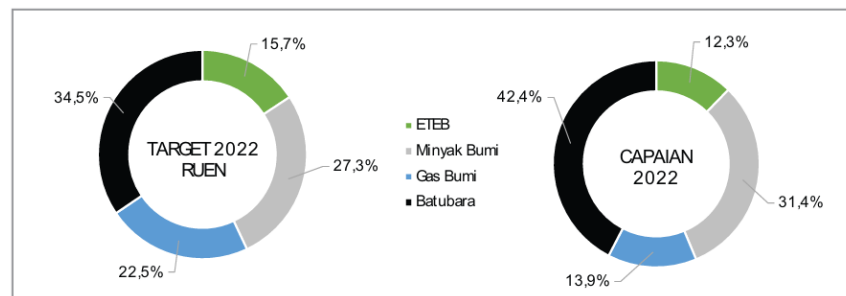


# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi di Indonesia terus mengalami peningkatan signifikan seiring dengan laju pertumbuhan penduduk dan perkembangan sektor industri. Hingga saat ini, sumber energi primer nasional masih didominasi oleh bahan bakar fosil yang tidak terbarukan, seperti minyak bumi, gas alam, dan batu bara. Ketergantungan pada energi fosil masih berada di atas 85% dari total bauran energi nasional. Ketergantungan yang tinggi ini menimbulkan berbagai tantangan strategis, mulai dari isu ketahanan energi akibat fluktuasi harga minyak dunia hingga dampak lingkungan yang serius berupa emisi gas rumah kaca yang menjadi pemicu utama perubahan iklim (DEN, 2023).



Gambar I.1 Bauran Energi Primer Tahun 2022 (DEN, 2023)

Kebutuhan solar di Indonesia terus mengalami peningkatan berdasarkan data impor solar yang diterbitkan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral tahun 2019 sampai tahun 2023.

Tabel 1.1 Data Perkembangan Impor Solar di Indonesia

| Tahun | Impor (kl/tahun) |
|-------|------------------|
| 2019  | 3.872.804        |
| 2020  | 3.181.936        |
| 2021  | 3.189.951        |
| 2022  | 5.270.481        |
| 2023  | 5.145.275        |
| 2024  | 8.137.043        |

(Sumber: ESDM, 2024)

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik, Indonesia mengimpor solar dari beberapa negara seperti Singapura, Malaysia dan Uni Emirat Arab. Tanggapan terhadap kondisi tersebut, pemerintah Indonesia telah menetapkan komitmen untuk transisi menuju energi yang lebih bersih dan berkelanjutan. Komitmen ini tertuang dalam Peraturan Presiden No. 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), yang menargetkan porsi Energi Baru Terbarukan (EBT) dalam bauran energi nasional mencapai 23% pada tahun 2025. Salah satu program andalan untuk mencapai target tersebut di sektor transportasi adalah melalui pemanfaatan biodiesel. Oleh karena itu, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral pada siaran pers No. 001.Pers/04/SJI/2025 menetapkan bahwa penerapan bahan bakar minyak (BBM) jenis solar dengan campuran bahan bakar nabati biodiesel berbasis minyak sawit sebesar 40 persen atau B40 mulai 1 Januari 2025 (Kementerian ESDM, 2025).

Solar merupakan sumber energi tidak terbarukan yang banyak digunakan sebagai bahan bakar utama pada kendaraan bermesin diesel. Solar dihasilkan dari hasil pengolahan minyak bumi melalui tahapan pemisahan, konversi, dan pemurnian. (Hidayat dkk., 2017). Hubungan antara solar dan biodiesel sangat erat karena biodiesel memiliki sifat fisis yang sama dengan minyak solar, sehingga sangat kompatibel untuk diaplikasikan sebagai bahan bakar alternatif pada kendaraan bermesin diesel (Setyadi & Wibowo, 2015). Oleh karena itu, pemanfaatan biodiesel menjadi substitusi solar merupakan langkah krusial untuk menekan laju konsumsi solar sekaligus mengurangi ketergantungan negara terhadap impor solar.

Produksi biodiesel skala besar di Indonesia saat ini masih bertumpu pada minyak kelapa sawit mentah (*Crude Palm Oil*) sebagai bahan baku utama (BPDPKS, 2024). Penggunaan *Crude Palm Oil* (CPO) memicu isu persaingan antara kebutuhan untuk pangan dan energi serta isu deforestasi yang meningkat (Fathullah dkk., 2025). Dalam mengatasi tantangan tersebut, pengembangan biodiesel generasi kedua yang memanfaatkan bahan baku non-pangan, terutama limbah menjadi sangat mendesak (Tripatra, 2024). Minyak jelantah merupakan

salah satu bahan baku limbah yang paling potensial di Indonesia (Suryatini & Milati, 2023).

Minyak jelantah merupakan limbah dari sisa penggorengan skala rumah tangga, restoran, maupun industri makanan (Nisa, 2021). Minyak jelantah atau *waste cooking oil* ini sangat bersifat karsiogenik (Sutanto dkk., 2021). Apabila dibuang langsung ke lingkungan, minyak jelantah dapat menyebabkan pencemaran serius pada tanah dan badan air, menyumbat saluran drainase, serta merusak ekosistem perairan (Greenia, 2025). Data dari Asosiasi Produsen Biofuel Indonesia (APROBI) pada tahun 2022 memperkirakan potensi minyak jelantah yang dihasilkan di seluruh Indonesia dapat mencapai lebih dari 3 juta kiloliter per tahun, namun tingkat pengumpulannya untuk diolah kembali masih sangat rendah. Studi pada 2022, minyak jelantah yang diproduksi rumah tangga dan unit usaha mikro secara nasional mencapai 1,23 juta kiloliter per tahun (Laia, 2024). Kementerian ESDM menyampaikan bahwa salah satu tantangan terbesar penggunaan minyak jelantah sebagai bahan baku biofuel adalah jaminan pasokan ketersediaannya karena belum ada standar terkait batas pemakaian minyak goreng sampai menjadi minyak jelantah (Diamond, 2024).

