

PRARANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI *PALM OIL MILL EFFLUENT*  
(POME) KAPASITAS 120.000 TON/TAHUN



SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat menyelesaikan Pendidikan sarjana Terapan  
Teknik (D4) Program Studi Teknologi Kimia Industri  
Jurusan Teknik Kimia  
Politeknik Negeri Ujung Pandang

|                                       |            |
|---------------------------------------|------------|
| ERWIN PATODINGAN                      | 432 21 012 |
| MUHAMMAD FADHILAH ASY SYAKUUR SUWARTO | 432 21 021 |

PROGRAM STUDI D-4 TEKNOLOGI KIMIA INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK KIMIA  
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG  
MAKASSAR

2025

## DAFTAR ISI

|                                                  |                              |
|--------------------------------------------------|------------------------------|
| HALAMAN PENGESAHAN .....                         | Error! Bookmark not defined. |
| HALAMAN PENGESAHAN .....                         | Error! Bookmark not defined. |
| HALAMAN PENERIMAAN .....                         | Error! Bookmark not defined. |
| HALAMAN PENERIMAAN .....                         | Error! Bookmark not defined. |
| KATA PENGANTAR.....                              | Error! Bookmark not defined. |
| DAFTAR ISI.....                                  | Error! Bookmark not defined. |
| DAFTAR GAMBAR.....                               | Error! Bookmark not defined. |
| DAFTAR TABEL.....                                | Error! Bookmark not defined. |
| BAB I PENDAHULUAN.....                           | 8                            |
| 1.1    Latar Belakang.....                       | 8                            |
| 1.2    Penentuan Kapasitas Pabrik.....           | 10                           |
| 1.2.1    Kebutuhan Biodiesel di Indonesia.....   | 10                           |
| 1.2.2    Ketersediaan Bahan Baku .....           | 10                           |
| 1.3    Penentuan Lokasi Pabrik .....             | 17                           |
| 1.4    Ketersediaan Bahan Baku .....             | 17                           |
| 1.5    Sumber Tenaga Kerja .....                 | 18                           |
| 1.6    Utilitas Pabrik .....                     | 18                           |
| 1.7    Transportasi .....                        | 19                           |
| 1.8    Tinjauan Pustaka .....                    | 19                           |
| 1.8.1 <i>Palm Oil Mill Effluent (POME)</i> ..... | 19                           |
| 1.8.2    Biodiesel .....                         | 20                           |
| 1.8.3    Pertimbangan Pemilihan Proses .....     | 20                           |
| 1.8.4    Proses Pembuatan Biodiesel.....         | 21                           |

|                                                   |                                     |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------|
| BAB II DESKRIPSI PROSES .....                     | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 2.1 Karakteristik Bahan Baku .....                | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 2.2 Karakteristik Bahan Pendukung .....           | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 2.3 Uraian Proses .....                           | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 2.4 Tinjauan Termodinamika .....                  | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 2.5 Tinjauan Kinetika Reaksi .....                | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| BAB III NERACA MASSA .....                        | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 3.1 <i>Rotary Drum Vacuum Filter</i> (RDVF-01) .. | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 3.2 Evaporator (EV-01) .....                      | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 3.3 Reaktor Esterifikasi (R-01) .....             | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 3.4 Evaporator (EV-02) .....                      | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 3.5 Reaktor Transesterifikasi (R-02) .....        | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 3.6 <i>Wash Tank</i> (WS-01) .....                | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 3.7 <i>Decanter</i> (DC-01) .....                 | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 3.8 Menara Destilasi (MD-01) .....                | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| BAB IV NERACA PANAS .....                         | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 4.1 Evaporator 1 (EV-01) .....                    | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 4.2 <i>Condensor</i> 1 (CD-01) .....              | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 4.3 <i>Cooler</i> 1 (CO-01) .....                 | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 4.4 Reaktor Esterifikasi (R-01) .....             | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 4.5 Evaporator 2 (EV-02) .....                    | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 4.6 <i>Condensor</i> 2 (CD-02) .....              | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 4.7 <i>Cooler</i> 2 (CO-02) .....                 | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 4.8 Reaktor Transesterifikasi (R-02) .....        | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |

|                              |                                                                       |                                     |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 4.9                          | Destilasi (MD-01).....                                                | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 4.10                         | <i>Cooler</i> (CO-03) .....                                           | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| BAB V SPESIFIKASI ALAT ..... |                                                                       | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 5.1                          | Tangki Penampung POME.....                                            | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 5.2                          | Tangki Penampungan Metanol (CH <sub>3</sub> OH)                       | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 5.3                          | Tangki Penampungan Asam Sulfat (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )..... | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 5.4                          | Tangki Penampungan Natrium Hidroksida (NaOH) ....                     | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 5.5                          | Tangki Penampungan Methyl Ester .....                                 | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 5.6                          | <i>Rotary Drum Vacuum Filter</i> (RDVF).....                          | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 5.7                          | Evaporator 1.....                                                     | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 5.8                          | Evaporator 2.....                                                     | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 5.9                          | <i>Condensor</i> 1.....                                               | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 5.10                         | <i>Condensor</i> 2.....                                               | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 5.11                         | <i>Cooler</i> 1 .....                                                 | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 5.12                         | <i>Cooler</i> 2 .....                                                 | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 5.13                         | <i>Cooler</i> 3 .....                                                 | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 5.14                         | Reaktor Esterifikasi.....                                             | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 5.15                         | Reaktor Transesterifikasi.....                                        | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 5.16                         | <i>Wash Tank</i> .....                                                | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 5.17                         | <i>Decanter</i> .....                                                 | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 5.18                         | Destilasi .....                                                       | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 5.18.1                       | <i>Condensor</i> MD-01 .....                                          | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |

|                                                  |                                         |                              |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------|
| 5.18.2                                           | Reboiler MD-01 .....                    | Error! Bookmark not defined. |
| 5.19                                             | Pompa 1 .....                           | Error! Bookmark not defined. |
| 5.20                                             | Pompa 2 .....                           | Error! Bookmark not defined. |
| 5.21                                             | Pompa 3 .....                           | Error! Bookmark not defined. |
| 5.22                                             | Pompa 4 .....                           | Error! Bookmark not defined. |
| 5.23                                             | Pompa 5 .....                           | Error! Bookmark not defined. |
| 5.24                                             | Pompa 6 .....                           | Error! Bookmark not defined. |
| 5.25                                             | Pompa 7 .....                           | Error! Bookmark not defined. |
| 5.26                                             | Pompa 8 .....                           | Error! Bookmark not defined. |
| 5.27                                             | Pompa 9 .....                           | Error! Bookmark not defined. |
| 5.28                                             | Pompa 10 .....                          | Error! Bookmark not defined. |
| 5.29                                             | Pompa 11 .....                          | Error! Bookmark not defined. |
| 5.30                                             | Pompa 12 .....                          | Error! Bookmark not defined. |
| BAB VI UTILITAS.....                             |                                         | Error! Bookmark not defined. |
| 6.1                                              | Unit Penyediaan <i>Steam</i> .....      | Error! Bookmark not defined. |
| 6.2                                              | Unit Penyediaan dan Pengolahan Air .... | Error! Bookmark not defined. |
| 6.2.1                                            | Kebutuhan Air .....                     | Error! Bookmark not defined. |
| 6.2.2                                            | Pengolahan Air .....                    | Error! Bookmark not defined. |
| 6.2.3                                            | Spesifikasi Alat Utilitas .....         | Error! Bookmark not defined. |
| 6.3                                              | Unit Penyediaan Listrik .....           | Error! Bookmark not defined. |
| 6.4                                              | Unit Penyediaan Bahan Bakar .....       | Error! Bookmark not defined. |
| 6.5                                              | Unit Pengolahan Limbah .....            | Error! Bookmark not defined. |
| BAB VII INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA..... |                                         | Error! Bookmark not defined. |

