

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi dunia terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk, perkembangan industri, dan peningkatan sektor transportasi. Namun, ketergantungan terhadap bahan bakar fosil menimbulkan dua permasalahan utama, yaitu keterbatasan cadangan sumber daya dan peningkatan emisi gas rumah kaca yang berdampak terhadap perubahan iklim global. Penggunaan bahan bakar berbasis minyak bumi menghasilkan emisi karbon dioksida (CO₂), nitrogen oksida (NO_x), dan partikulat yang berkontribusi terhadap degradasi lingkungan. Oleh karena itu, pengembangan energi terbarukan menjadi langkah strategis dalam mendukung ketahanan energi dan keberlanjutan lingkungan (Atabani, dkk 2022)

Salah satu energi terbarukan yang berkembang pesat adalah biodiesel, yaitu bahan bakar nabati yang tersusun atas metil ester asam lemak (*Fatty Acid Methyl Ester*/FAME) yang dihasilkan melalui reaksi transesterifikasi antara trigliserida minyak nabati dan alkohol, umumnya metanol. Biodiesel memiliki karakteristik yang mirip dengan solar, bersifat *biodegradable*, bebas sulfur, dan mampu menurunkan emisi gas buang dibandingkan bahan bakar diesel konvensional (Silitonga dkk., 2021). Proses transesterifikasi merupakan metode yang paling umum digunakan dalam produksi biodiesel karena mampu menghasilkan konversi ester yang tinggi dengan kondisi operasi relatif ringan (Leung dkk., 2020).

Indonesia merupakan produsen *Crude Palm Oil* (CPO) terbesar di dunia dengan produksi mencapai lebih dari 47 juta ton per tahun (Kementerian Pertanian RI, 2023). Ketersediaan bahan baku CPO yang melimpah menjadikan Indonesia memiliki potensi besar dalam pengembangan industri biodiesel berbasis sawit. Pemerintah Indonesia juga telah menerapkan kebijakan mandatori biodiesel B35 dan meningkatkan target menjadi B40 pada tahun 2025 guna mengurangi impor solar dan meningkatkan bauran energi terbarukan nasional (Kementerian ESDM, 2024). Program ini diproyeksikan meningkatkan kebutuhan biodiesel secara signifikan, sehingga diperlukan peningkatan kapasitas produksi dalam negeri.

Dalam proses produksi biodiesel, pemilihan katalis sangat berpengaruh terhadap efisiensi reaksi dan kualitas produk. Katalis basa homogen seperti sodium methylate (NaOCH_3) diketahui memiliki aktivitas katalitik yang tinggi dan mampu menghasilkan konversi metil ester yang lebih besar dibandingkan katalis basa konvensional seperti NaOH atau KOH , dengan pembentukan sabun yang lebih rendah (Niju dkk., 2021). Selain itu, penggunaan *sodium methylate* memungkinkan waktu reaksi yang lebih singkat dan efisiensi proses yang lebih baik dalam skala industri (Zhang dkk., 2022).

Berdasarkan peningkatan kebutuhan biodiesel nasional, ketersediaan bahan baku CPO yang melimpah, serta keunggulan teknis penggunaan katalis sodium *methylate* dalam proses transesterifikasi, maka pendirian pabrik metil ester dari CPO dan metanol menjadi suatu langkah yang strategis dan prospektif. Prarancangan pabrik ini dilakukan untuk mengevaluasi aspek teknis dan ekonomis guna memastikan kelayakan pendirian pabrik dalam mendukung ketahanan energi nasional serta peningkatan nilai tambah komoditas kelapa sawit.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari prarancangan pabrik ini sebagai berikut:

1. Apakah pembangunan pabrik metil ester dapat memenuhi kebutuhan di Indonesia?
2. Apakah pembangunan pabrik metil ester dengan kapasitas 500.000 ton/tahun layak didirikan di Indonesia?

1.3 Tujuan Pra Rancangan Pabrik

Prarancangan pabrik pembuatan metil ester ini disusun sebagai sarana penerapan disiplin ilmu Teknik Kimia, khususnya pada mata kuliah Operasi Teknik Kimia, Instrumentasi Proses, Perancangan Alat Proses, serta Perancangan Proses Pabrik Kimia. Melalui prarancangan ini diharapkan dapat diperoleh gambaran mengenai kelayakan teknis dan konseptual pendirian pabrik metil ester.

Selain sebagai bentuk penerapan keilmuan, prarancangan pabrik ini juga bertujuan untuk mendukung pemenuhan kebutuhan energi nasional, khususnya

bahan bakar diesel yang cenderung meningkat seiring dengan perkembangan sektor industri. Selama ini, sebagian kebutuhan bahan bakar diesel masih dipenuhi melalui impor dari negara lain. Oleh karena itu, pendirian pabrik metil ester diharapkan dapat menjadi alternatif substitusi bahan bakar diesel sekaligus memiliki potensi untuk dikembangkan ke arah ekspor. Selain itu, diharapkan dengan berdirinya pabrik ini akan memberi lapangan pekerjaan dan memicu peningkatan produktivitas rakyat yang pada akhirnya akan meningkatkan kesejahteraan rakyat.

1.4 Manfaat Pra Rancangan Pabrik

Adapun manfaat pendirian pabrik metil ester adalah:

1. Memberikan gambaran dan informasi mengenai rancangan pabrik pembuatan metil ester dari *Crude Palm Oil* (CPO) melalui proses transesterifikasi dengan kapasitas produksi sebesar 500.000 ton per tahun.
2. Menganalisis kelayakan pendirian pabrik pembuatan metil ester tersebut, baik dari aspek teknis maupun konseptual.
3. Mendukung pemenuhan kebutuhan konsumsi bahan bakar diesel dalam negeri serta sebagai upaya mengantisipasi kelangkaan bahan bakar fosil di masa mendatang.

1.5 Batasan Masalah

Prarancangan pabrik metil ester, penyusun membatasi pada pemilihan bahan baku utama yaitu *Crude Palm Oil* (CPO) menggunakan proses transesterifikasi, neraca massa, neraca energi, spesifikasi peralatan, tugas khusus, unit utilitas, kapasitas prarancangan pabrik, analisa ekonomi, Aspen *Hysys* dan P&ID.

1.6 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku pembuatan biodiesel terdiri dari *Crude Palm Oil* (CPO) yang diperoleh dari pabrik kelapa sawit di wilayah Aceh dan sekitarnya sehingga ketersediaannya relatif melimpah di sekitar lokasi pendirian pabrik. Sementara itu, metanol diperoleh dari distributor metanol yang berlokasi di Kota Medan, Sumatera Utara.

1.6.1 Ketersediaan CPO

Berdasarkan Data Sertifikasi ISPO Indonesia 2024 dan PASPI 2025, Berikut kapasitas CPO di beberapa pabrik kelapa sawit yang terdapat Provinsi Aceh dan sekitar dapat dilihat pada Tabel 1.1:

Tabel 1.1 Produksi CPO di Provinsi Aceh dan Sekitar.

Perusahaan	Produksi CPO (Ton/Tahun)
PT. Ika Bina Agro Wisesa	39.564,00
PT. Seuramoe Agro Persada	27.022,00
PT. Perkasa Subur Sakti	20.412,00
PT. Socfindo Kebun Sei Liput	15.014,51
PT. Syaukath Sejahtera	42.123,00
PT. Syaukath Agro	31.435,00
PT. Sisirau	678,00
PT. Socfindo Kebun Mata Pao	7.391,00
PT. Karya Serasi Jaya Abadi	7.866,00
PT. Socfin Indonesia Kebun Seumayam	24.502,59
PT. Socfin Indonesia Kebun Seunagan	19.532,82
PT. Socfindo Kebun Bangun Bandar	19.793,21
PT. Ujong Neubok Dalam	1.724,67
PT. Fajar Baizury & Brothers	21.757,00
PT. Perkebunan Lembah Bhakti	19.413,00
PT. PP London Sumatra Indonesia	42.633,00
PT. Aceh Trumon Anugerah Kita	39.849,26
PT. Karya Tanah Subur	14.140,28
PTPN I, Cot Girek	71.280,00
PTPN I, Blang Tualang	47.520,00
Total	513.651,34

(Sumber: ISPO 2024 & PASPI 2025).

Berdasarkan Tabel 1.1 dapat dilihat bahwa terdapat beberapa pabrik kelapa sawit di Provinsi Aceh dan daerah sekitarnya yang memproduksi *Crude Palm Oil* (CPO) dengan kapasitas produksi yang cukup besar. Total produksi CPO dari beberapa perusahaan yang tercantum pada tabel mencapai sekitar 513.651,34 ton per tahun. Hal ini menunjukkan bahwa ketersediaan bahan baku CPO di wilayah tersebut cukup melimpah dan berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam industri pengolahan lanjutan, salah satunya adalah produksi biodiesel.

Selain itu, keberadaan beberapa perusahaan perkebunan dan pabrik kelapa sawit seperti PT. Syaukath Sejahtera, PT. Tika Bina Agro Wisesa, PTPN I Cot Girek, dan PTPN I Blang Tualang menunjukkan bahwa wilayah Aceh memiliki potensi yang besar dalam penyediaan bahan baku CPO secara berkelanjutan. Dengan adanya pasokan bahan baku dari berbagai sumber tersebut, risiko kekurangan bahan baku dapat diminimalkan sehingga proses produksi biodiesel dapat berjalan secara kontinu.