Pemanfaatan minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel tidak hanya memberikan solusi pengelolaan limbah yang efektif, tetapi juga menawarkan bahan baku berbiaya rendah dan mendukung prinsip ekonomi sirkular. Proses produksi biodiesel dari minyak jelantah dapat dilakukan melalui berbagai metode, di antaranya adalah proses transesterifikasi. Transesterifikasi adalah reaksi antara trigliserida dengan metanol untuk menghasilkan metil ester serta katalis natrium hidroksida. Reaksi ini menghasilkan gliserol sebagai hasil samping ('Ammar & Ramadhan, 2021). Proses ini dipilih karena terbukti secara komersial memiliki efisiensi konversi yang tinggi di atas 99.5% (Saru, 2022).

Berdasarkan latar belakang diatas, terdapat peluang besar untuk mengembangkan industri biodiesel berbasis limbah di Indonesia. Pendirian pabrik biodiesel dari minyak jelantah akan selaras dengan kebijakan pemerintah dalam meningkatkan bauran Energi Baru Terbarukan (EBT), mengatasi masalah

lingkungan akibat limbah B3 domestik, dan mengurangi ketergantungan pada bahan baku *Crude Palm Oil* (CPO).

## 1.2 Tujuan

Tujuan Pendirian Pabrik Biodiesel dengan bahan baku minyak jelantah ini adalah sebagai berikut :

1. Memanfaatkan limbah minyak jelantah menjadi biodiesel untuk mengurangi ketergantungan terhadap impor bahan bakar solar.
2. Mendukung program pemerintah B40 bertujuan untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan meningkatkan penggunaan energi terbarukan dari minyak nabati.

## 1.3 Tinjauan Pustaka

### 1.3.1 Minyak Jelantah



Gambar I.2 Minyak Jelantah

Minyak Jelantah (*waste cooking oil*) adalah golongan minyak nabati limbah yang berasal dari berbagai jenis minyak goreng, seperti minyak sayur, minyak jagung, minyak samin dan sebagainya. Minyak jelantah merupakan minyak bekas pemakaian rumah tangga atau telah diambil manfaatnya dari proses memasak, biasanya sudah berwarna coklat, mengental dan mengandung asam lemak bebas yang tinggi. Minyak jelantah mengandung berbagai senyawa karsinogenik yang berbahaya bagi tubuh. Oleh karena itu, minyak jelantah sudah tidak dapat

dimanfaatkan untuk proses memasak yang pada akhirnya menjadi limbah untuk dibuang. Minyak jelantah memiliki potensi yang cukup besar untuk dikembangkan menjadi bahan bakar biodiesel karena memiliki asam lemak yang tinggi (Nafiah & Fauziah, 2020).

Menurut (Amin & Septiana, 2023), jenis minyak nabati yang paling efektif dan efisien untuk dijadikan bahan baku biodiesel adalah minyak goreng bekas atau minyak jelantah. Alasan utama pengolahan biodiesel dari minyak jelantah, antara lain :

1. Cara paling efektif untuk menurunkan biaya produksi biodiesel, karena berasal dari limbah rumah tangga atau industri dan murah.
2. Pembuangan minyak jelantah secara langsung ke lingkungan dapat mencemari lingkungan khususnya pencemaran air karena dapat menaikkan 6 kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Biology Oxygen Demand* (BOD).
3. Data statistik menunjukkan peningkatan produksi minyak goreng antara 28% setiap tahunnya.

Limbah minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel dapat dikumpulkan dari beberapa sumber yaitu rumah tangga, restoran, hotel dan industri pengolahan makanan. Jumlah limbah minyak jelantah yang dihasilkan rumah tangga sebanyak 305 ribu ton, jumlah limbah minyak jelantah yang dihasilkan dari industri pengolahan makanan adalah sebanyak 2 juta ton dan jumlah limbah minyak jelantah yang dihasilkan dari penggunaan minyak goreng oleh hotel dan restoran adalah sebanyak 1.5 juta ton. Total jumlah limbah minyak jelantah yang tersedia dari berbagai pihak yang menggunakan minyak goreng adalah sebanyak 3.8 juta ton per tahun. Dengan kondisi seperti ini, pemanfaatan minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel merupakan salah satu alternatif yang dapat dilakukan saat ini (Amin & Septiana, 2023). Secara nasional, berikut data konsumsi minyak goreng rumah tangga di Indonesia pada tahun 2019 sampai 2024 dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Konsumsi Minyak Goreng Sawit dalam Rumah Tangga di Indonesia

| No. | Tahun | Konsumsi (Kg/kapita/tahun) |
|-----|-------|----------------------------|
| 1.  | 2019  | 9,921                      |
| 2.  | 2020  | 10,270                     |
| 3.  | 2021  | 11,050                     |
| 4.  | 2022  | 10,652                     |
| 5.  | 2023  | 10,750                     |
| 6.  | 2024  | 11,010                     |

Sumber : (Kementan, 2024)

Data konsumsi minyak goreng sawit dalam rumah tangga Indonesia periode 2019–2024 menunjukkan tren yang meningkat. Berdasarkan Traction Energy Asia (2023) dan Indonesia *Palm Oil Strategic Studies* (2023), sekitar 20–25% dari total konsumsi minyak goreng berpotensi menjadi minyak jelantah (*used cooking oil*). Dengan asumsi tersebut, estimasi minyak jelantah per kapita mencapai 2,1–2,7 kg/kapita/tahun.

