dengan kapasitas pendirian yang telah ada.

### 1.3 Penentuan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik merupakan hal yang sangat penting dan menentukan keberhasilan pabrik yang akan didirikan. Lokasi suatu pabrik dapat mempengaruhi kedudukan pabrik dalam persaingan maupun dalam penentuan kelangsungan hidupnya. Penentuan lokasi pabrik yang tepat perlu pertimbangan yang berdasarkan aspek-aspek teknis dan ekonomis.

Idealnya, lokasi yang dipilih harus dapat memberikan keuntungan untuk jangka panjang dan memberikan keuntungan untuk perluasan.

Dalam hal ini ada dua faktor untuk menentukan lokasi pabrik yaitu:

#### 1. Faktor Utama

##### a. Letak pabrik terhadap sumber bahan baku.

Bahan baku dalam proses pengolahan merupakan faktor yang sangat penting dalam pemilihan lokasi yang tepat. Dilihat dari segi bahan baku maka suatu pabrik sebaiknya didirikan di daerah sumber bahan baku tersebut tersedia sehingga pengadaannya dengan mudah dapat diatasi. Bahan baku pada pembuatan biogas yaitu *Palm Oil Mill Effluent (POME)* pada daerah kecamatan Budong Budong, Kabupaten Mamuju Tengah, Provinsi Sulawesi Barat. Dimana pada daerah tersebut terdapat pabrik kelapa sawit yaitu PT Astra Agro Lestari (AALI) sebagai sumber bahan baku.

##### b. Pemasaran

Pemasaran adalah faktor yang perlu mendapat perhatian dalam suatu industri, karena berhasil tidaknya masalah pemasaran sangatlah menentukan besarnya penghasilan industri tersebut. Pemasaran biogas akan ditargetkan dengan skala nasional yang nantinya digunakan untuk kebutuhan dalam negeri. Biogas merupakan gas yang bisa dimanfaatkan sebagai bahan bakar generator penghasil listrik dan bahan bakar boiler pada industri kimia terutama industri kelapa sawit yang menjadi mayoritas di wilayah Provinsi Sulawesi Barat. Pada Provinsi

Sulawesi Barat terdapat beberapa perusahaan kelapa sawit yang dapat dijadikan sebagai sasaran pemasaran yaitu PT. Astra Agro Lestari (AALI), PT. Unggul Widya Teknologi Lestari, PT. Primanusa Global Lestari, PT. Surya Lestari II, PT. Trinity, PT. Global, serta PT. Wahana Karya Sejahtera Mandiri (WKSM). Adanya pemasaran seperti itu maka akan mempermudah pendistribusian hasil produksi biogas.

c. Tenaga listrik dan bahan bakar.

Mengenai tenaga listrik dan bahan bakar sehubungan dengan lokasi pabrik, maka diusahakan unit pembangkit tenaga listrik sendiri atau dari Perusahaan Listrik Negara (PLN). Untuk aspek tenaga listrik dan sumber bahan bakar, di lokasi terdapat sebuah bendungan yaitu bendungan budong-budong yang dapat difungsikan sebagai pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) yang dirancang untuk dapat menyuplai energi listrik sehingga untuk sumber energi listrik di pabrik yang kami rancang dapat bersumber dari bendungan tersebut.

d. Tenaga Kerja

Sebelum menentukan lokasi pabrik, masalah tenaga kerja perlu diadakan peninjauan, karena jangan sampai masalah ini dapat menghambat kerja pabrik. Melihat profesi pekerjaan di kecamatan Budong Budong didominasi oleh perkebunan kelapa sawit serta jarak antar lokasi pabrik dengan tempat tinggal tenaga kerja tidak jauh, hal ini dikarenakan rata-rata penduduk setempat bermukim di pinggir-pinggir jalan raya serta di tengah tengah perkebunan kelapa sawit.

2. Faktor khusus, meliputi:

a. Transportasi

Faktor transportasi perlu mendapat perhatian dalam penentuan lokasi yang tepat, baik antara bahan dasar maupun produk-produk yang dihasilkan. Lokasi pabrik dekat dengan jalan poros Majene-Mamuju serta berjarak 36 km dari Pelabuhan Belang-Belang yang dapat ditempuh dengan perjalanan darat sebagai sumber transportasi pendistribusian produk antar pulau dikarenakan Pelabuhan tersebut menjadi pintu masuk transaksi ekonomi dikawasan Indonesia timur serta Kawasan Indonesia barat seperti pulau jawa dan Sumatera.

b. Sumber Air

Bagi industri gas dalam hal ini Biogas dari POME, air adalah kebutuhan yang sangat mutlak untuk memenuhi kebutuhan proses dan operasi pendinginan, keperluan sanitasi karyawan, pembersihan pabrik, keperluan menjaga kebakaran dan lain-lain. Kebutuhan air dapat diperoleh dari Sungai Budung-Budung karena berjarak dekat dengan lokasi pabrik.