1.6.2 Ketersediaan Metanol

Ketersediaan metanol untuk kebutuhan proses produksi biodiesel direncanakan diperoleh dari distributor bahan kimia industri di wilayah Sumatera Utara, khususnya Kota Medan. Kota Medan merupakan salah satu pusat distribusi bahan kimia industri di wilayah Sumatera bagian utara sehingga pasokan bahan kimia relatif mudah diperoleh dan didistribusikan ke daerah sekitarnya termasuk Aceh. Beberapa perusahaan yang menyediakan bahan kimia industri termasuk metanol antara lain PT Pertamina Patra Niaga, PT Dover Trading Indonesia, serta distributor bahan kimia seperti Chemindo Multi Indosukses yang melayani distribusi metanol untuk berbagai kebutuhan industri. Metanol dipasarkan dalam berbagai kemasan seperti drum maupun tangki *bulk* sehingga memudahkan distribusi dalam jumlah besar untuk kebutuhan industri.

Dengan memanfaatkan pasokan metanol dari distributor di Medan, proses pengadaan bahan baku dapat dilakukan dengan lebih efisien baik dari segi waktu maupun biaya transportasi. Selain itu, jaringan distribusi petrokimia di wilayah Sumatera bagian utara juga mendukung ketersediaan metanol untuk industri, termasuk industri biodiesel yang membutuhkan metanol sebagai bahan baku utama

dalam proses produksinya. Dengan demikian, kebutuhan metanol untuk operasional pabrik biodiesel di Aceh dapat dipenuhi secara berkelanjutan.

1.7 Penentuan Kapasitas Pabrik dan Ekstrapolasi

Kapasitas pabrik memainkan peran krusial dalam perencanaan pendirian pabrik, karena secara langsung memengaruhi analisis teknis maupun ekonomis. Meskipun kapasitas yang lebih besar berpotensi menghasilkan keuntungan lebih tinggi, penentuannya harus mempertimbangkan berbagai faktor pendukung lainnya, seperti ketersediaan bahan baku, permintaan pasar, dan efisiensi operasional. Pabrik biodiesel yang dirancang direncanakan berdiri pada tahun 2029 sebesar 500.000 ton/tahun.

1.7.1 Data Produksi Biodiesel

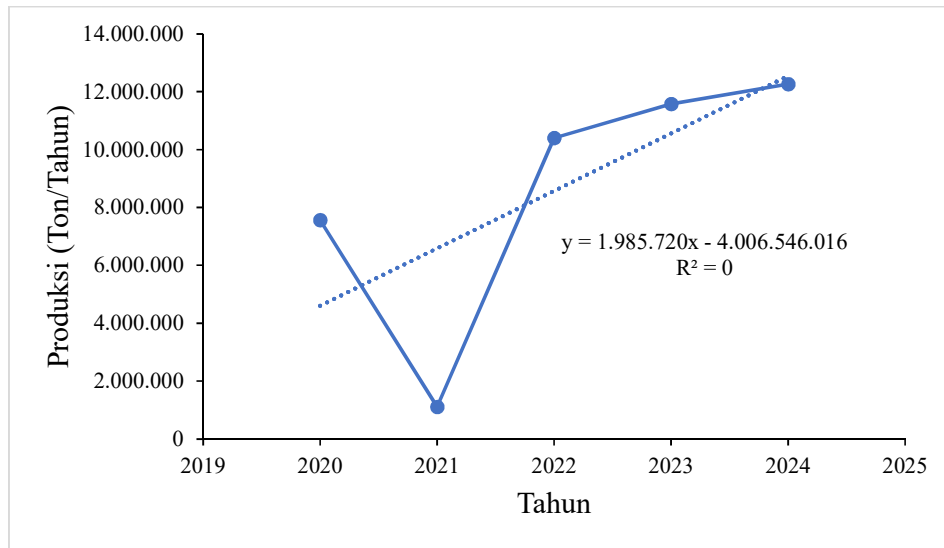
Berdasarkan data yang didapat dari Asosiasi Produsen *Biofuel* Indonesia (APROBI), berikut ini adalah data produksi biodiesel dari tahun 2020-2024 dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Data Produksi Biodiesel di Indonesia.

Tahun	Produksi (Ton)
2020	7.562.720
2021	1.107.040
2022	10.398.080
2023	11.572.880
2024	12.258.400

(Sumber: APROBI, 2026).

Produksi biodiesel di Indonesia menurut data APROBI (2026) pada tahun 2020-2024) dapat dilihat pada Gambar 1.1:



Gambar 1.1 Grafik Produksi Biodiesel di Indonesia.

Berdasarkan Gambar 1.1 perkembangan produksi biodiesel terus mengalami kenaikan dari tahun 2020 sebesar 7.562.720 ton hingga tahun 2024 sebesar 12.258.400 ton. Dari grafik dengan metode regresi linear, maka didapat persamaan :

$$y = 1.985.720x - 4.006.546.016$$

Keterangan : x = Tahun

y = Kebutuhan Produksi Biodiesel

Pabrik biodiesel ini direncanakan beroperasi pada tahun 2029, sehingga untuk mencari kebutuhan volume produksi biodiesel pada tahun 2029, maka:

$$x = 2029$$

$$y = 1.985.720x - 4.006.546.016$$

$$y = 1.985.720(2029) - 4.006.546.016$$

$$y = 22.479.864 \text{ ton}$$

Sehingga diperkirakan kebutuhan produksi biodiesel pada tahun 2029 adalah sebesar 22.479.864 ton/tahun.

1.7.2 Data Konsumsi Biodiesel di Indonesia

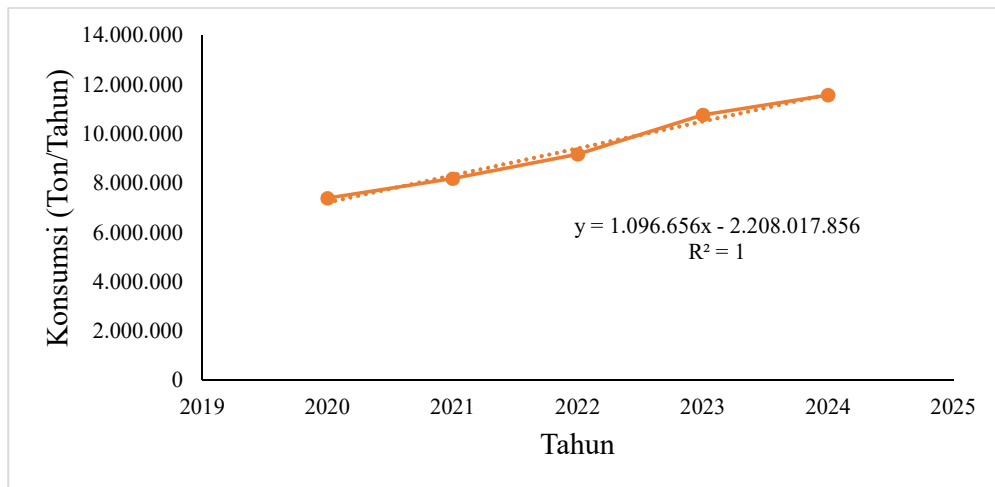
Berdasarkan data dari Asosiasi Produsen *Biofuel* Indonesia (APROBI), data konsumsi biodiesel dari tahun 2020-2024 dapat dilihat pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3 Data Konsumsi Biodiesel di Indonesia.

Tahun	Konsumsi (Ton)
2020	7.392.000
2021	8.180.480
2022	9.178.400
2023	10.772.960
2024	11.579.040

(Sumber: APROBI, 2026).

Konsumsi biodiesel di Indonesia menurut data APROBI pada tahun 2020-2024 dapat dilihat pada Gambar 1.2.

**Gambar 1.2** Grafik Konsumsi Biodiesel di Indonesia.

Berdasarkan Gambar 1.1, perkembangan konsumsi biodiesel terus mengalami kenaikan dari tahun 2020 sebesar 7.392.000 ton hingga tahun 2024 sebesar 11.579.040 ton. Dari grafik dengan metode regresi *linear*, maka didapat persamaan sebagai berikut:

$$y = 1.096.656x - 2.208.017.856$$

Keterangan : x = Tahun

y = Kebutuhan

Produksi pabrik biodiesel ini direncanakan beroperasi pada tahun 2029, sehingga untuk mencari kebutuhan volume konsumsi biodiesel pada tahun 2029, maka:

$$\begin{aligned}
 x &= 2029 \\
 y &= 1.096.656x - 2.208.017.856 \\
 y &= 1.096.656(2029) - 2.208.017.856 \\
 y &= 17.097.168 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Sehingga diperkirakan kebutuhan konsumsi biodiesel pada tahun 2029 adalah sebesar 17.097.168 ton/tahun.

1.7.3 Data Konsumsi Biodiesel di Dunia

Berdasarkan data konsumsi biodiesel dunia yang diperoleh dari UN Data, beberapa negara di kawasan Asia menunjukkan tren peningkatan impor biodiesel. Peningkatan tersebut mencerminkan bertambahnya kebutuhan energi terbarukan, penerapan kebijakan penggunaan bahan bakar ramah lingkungan, serta keterbatasan kapasitas produksi domestik di masing-masing negara. Kondisi ini membuka peluang yang cukup besar bagi Indonesia sebagai salah satu produsen biodiesel utama dunia untuk memasok kebutuhan pasar internasional.

Untuk mengidentifikasi negara tujuan ekspor yang paling potensial, dilakukan analisis terhadap data impor biodiesel pada beberapa negara di Asia selama periode 2009-2019. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui besarnya kebutuhan impor, tren pertumbuhan pasar, serta prospek ekspor biodiesel Indonesia di masa mendatang. Negara-negara yang dianalisis dipilih berdasarkan pertumbuhan impor biodiesel yang signifikan dan potensi pasarnya yang menjanjikan.