### 1.3.2 Biodiesel



Gambar I.3 Biodiesel

Biodiesel adalah bahan bakar yang berupa ester mono alkil atau methyl ester yang diturunkan dari rantai panjang yang diturunkan dari minyak nabati atau lemak hewani. Ester mono alkil merupakan produk reaksi alkohol rantai lurus seperti metanol dan etanol, dengan asam lemak atau minyak (triolein) membentuk

gliserol dan ester dari asam lemak rantai panjang. Biodiesel memiliki sifat fisis yang sama dengan minyak solar sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif untuk kendaraan bermesin diesel (Nafiah & Fauziah, 2020). Menurut (Kharimah & Putri, 2024) biodiesel memiliki beberapa keunggulan dibandingkan solar yaitu:

- a. Biodiesel merupakan bahan bakar yang ramah lingkungan karena menghasilkan emisi yang jauh lebih baik (*free sulphur, smoke number* rendah).
- b. *Renewable energy* karena terbuat dari bahan alam yang dapat diperbaharui.
- c. *Cetane number* lebih tinggi sebesar ( $>57$ ) sehingga efisiensi pembakaran lebih baik dibandingkan dengan minyak kasar.
- d. Biodiesel dapat terurai (*biodegradable*) dan memiliki sifat pelumasan terhadap piston mesin.
- e. Meningkatkan independensi suplai bahan bakar karena dapat diproduksi secara lokal.
- f. Viskositas tinggi sehingga mempunyai sifat pelumasan yang lebih baik daripada solar sehingga memperpanjang umur pakai mesin.

Selain itu, biodiesel memiliki sifat pelumasan yang sangat baik, lebih baik daripada bahan bakar diesel konvensional, sehingga dapat memperpanjang masa pakai mesin. Kekurangan dari biodiesel karena saat ini sebagian besar biodiesel diproduksi dari jagung dan tumbuhan pokok lainnya yang berpotensi menyebabkan berkurangnya sumber pangan dan bahkan meningkatnya harga pangan (Nafiah & Fauziah, 2020). Berikut Standar Nasional Mutu Biodiesel Indonesia berdasarkan SNI 7182 – 2024.

Tabel 1.3 Standar dan mutu (spesifikasi bahan bakar nabati jenis biodiesel (B100) untuk campuran dengan bahan bakar minyak jenis minyak solar maksimal sebesar 40% - volume

| No. | Parameter uji                       | Satuan            | Persyaratan |          |
|-----|-------------------------------------|-------------------|-------------|----------|
|     |                                     |                   | Minimum     | Maksimum |
| 1   | Massa jenis (pada temperature 40°C) | kg/m <sup>3</sup> | 850         | 890      |

| No. | Parameter uji                                                                                            | Satuan                             | Persyaratan |          |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-------------|----------|
|     |                                                                                                          |                                    | Minimum     | Maksimum |
| 2   | Viskositas kinematik (pada 40°C)                                                                         | mm <sup>2</sup> /s (cSt)           | 2,3         | 6,0      |
| 3   | Angka setana                                                                                             |                                    | 51          | -        |
| 4   | Titik nyala (mangkok tertutup)                                                                           | °C                                 | 130         | -        |
| 5   | Korosi bilah tembaga (3 jam pada 50°C)                                                                   |                                    | nomor 1     |          |
| 6   | Residu karbon<br>- Dalam percontoh asli atau<br>- Dalam 10% ampas distilasi                              | % - massa                          | -           | 0,05     |
|     |                                                                                                          |                                    | -           | 0,30     |
| 7   | Temperatur distilasi 90%                                                                                 | °C                                 | -           | 360      |
| 8   | Abu tersulfatkan                                                                                         | % - massa                          | -           | 0,02     |
| 9   | Sulfur                                                                                                   | mg/kg                              | -           | 10       |
| 10  | Fosfor                                                                                                   | mg/kg                              | -           | 4        |
| 11  | Angka asam                                                                                               | mg-KOH/g                           | -           | 0,4      |
| 12  | Gliserol bebas                                                                                           | % - massa                          | -           | 0,02     |
| 13  | Gliserol total                                                                                           | % - massa                          | -           | 0,24     |
| 14  | Kadar ester metil                                                                                        | % - massa                          | 96,5        | -        |
| 15  | Angka iodium                                                                                             | % - massa (g-I <sub>2</sub> /100g) | -           | 115      |
| 16  | Kestabilan oksidasi<br><i>Accelerated Method</i> atau<br><i>Rapid Small Scale Oxidation Test</i> (RSSOT) | menit                              | 720         | -        |
|     |                                                                                                          |                                    | 54          | -        |
| 17  | Monogliserida                                                                                            | % - massa                          | -           | 0,500    |
| 18  | Warna                                                                                                    | ASTM Color                         | -           | 3        |
| 19  | Kandungan air                                                                                            | mg/kg                              | -           | 340      |
| 20  | <i>Cold Filter Plugging Point</i> (CFPP)                                                                 | °C                                 | -           | 15       |
| 21  | Logam I (Na + K)                                                                                         | mg/kg                              | -           | 5,00     |

| No. | Parameter uji      | Satuan | Persyaratan |          |
|-----|--------------------|--------|-------------|----------|
|     |                    |        | Minimum     | Maksimum |
| 22  | Logam II (Ca + Mg) | mg/kg  | -           | 5,00     |
| 23  | Total kontaminan   | mg/L   | -           | 20,0     |

Diharapkan dengan pemakaian biodiesel, pengurangan pencemaran udara dari emisi kendaraan bermotor (khususnya dari mesin diesel) tidak berbanding lurus dengan pengurangan kinerja tenaga mesin diesel itu sendiri. Maka dari itu, dengan memperhatikan parameter-parameter spesifikasi tersebut diharapkan biodiesel dapat selalu *on specification*, sehingga menjadikan biodiesel bagian dari solusi transformasi energi bersih dan ramah lingkungan di Indonesia. Berdasarkan data APROBI perusahaan biodiesel sebagai berikut :