|                                           |                                                           |                                     |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 7.1                                       | Instrumentasi .....                                       | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 7.2                                       | Alat Instrumentasi.....                                   | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 7.3                                       | Kesehatan dan Keselamatan Kerja dan Lingkungan Hidup..... | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| <b>Bookmark not defined.</b>              |                                                           |                                     |
| BAB VIII STRUKTUR ORGANISASI .....        |                                                           | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 8.1                                       | Bentuk Perusahaan .....                                   | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 8.2                                       | Struktur Organisasi.....                                  | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 8.2.1.                                    | Struktur Organisasi Perusahaan.....                       | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 8.2.2.                                    | Pembagian Tugas dan Wewenang .....                        | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| BAB IX LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK ..... |                                                           | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 9.1                                       | Lokasi pabrik.....                                        | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 9.2                                       | Faktor Primer .....                                       | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 9.2.1                                     | Ketersediaan Bahan Baku .....                             | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 9.2.2                                     | Pemasaran Produk .....                                    | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 9.2.3                                     | Infrastruktur .....                                       | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 9.2.4                                     | Utilitas .....                                            | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 9.2.5                                     | Tenaga kerja .....                                        | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 9.3                                       | Faktor Sekunder .....                                     | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 9.3.1                                     | Karakteristik Lokasi .....                                | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 9.3.2                                     | Keadaan Iklim .....                                       | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 9.3.3                                     | Peraturan Pemerintah.....                                 | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 9.3.4                                     | Harga Tanah dan Bangunan .....                            | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 9.3.5                                     | Kemasyarakatan.....                                       | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 9.4                                       | Tata Letak Pabrik.....                                    | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |

|                              |                                                                       |                                     |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 9.5                          | Deskripsi Tata Letak Pabrik .....                                     | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 9.6                          | Tata Letak Alat Proses .....                                          | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| BAB X ANALISIS EKONOMI ..... |                                                                       | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 10.1                         | Modal Investasi .....                                                 | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 10.1.1                       | Modal Investasi Tetap (MIT)/ <i>Fixed Capital Investment</i> (FCI) .. | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 10.1.2                       | Modal Kerja/ <i>Working Capital</i> (WC)                              | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 10.1.3                       | Biaya Produksi Total (BPT)/ <i>Total Cost</i> (TC) ...                | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 10.2                         | Total Penjualan.....                                                  | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 10.3                         | Perkiraan Rugi/Laba Usaha .....                                       | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 10.4                         | Analisis Aspek Ekonomi.....                                           | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 10.4.1                       | <i>Percent Profit on Sales</i> (POS) / <i>Profit Margin</i>           | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 10.4.2                       | <i>Break Even Point</i> (BEP) .....                                   | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 10.4.3                       | <i>Return on Investment</i> (ROI).....                                | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 10.4.4                       | <i>Pay Out Time</i> (POT) .....                                       | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 10.4.5                       | <i>Internal Rate of Return</i> (IRR) .....                            | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 10.4.6                       | <i>Shut Down Point</i> (SDP) .....                                    | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| BAB XI KESIMPULAN.....       |                                                                       | 24                                  |
| DAFTAR PUSTAKA               |                                                                       |                                     |
| LAMPIRAN A NERACA MASSA      |                                                                       |                                     |
| LAMPIRAN B NERACA PANAS      |                                                                       |                                     |
| LAMPIRAN C SPESIFIKASI ALAT  |                                                                       |                                     |
| LAMPIRAN D UTILITAS          |                                                                       |                                     |

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia merupakan salah satu negara dengan pertumbuhan ekonomi yang signifikan di kawasan Asia Tenggara. Pertumbuhan tersebut memberikan pengaruh bagi aktivitas industri, perdagangan, dan jasa yang bergantung pada bahan bakar fosil (minyak bumi, gas alam, dan batu bara), sehingga diperlukan Upaya pengurangan penggunaannya.

Jumlah ketersediaan sumber daya alam di Indonesia akan semakin menipis setiap tahunnya dan pembakaran bahan fosil juga menghasilkan emisi gas rumah kaca yang berkontribusi signifikan terhadap perubahan iklim dan masalah kesehatan masyarakat. Hal ini menghadirkan tantangan besar terkait keberlanjutan lingkungan dan kebijakan energi nasional.

Salah satu solusi untuk mengatasi masalah ini adalah dengan mencari sumber energi terbarukan yang dapat diproduksi secara berkesinambungan. Melihat kondisi tersebut pemerintah telah memberikan perhatian serius untuk pengembangan bahan bakar nabati (*biofuel*), yang terdiri dari biodiesel, bioetanol dan *pure plant oil*) dengan menerbitkan Instruksi Presiden nomor 1 tahun 2006 tentang penyediaan dan pemanfaatan bahan bakar nabati sebagai bahan bakar alternatif (Devita et al., 2015).

Berdasarkan hasil pernyataan sebelumnya, perlu adanya pemanfaatan bahan bakar nabati salah satunya yaitu pemanfaatan biodiesel, yang umumnya dibuat melalui suatu proses kimia yang disebut reaksi esterifikasi dan transesterifikasi, yaitu suatu reaksi senyawa ester dan alkohol dengan menggunakan suatu katalisator. Biodiesel terbuat dari minyak nabati yang berasal dari sumber daya alam yang dapat diperbarui. Bahan baku yang berpotensi sebagai bahan baku pembuat biodiesel antara lain: kelapa sawit, kedelai, bunga matahari, jarak pagar, tebu, alpukat dan beberapa jenis tumbuhan lainnya. Selain minyak nabati, bahan baku juga bisa dari lemak hewani, lemak bebas atau lemak daur ulang. Semua bahan baku ini mengandung trigliserida, asam lemak bebas, dan pencemar.