1. Kebutuhan Impor Biodiesel di Turki

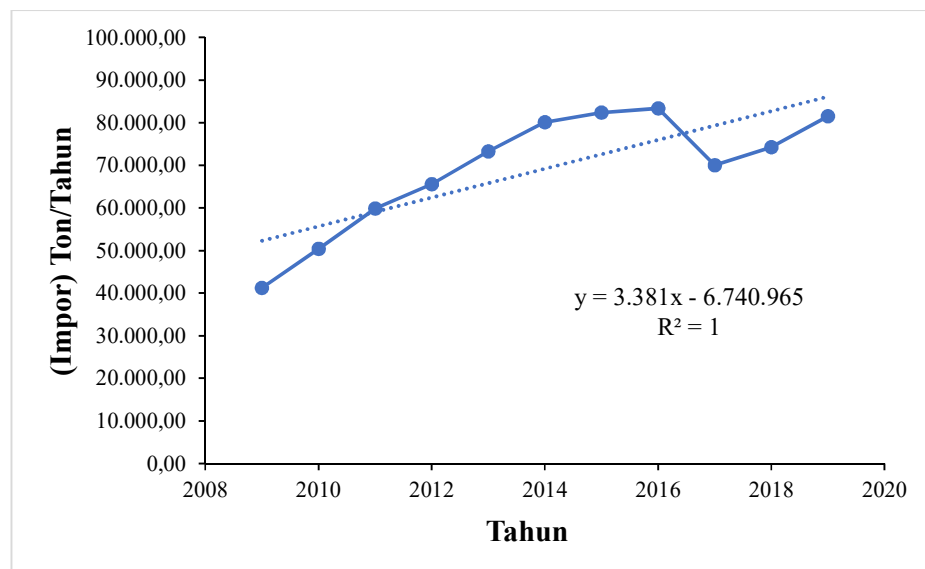
Kebutuhan impor biodiesel pada negara Turki dianalisis untuk mengetahui peluang pasar yang dapat meningkatkan nilai ekspor biodiesel Indonesia dalam perencanaan kapasitas pabrik yang akan dibangun. Data impor biodiesel di Turki pada periode tahun 2009–2019 digunakan sebagai dasar untuk melihat tren permintaan serta potensi pasar ekspor di masa mendatang, yang selanjutnya disajikan pada Tabel 1.4.

Tabel 1.4 Data Kebutuhan Impor Biodiesel di Turki.

Tahun	Impor (Ton/Tahun)
2009	41.237,00
2010	50.391,00
2011	59.846,00
2012	65.593,00
2013	73.258,00
2014	80.124,00
2015	82.367,00
2016	83.342,00
2017	69.984,00
2018	74.263,00
2019	81.527,00

(Sumber: UN Data, 2026).

Dapat dilihat pada Tabel 1.4 data kebutuhan impor biodiesel di Turki dari tahun 2009–2019, yang menunjukkan bahwa Turki masih bergantung pada biodiesel impor. Untuk mengetahui peningkatan kebutuhan biodiesel di masa mendatang, dapat dilakukan ekstrapolasi berdasarkan data impor tahun 2009–2019, yang selanjutnya dapat dilihat pada persamaan grafik gambar 1.3.

**Gambar 1.3** Grafik Kebutuhan Impor di Turki

Berdasarkan Gambar 1.3, Dari grafik dengan metode regresi *linear*, maka didapat persamaan sebagai berikut:

$$y = 3.381x - 6.740.965$$

Keterangan: y = Kebutuhan

x = Tahun

Dikarenakan pabrik ini direncanakan akan beroperasi pada tahun 2029, sehingga untuk mencari kebutuhan impor biodiesel negara Turki pada tahun 2029, maka:

$$x = 2029$$

$$y = 3.381x - 6.740.965$$

$$y = 3.381(2029) - 6.740.965$$

$$y = 119.084 \text{ ton}$$

Berdasarkan hasil yang didapat dari persamaan regresi linear diperkirakan kebutuhan impor biodiesel pada tahun 2029 mencapai 119.084 ton. Untuk mengetahui peluang ekspor biodiesel ke Turki, maka dilakukan perhitungan selisih antara kebutuhan impor pada tahun 2029 dengan data impor tahun terakhir (2019).

$$\text{Peluang ekspor} = \text{Kebutuhan impor tahun 2029} - \text{Kebutuhan impor tahun terakhir (2019)}$$

$$\text{Peluang ekspor} = 119.084 - 81.527$$

$$\text{Peluang ekspor} = 37.557$$

Dengan demikian, dapat diketahui bahwa pra-rancangan pabrik ini memiliki peluang untuk mengekspor biodiesel ke Turki pada tahun 2029 sebesar 37.557 ton.

2. Kebutuhan Impor Biodiesel di India

Kebutuhan impor biodiesel pada negara India dianalisis untuk mengetahui peluang pasar yang dapat meningkatkan nilai ekspor biodiesel Indonesia dalam perencanaan kapasitas pabrik yang akan dibangun. Data impor biodiesel di India pada periode tahun 2009–2019 digunakan sebagai dasar untuk melihat tren permintaan serta potensi pasar ekspor di masa mendatang, yang selanjutnya disajikan pada Tabel 1.5.

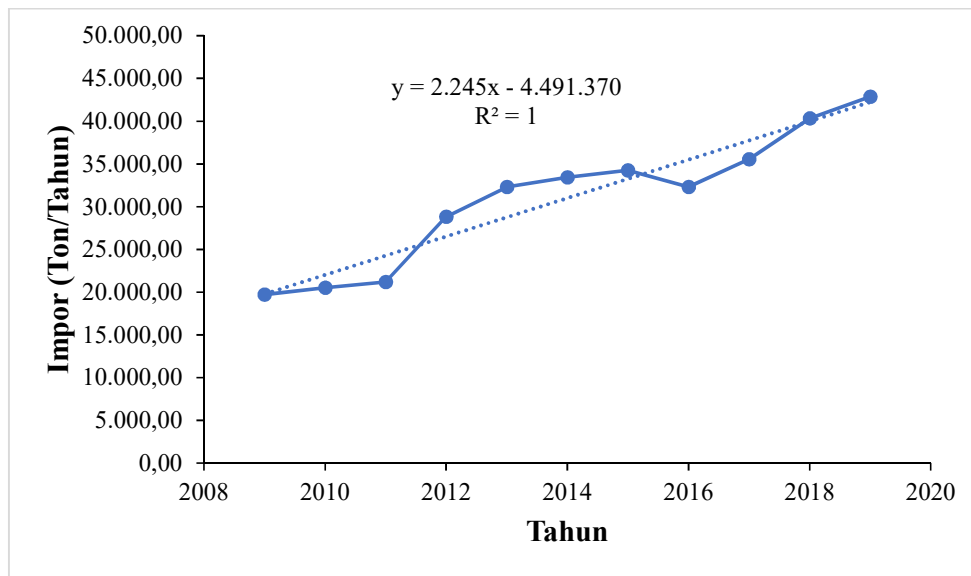
Tabel 1.5 Data Kebutuhan Impor Biodiesel di India.

Tahun	Impor (Ton/Tahun)
2009	19.723,00
2010	20.531,00

Tahun	Impor (Ton/Tahun)
2011	21.202,00
2012	28.827,00
2013	32.330,00
2014	33.422,12
2015	34.258,00
2016	32.313,97
2017	35.561,45
2018	40.333,73
2019	42.885,41

(Sumber: UN Data, 2026).

Dapat dilihat pada Tabel 1.5 data kebutuhan impor biodiesel di India dari tahun 2009–2019, yang menunjukkan bahwa India masih bergantung pada biodiesel impor. Untuk mengetahui peningkatan kebutuhan biodiesel di masa mendatang, dapat dilakukan ekstrapolasi berdasarkan data impor tahun 2009–2019, yang selanjutnya dapat dilihat pada persamaan grafik gambar 1.4.



Gambar 1.4 Grafik Kebutuhan Impor di India

Berdasarkan Gambar 1.4, Dari grafik dengan metode regresi *linear*, maka didapat persamaan sebagai berikut:

$$y = 2.245x - 4.491.370$$

Keterangan: y = Kebutuhan

x = Tahun

Dikarenakan pabrik ini direncanakan akan beroperasi pada tahun 2029, sehingga untuk mencari kebutuhan impor biodiesel negara India pada tahun 2029, maka:

$$x = 2029$$

$$y = 2.245x - 4.491.370$$

$$y = 2.245(2029) - 4.491.370$$

$$y = 63.735 \text{ ton}$$

Berdasarkan hasil yang didapat dari persamaan regresi linear diperkirakan kebutuhan impor biodiesel pada tahun 2029 mencapai 63.735 ton. Untuk mengetahui peluang ekspor biodiesel ke India, maka dilakukan perhitungan selisih antara kebutuhan impor pada tahun 2029 dengan data impor tahun terakhir (2019).
 Peluang ekspor = Kebutuhan impor tahun 2029 – Kebutuhan impor tahun terakhir (2019)

$$\text{Peluang ekspor} = 63.735 - 42.885,41$$

$$\text{Peluang ekspor} = 20.849,59$$

Dengan demikian, dapat diketahui bahwa pra-rancangan pabrik ini memiliki peluang untuk mengekspor biodiesel ke India pada tahun 2029 sebesar 20.849,59 ton.