Tabel 1.4 Badan Usaha Pemasok Biodiesel dari Crude Palm Oil di Indonesia

| No. | Nama Perusahaan                | Lokasi         | Kapasitas (kL) | Sumber         |
|-----|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| 1.  | PT. Musim Mas                  | Sumatera Utara | 459.770        | Website APROBI |
| 2.  | PT. Permata Hijau Palm Oleo    | Sumatera Utara | 417.214        | Website APROBI |
| 3.  | PT. Padang Raya Cakrawala      | Sumatera Barat | 4113.793       | Website APROBI |
| 4.  | PT Sari Dumai Oleo             | Riau           | 413.793        | Website APROBI |
| 5.  | PT. Intibenua Perkasatama      | Riau           | 442.529        | Website APROBI |
| 6.  | PT. Ciliandra Perkasa          | Riau           | 287.356        | Website APROBI |
| 7.  | PT. Pelita Agung Agrindustri   | Riau           | 229.885        | Website APROBI |
| 8.  | PT. Pelita Agung Agrindustri   | Riau           | 568.966        | Website APROBI |
| 9   | PT. Sari Dumai Sejati          | Riau           | 689.655        | Website APROBI |
| 10. | PT. Wilmar Bioenergi Indonesia | Riau           | 1.603.448      | Website APROBI |
| 11. | PT. LDC Indonesia              | Lampung        | 482.759        | Website APROBI |
| 12. | PT. Tunas Baru Lampung         | Lampung        | 1.005.747      | Website APROBI |

| <b>No.</b> | <b>Nama Perusahaan</b>          | <b>Lokasi</b>      | <b>Kapasitas (kL)</b> | <b>Sumber</b>  |
|------------|---------------------------------|--------------------|-----------------------|----------------|
| 13.        | PT. Musim Mas                   | Kepulauan Riau     | 896.552               | Website APROBI |
| 14.        | PT. Multimas Nabati Asahan      | Banten             | 568.966               | Website APROBI |
| 15.        | PT. Sinarmas Bio Energy         | Jawa Barat         | 455.400               | Website APROBI |
| 16.        | PT. Batara Elok Semesta Terpadu | Jawa Timur         | 780.459               | Website APROBI |
| 17.        | PT. Wilmar Nabati Indonesia     | Jawa Timur         | 2.250.000             | Website APROBI |
| 18.        | PT. Eco Prima Energi            | Jawa Timur         | 579.310               | Website APROBI |
| 19.        | PT. SMART Tbk                   | Kalimantan Selatan | 1.132.758             | Website APROBI |
| 20.        | PT. Jhonlin Argo Raya           | Kalimantan Selatan | 568.966               | Website APROBI |
| 21.        | PT. Sukajadi Sawit Mekar        | Kalimantan Tengah  | 402.299               | Website APROBI |
| 22.        | PT. Kutai Refinery Nusantara    | Kalimantan Timur   | 1.143.247             | Website APROBI |
| 23.        | PT. Energi Unggul Persada       | Kalimantan Timur   | 1.403.448             | Website APROBI |
| 24.        | PT. Energi Unggul Persada       | Kalimantan Barat   | 910.345               | Website APROBI |
| 25.        | PT. Multi Nabati Sulawesi       | Sulawesi Utara     | 475.862               | Website APROBI |

Tabel 1.5 Badan Usaha Pemasok Biodiesel dari Minyak Jelantah di Indonesia

| <b>No</b> | <b>Nama Perusahaan</b>               | <b>Lokasi</b>              | <b>Kapasitas (Ton/Tahun)</b> | <b>Sumber</b>  |
|-----------|--------------------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------|
| 1.        | PT Eternal Buana Chemical Industries | Tangerang                  | 40.487                       | Website APROBI |
| 2.        | PT Indo Biofuel Energy               | Cilegon                    | 60.731                       | Website APROBI |
| 3.        | PT Anugrah Inti Gemarnusa            | Gresik                     | 40.487                       | Website APROBI |
| 4.        | PT Eterindo Nusa Graha               | Gresik                     | 40.487                       | Website APROBI |
| 5.        | PT Wilmar Bioenergi Indonesia        | Medang Kampai, Dumai, Riau | 1.395.000                    | Website APROBI |

| No  | Nama Perusahaan             | Lokasi         | Kapasitas (Ton/Tahun) | Sumber         |
|-----|-----------------------------|----------------|-----------------------|----------------|
| 6.  | PT Sumi Asih Oleochemical   | Tambun         | 101.219               | Website APROBI |
| 7.  | PT Dermex Biofuels          | Bekasi Utara   | 151.828               | Website APROBI |
| 8.  | PT Pelita Agung Agrindustri | Bengkalis      | 202.437               | Website APROBI |
| 9.  | PT Musim Mas                | Kepulauan Riau | 1.180.000             | Website APROBI |
| 10. | PT Sintong Abadi            | Asahan         | 30.821                | Website APROBI |
| 11. | PT Primanusa Palma Energi   | Jakarta Utara  | 21.134                | Website APROBI |
| 12. | PT Multi Energi Nabati      | Cikarang Barat | 20.244                | Website APROBI |
| 13. | PT Cemerlang Energi Perkasa | Dumai          | 404.873               | Website APROBI |

### 1.3.3 Metode Pembuatan Biodiesel

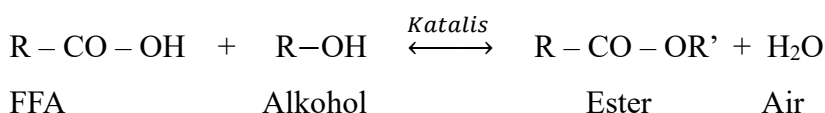
Biodiesel adalah bahan bakar yang berupa ester mono alkil atau methyl ester yang diturunkan dari rantai panjang yang diturunkan dari minyak nabati atau lemak hewani. Metode pembuatan biodiesel dari minyak dan lemak telah banyak diterapkan. Untuk memperoleh perancangan pabrik biodiesel yang optimal, perlu dilakukan seleksi dari macam-macam proses yang ada.

Berdasarkan pada teknik proses produksi biodiesel yang digunakan, terdapat dua macam proses produksi, yaitu esterifikasi dan transesterifikasi.

#### 1. Esterifikasi Asam Lemak

Esterifikasi adalah proses mereaksikan asam lemak dengan alkohol dengan bantuan katalis asam kuat untuk menghasilkan ester dan air. Esterifikasi bertujuan untuk mempercepat berlangsungnya reaksi yang perlu ditambahkan dengan katalis. Katalis - katalis yang cocok adalah zat berkarakter asam seperti asam sulfat, asam klorida dan resin penukar kation asam kuat. Biodiesel dapat diproduksi dengan menggunakan metode esterifikasi yang mana asam lemak bebas direaksikan dengan alkohol menggunakan asam sebagai katalisator untuk membentuk suatu ester (Kharimah & Putri, 2024).