Berdasarkan pertimbangan dari kedua faktor tersebut maka pabrik Biogas ini cocok didirikan di Sulawesi Barat.



Gambar 1.1 Peta Lokasi Pembangunan Pabrik

Sumber: (*Google Earth*, 2024)

## 1.4 Tinjauan Pustaka

### 1.4.1 Biogas

Biogas adalah gas yang dihasilkan dari aktivitas fermentasi menggunakan bahan-bahan organik seperti kotoran hewan, kotoran manusia, limbah padat kota, limbah rumah tangga maupun limbah hasil produksi pabrik. Komponen biogas terdiri dari metana, karbon dioksida, nitrogen, hidrogen, hidrogen sulfida dan oksigen. Biogas dapat digunakan sebagai pembangkit energi listrik untuk skala besar dan dapat digunakan dalam skala kecil sebagai pengganti minyak tanah.

Tabel 1.8 Komposisi Gas Biogas

| Komponen                           | %       |
|------------------------------------|---------|
| Metana (CH <sub>4</sub> )          | 55 – 75 |
| Karbon dioksida (CO <sub>2</sub> ) | 25 – 45 |
| Nitrogen (N <sub>2</sub> )         | 0 – 0,3 |

|                                     |         |
|-------------------------------------|---------|
| Hidrogen (H <sub>2</sub> )          | 1 – 5   |
| Hidrogen sulfida (H <sub>2</sub> S) | 0 – 0,5 |

Sumber: (Ali Ibman & Akbar M, 2020)

Kandungan yang terdapat dalam biogas dapat mempengaruhi sifat dan kualitas biogas sebagai bahan bakar. Kandungan yang terdapat dalam biogas merupakan hasil dari proses metabolisme mikroorganisme. Biogas yang kandungan metananya lebih dari 45% bersifat mudah terbakar dan merupakan bahan bakar yang cukup baik karena memiliki nilai kalor bakar yang tinggi. Tetapi, jika kandungan CO<sub>2</sub> dalam biogas sebesar 25–50 % maka dapat mengurangi nilai kalor bakar dari biogas tersebut serta dapat menyebabkan korosi (Asam karbon pekat rendah). Sedangkan kandungan H<sub>2</sub>S dalam biogas 0 - 0,5 % dapat menyebabkan korosi pada peralatan dan perpipaan dan nitrogen dalam biogas juga dapat mengurangi nilai kalor bakar biogas tersebut serta dapat menyebabkan emisi H<sub>2</sub>S dengan pembakaran yang tidak sempurna. H<sub>2</sub> dalam biogas 1 – 5% dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan dan sistem yang digunakan serta risiko pembekuan sistem perpipaan. (Doublein, 2008)

Komposisi biogas bervariasi tergantung pada jenis bahan baku yang digunakan, tetapi komposisi utama dalam biogas adalah gas metana dan karbon dioksida. Biogas dihasilkan dari penguraian material organik oleh bakteri pengurai metanogen pada sebuah biodigester secara anaerob. Ada 3 kelompok bakteri yang berperan dalam pembentukan biogas, yakni:

1. Kelompok bakteri fermentatif: *Streptococci*, *Bacteriodes*, dan beberapa jenis *Enterobacteriaceae*;
2. Kelompok bakteri asetogenik: *Desulfovibrio*;

3. Kelompok bakteri metana: *Mathanobacterium*, *Mathanobacillus*,  
*Methanosacaria*, dan *Methanococcus*.

Pemanfaatan biodigester pada umumnya telah dimanfaatkan oleh masyarakat di seluruh dunia selama beberapa tahun lalu dalam skala rumah tangga untuk mengubah limbah peternakan ataupun limbah pertanian yang mereka miliki menjadi bahan bakar karena proses pengoperasian dan pembuatannya yang tergolong mudah. Namun, tidak menutup kemungkinan biodigester dapat dimanfaatkan pada skala yang lebih besar (komunitas). Beberapa keuntungan yang dimiliki oleh biodigester yaitu:

- Penggunaan bahan bakar lain seperti minyak tanah, kayu, dsb oleh rumah tangga dan industri dapat berkurang;
- Hasil samping yang dihasilkan berupa pupuk organik berkualitas tinggi;
- Mengurangi pembuangan sampah/limbah industri ke lingkungan serta bisa menjadi metode pengolahan sampah/limbah yang baik;
- Menjadi investasi yang menguntungkan dalam jangka panjang karena jika ditinjau dari segi ekonomi murah dalam instalasinya.