3. Kebutuhan Impor Biodiesel di Myanmar

Kebutuhan impor biodiesel pada negara Myanmar dianalisis untuk mengetahui peluang pasar yang dapat meningkatkan nilai ekspor biodiesel Indonesia dalam perencanaan kapasitas pabrik yang akan dibangun. Data impor biodiesel di Myanmar pada periode tahun 2009–2019 digunakan sebagai dasar untuk melihat tren permintaan serta potensi pasar ekspor di masa mendatang, yang selanjutnya disajikan pada Tabel 1.6.

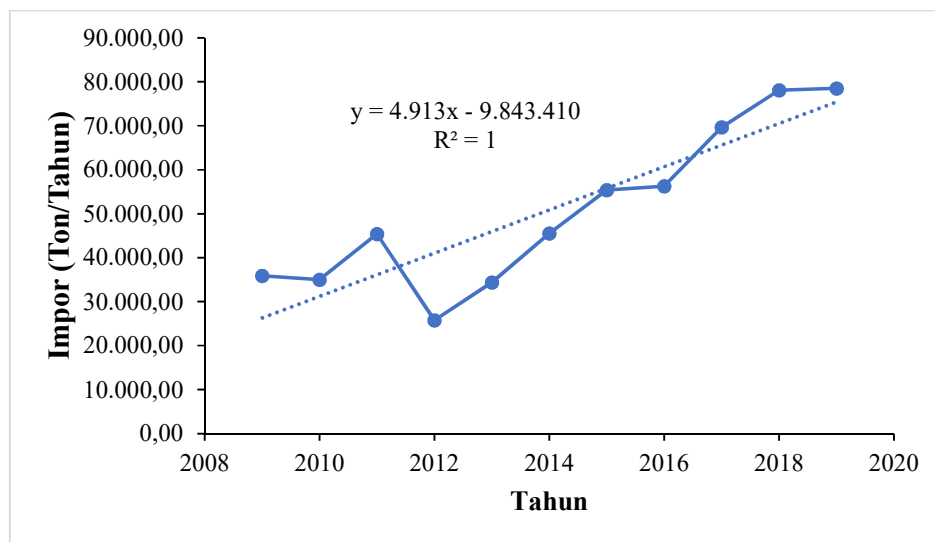
Tabel 1.6 Data Kebutuhan Impor Biodiesel di Myanmar.

Tahun	Impor (Ton/Tahun)
2009	35.877,00
2010	34.987,00
2011	45.391,00
2012	25.792,00
2013	34.356,00

Tahun	Impor (Ton/Tahun)
2014	45.531,00
2015	55.387,00
2016	56.244,00
2017	69.698,00
2018	78.059,00
2019	78.529,00

(Sumber: UN Data, 2026).

Dapat dilihat pada Tabel 1.6 data kebutuhan impor biodiesel di Myanmar dari tahun 2009–2019, yang menunjukkan bahwa Myanmar masih bergantung pada biodiesel impor. Untuk mengetahui peningkatan kebutuhan biodiesel di masa mendatang, dapat dilakukan ekstrapolasi berdasarkan data impor tahun 2009–2019, yang selanjutnya dapat dilihat pada persamaan grafik gambar 1.5.



Gambar 1.5 Grafik Kebutuhan Impor di Myanmar

Berdasarkan Gambar 1.5, Dari grafik dengan metode regresi *linear*, maka didapat persamaan sebagai berikut:

$$y = 4.913x - 9.843.410$$

Keterangan: y = Kebutuhan

x = Tahun

Dikarenakan pabrik ini direncanakan akan beroperasi pada tahun 2029, sehingga untuk mencari kebutuhan impor biodiesel negara Myanmar pada tahun 2029, maka:

$$x = 2029$$

$$y = 4.913x - 9.843.410$$

$$y = 4.913(2029) - 9.843.410$$

$$y = 125.067 \text{ ton}$$

Berdasarkan hasil yang didapat dari persamaan regresi linear diperkirakan kebutuhan impor biodiesel pada tahun 2029 mencapai 125.067 ton. Untuk mengetahui peluang ekspor biodiesel ke Myanmar, maka dilakukan perhitungan selisih antara kebutuhan impor pada tahun 2029 dengan data impor tahun terakhir (2019).

$$\text{Peluang ekspor} = \text{Kebutuhan impor tahun 2029} - \text{Kebutuhan impor tahun terakhir (2019)}$$

$$\text{Peluang ekspor} = 125.067 - 78.529$$

$$\text{Peluang ekspor} = 46.538 \text{ ton}$$

Dengan demikian, dapat diketahui bahwa pra-rancangan pabrik ini memiliki peluang untuk mengekspor biodiesel ke Myanmar pada tahun 2029 sebesar 46.538 ton.

4. Kebutuhan Impor Biodiesel di Sri Lanka

Kebutuhan impor biodiesel pada negara Sri Lanka dianalisis untuk mengetahui peluang pasar yang dapat meningkatkan nilai ekspor biodiesel Indonesia dalam perencanaan kapasitas pabrik yang akan dibangun. Data impor biodiesel di Sri Lanka pada periode tahun 2009–2019 digunakan sebagai dasar untuk melihat tren permintaan serta potensi pasar ekspor di masa mendatang, yang selanjutnya disajikan pada Tabel 1.7.

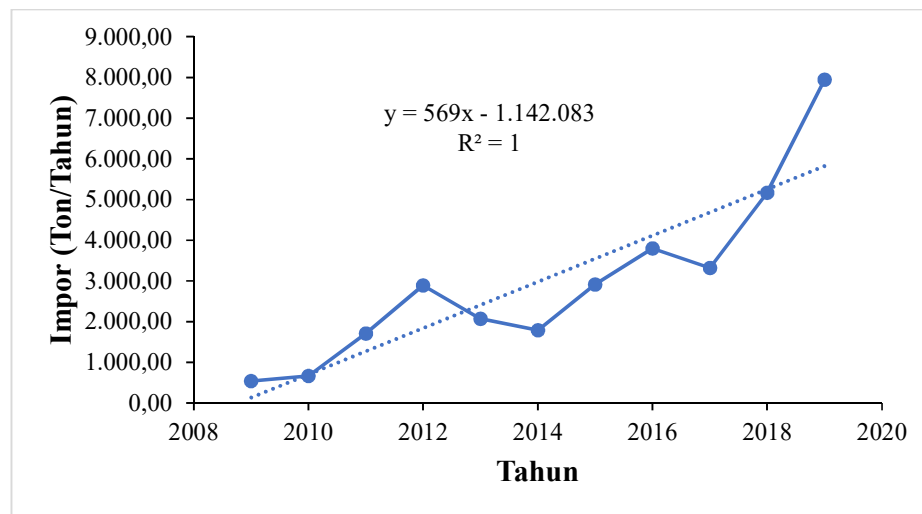
Tabel 1.7 Data Kebutuhan Impor Biodiesel di Sri Lanka.

Tahun	Impor (Ton/Tahun)
2009	538,92
2010	667,48
2011	1.712,37
2012	2.889,16
2013	2.067,48
2014	1.789,15
2015	2.912,27
2016	3.802,00

Tahun	Impor (Ton/Tahun)
2017	3.319,00
2018	5.170,00
2019	7.947,00

(Sumber: UN Data, 2026).

Dapat dilihat pada Tabel 1.7 data kebutuhan impor biodiesel di Sri Lanka dari tahun 2009–2019, yang menunjukkan bahwa Sri Lanka masih bergantung pada biodiesel impor. Untuk mengetahui peningkatan kebutuhan biodiesel di masa mendatang, dapat dilakukan ekstrapolasi berdasarkan data impor tahun 2009–2019, yang selanjutnya dapat dilihat pada persamaan grafik gambar 1.6.



Gambar 1.6 Grafik Kebutuhan Impor di Sri Lanka

Berdasarkan Gambar 1.6, Dari grafik dengan metode regresi *linear*, maka didapat persamaan sebagai berikut:

$$y = 569x - 1.142.083$$

Keterangan: y = Kebutuhan

x = Tahun

Dikarenakan pabrik ini direncanakan akan beroperasi pada tahun 2029, sehingga untuk mencari kebutuhan impor biodiesel negara Sri Lanka pada tahun 2029, maka:

$$x = 2029$$

$$y = 569x - 1.142.083$$

$$y = 569(2029) - 1.142.083$$

$$y = 12.418 \text{ ton}$$

Berdasarkan hasil yang didapat dari persamaan regresi linear diperkirakan kebutuhan impor biodiesel pada tahun 2029 mencapai 12.418 ton. Untuk mengetahui peluang ekspor biodiesel ke Sri Lanka, maka dilakukan perhitungan selisih antara kebutuhan impor pada tahun 2029 dengan data impor tahun terakhir (2019).

$$\text{Peluang ekspor} = \text{Kebutuhan impor tahun 2029} - \text{Kebutuhan impor tahun terakhir (2019)}$$

$$\text{Peluang ekspor} = 12.418 - 7.947$$

$$\text{Peluang ekspor} = 4.471 \text{ ton}$$

Dengan demikian, dapat diketahui bahwa pra-rancangan pabrik ini memiliki peluang untuk mengekspor biodiesel ke Sri Lanka pada tahun 2029 sebesar 4.471 ton.