Minyak jelantah yang mengandung kadar asam lemak bebas (*free fatty acid* - FFA) tinggi dilakukan proses esterifikasi untuk menurunkan kadar asam lemak bebas. Kadar FFA minyak jelantah diturunkan hingga 2% agar tidak menimbulkan penyabunan pada proses transesterifikasi. Reaksi ini dimulai dengan minyak jelantah yang mengandung FFA (*Free Fatty Acid*) dicampur dengan metanol dan dipanaskan sampai suhu reaksi. Campuran tersebut kemudian diumpan ke bagian esterifikasi dimana di dalamnya terdiri dari sebuah Reaktor Esterifikasi ('Ammar & Ramadhan, 2021). Reaksi esterifikasi dilakukan pada suhu 60°C selama 2 jam dan dilakukan pengadukan secara terus menerus untuk mempercepat reaksi dan agar seluruh katalis dapat bereaksi dengan reaktan (Saru, 2022). Reaksinya adalah sebagai berikut :



Proses Esterifikasi :

- pencampuran antara FFA dengan metanol karena  $\text{FFA} > 2\%$
- reaksi esterifikasi pembentukan metil ester dari minyak jelantah dengan metanol adalah pada temperatur 60°C
- proses esterifikasi dilakukan secara kontinyu
- spesifikasi metanol 99,9 %
- menggunakan katalis asam sulfat
- tidak terjadi proses penyabunan, terbentuk air

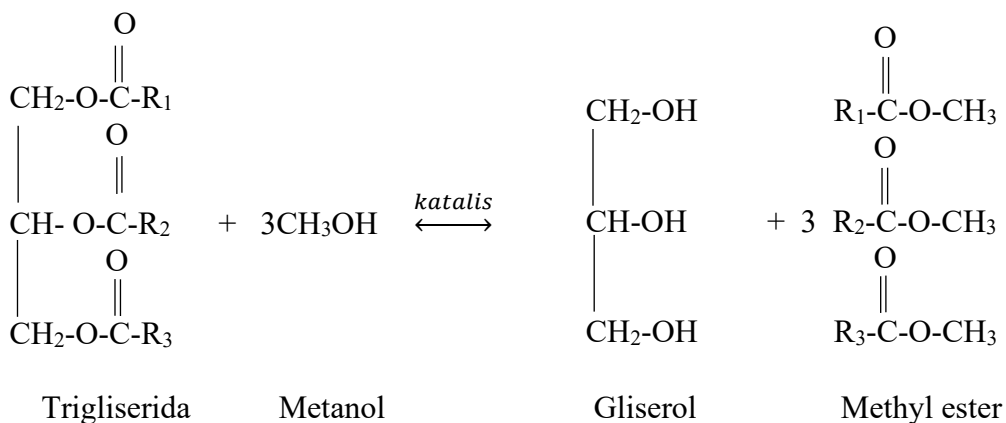
( 'Ammar & Ramadhan, 2021)

## 2. Transesterifikasi dari Trigliserida

Reaksi transesterifikasi adalah reaksi antara trigliserida dengan metanol untuk menghasilkan metil ester serta katalis natrium hidroksida. Reaksi ini akan menghasilkan gliserol sebagai hasil samping ('Ammar & Ramadhan, 2021). Untuk memperoleh hasil maksimum dalam proses transesterifikasi maka alkohol yang digunakan harus bebas air dan kandungan asam lemak bebas dalam minyak kurang dari 1%. Adanya air dalam reaksi transesterifikasi akan menyebabkan

terjadinya hidrolisis. Dalam reaksi transesterifikasi, seringkali terjadi reaksi penyabunan yang tidak diinginkan. Hal tersebut disebabkan oleh tingginya kadar asam lemak bebas dan juga kadar air yang tinggi pada minyak jelantah. Untuk menghindari pembentukan sabun direkomendasikan bahan baku minyak yang mengandung asam lemak bebas kurang dari 0.5% berat saat menggunakan katalis basa (Al Ghifari & Samik, 2023).

Proses transesterifikasi dapat dilakukan dengan bantuan katalis. Biasanya dalam pembuatan biodiesel digunakan katalis homogen, dimana katalis tersebut larut dalam alkohol dan menghasilkan campuran alkil ester asam lemak dan gliserol. Katalis yang biasa digunakan berupa katalis basa (alkali) digunakan  $\text{NaOCH}_3$ ,  $\text{KOH}$ , dan  $\text{NaOH}$ . Proses transesterifikasi dengan katalis alkali, seperti natrium atau kalium hidroksida memberikan keuntungan tambahan, yaitu prosesnya dapat dioperasikan pada kondisi temperatur rendah (Saru, 2022).  $\text{NaOH}$  dipilih sebagai katalis dalam proses produksi biodiesel karena memiliki aktivitas katalitik yang tinggi, harga yang lebih ekonomis, serta ketersediaan yang lebih luas dibandingkan  $\text{KOH}$  (Knothe dkk., 2015). Reaksi transesterifikasi pada produksi biodiesel digambarkan sebagai berikut :



Proses pembuatan biodiesel dari minyak jelantah menggunakan katalisa  $\text{NaOH}$  pada suhu  $60^\circ\text{C}$  selama 1 jam dengan perbandingan rasio minyak jelantah dan metanol Adalah 1:6.

#### 1.4 Pemilihan Metode Pembuatan Biodiesel

Secara umum metode pembuatan biodiesel dibagi menjadi 2 metode, yaitu menggunakan metode esterifikasi dan metode transesterifikasi. Kedua metode tersebut memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing.