Selama ini biogas hanya dikenal sebagai bahan bakar untuk keperluan rumah tangga khususnya memasak saja. Padahal biogas juga bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik. Kebutuhan biogas akan semakin meningkat dengan konsumsi listrik di Indonesia yang setiap tahunnya terus meningkat karena peningkatan pertumbuhan ekonomi nasional. Oleh karena itu, pendirian pabrik biogas sangat diperlukan untuk memenuhi sebagian besar kebutuhan listrik industri dan sebagai sumber energi diharapkan dapat membuka lapangan pekerjaan.

### 1.4.2 *Palm Oil Mill Effluent (POME)*

*Palm Oil Mill Effluent (POME)* merupakan limbah cair yang dihasilkan oleh Pabrik Minyak Kelapa Sawit (PMKS) berasal dari air kondensat pada proses sterilisasi, proses klarifikasi, proses *hydrocyclone* dan air pencucian. POME mengandung senyawa terlarut termasuk serat-serat pendek, hemiselulosa dan protein, asam organik bebas dan campuran mineral-mineral.



Gambar 1.2 *Palm Oil Mill Effluent (POME)*

Sumber: (Abadisejatindo, 2023)

Limbah cair dari pabrik minyak kelapa sawit ini umumnya memiliki suhu tinggi yakni 70-80°C, berwarna kecoklatan, mengandung padatan terlarut dan tersuspensi berupa koloid dan residu minyak dengan *Biological Oxygen Demand (BOD)* dan *Chemical Oxygen Demand (COD)* yang tinggi. Apabila limbah cair ini langsung dibuang ke perairan dapat mencemari lingkungan, sebagian akan mengendap, terurai secara perlahan, mengkonsumsi oksigen terlarut, menimbulkan kekeruhan, mengeluarkan bau yang tajam dan dapat merusak ekosistem perairan. Sebelum limbah cair ini dapat dibuang ke lingkungan terlebih dahulu harus diolah agar sesuai dengan baku mutu limbah yang telah ditetapkan. (Eka, 2014)

Tabel 1.9 Baku Mutu Limbah Industri Minyak Sawit

| Parameter                  | Kadar Paling Tinggi (mg/L)                         | Beban Pencemaran Paling Tinggi (kg/ton) |
|----------------------------|--|---|
| BOD                        | 100  | 0.25                                    |
| COD                        | 350  | 0.88                                    |
| TSS                        | 250  | 0.63                                    |
| Minyak dan Lemak           | 25   | 0.063                                   |
| Nitrogen Total             | 50   | 0.125                                   |
| pH                         | 6.0 – 9.0  |   |
| Debit limbah paling tinggi | 2.5 m <sup>3</sup> / ton produk minyak sawit (CPO) |   |

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014

Menurut (Valentiona dkk, 2018) sebuah Pabrik Kelapa Sawit (PKS) rata-rata menghasilkan 25-30% produk utama berupa CPO dan inti sawit/kernel sebesar 5-7%, sementara sisanya yakni sebesar 70-75% adalah residu hasil pengolahan berupa limbah. Limbah kelapa sawit dibagi menjadi 2 yaitu limbah padat dalam bentuk tandan buah kosong, serat buah dan abu bakar yang menghasilkan 10-20% dan limbah cair dalam bentuk POME yang menghasilkan 60-70% (Susilawati & Supijatno, 2015). POME yang memiliki kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD) rata-rata 21.280 mg/l, kandungan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) sebesar 34.730 mg/l, selain itu juga memiliki kandungan minyak dan lemak dengan rata-rata sebanyak 3.075 mg/l serta kandungan *Total Suspended Solid* (TSS) dalam air limbah kelapa sawit sebesar 230-540 mg/l.