5. Kebutuhan Impor Biodiesel di Vietnam

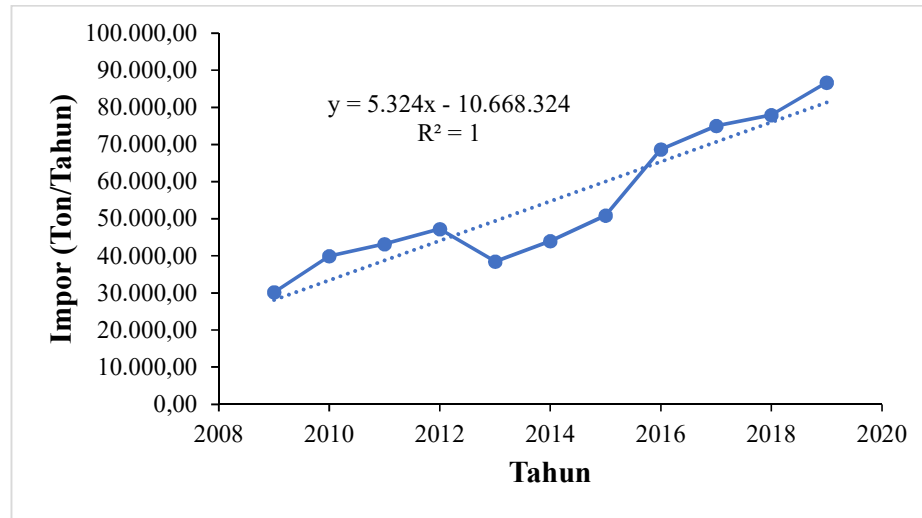
Kebutuhan impor biodiesel pada negara Vietnam dianalisis untuk mengetahui peluang pasar yang dapat meningkatkan nilai ekspor biodiesel Indonesia dalam perencanaan kapasitas pabrik yang akan dibangun. Data impor biodiesel di Vietnam pada periode tahun 2009–2019 digunakan sebagai dasar untuk melihat tren permintaan serta potensi pasar ekspor di masa mendatang, yang selanjutnya disajikan pada Tabel 1.8.

Tabel 1.8 Data Kebutuhan Impor Biodiesel di Vietnam.

Tahun	Impor (Ton/Tahun)
2009	30.217,00
2010	39.938,00
2011	43.221,00
2012	47.209,00
2013	38.441,00
2014	43.971,00
2015	50.887,00
2016	68.718,00
2017	75.075,00
2018	77.994,00
2019	86.701,00

(Sumber: UN Data, 2026).

Dapat dilihat pada Tabel 1.8 data kebutuhan impor biodiesel di Vietnam dari tahun 2009–2019, yang menunjukkan bahwa Vietnam masih bergantung pada biodiesel impor. Untuk mengetahui peningkatan kebutuhan biodiesel di masa mendatang, dapat dilakukan ekstrapolasi berdasarkan data impor tahun 2009–2019, yang selanjutnya dapat dilihat pada persamaan grafik gambar 1.7.



Gambar 1.7 Grafik Kebutuhan Impor di Vietnam

Berdasarkan Gambar 1.7, Dari grafik dengan metode regresi *linear*, maka didapat persamaan sebagai berikut:

$$y = 5.324x - 10.668.324$$

Keterangan: y = Kebutuhan

x = Tahun

Dikarenakan pabrik ini direncanakan akan beroperasi pada tahun 2029, sehingga untuk mencari kebutuhan impor biodiesel negara Vietnam pada tahun 2029, maka:

$$x = 2029$$

$$y = 5.324x - 10.668.324$$

$$y = 5.324(2029) - 10.668.324$$

$$y = 134.072 \text{ ton}$$

Berdasarkan hasil yang didapat dari persamaan regresi linear diperkirakan kebutuhan impor biodiesel pada tahun 2029 mencapai 12.418 ton. Untuk mengetahui peluang ekspor biodiesel ke Vietnam, maka dilakukan perhitungan

selisih antara kebutuhan impor pada tahun 2029 dengan data impor tahun terakhir (2019).

$$\text{Peluang ekspor} = \text{Kebutuhan impor tahun 2029} - \text{Kebutuhan impor tahun terakhir (2019)}$$

$$\text{Peluang ekspor} = 134.072 - 86,701$$

$$\text{Peluang ekspor} = 47.371 \text{ ton}$$

Dengan demikian, dapat diketahui bahwa pra-rancangan pabrik ini memiliki peluang untuk mengekspor biodiesel ke Vietnam pada tahun 2029 sebesar 47.371 ton.

1.7.4 Penentuan Target Ekspor

Target distribusi produk ke pasar Dunia khususnya Asia ditetapkan dengan mempertimbangkan prospek pertumbuhan ekonomi negara tujuan serta kapasitas produksi pabrik yang direncanakan. Alokasi volume ekspor pada tahun 2029, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.9, disusun untuk memenuhi sebagian kebutuhan impor biodiesel di Negara tersebut.

Tabel 1.9 Penentuan Target Ekspor.

Negara	Peluang Ekspor 2029 (Ton/Tahun)	Rencana Ekspor (Ton/Tahun)
Turki	37.557	36.000
India	20.849,59	20.000
Myanmar	46.538	45.000
Sri Lanka	4.471	4.000
Vietnam	47.371	45.000
Total	156.786,59	150.000

Berdasarkan tabel 1.9 bahwa pabrik biodiesel yang direncanakan dengan kapasitas produksi sebesar 500.000 ton/tahun ini memiliki potensi untuk memenuhi kebutuhan pasar domestik maupun ekspor. Berdasarkan tabel 1.9, rencana ekspor biodiesel di negara tujuan sebesar 150.000 ton/tahun atau sama dengan 30% kapasitas produksi pabrik biodiesel yang direncanakan. Sedangkan 70% kapasitas produksi sebesar 350.000 ton/tahun akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan domestik. Jika dibandingkan dengan proyeksi kebutuhan biodiesel nasional pada

tahun 2029 yang mencapai 17.097.168 ton/tahun, maka pabrik ini berkontribusi sekitar 2,047% terhadap total kebutuhan nasional.

Data mengenai persebaran pabrik biodiesel di tingkat dunia dan nasional yang tercantum pada tabel 1.10 memberikan gambaran nyata mengenai kemajuan teknologi dan skala produksi saat ini. Referensi ini digunakan sebagai acuan dalam memproyeksikan kapasitas produksi pabrik yang dirancang, guna memastikan bahwa pendirian pabrik pada tahun 2029 tetap kompetitif dan relevan dengan kebutuhan pasar di masa depan.

Tabel 1.10 Pabrik Biodiesel di Dunia.

Pabrik	Negara	Kapasitas (Ton/Tahun)
Neste Oil, Rotterdam	Belanda	800.000
Neste Oil, Singapore	Singapura	800.000
Biopetrol, Rotterdam	Belanda	650.000
Infinita Renovables, Castellon	Spanyol	600.000
Archer Daniels Midland	Jerman	580.000
Neste Oil, Porvoo	Finlandia	525.000
Ital Green Oil, Verona	Italia	360.000
Imperium Grays Harbo.r	USA	333.000
Oleoplan, Veranopolis	Brasil	333.000
ADM, Rondonopolis	Brasil	303.000
Infinita Renovables, EL Ferrol	Spanyol	300.000
Green Earth Fuels, Texas	USA	300.000
Granol, Rio Grande do Sul	Brasil	296.000
Louis Dreyfus Agricultural Industries	USA	293.000
Archer Daniels Midland	USA	283.000

(Sumber: IEA, 2013).

Tabel 1.11 Pabrik Biodiesel di Indonesia.

Pabrik	Kapasitas (Ton/Tahun)
PT. Adhitya Serayakorita	500.000
PT. Batara Elok Semesta Terpadu	679.000

PT. Bayas Biofuels	750.000
PT. Ciliandra Perkasa	250.000
PT. Darmex Biofuels	250.000
PT. Eco Prima Energi	504.000
PT. Energi Unggul Persada (Bontang)	1.221.000
PT. Energi Unggul Persada (Mempawah)	792.000
PT. Intibenua Perkasatama	385.000
PT. Jhonlin Agro Jaya	495.000
PT. Kutai Refinery Nusantara	990.000
PT. LDC Indonesia	420.000
PT. Multi Nabati Sulawesi	414.000
PT. Multimas Nabati Asahan	495.000
PT. Musim Mas (Medan)	400.000
PT. Musim Mas (Batam)	780.000
PT. Padang Raya Cakrawala	360.000
PT. Pelita Agung Agrindustri	695.000
PT. Permata Hijau Palm Oleo	363.000
PT. Sari Dumai Oleo	360.000
PT. Sari Dumai Sejati	600.000
PT. Sinarmas Bio Energy	396.198
PT. Smart, Tbk	985.500
PT. Sukajadi Sawit Mekar	350.000
PT. Tunas Baru Lampung, Tbk	875.000
PT. Wilmar Bioenergi Indonesia	1.395.000
PT. Wilmar Nabati Indonesia	1.975.500
Total	17.680.198

(Sumber: APROBI, 2026).

1.8 Seleksi Pemilihan Proses

Produksi biodiesel umumnya melibatkan dua tahap reaksi utama, yaitu esterifikasi dan transesterifikasi. Perbedaan mendasar antara keduanya terletak pada jenis katalis yang digunakan. Reaksi esterifikasi berlangsung dengan bantuan katalis asam, sedangkan reaksi transesterifikasi menggunakan katalis basa.