Biodiesel dapat diproduksi menggunakan bahan organik, termasuk *Palm Oil Mill Effluent* (POME) atau limbah cair kelapa sawit. POME mengandung trigliserida dan asam lemak bebas yang memadai untuk diproses melalui esterifikasi dan transesterifikasi, menghasilkan metil ester sebagai bahan bakar alternatif. Pemanfaatan POME sebagai bahan baku biodiesel sekaligus mengurangi pencemaran lingkungan dari pembuangan limbah pabrik kelapa sawit.

Indonesia memiliki potensi yang sangat besar dalam pemanfaatan POME sebagai bahan baku biodiesel. Sebagai produsen minyak sawit terbesar di dunia, Indonesia memproduksi sekitar 50,07 juta ton CPO pada tahun 2023, yang menyumbang 54% dari ekspor minyak sawit global. Dari produksi CPO tersebut, dihasilkan limbah cair POME dengan rasio 2,5 ton per tahun (Benedict & Heilmayr, 2024).

POME merupakan salah satu limbah tersulit ditangani dalam industri kelapa sawit karena produksinya yang sangat besar dengan kandungan organik tinggi. Limbah ini memiliki kandungan COD, BOD, dan konsentrasi warna yang sangat tinggi sehingga dapat mencemari lingkungan air tawar dan berdampak pada satwa liar serta manusia di hilir. Kondisi ini menjadikan POME sebagai masalah lingkungan yang serius jika tidak dikelola dengan baik.

Pemanfaatan POME sebagai bahan baku biodiesel memberikan *win-win solutions*, yaitu mengatasi masalah pencemaran lingkungan sekaligus menghasilkan energi terbarukan. Potensi energi dari POME sangat signifikan,

diperkirakan dapat menghasilkan 157,20 juta Nm<sup>3</sup> hidrogen yang dapat menggantikan Sebagian 273.324,65 barel setara minyak (boe) bensin (Yusnitati et al., 2025). Dengan demikian, pemanfaatan POME untuk biodiesel tidak hanya mendukung program energi terbarukan nasional, tetapi juga memberikan kontribusi nyata dalam mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil sekaligus menyelesaikan permasalahan lingkungan dari limbah industri kelapa sawit.

## **1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik**

Kapasitas produksi pabrik mempengaruhi perhitungan ekonomi maupun teknis dalam suatu perancangan pabrik. Dalam pemilihan kapasitas pabrik biodiesel, ada beberapa pertimbangan yang perlu diperhatikan yaitu kebutuhan biodiesel di Indonesia dan ketersediaan bahan baku yang menunjang kapasitas yang mampu diproses suatu pabrik.

### **1.2.1 Kebutuhan Biodiesel di Indonesia**

Kebutuhan biodiesel dari tahun ke tahun semakin meningkat, hal ini menunjukkan pesatnya perkembangan industri kimia di Indonesia. Diperkirakan kebutuhan biodiesel akan terus meningkat di tahun-tahun mendatang, sejalan dengan peningkatan jumlah kepemilikan kendaraan bermotor yang menggunakan solar, serta perkembangan industri yang menggunakan biodiesel sebagai bahan bakar pengganti solar. Dengan pertumbuhan produksi kendaraan yang menggunakan minyak solar sebagai bahan bakar, maka diperkirakan bahwa kebutuhan biodiesel juga akan semakin meningkat. Proyeksi kebutuhan biodiesel dapat dicari melalui data konsumsi. Berdasarkan data dari APROBI (Asosiasi Produsen *Biofuel* Indonesia), Indonesia memiliki kebutuhan biodiesel yang dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1. 1 Data Produksi Biodiesel dan Ekspor

(Sumber :Produsen *Biofuel* Indonesia, 2024)

### 1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku utama pembuatan biodiesel pada pabrik yang akan didirikan adalah Limbah Cair Kelapa Sawit (POME). POME merupakan produk samping dari pengolahan kelapa sawit dengan rasio produksi 2,5 m<sup>3</sup> limbah cair per 1 ton minyak sawit (Sawitkita, 2023). Berikut data produksi dan limbah cair minyak kelapa sawit dari beberapa Perusahaan di Mamuju, Sulawesi Barat dan Kalimantan :

Tabel 1. 2 Kapasitas Produksi Limbah Kelapa Sawit di Beberapa Perusahaan

| Tahun | Produksi dalam Negeri (kiloliter) | Konsumsi dalam Negeri (kiloliter) | Ekspor (kiloliter) |
|-------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|
| 2019  | 8.472.638                         | 6.396.000                         | 1.319.000          |
| 2020  | 8.518.946                         | 8.400.000                         | 36.000             |
| 2021  | 9.357.284                         | 9.296.000                         | 147.000            |
| 2022  | 11.816.000                        | 10.430.000                        | 371.000            |
| 2023  | 13.151.000                        | 12.242.000                        | 187.000            |

| No | Nama Perusahaan              | Volume Produksi (ton/tahun) | Limbah Cair (ton/tahun) | Sumber                                                                                                                                                                           |
|----|------------------------------|-----------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | PT. Primanusa Global Lestari | 35.000                      | 30.900                  | <a href="https://www.sawitlstarigroup.co.id/te ntang-kami/pt-primanusa-global-lestari/">https://www.sawitlstarigroup.co.id/te ntang-kami/pt-primanusa-global-lestari/</a> . 2024 |
| 2  | PT. Awana Sawit Lestari      | 50.000                      | 44.143                  | <a href="https://www.sawitlstarigroup.co.id/te ntang-kami/pt-awana-sawit-lestari/">https://www.sawitlstarigroup.co.id/te ntang-kami/pt-awana-sawit-lestari/</a> . 2024           |