### 1.4.3 Kotoran Sapi

Dalam usaha peternakan, limbah yang dihasilkan antara lain berupa feses, urin, dan sisa pakan yang jika tidak diolah dengan baik dan tepat akan berpotensi menjadi masalah lingkungan. Masalah lingkungan tersebut baik berupa

pencemaran udara, air, dan tanah, menjadi sumber penyakit, dapat memacu peningkatan gas metana, dan juga gangguan pada estetika dan kenyamanan. Satu ekor sapi setiap harinya menghasilkan kotoran berkisar 8 - 10 kg per hari atau 2,6 - 3,6 ton per tahun (Mahardika, 2023). Kotoran sapi dapat digunakan dalam pembuatan biogas karena mengandung bahan organik yang kaya akan senyawa-senyawa seperti karbohidrat, protein, dan lemak. Ketika kotoran sapi mengalami proses dekomposisi atau fermentasi anaerob (tanpa oksigen), mikroorganisme seperti bakteri metanogen akan menguraikan bahan organik tersebut dan menghasilkan gas metana ( $\text{CH}_4$ ) serta karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ). Berikut beberapa kandungan utama kotoran sapi yang memungkinkan penggunaannya sebagai starter:

- 1. Mikroorganisme Anaerob Alami.** Kotoran sapi kaya akan mikroorganisme seperti bakteri metanogen yang bertanggung jawab dalam menguraikan bahan organik secara anaerob (tanpa oksigen) untuk menghasilkan biogas. Mikroorganisme ini berkembang secara alami dalam sistem pencernaan sapi, sehingga langsung tersedia dalam kotorannya.
- 2. Bahan Organik.** Kotoran sapi mengandung senyawa organik seperti karbohidrat, protein, dan lemak yang bisa diuraikan oleh mikroorganisme menjadi senyawa sederhana dan akhirnya menghasilkan gas metana ( $\text{CH}_4$ ) serta karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ). Bahan organik ini berfungsi sebagai substrat yang menjadi sumber energi bagi mikroorganisme.

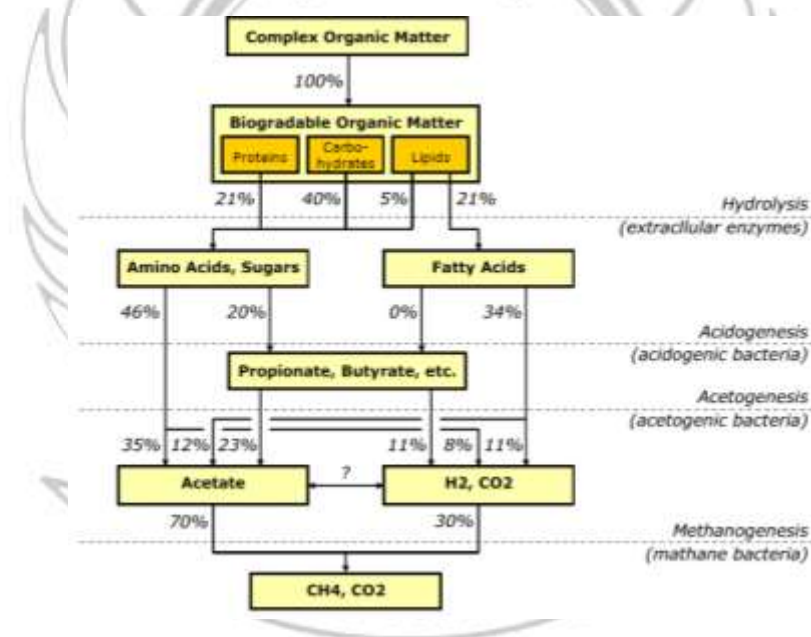
3. **Kandungan Nitrogen.** Kotoran sapi memiliki kandungan nitrogen yang cukup tinggi. Nitrogen ini penting untuk mendukung pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme yang berperan dalam proses fermentasi.
4. **Kandungan Air.** Kotoran sapi biasanya mengandung air dalam jumlah yang cukup, yang sangat penting untuk menjaga kondisi lembab dan mendukung kehidupan mikroorganisme dalam proses anaerob.
5. **pH Netral.** Kotoran sapi cenderung memiliki pH yang netral atau mendekati netral, yang ideal untuk mendukung aktivitas bakteri metanogen. Kondisi pH yang baik sangat penting agar proses fermentasi berlangsung secara optimal.
6. **Mikroflora Pencernaan Sapi.** Di dalam pencernaan sapi, mikroorganisme ini telah berkembang secara alami untuk mengurai bahan organik dalam kondisi anaerob. Ketika kotoran sapi digunakan sebagai starter, mikroflora ini langsung mempercepat pembentukan koloni mikroba yang dibutuhkan dalam digester biogas.