1.8.1 Esterifikasi

Esterifikasi merupakan reaksi antara asam lemak bebas (*Free Fatty Acid/FFA*) dengan alkohol, umumnya metanol, yang menghasilkan ester (metil ester) dan air sebagai produk samping. Pada produksi biodiesel, reaksi ini digunakan untuk menurunkan kadar FFA dalam minyak nabati sehingga mencegah terbentuknya sabun pada tahap transesterifikasi berikutnya. Proses esterifikasi biasanya menggunakan katalis asam seperti asam sulfat (H_2SO_4) atau asam klorida (HCl) yang berfungsi meningkatkan reaktivitas gugus karbonil pada asam lemak sehingga lebih mudah bereaksi dengan alkohol (Bailey, 1951).

a. Uraian Proses

Pada proses produksi biodiesel melalui reaksi esterifikasi, bahan baku yang digunakan adalah minyak nabati dengan kadar asam lemak bebas (*Free Fatty Acid/FFA*) tinggi yang direaksikan dengan metanol menggunakan katalis asam, yaitu asam sulfat (H_2SO_4). Reaksi berlangsung secara kontinu pada suhu 80°C dan tekanan 1 atm di dalam reaktor tipe *Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR). Secara umum, tahapan proses esterifikasi dapat dibagi menjadi tiga tahap utama, yaitu:

1. Tahap persiapan bahan baku

Tahap awal dalam proses esterifikasi adalah persiapan bahan baku yang meliputi minyak nabati (CPO dengan kadar FFA tinggi), metanol, dan katalis asam sulfat. Ketiga bahan tersebut disimpan dalam tangki penyimpanan pada kondisi operasi sekitar 30°C dan 1 atm dalam fase cair. Sebelum memasuki reaktor, bahan baku terlebih dahulu diproses pada unit pencampuran (*mixing*). Minyak nabati dan metanol dialirkan menuju *heater* untuk dinaikkan suhunya hingga mencapai 80°C , sesuai dengan kondisi operasi reaksi esterifikasi. Setelah mencapai suhu yang

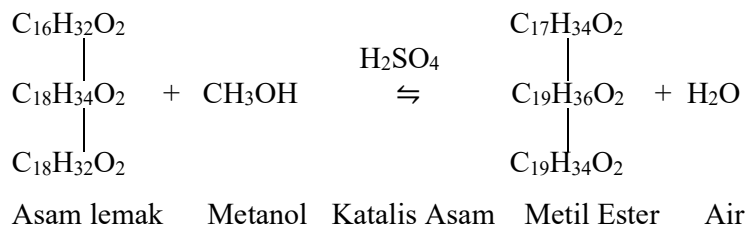
diinginkan, aliran tersebut dicampurkan dengan katalis asam sulfat sehingga terbentuk campuran reaktan yang homogen sebelum dialirkan ke dalam reaktor.

2. Tahap Pembentukan Produk

Proses esterifikasi berlangsung di dalam reaktor CSTR pada suhu operasi 80°C, tekanan 1 atm, dan waktu tinggal sekitar 1 jam. Reaksi yang terjadi merupakan reaksi antara asam lemak bebas (FFA) dengan metanol yang menghasilkan metil ester dan air sebagai produk samping. Reaksi tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut:

Reaksi Kimia

Berikut ini adalah reaksi esterifikasi asam lemak menjadi ester:

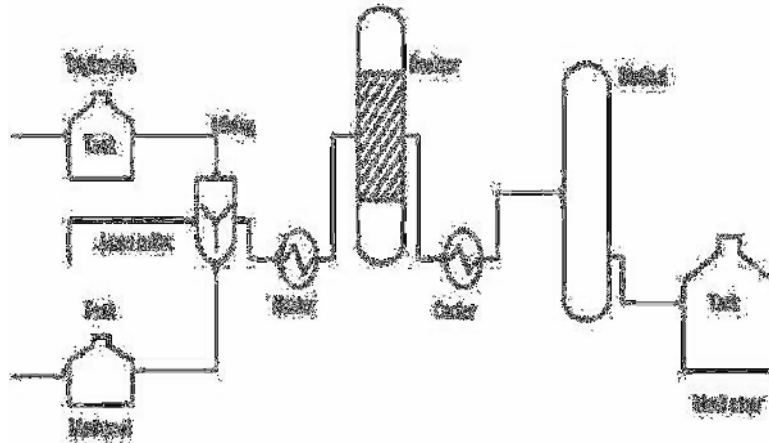


Reaksi ini bersifat *reversibel* dan berlangsung melalui mekanisme katalisis asam. Reaksi esterifikasi bersifat reversibel dan dipengaruhi oleh keberadaan air, sehingga diperlukan kondisi operasi yang tepat untuk mencapai konversi yang tinggi. Pada proses ini, konversi reaksi dapat mencapai sekitar 90%, sehingga sebagian besar FFA berhasil dikonversi menjadi metil ester. Penggunaan reaktor CSTR memungkinkan pencampuran yang baik sehingga reaksi berlangsung secara merata.

3. Tahap pemurnian Produk

Tahap pemisahan bertujuan untuk memisahkan produk utama berupa metil ester dari komponen lain seperti air, metanol sisa, dan katalis. Aliran keluar dari reaktor terlebih dahulu didinginkan menggunakan *cooler* sebelum dialirkan ke unit pemisahan. Selanjutnya, campuran dialirkan ke menara distilasi untuk memisahkan metil ester dari metanol dan air. Pada proses ini, metanol dan air akan terpisah sebagai produk atas, sedangkan metil ester diperoleh sebagai produk bawah. Metanol yang terpisah dapat diproses lebih lanjut untuk digunakan kembali dalam proses. Produk akhir berupa metil ester kemudian dialirkan ke tangki penyimpanan.

b. Flowsheet Dasar



Gambar 1.8 Flowsheet Dasar Proses Esterifikasi (Kurniasih, 2018).

Berdasarkan Gambar 1.8 yang menunjukkan *flowsheet* proses esterifikasi dimana menunjukkan bahwa bahan baku berupa trigliserida (minyak nabati), metanol, dan katalis asam sulfat masing-masing disimpan dalam tangki, kemudian dialirkan menuju unit pencampuran (*mixing*) untuk menghasilkan campuran homogen. Selanjutnya, campuran dipanaskan menggunakan *heater* hingga mencapai suhu reaksi sebelum dimasukkan ke dalam reaktor, tempat berlangsungnya reaksi esterifikasi yang mengubah asam lemak bebas menjadi metil ester dengan produk samping air. Produk keluar reaktor kemudian didinginkan menggunakan *cooler* dan dialirkan ke kolom distilasi untuk memisahkan metil ester dari komponen lain seperti metanol dan air. Hasil akhir berupa metil ester selanjutnya disimpan dalam tangki produk.

c. Uji Ekonomi Awal

Analisa biaya ekonomi awal pada pembuatan biodiesel dengan proses esterifikasi dapat dilihat pada Tabel 1.12 di bawah ini:

Tabel 1.12 Analisa Ekonomi Awal Proses Esterifikasi.

Bahan yang digunakan	BM (gr/mol)	Harga Rp/kg
Bahan baku		
CPO	885,44	12.000,-
Metanol	32,04	9.000,-

Katalis Asam Sulfat	98,08	8.000
Produk Biodiesel	296.49	25.000

Bahan Baku

- CPO = $885,44 \text{ gr/mol} \times 1 \text{ kg/1000 gr} \times \text{Rp. 12.000}$
= Rp. 10.625
- Metanol = $32,04 \text{ gr/mol} \times 1 \text{ kg/1000 gr} \times \text{Rp. 9.000}$
= Rp. 288,36
- Asam sulfat = $98,08 \text{ gr/mol} \times 1 \text{ kg/1000 gr} \times \text{Rp. 8.000}$
= Rp. 784,64

Total Harga Bahan Baku

- Rp. 11.698

Produk

- Biodiesel = $296,49 \text{ gr/mol} \times 1 \text{ kg/1000 gr} \times \text{Rp. 25.000}$
= Rp. 7.412,25

Keuntungan

- Laba = Harga produk – harga bahan baku
= Rp. 7.412,25 – Rp. 11.698
= Rp. -4.285,75

1.8.2 Transesterifikasi

Transesterifikasi merupakan reaksi kimia antara trigliserida yang terdapat dalam minyak nabati dengan alkohol, umumnya metanol, untuk menghasilkan alkil ester (biodiesel) dan gliserol sebagai produk samping. Reaksi ini merupakan tahap utama dalam produksi biodiesel karena mampu mengkonversi trigliserida menjadi metil ester dengan efisiensi yang tinggi apabila kondisi operasi dikendalikan dengan baik (Ma & Hanna, 1999).