Tabel 1.6 Perbandingan metode dalam memproduksi biodiesel (Saru, 2022)

| Kriteria       | Esterifikasi                                                                                                               | Transesterifikasi                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Skala produksi | Pabrik/komersial                                                                                                           | Pabrik/komersial                                                                                                                                                                                                                                     |
| Temperatur     | 60°C                                                                                                                       | 60°C                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Tekanan        | 1 atm                                                                                                                      | 1 atm                                                                                                                                                                                                                                                |
| Katalis        | Katalis Asam<br>(H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , dan HCl)                                | Katalis Basa<br>(NaOCH <sub>3</sub> , NaOH, dan KOH)                                                                                                                                                                                                 |
| Konversi       | 98%                                                                                                                        | 99.5%                                                                                                                                                                                                                                                |
| Kandungan FFA  | >5%                                                                                                                        | <5%                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Bahan baku     | <ul style="list-style-type: none"><li>- Minyak (Trigliserida)</li><li>- Steam (H<sub>2</sub>O)</li><li>- Metanol</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>- Minyak (Trigliserida)</li><li>- Metanol</li></ul>                                                                                                                                                            |
| Produk samping | Air                                                                                                                        | Gliserin                                                                                                                                                                                                                                             |
| Kelebihan      | Proses lebih mudah dan lebih sederhana                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"><li>- Konversi yang dihasilkan lebih tinggi dari proses esterifikasi.</li><li>- Hasil samping berupa gliserin memiliki nilai jual.</li><li>- Katalis basa lebih aman karena tingkat korosi lebih rendah.</li></ul> |
| Kekurangan     | <ul style="list-style-type: none"><li>- Produk samping berupa air yang tidak bernilai</li></ul>                            | Katalis basa homogen sangat sulit dipisahkan                                                                                                                                                                                                         |

|  |                                                                                 |                                                                                                         |
|--|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>ekonomis.</p> <p>- Katalis asam lebih korosif dibandingkan katalis basa.</p> | <p>dari campuran reaksi sehingga tidak dapat digunakan kembali dan pada akhirnya akan ikut terbuang</p> |
|--|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Berdasarkan tabel perbandingan metode pembuatan biodiesel diatas, terlihat kelebihan dan kekurangan masing-masing metode. Pemilihan metode produksi biodiesel memerlukan analisis komparatif berdasarkan sejumlah parameter kritis yang memengaruhi kelayakan teknis, efisiensi proses, biaya, dan keberlanjutan lingkungan. Metode pembobotan digunakan untuk memberikan nilai relatif terhadap pentingnya masing-masing parameter, sementara metode skoring digunakan untuk menilai performa masing-masing alternatif metode produksi terhadap parameter tersebut.

Bobot ditentukan berdasarkan tingkat pengaruh tiap parameter terhadap keberhasilan jangka panjang proses produksi biodiesel. Pemberian skor 1–5 dalam tabel pembobotan metode esterifikasi versus transesterifikasi sangat penting untuk menjelaskan mengapa suatu metode diberi skor tertentu pada tiap parameter. Skor ini merepresentasikan seberapa baik performa atau kesesuaian metode tersebut terhadap tiap parameter, berdasarkan data teknis, literatur ilmiah, dan logika industri.

Tabel 1.7 Pembobotan Pemilihan Proses Produksi Biodiesel

| Parameter               | Bobot (%) | SKOR (1-5)   |                    | Nilai (Bobot x Skor) |                    |
|-------------------------|-----------|--------------|--------------------|----------------------|--------------------|
|                         |           | Esterifikasi | Trans-esterifikasi | Esterifikasi         | Trans-esterifikasi |
| Ketersediaan Bahan Baku | 35%       | 5            | 5                  | 1.75                 | 1.75               |
| Konversi                | 20%       | 3            | 4                  | 0.60                 | 0.80               |
| Pemakaian katalis       | 15%       | 3            | 4                  | 0.45                 | 0.60               |

| Parameter        | Bobot (%) | SKOR (1-5)   |                    | Nilai (Bobot x Skor) |                    |
|------------------|-----------|--------------|--------------------|----------------------|--------------------|
|                  |           | Esterifikasi | Trans-esterifikasi | Esterifikasi         | Trans-esterifikasi |
| Efisiensi proses | 15%       | 4            | 3                  | 0.60                 | 0.45               |
| Produk sampling  | 15%       | 3            | 5                  | 0.45                 | 0.75               |
| Total skor       | 100       | 18           | 21                 | 3.85                 | 4.35               |

Berdasarkan total nilai tertimbang, metode transesterifikasi memiliki skor lebih tinggi (4.35) dibandingkan metode esterifikasi (3.85). Oleh karena itu, proses pembuatan biodiesel dari minyak jelantah lebih sesuai menggunakan metode transesterifikasi yang layak dan ekonomis dalam pengembangan biodiesel sebagai bahan bakar alternatif.

## 1.5 Penentuan Kapasitas Perancangan Pabrik

Dalam penentuan kapasitas rancangan pabrik biodiesel yang akan dibangun ada beberapa faktor yang dijadikan pertimbangan, antara lain :

### 1.5.1 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam memproduksi biodiesel adalah minyak jelantah dan metanol. Minyak jelantah diperoleh rumah tangga, industri makanan serta hotel dan restoran di kawasan industri Jawa Timur dan sekitarnya melalui jaringan pengumpul minyak jelantah (*used cooking oil/UCO*). Berdasarkan studi Traction Energy Asia tahun 2024, potensi minyak jelantah yang dapat dikumpulkan di Indonesia mencapai sekitar 933.200 kL per tahun, sedangkan potensi produksi nasional diperkirakan mencapai 1,2 juta kL per tahun. Bahan baku metanol diperoleh dari PT. Kaltim Metanol Industri yang berlokasi di Bontang, Kalimantan Timur. Bahan baku natrium hidroksida diperoleh dari PT. Asahimas Chemical yang berlokasi di Banten.