Dengan kandungan-kandungan tersebut, kotoran sapi berfungsi sebagai sumber mikroorganisme yang memulai dan mempercepat proses dekomposisi anaerob, menghasilkan gas metana yang kemudian dimanfaatkan sebagai biogas.

#### 1.4.4 Proses Pembentukan Biogas

*Anaerobic digestion* (AD) adalah salah satu metode pengolahan limbah cair yang mengandung konsentrasi karbon organik tinggi seperti Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit (LCPKS). Metode ini memiliki keunggulan yaitu hemat biaya, ramah lingkungan, mengurangi jumlah lumpur dan mampu menghasilkan listrik dari metana (Irvan, Trisakti, & Azka, 2020). Proses digestasi anaerobik mengubahnya

dari bentuk tersuspensi menjadi terlarut dan biogas. Proses ini menghasilkan campuran metana dan karbondioksida sebagai sumber energi terbarukan. Digestasi anaerobik dapat dilakukan dengan satu tahap dan dua tahap. Pada proses satu tahap keempat proses yaitu, hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis dan metanogenesis dilakukan pada reaktor yang sama. Sedangkan, digesti anaerobik dua tahap keempat prosesnya dilakukan pada reaktor yang berbeda. Proses-proses ini mengubah konstituen POME yang mengandung karbohidrat, asam lemak, dan protein menjadi biogas. Proses penguraian ini terjadi dengan bantuan bakteri anaerobic. Adapun diagram tahapan proses seperti pada Gambar 1.7.



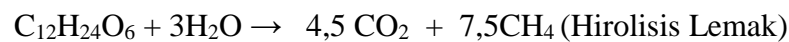
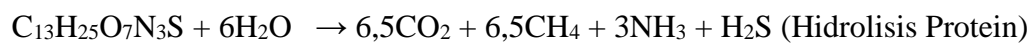
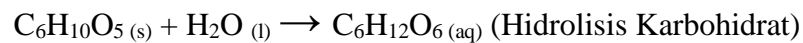
Gambar 1.3 Tahapan Proses Digesti Anaerobik

Sumber: (Doublein, 2008)

### 1. Tahap *Hidrolisis*

Biogas terbentuk diawali dengan proses hidrolisis. Proses hidrolisis merupakan proses konversi senyawa kompleks (seperti lemak, protein dan karbohidrat) menjadi monomer atau senyawa yang lebih sederhana (seperti asam lemak, asam

amino dan gula) oleh bakteri dengan bantuan eksoenzim karena senyawa-senyawa kompleks terlalu besar untuk dapat diserap secara langsung. (Susilowati dkk, 2022)



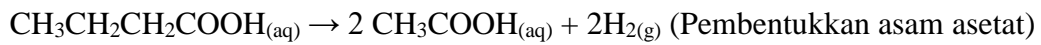
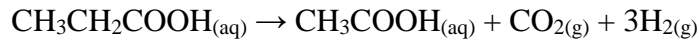
## 2. Tahap *Asidogenesis*

Asidogenesis merupakan tahapan terusan dari hidrolisis, proses asidogenesis merupakan proses penguraian bahan kompleks organik menjadi monomer organik terlarut yang kemudian diurai menjadi asam-asam organik *volatile* seperti asam asetat ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), hidrogen ( $\text{H}_2$ ), asam propionat, asam butirat, asam laktat, asam valerat, metanol dan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) oleh bakteri anaerobic.



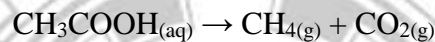
## 3. Tahap *Asetogenesis*

*Asetogenesis* yaitu proses reaksi yang menghasilkan asam asetat, karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan hidrogen ( $\text{H}_2$ ). Bakteri yang berperan dalam proses ini adalah bakteri asetogenik seperti *Acetobacterium woodii* dan *Syntrophobacter wolinii*. (Susilowati dkk, 2022)



#### 4. Tahap Metanogenesis,

Metanogenesis yaitu proses pembentukan gas metana ( $\text{CH}_4$ ) dan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ). (Susilowati dkk, 2022). Bakteri yang berperan dalam proses ini *Methanobacterium*, *Methanobacillus*, *Methanococcus*, dan *Methanosarcina*. Tahapan ini mendekarboksilasi asam asetat dan bersamaan dengan hidrogen ( $\text{H}_2$ ), menghasilkan gas metana ( $\text{CH}_4$ ) dan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ).