| 3  | PT. Astra Agro Lestari Tbk           | 146.000                     | 128.899                 | <a href="https://www.astra-agro.co.id/wp-content/uploads/2018/01/Berita-Acara-Public-Expose-2017">https://www.astra-agro.co.id/wp-content/uploads/2018/01/Berita-Acara-Public-Expose-2017</a> |
|----|--------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4  | PT. PN XIII (Kebun Tabara, Semuntai) | 18.250                      | 16.112                  | <a href="https://disbun.kaltimprov.go.id/download/pabrik-minyak-kelapa-sawit-tahun-2020">https://disbun.kaltimprov.go.id/download/pabrik-minyak-kelapa-sawit-tahun-2020</a>                   |
| 5  | PT. PN XIII (Kebun Long Pinang)      | 21.900                      | 19.335                  |                                                                                                                                                                                               |
| 6  | PT. Multi Jayantara Abadi            | 16.425                      | 14.501                  |                                                                                                                                                                                               |
| 7  | PT. Buana Wirasubur Sakti            | 10.950                      | 9.667                   | <a href="https://disbun.kaltimprov.go.id/download/pabrik-minyak-kelapa-sawit-tahun-2020">https://disbun.kaltimprov.go.id/download/pabrik-minyak-kelapa-sawit-tahun-2020</a>                   |
| 8  | PT. Agro Inti Kencana Mas            | 16.425                      | 14.501                  | <a href="https://disbun.kaltimprov.go.id/download/pabrik-minyak-kelapa-sawit-tahun-2020">https://disbun.kaltimprov.go.id/download/pabrik-minyak-kelapa-sawit-tahun-2020</a>                   |
| 9  | PT. Pucuk Jaya                       | 10.950                      | 9.667                   |                                                                                                                                                                                               |
| 10 | PT. Borneo Indah Marjaya             | 21.900                      | 19.335                  |                                                                                                                                                                                               |
| No | Nama Perusahaan                      | Volume Produksi (ton/tahun) | Limbah Cair (ton/tahun) | Sumber                                                                                                                                                                                        |
| 11 | PT. Saraswanti Sawit Makmur          | 16.425                      | 14.501                  |                                                                                                                                                                                               |
| 12 | PT. Multi Makmur Mitra Alam (MMA)    | 32.850                      | 29.002                  |                                                                                                                                                                                               |
| 13 | PT. Sahabat Sawit Sejahtera          | 21.900                      | 19.335                  | <a href="https://disbun.kaltimprov.go.id/download/pabrik-minyak-kelapa-sawit-tahun-2020">https://disbun.kaltimprov.go.id/download/pabrik-minyak-kelapa-sawit-tahun-2020</a>                   |

|              |                                         |                |                |                                                                                                                                                                             |
|--------------|-----------------------------------------|----------------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 14           | PT. Muara Toyu<br>Sumber Lestari        | 21.900         | 19.335         | <a href="#">kelapa-sawit-tahun-2020</a>                                                                                                                                     |
| 15           | PT. Gawi<br>Makmur<br>Kalimantan        | 21.900         | 19.335         |                                                                                                                                                                             |
| 16           | PT. Harapan<br>Sawit Sejahtera          | 10.950         | 9.667          |                                                                                                                                                                             |
| 17           | PT. Cahaya<br>Bintang Sawit<br>Sejati 1 | 21.900         | 19.335         | <a href="https://disbun.kaltimprov.go.id/download/pabrik-minyak-kelapa-sawit-tahun-2020">https://disbun.kaltimprov.go.id/download/pabrik-minyak-kelapa-sawit-tahun-2020</a> |
| 18           | PT. Cahaya<br>Bintang Sawit<br>Sejati 2 | 21.900         | 19.335         |                                                                                                                                                                             |
| 19           | PT. Pradiksi<br>Gunatama                | 21.900         | 19.335         |                                                                                                                                                                             |
| <b>Total</b> |                                         | <b>550.375</b> | <b>485.908</b> |                                                                                                                                                                             |

Berdasarkan data pada Tabel 1.2 dapat dilihat jumlah produksi minyak kelapa sawit dari beberapa perusahaan sebesar 550.375 ton/tahun dan menghasilkan *Palm Oil Mill Effluent* (POME) sebesar 485.908 ton/tahun. Hasil data tersebut merupakan dari beberapa perusahaan di Sulawesi Barat dan Kalimantan, yang merupakan daerah penghasil minyak kelapa sawit di Sulawesi dan Kalimantan Timur.

Pertimbangan berdasarkan hasil yang didapatkan, perlu dilakukan analisis pasar untuk penentuan kapasitas pabrik, Apabila kapasitas telah ditentukan maka dapat ditentukan volume reaktor, perhitungan neraca massa, neraca panas, dan lain-lain. Untuk menentukan kapasitas pabrik diperlukan data-data produksi dan pemakaian bahan yang dapat diperoleh dari data Asosiasi Produsen Biofuel Indonesia (APROBI) dan jurnal-jurnal terkait.

Pabrik biodiesel ini direncanakan akan mulai beroperasi pada tahun 2028, dengan mengacu pada pemenuhan kebutuhan domestik dan peningkatan nilai ekspor, kebutuhan Biodiesel pada tahun 2028 dapat dihitung sebagai berikut :

$$m_1 + m_2 + m_3 = m_4 + m_5 \dots\dots\dots \text{(Persamaan 1)}$$

Keterangan :

- $m_1$  = Impor biodiesel pada tahun 2028
- $m_2$  = Produksi biodiesel dalam negeri pada tahun 2023
- $m_3$  = Kapasitas produksi biodiesel pada tahun 2028
- $m_4$  = Ekspor biodiesel pada tahun 2028
- $m_5$  = Konsumsi biodiesel pada tahun 2028

Maka dapat ditentukan karena Indonesia tidak mengimpor biodiesel dari luar negeri sehingga :

$$m_1 = 0$$

Tabel 1. 3 Produksi Biodiesel dalam Negeri

| <b>Tahun</b>                  | <b>Produksi dalam Negeri<br/>(kiloliter)</b> | <b>Pertumbuhan<br/>(%)</b> |
|-------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------|
| 2019                          | 8.472.638                                    | -                          |
| 2020                          | 8.518.946                                    | 0,55                       |
| 2021                          | 9.357.284                                    | 9,84                       |
| 2022                          | 11.816.000                                   | 26,28                      |
| 2023                          | 13.151.000                                   | 11,30                      |
| <b>Perkembangan Rata-rata</b> |                                              | <b>11,99</b>               |
| <b>Perkembangan</b>           |                                              | <b>0,119904</b>            |

Pada Tabel 1.3 diperoleh kenaikan produksi dalam negeri/tahunnya = 0,119904 maka produksi dalam negeri pada tahun 2023 dapat dihitung dengan :

$$m = P(1+i)^n \dots\dots\dots \text{(Persamaan 2)}$$

Dimana :

- $P$  = Data besarnya produksi dalam negeri pada tahun 2023
- $m$  = Jumlah produk pada tahun 2028
- $I$  = Rata-rata kenaikan produksi tiap tahun (%)
- $n$  = Selisih tahun (-)

Sehingga perkiraan produksi dalam negeri pada tahun 2023 :

$$m_2 = P (1+i)^n$$

$$m_2 = 11.847.523(1+0,119904)^5$$

$$m_2 = 23.166.630 \text{ kiloliter}$$

Tabel 1. 4 Perkembangan Ekspor Biodiesel di Indonesia

| Tahun                         | Ekspor<br>(kiloliter) | Pertumbuhan<br>(%) |
|-------------------------------|-----------------------|--------------------|
| 2019                          | 1.319.000             | -                  |
| 2020                          | 36.000                | -97,27             |
| 2021                          | 147.000               | 308,33             |
| 2022                          | 371.000               | 152,38             |
| 2023                          | 187.000               | -49,60             |
| <b>Perkembangan Rata-rata</b> |                       | <b>78,4620</b>     |
| <b>Perkembangan</b>           |                       | <b>0,784620</b>    |