### 1.5.2 Analisa Permintaan Pasar

Analisis pasar merupakan langkah untuk mengetahui seberapa besar minat pasar terhadap suatu produk, salah satunya melalui data impor solar, data produksi solar dan data konsumsi solar di Indonesia, dimana hal tersebut dapat menggambarkan besarnya kebutuhan terhadap kebutuhan biodiesel yang akan diperlukan sebagai bahan bakar alternatif pengganti solar.

a. *Supply*

- Impor

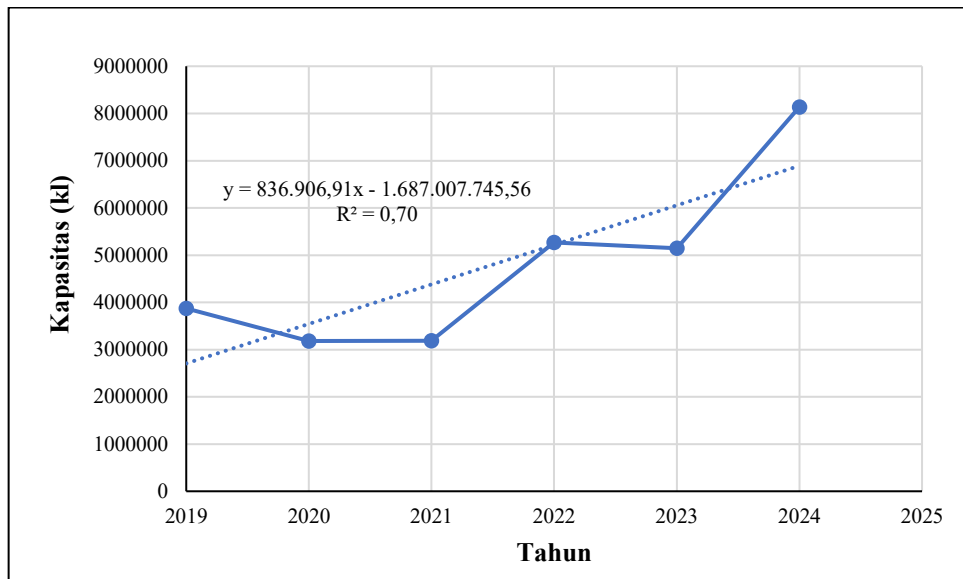
Data impor diperoleh dari data statistik yang diterbitkan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral didapatkan data impor tahun 2019 sampai tahun 2023 seperti pada tabel 1.3.

Tabel 1.8 Data Perkembangan Impor Solar di Indonesia

| Tahun | Impor (kl/tahun) |
|-------|------------------|
| 2019  | 3.872.804        |
| 2020  | 3.181.936        |
| 2021  | 3.189.951        |
| 2022  | 5.270.481        |
| 2023  | 5.145.275        |
| 2024  | 8.137.043        |

(Sumber: ESDM, 2024)

Dari data impor diatas dapat dibuat grafik linear antara sumbu data tahun sumbu x dan data impor sumbu y, grafik dapat dilihat pada gambar 1.1



Gambar I.4 Grafik Kebutuhan Impor Solar

Perkiraan impor solar pada tahun yang akan datang saat pembangunan pabrik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan  $y = 836.906,91x - 1.687.007.745,56$ , dimana nilai  $x$  sebagai tahun dan  $y$  sebagai jumlah impor.

Dengan persamaan diatas diperkirakan untuk tahun 2030 kebutuhan impor solar adalah sebesar

$$\begin{aligned}
 y &= 836.906,91x - 1.687.007.745,56 \\
 &= 836.906,91 (2030) - 1.687.007.745,56 \\
 &= 11.913.281,74 \text{ kiloliter}
 \end{aligned}$$

- **Produksi**

Produksi solar dalam negeri menurut data statistik yang diterbitkan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral di Indonesia dari tahun 2019 sampai tahun 2023 seperti pada tabel 1.4.

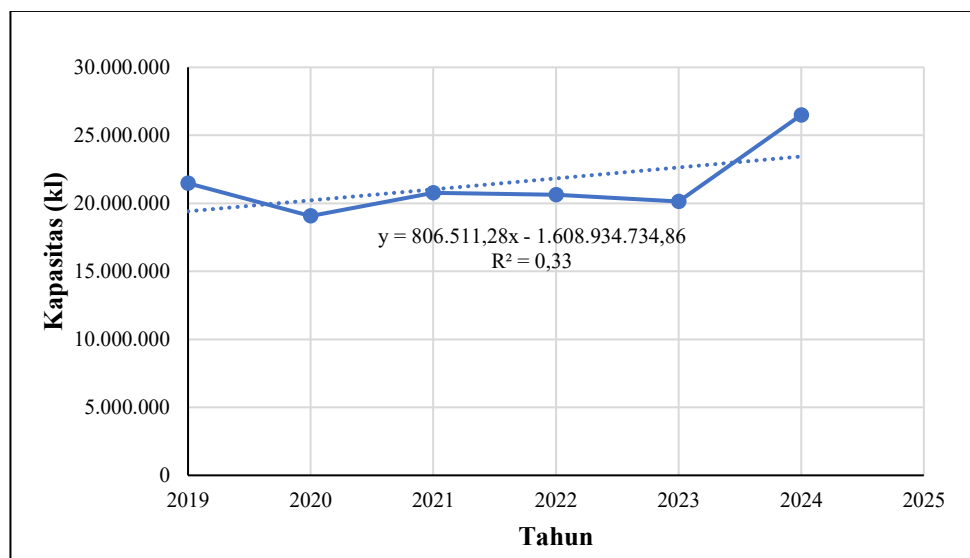
Tabel 1.9 Data Perkembangan Produksi Solar di Indonesia

| Tahun | Produksi (kl/tahun) |
|-------|---------------------|
| 2019  | 21.473.173,83       |
| 2020  | 19.066.495,70       |
| 2021  | 20.761.177,84       |

| Tahun | Produksi (kl/tahun) |
|-------|---------------------|
| 2022  | 20.621.889,07       |
| 2023  | 20.144.179,95       |
| 2024  | 26.500.000,00       |

(Sumber: ESDM, 2024)

Dari data produksi diatas dapat dibuat grafik linear antara data tahun sumbu x dan data produksi sumbu y, Grafik dapat dilihat pada gambar I.2



Gambar 1.5 Grafik Produksi Solar di Indonesia

Perkiraan produksi solar pada tahun yang akan datang saat pembangunan pabrik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan  $y = 806.511,28x - 1.608.934.734,85$ , dimana nilai x sebagai tahun dan y sebagai jumlah produksi. Dengan persamaan diatas diperkirakan produksi solar pada tahun 2030 di Indonesia adalah sebesar

$$\begin{aligned}
 y &= 806.511,28x - 1.608.934.734,85 \\
 &= 806.511,28 (2030) - 1.608.934.734,85 \\
 &= 28.283.163,55 \text{ kiloliter}
 \end{aligned}$$

b. *Demand*

- Ekspor

Ekspor solar dalam negeri menurut data statistik yang diterbitkan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral di Indonesia dari tahun 2019 sampai tahun 2023 seperti pada tabel 1.5.