Pada proses transesterifikasi, penggunaan katalis basa seperti sodium methylate, NaOH, atau KOH lebih umum digunakan karena mampu memberikan laju reaksi yang cepat dan konversi biodiesel yang tinggi dibandingkan katalis asam. Reaksi ini biasanya dijalankan pada suhu 60°C , yaitu mendekati titik didih

metanol ($64,7^{\circ}\text{C}$), dengan tekanan sekitar 1 atm. Selain itu, untuk mendorong kesetimbangan reaksi ke arah pembentukan produk, digunakan rasio molar metanol terhadap minyak sekitar 3:1 dengan konsentrasi katalis sekitar 1% dari berat minyak. Pada kondisi tersebut, reaksi transesterifikasi dapat berlangsung dalam waktu sekitar 30–60 menit dengan konversi biodiesel yang dapat mencapai lebih dari 99% (Bhurse, 2025).

a. Uraian Proses

Pada proses produksi biodiesel melalui reaksi transesterifikasi, bahan baku yang digunakan adalah *Crude Palm Oil* (CPO) yang direaksikan dengan metanol menggunakan *sodium methyllate* sebagai katalis. Reaksi berlangsung secara kontinu pada suhu $45\text{--}60^{\circ}\text{C}$ dan tekanan 1-5 atm. Secara umum, tahapan proses produksi biodiesel tersebut dapat dibagi menjadi tiga tahap utama, yaitu:

1. Tahap persiapan bahan baku

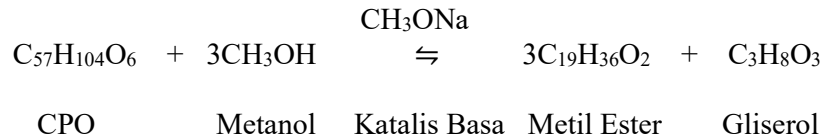
Tahap awal dalam proses produksi biodiesel adalah persiapan bahan baku. Bahan yang digunakan meliputi *Crude Palm Oil* (CPO), metanol, dan katalis *sodium methyllate*. Ketiga bahan tersebut disimpan sesuai dengan kondisi operasi penyimpanan yang telah dirancang. Metanol dan CPO disimpan dalam fase cair pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Untuk menjalankan reaksi transesterifikasi pada kondisi operasi 1 atm dan suhu 60°C , metanol dan CPO terlebih dahulu dipanaskan hingga mencapai suhu 60°C sebelum dialirkan ke dalam reaktor. CPO dipompa menuju *exchanger* untuk meningkatkan suhunya dari 30°C menjadi 60°C . Selanjutnya, CPO yang telah dipanaskan dimasukkan ke dalam reaktor dan dicampurkan dengan metanol serta katalis. Perbandingan umpan metanol terhadap CPO yang digunakan adalah 1:3.

2. Tahap Pembentukan Produk

Proses produksi biodiesel berlangsung melalui reaksi transesterifikasi yang dijalankan di dalam reaktor *Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR). pada suhu operasi 60°C dan tekanan 1 atm. Reaksi yang terjadi dapat dinyatakan sebagai berikut:

Reaksi Kimia:

Berikut ini adalah reaksi Transesterifikasi:

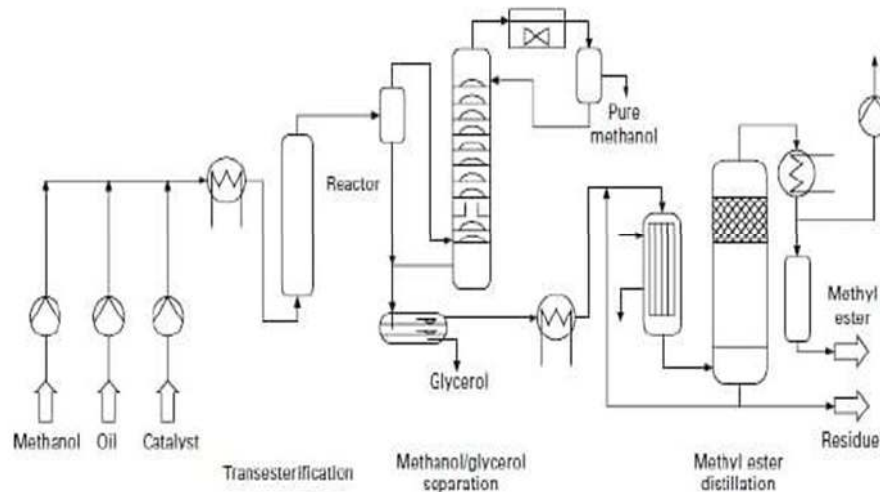


Reaksi tersebut bersifat eksotermis, sehingga selama operasi berlangsung terjadi pelepasan panas. Oleh karena itu, dalam perancangan reaktor digunakan sistem pendingin berupa koil internal untuk mengendalikan temperatur agar tetap berada pada kondisi operasi yang diinginkan, yaitu sekitar 60°C

3. Tahap Pemisahan Produk

Tahap ini bertujuan untuk memisahkan biodiesel yang terbentuk dari berbagai pengotor yang masih terkandung di dalam campuran reaksi. Aliran produk yang keluar dari reaktor dialirkan menuju separator untuk memisahkan metil ester sebagai produk utama dari gliserol sebagai produk samping. Pada unit ini, fasa atas terdiri atas campuran metil ester dan metanol, sedangkan fasa bawah berupa gliserol. Selanjutnya, campuran fasa atas dialirkan ke menara distilasi untuk tahap pemisahan lanjutan antara biodiesel dengan metanol dan air. Hasil atas menara distilasi yang mengandung metanol dan air kemudian dipompa menuju unit pemulihan metanol (*methanol recovery*) untuk dimurnikan sehingga dapat digunakan kembali dalam proses. Sementara itu, produk bawah menara distilasi yang berupa biodiesel dialirkan ke tangki penyimpanan. Produk akhir yang dihasilkan memiliki kemurnian biodiesel sebesar ±98%.

b. Flowsheet Dasar



Gambar 1.9 *Flowsheet Dasar Transesterifikasi (Henkel, 1984).*

Berdasarkan *flowsheet* dasar pada Gambar 1.9, proses transesterifikasi menunjukkan bahwa bahan baku berupa minyak, metanol, dan katalis terlebih dahulu direaksikan di dalam reaktor untuk menghasilkan campuran metil ester dan gliserol. Produk dari reaktor kemudian dialirkan ke separator untuk memisahkan gliserol sebagai produk samping dari fase metil ester. Fase metil ester selanjutnya diproses pada unit netralisasi dan penghilangan metanol untuk menghilangkan sisa katalis dan metanol, kemudian dilanjutkan ke tahap pencucian dengan air guna menghilangkan pengotor yang masih tersisa. Setelah itu, biodiesel dikeringkan dalam unit *dryer* untuk menghilangkan kandungan air sehingga diperoleh produk akhir berupa biodiesel yang siap digunakan. Sementara itu, aliran gliserol diproses lebih lanjut melalui tahap asidulasi, pemisahan FFA, dan pemulihan metanol, sedangkan campuran metanol dan air dari proses pemurnian diregenerasi melalui unit rektifikasi untuk digunakan kembali dalam proses.

c. Uji Ekonomi Awal

Analisa biaya ekonomi awal pada pembuatan biodiesel dengan proses transesterifikasi katalis homogen dapat dilihat pada Tabel 1.13 di bawah ini:

Tabel 1.13 Analisa Ekonomi Awal Proses Transesterifikasi.

Bahan yang digunakan	BM (gr/mol)	Harga Rp/kg
Bahan baku		
CPO	855,44	12.000
Metanol	32,04	9.000
Katalis		
<i>Sodium Methylate</i>	54,02	10.000
Produk		
Biodiesel	296,49	25.000
Gliserol	92,093	25.000

Bahan Baku

- CPO

$$= \frac{1 \text{ mol} \times 885,44 \text{ gr/mol}}{1.000 \text{ kg}}$$

$$= 0,8854 \text{ kg}$$

$$= 0,8854 \text{ kg} \times \text{Rp } 12.000$$

$$= \text{Rp. } 10.625,28$$
- Metanol

$$= \frac{3 \text{ mol} \times 32,04 \text{ gr/mol}}{1.000 \text{ kg}}$$

$$= 0,0961 \text{ kg}$$

$$= 0,0961 \text{ kg} \times \text{Rp } 9.000$$

$$= \text{Rp. } 865,08$$
- Sodium Methylate*

$$= \frac{1 \text{ mol} \times 54,02 \text{ gr/mol}}{1.000 \text{ kg}}$$

$$= 0,05402 \text{ kg}$$

$$= 0,05402 \text{ kg} \times \text{Rp. } 10.000$$

$$= \text{Rp. } 540,2$$

Total Harga Bahan Baku

- Rp. 12.030,56

Produk

- Biodiesel

$$= \frac{3 \text{ mol} \times 296,49 \text{ gr/mol}}{1.000 \text{ kg}}$$

$$= 0,88947 \text{ kg}$$

- $$= 0,88947 \text{ kg} \times \text{Rp. } 25.000$$

$$= \text{Rp. } 22.236,75$$
- Gliserol

$$= \frac{1 \text{ mol} \times 92,09 \text{ gr/mol}}{1.000 \text{ kg}}$$

$$= 0,09209 \text{ kg}$$

$$= 0,09209 \text{ kg} \times \text{Rp. } 25.000$$

$$= \text{Rp. } 2.302,25$$

Keuntungan

- Laba

$$= \text{Harga produk} - \text{harga bahan baku}$$

$$= \text{Rp. } 24.539 - \text{Rp. } 12.030,56$$

$$= \text{Rp. } 12.508,44$$

1.8.3 Perbandingan Proses

Adapun perbandingan metode pembuatan biodiesel dapat dilihat pada Tabel 1.14 berikut.

Tabel 1.14 Perbandingan Metode dalam Memproduksi Biodiesel.

Perbandingan	Transesterifikasi	Esterifikasi
Suhu	45 - 65°C	80°C
Tekanan	1 - 5 atm	1 atm
Katalis	Basa	Asam
Bahan Baku	Minyak Nabati	Minyak Nabati
Konversi	99%	90 %
Reaktor	CSTR	CSTR
Waktu Reaksi	30 – 60 menit	1 jam
Produk Samping	Produk samping berupa gliserol dan dapat dimanfaatkan kembali	Produk samping berupa air
Selektivitas	Tinggi	Sedang
Kelebihan	- Menghasilkan <i>yield</i> biodiesel tinggi dengan katalis basa.	- Menurunkan kadar FFA. - Cocok untuk minyak dengan FFA tinggi.