Pada Tabel 1.4 diperoleh kenaikan Ekspor/tahunnya = 0,784620 maka Ekspor pada tahun 2028 dapat dihitung dengan persamaan 2, sehingga perkiraan Ekspor pada tahun 2028 :

$$m_4 = P (1+i)^n$$

$$m_4 = 187.000 (1+0,784620)^5$$

$$m_4 = 3.385.090 \text{ kiloliter}$$

Tabel 1. 5 Perkembangan Konsumsi Biodiesel di Indonesia

| Tahun                         | Konsumsi dalam Negeri<br>(kiloliter) | Pertumbuhan<br>(%) |
|-------------------------------|--------------------------------------|--------------------|
| 2019                          | 6.396.000                            | -                  |
| 2020                          | 8.400.000                            | 31,33              |
| 2021                          | 9.296.000                            | 10,67              |
| 2022                          | 10.430.000                           | 12,20              |
| 2023                          | 12.242.000                           | 17,37              |
| <b>Perkembangan Rata-rata</b> |                                      | <b>17,8926</b>     |
| <b>Perkembangan</b>           |                                      | <b>0,178926</b>    |

Pada Tabel 1.5 diperoleh kenaikan Konsumsi dalam negeri/tahunnya = 0,178926 maka Konsumsi dalam negeri pada tahun 2023 dapat dihitung dengan persamaan 2, sehingga perkiraan konsumsi dalam negeri pada tahun 2028 :

$$\begin{aligned}
m_5 &= P (1+i)^n \\
m_5 &= 12.242.000 (1+0,178926)^5 \\
m_5 &= 27.879.540 \text{ kiloliter}
\end{aligned}$$

Pabrik akan direncanakan dibangun pada tahun 2028 dengan target produksi pada tahun 2028.

Densitas Biodiesel :

Rumus Densitas:

$$\rho = \frac{M}{V} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 3)}$$

Diketahui densitas dari biodiesel sebesar 0,867 g/cm<sup>3</sup>, maka dilakukan konversi satuan sebagai berikut:

$$\rho = 0.867 \frac{g}{cm^3} \text{ sumber : (Standar Nasional Indonesia, 2015)}$$

$$\rho = 0.867 \frac{g}{cm^3} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \times \frac{1000 \text{ cm}^3}{1 \text{ L}}$$

$$\rho = 0,867 \frac{kg}{L}$$

Hasil data prediksi jumlah produksi biodiesel dalam negeri, ekspor biodiesel, dan konsumsi biodiesel dalam negeri maka dapat ditentukan kapasitas produksi untuk mendirikan pabrik biodiesel menggunakan persamaan 1:

$$m_1 + m_2 + m_3 = m_4 + m_5$$

$$m_3 = (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2)$$

$$m_3 = (3.385.090 + 27.879.540) \text{ kL} - (0 + 23.166.630) \text{ kL}$$

$$m_3 = 8.097.999 \text{ kL/Tahun}$$

Dilakukan pengalian nilai m<sub>3</sub> dengan hasil densitas, sehingga didapatkan:

$$m_3 = 8.097.999 \text{ kL/Tahun} \times \rho$$

$$m_3 = 8.097.999 \text{ kL/Tahun} \times 0,867 \text{ kg/L}$$

$$m_3 = \left( 8.097.999 \frac{\text{kL}}{\text{Tahun}} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ kL}} \right) \times \left( 0,867 \frac{\text{kg}}{\text{L}} \times \frac{1 \text{ Ton}}{1000 \text{ kg}} \right)$$

$$m_3 = 8.097.999.000 \frac{\text{L}}{\text{Tahun}} \times 867 \frac{\text{Ton}}{\text{L}} = 7.020.965 \frac{\text{Ton}}{\text{Tahun}}$$

Melihat pesatnya perkembangan industri biodiesel di Indonesia serta mempertimbangkan bahan baku POME yang tersedia, maka dapat ditetapkan

kapasitas produksi pabrik biodiesel yang akan dirancang 1,7% dari jumlah produksi biodiesel pada tahun 2028 yaitu 119.356 ton/tahun, maka dilakukan pembulatan nilai menjadi 120.000 ton/tahun.

### 1.3 Penentuan Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi suatu pabrik merupakan hal yang sangat menunjang dalam pembuatan prarancangan pabrik karena mempengaruhi kelangsungan dan



kemajuan pabrik yang dirancang. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam menentukan lokasi pabrik, seperti sumber bahan baku, sumber tenaga kerja, utilitas pabrik, dan transportasi. Berdasarkan faktor-faktor tersebut, lokasi yang paling optimal untuk didirikannya pabrik Biodiesel dari POME adalah Kecamatan Sarudu, Kabupaten Mamuju, Provinsi Sulawesi Barat. Lokasi Pembangunan dapat dilihat pada Gambar 1.1.

### 1.4 Ketersediaan Bahan Baku

Gambar 1. 1 Lokasi Pembangunan Pabrik Biodiesel

Lokasi dimana pabrik akan didirikan harus berdekatan dengan lokasi sumber bahan baku yang digunakan. Kondisi tersebut merupakan pilihan untuk pengamanan ketersediaan bahan baku dan perolehan bahan baku yang ekonomis. Bahan baku utama yang digunakan yaitu POME dipasok dari pabrik-pabrik pengolahan minyak kelapa sawit yang berada di sekitar lokasi, kemudian bahan

baku lainnya seperti Methanol, NaOH, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> diperoleh dari Perusahaan *chemical*

| Tingkat Pendidikan 2                                 | Tingkat Pengangguran Terbuka<br>Berdasarkan Tingkat Pendidikan |      |      |
|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------|------|
|                                                      | Juta Orang/tahun                                               |      |      |
|                                                      | 2021                                                           | 2022 | 2023 |
| Tidak/belum pernah Sekolah/belum tamat<br>& Tamat SD | 3,61                                                           | 3,59 | 2,56 |
| SMP                                                  | 6,45                                                           | 5,95 | 4,78 |
| SMA umum                                             | 9,09                                                           | 8,57 | 8,15 |
| SMA Kejuruan                                         | 11,13                                                          | 9,42 | 9,31 |
| Diploma I/II/III                                     | 5,87                                                           | 4,59 | 4,79 |
| Universitas                                          | 5,98                                                           | 4,8  | 5,18 |

yang berada di Kalimantan Timur, Bojonegara Banten dan Karawang provinsi Jawa Barat.

Kabupaten Mamuju memiliki pabrik pengolahan kelapa sawit menjadi *Crude Palm Oil* yang menghasilkan limbah cair POME. Beberapa perusahaan minyak kelapa sawit di Sulawesi Barat (Mamuju) dan Kalimantan Timur menghasilkan total POME sebesar 485.908 ton/tahun. Bahan baku pendukung meliputi methanol dari PT. Kaltim Methanol Indonesia, NaOH dari PT. Sulfindo Adiusaha (kapasitas 215.000 ton/tahun), dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dari PT. Timur Raya Tunggal (kapasitas 69.200 ton/tahun).