#### 1.4.5 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Produksi Biogas

Berikut ini adalah faktor-faktor yang mempengaruhi produksi biogas:

##### 1. Laju Pembebanan (*Loading Rate*)

*Loading rate* atau laju pembebanan adalah material organik yang diumpungkan/dimasukkan kedalam digester biogas. Laju pembebanan yang stabil akan membuat proses biologis oleh mikroba pengurai didalam digester menjadi optimal.

##### 2. Konsentrasi Substrat (*Chemical Oxygen Demand*)

Pada saat perencanaan pembuatan digester perlu mengetahui bahan yang akan dimasukkan nantinya memiliki nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD). Kandungan COD yang rendah akan membutuhkan volume digester yang besar.

##### 3. Kandungan Asam Lemak Organik (*Volatile Fatty Acid*)

Konsentrasi asam lemak (*Volatile fatty acid*) yang tinggi akan menyebabkan turunnya pH reaktor dan akan membuat terbentuknya asam lemak rantai panjang.

Batas konsentrasi asam asetat yang dapat ditoleransi adalah dibawah 10 mg/L; diatas batas tersebut menyebabkan rusaknya sistem biologi.

#### 4. Alkalinitas

Alkalinitas berguna untuk menetralkan/mengimbangi fluktuasi konsentrasi asam didalam reaktor, sehingga fluktuasi pH tidak terlalu besar dan tidak sampai mengakibatkan gangguan pada stabilitas reaktor.

#### 5. Derajat Keasaman (pH)

Aktivitas enzimatik bakteri pembentuk asam yang dapat diterima terjadi di atas pH 5,0, namun aktivitas enzimatik bakteri pembentuk metana yang dapat diterima tidak terjadi di bawah pH 6,2. Kebanyakan bakteri anaerob, termasuk bakteri pembentuk metana, bekerja dengan baik pada kisaran pH 6,8 hingga 7,2.

#### 6. Rasio C/N

Rasio C/N merupakan indikator yang penting dalam proses biogas. Rasio C/N adalah perbandingan jumlah atom karbon (C) dibagi dengan atom nitrogen (N). Mikroba yang ada di dalam digester memerlukan karbon dan nitrogen. Pada saat nitrogen berlebihan, mikroba di dalam digester akan terganggu pertumbuhannya.

#### 7. Temperatur

Temperatur/suhu merupakan indikator yang penting dalam merubah zat organik polimer menjadi senyawa yang lebih sederhana. Ada dua interval temperatur yaitu Termofilik (40°–60°C) dan Mesofilik (25°–40°C). Temperatur optimal didalam digester adalah 30°–35°C.

#### 8. Senyawa Racun dan Pengambat

Ada 2 jenis inhibitor/senyawa penghambat yaitu penghambat fisik dan penghambat kimia. Penghambat fisik adalah temperature, sedangkan penghambat kimia antara lain logam berat, antibiotik dan *Volatile Fatty Acid* (VFA). (Taufiq, 2016)

Pengolahan limbah cair secara konvensional banyak dilakukan oleh pabrik karena teknik tersebut cukup sederhana dan biayanya lebih murah. Pengolahan limbah cair dengan menggunakan digester anaerob dilakukan dengan mensubstitusi proses yang terjadi di kolam anaerobik pada sistem konvensional ke dalam tangki digester. Tangki digester berfungsi menggantikan kolam anaerobik yang dibantu dengan pemakaian bakteri *mesophilic* dan *thermophilic*. Kedua bakteri ini termasuk bakteri metanogen yang merubah substrat dan menghasilkan gas metan.

Limbah cair mengandung karbohidrat, protein, lemak, dan mineral yang dibutuhkan oleh mikroba. Komposisi limbah perlu diperbaiki dengan penambahan nutrisi seperti unsur P dan N yang diberikan dalam bentuk pupuk TSP dan urea. Jumlah kandungan bahan makanan dalam limbah harus dipertahankan agar bakteri tetap berkembang dengan baik. Jumlah lemak yang terdapat dalam limbah akan mempengaruhi aktifitas perombakan limbah karbohidrat dan protein. Selain kontinuitas makanan juga kontak antara makanan dan bakteri perlu berlangsung dengan baik yang dapat dicapai dengan melakukan agitasi (pengadukan). Agitasi juga berpengaruh terhadap produksi biogas. Pemberian agitasi berpengaruh lebih baik dibandingkan tanpa agitasi dalam peningkatan laju produksi gas. Agitasi substrat akan menjadi homogen, inokulum kontak langsung dengan substrat dan merata, sehingga proses perombakan akan lebih efektif. Agitasi dimaksudkan agar

kontak antara limbah cair dan bakteri perombak lebih baik dan menghindari padatan terbang atau mengendap. Agitasi pada 100 rpm dapat meningkatkan produksi biogas.