	- Reaksi berlangsung lebih cepat pada suhu sedang. - Menghasilkan gliserol bernilai ekonomi.	- Mengurangi pembentukan sabun.
Kekurangan	- Sensitif terhadap FFA dan air. - Dapat membentuk sabun. - Perlu <i>pretreatment</i> jika FFA tinggi.	- Reaksi lebih lambat. - Memerlukan suhu lebih tinggi. - Produk samping air yang dapat mempengaruhi kesetimbangan reaksi.

(Sumber: Bhurse, 2025 dan Haq, 2021).

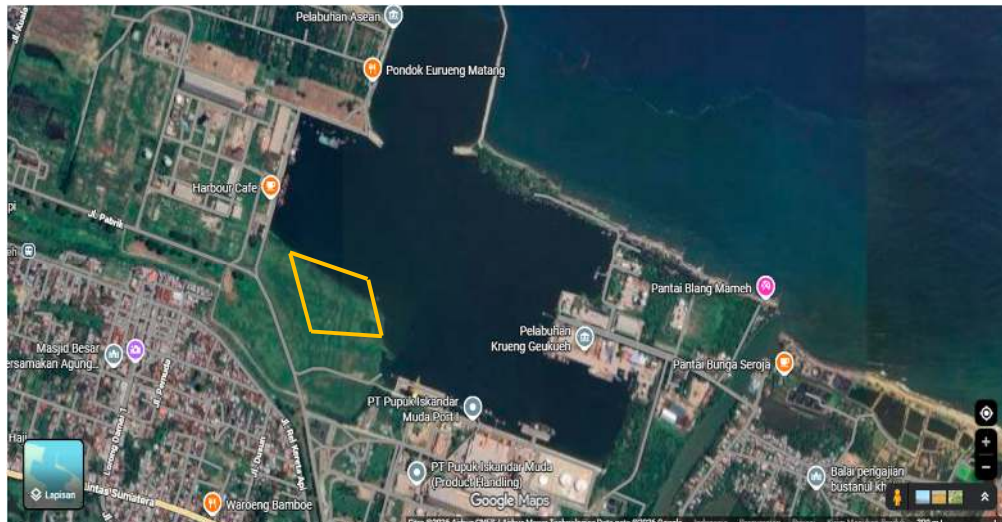
Berdasarkan perbandingan parameter proses pada tabel, metode transesterifikasi dipilih sebagai metode yang paling sesuai untuk produksi biodiesel. Hal ini disebabkan karena transesterifikasi memberikan konversi yang lebih tinggi ($\pm 99\%$), selektivitas yang lebih baik, serta waktu reaksi yang lebih singkat (30–60 menit) dibandingkan esterifikasi. Proses ini dioperasikan pada kondisi suhu sekitar 45-60°C dan tekanan 1-5 atm dengan menggunakan katalis basa dalam reaktor CSTR, sehingga kondisi operasinya relatif moderat, lebih efisien secara energi, dan mudah dalam pengendalian proses. Selain itu, proses ini menghasilkan produk samping berupa gliserol yang memiliki nilai ekonomis.

Pemilihan metode ini juga didasarkan pada beberapa pertimbangan utama, yaitu prosesnya lebih sederhana dan telah banyak diterapkan secara industri, kebutuhan energi yang lebih rendah, serta biaya operasional yang lebih ekonomis. Di samping itu, ketersediaan bahan baku minyak nabati dengan kadar FFA rendah di Indonesia mendukung penggunaan katalis basa tanpa memerlukan proses tambahan yang kompleks. Dengan demikian, secara keseluruhan metode transesterifikasi lebih unggul dari segi teknis, ekonomis, dan operasional untuk diterapkan pada skala industri.

1.9 Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik sangat memengaruhi kemajuan dan keberlanjutan industri, baik pada masa kini maupun di masa yang akan datang, karena hal ini berdampak langsung terhadap efisiensi faktor produksi dan distribusi dari pabrik yang didirikan. Pemilihan lokasi yang tepat harus dapat memberikan perhitungan biaya produksi dan distribusi yang minimal serta mempertimbangkan aspek sosial, yakni mempelajari sikap dan karakteristik masyarakat di sekitar lokasi pabrik.

Berdasarkan pertimbangan tersebut, maka pabrik biodiesel dari *Crude Palm Oil* (CPO) direncanakan berlokasi di kawasan Krueng Geukueh, Kabupaten Aceh Utara, Provinsi Aceh, yang merupakan kawasan industri dan pelabuhan strategis di wilayah utara Pulau Sumatera. Kawasan ini memiliki akses transportasi yang baik serta kedekatan dengan daerah penghasil kelapa sawit sehingga sangat mendukung pembangunan industri biodiesel.



Gambar 1.10 Lokasi Pabrik.

Dasar pertimbangan dalam pemilihan lokasi pabrik ini adalah sebagai berikut:

1. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku utama pembuatan biodiesel yaitu *Crude Palm Oil* (CPO) dapat diperoleh dari beberapa pabrik kelapa sawit yang berada di wilayah Aceh Utara dan Aceh Timur, yang merupakan daerah penghasil kelapa sawit di Provinsi Aceh. Beberapa perusahaan yang berpotensi menjadi pemasok CPO antara lain PT Perkebunan Nusantara I, PT Ika Bina Agro Wisesa, serta beberapa pabrik kelapa

sawit swasta lainnya di wilayah tersebut. Kedekatan lokasi pabrik biodiesel dengan sumber bahan baku ini memungkinkan pengurangan biaya transportasi serta menjamin ketersediaan bahan baku secara berkelanjutan.

Sedangkan bahan baku metanol diperoleh dari distributor bahan kimia yang berada di kota Medan, seperti PT Pertamina Patra Niaga, yang mendistribusikan metanol dari produsen utama yaitu PT Kaltim Metanol Industri yang berlokasi di Bontang, Kalimantan Timur. Metanol tersebut kemudian diangkut menuju lokasi pabrik biodiesel di Krueng Geukueh melalui jalur transportasi darat maupun laut.

2. Letak dari Pasar dan Kondisi Pemasaran

Kawasan Krueng Geukueh merupakan daerah yang strategis karena memiliki akses langsung ke Pelabuhan Krueng Geukueh, salah satu pelabuhan penting di wilayah Aceh yang mendukung aktivitas distribusi dan perdagangan. Hal ini memudahkan pengiriman produk biodiesel ke pasar domestik maupun internasional. Dengan posisi yang dekat dengan pelabuhan, pabrik biodiesel dapat menekan biaya logistik sekaligus mempercepat distribusi produk.

3. Kebutuhan Air, Tenaga Listrik, dan Bahan Bakar

Fasilitas pendukung seperti air bersih, tenaga listrik, dan bahan bakar tersedia dengan cukup memadai di kawasan ini. Kebutuhan air untuk operasional industri direncanakan berasal dari sumber air laut yang diambil dari wilayah Pelabuhan Krueng Geukueh di Aceh Utara. Air laut tersebut selanjutnya akan diolah terlebih dahulu agar memenuhi standar yang dibutuhkan untuk proses industri. Sementara itu, pasokan tenaga listrik dipenuhi oleh PT PLN (Persero) yang telah memiliki jaringan distribusi listrik di wilayah tersebut. Ketersediaan utilitas ini sangat penting untuk menjamin kelangsungan operasional pabrik secara efisien dan berkelanjutan.

4. Tenaga Kerja

Wilayah Aceh Utara dan kota terdekat seperti Lhokseumawe memiliki jumlah tenaga kerja yang cukup besar. Tenaga kerja yang direkrut diharapkan berasal dari berbagai tingkatan pendidikan dan keahlian, sehingga dapat memenuhi kebutuhan operasional pabrik secara optimal.

5. Fasilitas Transportasi

Lokasi pabrik memiliki akses transportasi yang baik melalui jalur darat seperti jalan nasional lintas Sumatera serta jalur laut melalui Pelabuhan Krueng Geukueh. Fasilitas ini memudahkan pengangkutan bahan baku CPO dari daerah perkebunan sawit serta distribusi produk biodiesel ke berbagai wilayah.

6. Harga Tanah dan Bangunan

Tanah di kawasan Krueng Geukueh masih tersedia dengan luas yang memadai dan harga yang relatif terjangkau dibandingkan kawasan industri di kota-kota besar lainnya. Hal ini memungkinkan pembangunan fasilitas pabrik dengan biaya investasi yang lebih efisien.

7. Kemungkinan Perluasan dan Ekspansi

Ketersediaan lahan yang cukup luas di kawasan ini memungkinkan pengembangan dan ekspansi pabrik biodiesel di masa mendatang tanpa mengganggu aktivitas masyarakat sekitar maupun industri lain yang berada di sekitar lokasi tersebut.

8. Masyarakat di Sekitar Pabrik

Sikap masyarakat di sekitar kawasan industri diperkirakan akan mendukung pendirian pabrik biodiesel ini, terutama karena potensi penciptaan lapangan kerja yang dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat lokal. Selain itu, pembangunan pabrik direncanakan dengan memperhatikan aspek keselamatan dan lingkungan agar tidak mengganggu keamanan masyarakat sekitar.

9. Perizinan Lokasi

Kawasan Krueng Geukueh merupakan kawasan industri yang telah berkembang dan didukung oleh fasilitas pelabuhan serta infrastruktur industri. Hal ini dapat mempermudah proses perizinan serta mempercepat pembangunan pabrik biodiesel sesuai dengan ketentuan yang berlaku dari pemerintah daerah maupun pemerintah pusat.