## 1.5 Sumber Tenaga Kerja

Lokasi pabrik yang dipilih harus mudah untuk memperoleh tenaga kerja, baik sumber daya manusia *skill* (operator, *engineer*, dll), maupun sumber daya manusia *non-skill* (satpam, buruh, *cleaning service*, dll). Pembangunan suatu pabrik akan menjadi salah satu tujuan pencari kerja, dimana sebagian besar tenaga kerja yang dibutuhkan pada pabrik ini merupakan tenaga kerja yang berpendidikan kejuruan atau menengah. Dapat dilihat pada Tabel 1.6.

Tabel 1. 6 Tingkat Penduduk yang Bekerja dan Pengangguran di Indonesia

(Sumber : Survei Angkatan Kerja Nasional (Sakernas), 2024)

## 1.6 Utilitas Pabrik

Utilitas merupakan salah satu bagian yang sangat penting sebagai penunjang pada proses produksi dalam suatu pabrik industri kimia. Penunjang tersebut seperti ketersediaan air, energi, bahan bakar dan *steam*. Kebutuhan air industri direncanakan akan disuplai dari air sungai yang kemudian diolah menjadi air bersih yang layak digunakan pada pabrik dan keperluan lain seperti kebutuhan air proses kemudian kebutuhan energi industri disuplai dari dari Pembangkit Listrik Negara (PLN) dan pembangkit tenaga listrik sendiri yaitu generator dan kebutuhan *steam* akan diperoleh dengan penggunaan *boiler*, Penggunaan bahan bakar boiler disuplai dari PT. Pertamina Patra Niaga dengan kapasitas 17,8 ton/tahun. Alat yang digunakan adalah *boiler* jenis *water tube boiler*.

## 1.7 Transportasi

Transportasi merupakan bagian penting dalam operasional industri karena memberikan dampak di beberapa aspek seperti bagian pengadaan barang, bagian produksi, manajemen pelanggan, dan efisiensi hingga biaya produksi. Proses pengadaan bahan baku dan distribusi produk dapat dilakukan via laut maupun darat. Pelabuhan ekspor dan impor dapat dilakukan di Pelabuhan Mamuju (Badan Pusat Statistik Kabupaten Mamuju, 2024).

## 1.8 Tinjauan Pustaka

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

*Palm Oil Mill Effluent* atau POME merupakan limbah cair dari kelapa sawit yang berasal dari pemurnian minyak mentah. Jika dibandingkan dengan limbah lain yang dihasilkan dari pengolahan kelapa sawit, POME memiliki persentase yang paling besar diantaranya yang lainnya. Limbah POME sebenarnya tidak beracun. Namun, limbah ini memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap lingkungan disebabkan adanya *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD). Kedua komposisi ini merupakan karakteristik utama dari POME yang dapat merusak lingkungan, karena dampaknya yang sangat berbahaya bagi

lingkungan. Seharusnya limbah POME ini harus dilakukan *treatment* yang bertujuan untuk mengurangi dampak kerusakan yang akan ditimbulkan pada lingkungan. Dampak utama yang dapat ditimbulkan pada lingkungan yaitu rusaknya ekosistem air yang akan menyebabkan terganggunya organisme akuatik yang ada. Hal ini juga merupakan dampak buruk bagi perusahaan tersebut, karena perusahaan kelapa sawit membutuhkan air dalam jumlah yang cukup besar untuk mengekstraksi Tandan Buah Segar (TBS) sampai menjadi minyak sawit mentah. Agar limbah ini tidak menjadi dampak buruk bagi perusahaan, maka POME dimanfaatkan salah satunya sebagai bahan dasar dalam pembuatan biodiesel. Untuk mengubah POME menjadi biodiesel menggunakan proses esterifikasi dan transesterifikasi. Biodiesel yang dihasilkan dari proses ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi di industri yang membutuhkan (Lanovia et al., 2015).

### **1.8.2 Biodiesel**

Biodiesel adalah bahan bakar alternatif yang dihasilkan oleh reaksi kimia antara minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol rantai pendek, misalnya methanol, etanol, atau butanol dengan dibantu katalis, proses ini disebut transesterifikasi. Dari sudut pandang lingkungan, penggunaan biodiesel memiliki beberapa keuntungan misalnya dapat mereduksi emisi karbon monoksida dan karbon dioksida, *non-toxic* dan biodegradable. Diharapkan biodiesel dapat mereduksi penggunaan bahan bakar fosil (Julianti et al., 2014).

### **1.8.3 Pertimbangan Pemilihan Proses**

Terdapat beberapa alternatif teknologi proses untuk produksi biodiesel. Salah satunya yaitu mikroemulsi, yakni dispersi termal stabil dari cairan tak bercampur yang distabilkan menggunakan surfaktan atau kosurfaktan untuk produksi biodiesel. Namun, produk yang dihasilkan menggunakan metode ini cenderung menghasilkan karbon lebih tinggi dan endapan pada ujung injektor, katup masuk dan bagian atas silinder selama penggunaan di mesin karena viskositas yang lebih tinggi, volatilitas yang lebih rendah dan reaktivitas karakteristik rantai

hidrokarbon tak jenuh. Kondisi ini pada akhirnya dapat menyebabkan terjepitnya jarum injeksi dan pembakaran yang tidak sempurna.

Teknologi proses biodiesel lainnya yaitu *thermal cracking* atau pirolisis, yakni proses konversi yang melibatkan pemanasan dalam ketiadaan oksigen atau dengan penggunaan katalis.

Sulit untuk mengontrol produk utama pirolisis karena prosesnya bergantung pada kondisi eksperimental seperti waktu tinggal, panas, suhu reaksi, dan laju pemanasan. Fenomena ini dapat menyebabkan terbentuknya senyawa kimia yang tidak diinginkan seperti belerang, air dan residu yang dapat menyebabkan korosi pada mesin (Latisya, 2022).

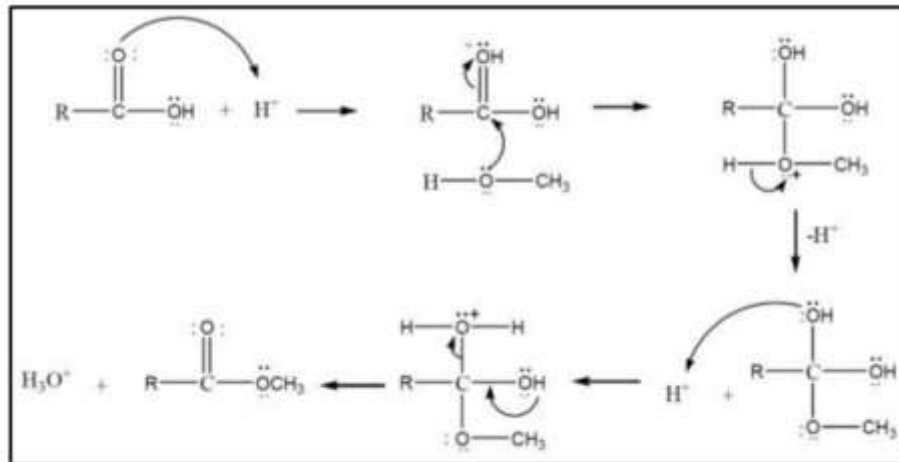
Teknologi lainnya pada proses produksi biodiesel yaitu esterifikasi dan transesterifikasi dimana teknologi ini yang paling umum digunakan pada proses pengolahan biodiesel dengan bahan baku CPO (*Crude Palm Oil*).