Selain menghasilkan biogas, pengolahan limbah cair dengan proses digester anaerobik dapat dilakukan pada lahan yang sempit dan memberi keuntungan berupa penurunan jumlah padatan organik, jumlah mikroba pembusuk yang tidak diinginkan, serta kandungan racun dalam limbah. Disamping itu juga membantu peningkatan kualitas pupuk dari *sludge* yang dihasilkan, karena *sludge* yang dihasilkan berbeda dari *sludge* limbah cair biasa yang dilakukan melalui proses konvensional. Kelebihan tersebut adalah:

- a. Penurunan kadar BOD bisa mencapai 80-90 %.
- b. Baunya berkurang sehingga tidak disukai lalat.
- c. Berwarna coklat kehitam-hitaman.
- d. Kualitas *sludge* sebagai pupuk lebih baik, yaitu:
  1. Memperbaiki struktur fisik tanah,
  2. Meningkatkan aerasi, peresapan, retensi, dan kelembaban,
  3. Meningkatkan perkembangbiakan dan perkembangan akar,
  4. Meningkatkan kandungan organik tanah, pH, dan kapasitas tukar kation tanah.
  5. Meningkatkan populasi mikroflora dan mikrofauna tanah maupun aktivitasnya.



## BAB XI KESIMPULAN

1. Prarancangan Pabrik Biogas (Metana) dari *Palm Oil Mill Effluent* (POME) ini di rencanakan akan didirikan di Kec. Budong-Budong, Kab. Mamuju Tengah, Provinsi Sulawesi Barat.
2. Sesuai perhitungan analisa ekonomi dapat diketahui :
  - a. ROI untuk pabrik ini 77,41 % sebelum pajak dan 50,32 % setelah pajak.
  - b. POT untuk pabrik ini adalah 1,2 tahun.
  - c. *Break Event Point* (BEP) adalah 45,29 % sedangkan saat ini menurut data kelayakan rata-rata di bank, akan memberikan pinjaman/kredit bila BEP dalam batas 40 – 60 %.

Berdasarkan perhitungan analisa ekonomi di atas, maka Prarancangan Pabrik Biogas (Metana) dari *Palm Oil Mill Effluent* (POME) cukup memungkinkan untuk dilanjutkan ketahap perancangan selanjutnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abadisejatindo, P. K. (2023). *PT Kharisma Pratama Abadisejatindo your Palm Oil Partner Since 1993*. Retrieved from 5 Komponen Penting dalam Kolam Limbah Pabrik Sawit: <https://news.kharisma-sawit.com/berita-terkini-5-komponen-penting-dalam-kolam-limbah-pabrik-sawit-91>
- Ahmad, MT, D. (2003). Bioreaktor Membran Anaerob untuk Pengolahan Limbah Cair Industri Minyak Sawit. In D. J. Nasional, *Laporan Akhir Hasil Penelitian Hibah Bersaing Perguruan Tinggi IX*.
- Alfaridho, M. I., Rahayu, D. E., & Sarwono, E. (2023). Analisis Life Cycle Assesment (LCA) pada Pengolahan Air Limbah di Pahu Makmur Palm Oil Mill. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 116-126.
- Ali Ibman, S. A., & Akbar M, M. (2020). *PRARANCANGAN PABRIK BIOGAS DARI SAMPAH ORGANIK DENGAN KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN*. Makassar: PROGRAM STUDI D-4 TEKNOLOGI KIMIA INDUSTRI JURUSAN TEKNIK KIMIA.
- Annur, C. M. (2023). *Penduduk Indonesia Tembus 278 Juta Jiwa hingga Pertengahan 2023*. Retrieved from databoks: <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2023/07/13/penduduk-indonesia-tembus-278-juta-jiwa-hingga-pertengahan-2023>
- Brownell, L.E., and E.H. Young, 1959. *Process Equipment Design*, John Willey and Sons INC., New York.
- Direktorat Jendral Minyak dan Gas Bumi, 2021. *Statistik Minyak dan Gas Bumi, 2021*. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral,
- Doublein. (2008). *Biogas from Waste and Renewable Resources*.
- Eka, F. (2014). *Pembuatan Biogas dari Limbah Industri Minyak Kelapa Sawit dan Kotoran Sapi*. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Fitriani, A. D., & Yuliani, M. (2011). *PRARANCANGAN PABRIK BIOGAS DARI PALM OIL MILL EFFLUENT (POME) KAPASITAS 1.312.00 M3/TAHUN*. SURAKARTA.