#### **1.8.4 Proses Pembuatan Biodiesel**

Pada umumnya biodiesel disintesis dari ester asam lemak dengan rantai karbon antara C6 - C22. Minyak kelapa sawit dan minyak jarak pagar yang kaya akan trigliserida merupakan sumber potensial untuk pembuatan biodiesel ini, dimana trigliseridanya memiliki viskositas dinamik yang sangat tinggi dibandingkan dengan solar. Rantai karbon biodiesel bersifat sederhana, berbentuk lurus dengan dua buah atom oksigen pada tiap cabangnya (mono alkil ester), sehingga lebih mudah didegradasi oleh bakteri dibandingkan dengan rantai karbon petrodiesel, yang bersifat lebih kompleks, dengan ikatan rangkap dan banyak cabang (Putri, n.d.).

##### **1.8.4.1 Proses Esterifikasi**

Esterifikasi dapat dianggap sebagai transformasi asam karboksilat atau turunannya menjadi ester. Reaksi esterifikasi adalah suatu reaksi antara asam karboksilat dan alkohol membentuk ester, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.2 Esterifikasi dikatalisis asam dan bersifat dapat balik (Fessenden 1982).

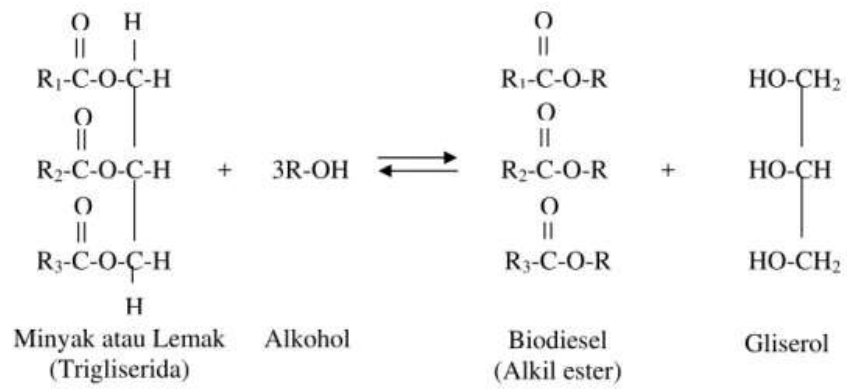


Gambar 1. 2 Esterifikasi dikatalisis asam dan bersifat dapat balik

Esterifikasi biasa dilakukan untuk membuat biodiesel dari minyak berkadar asam lemak bebas tinggi (5 mg-KOH/g) dan biasa diikuti dengan tahap transesterifikasi. Sebelum produk esterifikasi diumpankan ke tahap transesterifikasi, air, methanol yang tidak bereaksi dan bagian katalis yang dikandung harus disingkirkan (Afandi, 2008).

#### 1.8.4.2 Proses Transesterifikasi

Transesterifikasi merupakan cara yang lazim digunakan untuk mengubah sifat-sifat dari minyak nabati sehingga bisa digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel. Transesterifikasi adalah proses pemisahan *fatty acid* dari gliserol menjadi *fatty acid ester* dan gliserol bebas. Reaksi terjadi dengan mereaksikan trigliserida dengan alkohol rantai pendek seperti methanol atau etanol menghasilkan metil ester asam lemak atau biodiesel dan gliserol (gliserin) sebagai produk samping, biasanya digunakan natrium hidroksida (NaOH) atau kalium hidroksida (KOH) sebagai katalisator.



Gambar 1. 3 Reaksi Kimia Proses Transesterifikasi

## BAB XI

### KESIMPULAN

Hasil analisis pada Prarancangan Pabrik Biodiesel dari *Palm Oil Mill Effluent* (POME) Kapasitas 120.000 Ton/Tahun diperoleh beberapa Kesimpulan, yaitu :

1. Pabrik direncanakan beroperasi selama 330 hari/tahun dengan kapasitas produksi 120.000 ton/tahun.
2. Proses yang dipilih untuk pembuatan biodiesel, yaitu proses esterifikasi dan transesterifikasi dengan konsentrasi produk akhir 97%.
3. Bahan baku yang digunakan dalam proses pembuatan biodiesel adalah *Palm Oil Mill Effluent* (POME) atau limbah cair dari proses pembuatan minyak kelapa sawit.
4. Lokasi pabrik direncanakan didirikan di Kecamatan Sarudu, Kabupaten Mamuju, Sulawesi Barat yang merupakan daerah kawasan pembuatan minyak kelapa sawit. Bentuk badan usaha yang direncanakan adalah Perseroan Terbatas (PT), dengan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan sekitar 156 orang yang terbagi dua kategori, yakni *shift* dan *non shift*.
5. Hasil analisis ekonomi yang diperoleh , yaitu :
  - a. *Total Capital Investment* (TCI) : Rp. 2.826.088.335.465,05
  - b. *Sales cost* : Rp 1.865.853.276.041,62
  - c. *Laba bersih* : Rp 294.906.261.489,13
  - d. *Pay Out Time* (POT) : 4,014 Tahun
  - e. *Break Even Point* (BEP) : 56,83%
2. Berdasarkan hasil pertimbangan dari data di atas , maka dapat disimpulkan bahwa Prarancangan Pabrik Biodiesel dari *Palm Oil Mill Effluent* (POME) Kapasitas 120.000 Ton/Tahun ini layak untuk didirikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, A. (2008). Simulasi Proses Pembuatan Biodisel Dengan Bantuan CHEMCAD Menggunakan Metode Hybrid. In *Universitas Indonesia: Fakultas Teknik*.
- Benedict, J. J., & Heilmayr, R. (2024). *Trase: Indonesian palm oil exports and deforestation*. SEI. <https://www.sei.org/features/indonesian-palm-oil-exports-and-deforestation/>
- Brownell, & young. (1959). *Salinan Brownell\_Process\_Equipment\_Design\_Handb.pdf*.
- Coulson, & Richardson's. (1999). *No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析*Title.
- Data, R. U. S. A. (2009). ( 12 ) *United States Patent ( 10 ) Patent No .: 2(12)*.
- Devita, L., Penyuluhan, S. T., & Medan, P. (2015). Biodiesel Sebagai Bioenergi Alternatif dan Prospektif. *Agrica Ekstensia*, Vol. 9 No., 23–26.
- Engineering, C. (1963). *The Chemical Engineering Plant Cost Index*. Engineering, Chemical. [www.chemengonline.com/pci](http://www.chemengonline.com/pci)
- Geankopolis, C. J. (1993). Rate Of Drying Curves. In *Transport Process and Unit Operations* (p. 538).
- HR, Y. (2014). *E-Learning Keselamatan dan Kesehatan Kerja* (Vol. 17).
- Itokindo. (2020a). *Safety Data Sheet-Asam Sulfat-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-32-96%*. Manajemen

Modern Dan Kesehatan Masyarakat. [https://www.itokindo.org/?wpfb\\_dl=685](https://www.itokindo.org/?wpfb_dl=685)

Itokindo. (2020b). *SDS-Caustic Soda-NaOH*. Manajemen Modern Dan Kesehatan Masyarakat.

[https://www.itokindo.org/download/manajemen\\_modern/MSDS/SDS -  
Caustic Soda - NaOH.pdf](https://www.itokindo.org/download/manajemen_modern/MSDS/SDS-Caustic-Soda-NaOH.pdf)

Joshi, M. . (1976). *Process Equipment Design*.  
<https://www.scribd.com/doc/286017288/Process-Equipment-Design-by-M-v-Joshi>

Julianti, N. K., Wardani, T. K., Gunardi, I., & Roesyadi, A. (2014). Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit RBD dengan Menggunakan Katalis Berpromotor Ganda Berpenyangga  $\gamma$ -Alumina( $\text{CaO/MgO/ } \gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ ) dalam Reaktor Fluidized Bed. *Jurnal Teknik Pomits*, 3(2), 143–148.

Kern's. (1983). *Process Heat Transfer*. <https://doi.org/10.1615/ihtc9.2000>

Lanovia, C., Berlian, R., Christian, R., Lingkungan, J. T., & Biologi, J. (2015). *Pengolahan limbah pome menggunakan teknik anaerobic digestion*.

Latisya, S. (2022). *TEKNOLOGI PROSES UNTUK PRODUKSI BIODIESEL BERBASIS MINYAKKELAPA SAWIT*.  
<https://www.scribd.com/document/636406866/Review-Biodiesel>

Luthfi B, A. (2020). *Material Safety Data Sheet (MSDS) dan Tanda Bahaya Bahan Kimia*. <https://www.scribd.com/document/501135594/Aufaa-Luthfi-B-185090100111052-BiologiA-Laporan-Topik1-MSDS>

Matches. (2014). *Equipment Cost*. Matches. <https://www.matche.com/default.html>

McKeon, T. A. (2005). Transgenic Oils. In *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*. <https://doi.org/10.1002/047167849x.bio083>

Megyesy, E. R. (2008). *Pressure Vessel Handbook Fourteenth Edition*. Scribd. <https://www.scribd.com/document/427735232/Pressure-Vessel-Handbook-Fourteenth-Edition-Eugene-r-Megyesy>

Mulana, F. (2011). *Penggunaan Katalis NaOH dalam Proses Transesterifikasi Minyak Kemiri menjadi Biodiesel*. 8(2).

Nadya Pasha, Anjanetta. Azwaruddin, D. (2020). *PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI PALM OIL MILL EFFLUENT (POME) MENGGUNAKAN KATALIS ASAM SULFAT PADA REAKSI ESTERIFIKASI DAN NATRIUM HIDROKSIDA PADA REAKSI TRANSESTERIFIKASI DENGAN KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN*.

PCT, W. (2016). *Wash Tank.pdf* (p. 3).

Peters, M. S., & Timmerhaus, K. D. (1991). *PDandEforC Engineers.pdf*. In *Plant design and economics for chemical engineers*.

Produsen Biofuel Indonesia, A. (2024). *Realisasi Implementasi Biodiesel*. <https://www.aprobi.or.id/wp-content/uploads/web-01-1.png>

Putri, R. S. (n.d.). *Biodiesel*. Retrieved January 28, 2025, from [https://www.academia.edu/27523157/Biodiesel\\_docx](https://www.academia.edu/27523157/Biodiesel_docx)

Rase, H. F. (1977). *Chemical reactors--Design and Construction*.

<https://lib.ui.ac.id/detail?id=20299339&lokasi=lokal>

Sarwanto, D., Nugraheni, I. K., & Bp, A. A. (2020). *EVALUASI KADAR ASAM LEMAK BEBAS PADA PALM OIL MILL EFFLUENT ( POME ) SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN BIODISEL* *Evaluation of Free Fatty Acids in Palm Mill Effluent ( POME ) As Raw Material for Biodiesel* *Evaluasi Kadar Asam Lemak Bebas pada Palm Oil Mill Efflue*. 14(2), 99–107.

Sawitkita, R. (2023). *POME, Limbah Cair Sawit yang Berpotensi Jadi Sumber Energi Terbarukan*. <https://sawitkita.id/pome-limbah-cair-sawit-yang-berpotensi-jadi-sumber-energi-terbarukan/>

Standar Nasional Indonesia. (2015). *SNI 7182-2015 Yogi PDF*. Scribd. <https://www.scribd.com/document/367509173/30583-SNI-7182-2015-yogi-pdf>

Ulrich Gael D. (1984). *Buku\_Ulrich\_A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics-pdf.pdf*. 484.

Walas. (1990). *A unified model for trajectory data warehouses: Use cases*. 2014 *World Congress on Computer Applications and Information Systems, WCCAIS 2014*. <https://doi.org/10.1109/WCCAIS.2014.6916547>

Yaws, C. L. (1999). *Chemical Properties Handbook*. <https://id.scribd.com/document/426037778/358549782-Yaws-chemical-properties-handbook-pdf-pdf>

Yusnitati, Nabila Anindita, H., Adha, A., Septriana, D., Bagus Priambodo, T., Dwi

Hastuti, Z., Santoso, E., Wulandari, W., Zuldian, P., Primeia, S., Baruji, T., Yurismono, H., Husodo Prasetyo, D., Sumbogo Murti, S. D., Pati Senda, S., & Saputra, H. (2025). *Biohydrogen production from palm oil mill effluent (POME) in Indonesia: Potential, challenges, and prospects*. ScienceDirect. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S036031992404967X>

Zevilla, M. F., Nugroho, W. A., & Djojowasito, G. (2015). Pengukuran Efektivitas Mesin Rotary Vacuum Filter dengan Metode Overall Equipment Effectiveness Measurement of Rotary Vacuum Filter Machine ' s Effectiveness Using Overall Equipment Effectiveness Method ( Case Study : PT . PG . Candi Baru Sidoarjo ). *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis Dan Biosistem UB*, 3(3), 249–258.