- Gerardi, M. H. (2003). *The Microbiology of Anaerobic Digesters*. Kanada: John Wiley & Sons, Inc.
- Irvan, Trisakti, B., & Azka, N. (2020). Pengaruh Laju Pengadukan Terhadap Stabilitas Digester Anaerobik Satu Tahap. *Jurnal Teknik Kimia USU, Vol. 09*, 16-20. Retrieved Maret 2024
- Irwan, Suraya, I., Tiarasti, H., Trisakti, B., Hasibuan, R., & Tomiuchi, Y. (2012). Pembuatan Biogas Dari Berbagai Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 54-48.
- Kern D. Q and., 1950, *Process Heat Transfer*, Mc Graw Hill Fogukosa Ltd., Tokyo.
- Lestari, P. A. (2023). *Laporan Tahunan 2023 Annual Report*.
- Lopez, J. A. (2014). *Treating Organics*. Retrieved from The four stages of anaerobic digestion: <https://treatingorganics.blogspot.com/2016/06/the-four-stages-of-anaerobic-digestion.html>
- Mc Cabe, L., Warren, Julian C. Smith and Peter Harriot. 1985, *Unit Operation of Chemical Engineering*, Volume 5, Reinhold Publishing Cooperation, USA.
- Pertamina. (2020). *Pertamina Energy Outlook*.
- Puteri, S. A. (2023). PRARANCANGAN PABRIK BIOGAS DARI LIMBAH CAIR KELAPA SAWIT PALM OIL MILL EFFLUENT (POME) KAPASITAS 12.000 TON/TAHUN. *Digital Repository Universitas Jember*.
- Putri, D. A. (2023). *Sumber Energi Terbarukan, Pengertian, Jenis, Manfaat, dan Contohnya*. Retrieved from Katadata.co.id: <https://katadata.co.id/ekonopedia/istilah-ekonomi/650a82375c82f/sumber-energi-terbarukan-pengertian-jenis-manfaat-dan-contohnya>
- Setyono, A. E., & Kiono, B. F. (2021). Dari Energi Fosil Menuju Energi Terbarukan: Potret Kondisi Minyak dan Gas Bumi Indonesia Tahun 2020 – 2050. *Jurnal Energi Baru & Terbarukan*, 155-162.
- SKKMIGAS. (2024). *Laporan Tahunan Transformasi Hulu Migas Untuk Meningkatkan Aktivitas dan Investasi*.
- Statistik, B. P. (2023). Neraca Energi Indonesia 2018-2022. (D. S. Indutri, Ed.) *Katalog*, 25(2), 33.

- Susanto, J. P., Santoso, A. D., & Suwedi, D. N. (2017). Perhitungan Potensi Limbah Padat Kelapa Sawit untuk Sumber Energi Terbaharukan dengan Metode LCA. *Jurnal Teknologi Lingkungan* , 165-172.
- Susilawati, & Supijatno. (2015). Pengelolaan Limbah Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Perkebunan Kelapa Sawit, Riau. *Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor*, 203-212.
- Susilowati, Puteri, S. A., Farwah, Z. A., Fachri, A. B., & Mumtazah, Z. (2022). PRA RANCANGAN PABRIK BIOGAS DARI PALM OIL MILL EFFLUENT (POME) DENGAN KAPASITAS 12.000 TON/TAHUN. *Jurnal Tugas Akhir Teknik Kimia*, 116-122.
- Taufiq. (2016). *Tesis Biogas Taufiq*. Retrieved from Universitas Diponegoro Institutional Repository: [https://eprints2.undip.ac.id/id/eprint/6140/3/Full%20Tesis\\_Biogas\\_Taufiq\\_ME-BAB%20II.pdf](https://eprints2.undip.ac.id/id/eprint/6140/3/Full%20Tesis_Biogas_Taufiq_ME-BAB%20II.pdf)
- Valentino, N., Hakim, D. L., Anindita, H. N., & Hastuti, Z. D. (2018). PERENCANAAN PRODUKSI BIOGAS DARI PALM OIL MILL EFFLUENT UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK: STUDI KASUS PABRIK KELAPA SAWIT SEI PAGAR. *Jurnal Energi dan Lingkungan*, 81-86.