Tabel 1.10 Data Perkembangan Ekspor Solar di Indonesia

| <b>Tahun</b> | <b>Ekspor (kl/tahun)</b> |
|--------------|--------------------------|
| 2019         | 0                        |
| 2020         | 110.795                  |
| 2021         | 0                        |
| 2022         | 0                        |
| 2023         | 90                       |
| 2024         | 248.562                  |

(Sumber: ESDM, 2024)

Berdasarkan data di atas menunjukkan perkembangan ekspor solar di Indonesia masih sangat fluktuatif. Hal ini dikarenakan kebutuhan solar di Indonesia masih sangat tinggi, sehingga perkiraan nilai ekspor pada pendirian pabrik yaitu tahun 2030 akan sangat kecil maka diasumsikan nilai ekspor sama dengan 0.

- Konsumsi

Konsumsi solar dalam negeri menurut data statistik yang diterbitkan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral di Indonesia dari tahun 2019 sampai tahun 2023 dapat dilihat pada tabel 1.6.

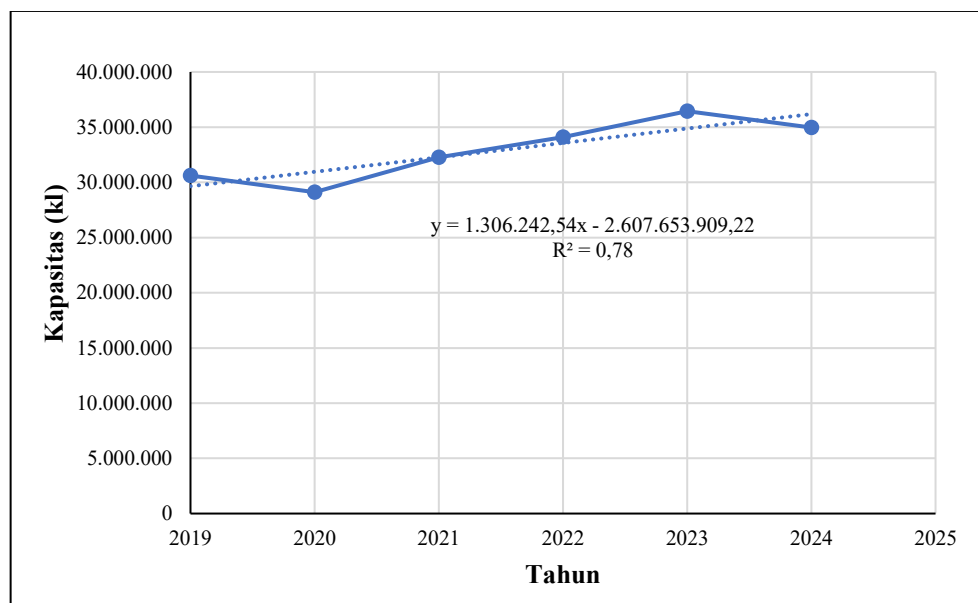
Tabel 1.11 Data Perkembangan Konsumsi Solar di Indonesia

| <b>Tahun</b> | <b>Konsumsi (kl/tahun)</b> |
|--------------|----------------------------|
| 2019         | 30.602.558                 |
| 2020         | 29.111.893                 |
| 2021         | 32.262.353                 |

| Tahun | Konsumsi (kl/tahun) |
|-------|---------------------|
| 2022  | 34.088.659          |
| 2023  | 36.446.884          |
| 2024  | 34.980.000          |

(Sumber: ESDM, 2024)

Dari data konsumsi diatas dapat dibuat grafik linear antara data tahun sumbu x dan data produksi sumbu y, Grafik dapat dilihat pada gambar I.3



Gambar I.6 Grafik Konsumsi Solar di Indonesia

Perkiraan produksi solar pada tahun yang akan datang saat pembangunan pabrik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan  $y = 1.306.242,54x - 2.607.653.909,22$ , dimana nilai x sebagai tahun dan y sebagai jumlah konsumsi. Dengan persamaan diatas diperkirakan konsumsi solar pada tahun 2030 di Indonesia adalah sebesar

$$\begin{aligned}
 y &= 1.306.242,54x - 2.607.653.909,22 \\
 &= 1.306.242,54 (2030) - 2.607.653.909,22 \\
 &= 44.018.446,98 \text{ kiloliter}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan proyeksi impor, ekspor, konsumsi dan produksi solar pada tahun 2030 maka peluang pasar untuk solar dapat ditentukan kapasitas perancangan pabrik sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Peluang pasar} &= \text{Demand} - \text{Supply} \\ &= (\text{Ekspor} + \text{Konsumsi}) - (\text{Impor} + \text{Produksi}) \\ &= (0 + 47.501.345,60) - (8.302.227,70 + 19.421.046,30) \\ &= 3.822.001,69 \text{ kiloliter/tahun}\end{aligned}$$

Diketahui densitas solar =  $870 \text{ kg/m}^3$

Maka, peluang pasar solar = 3.325.141,47 ton/tahun

Berdasarkan kebijakan pemerintah tentang mandatori B40 dalam siaran pers No. 001.Pers/04/SJI/2025 yaitu kandungan biodiesel di dalam solar sebesar 40% maka di dapatkan peluang biodiesel sebesar 1.330.056,59 ton/tahun. Kapasitas pabrik biodiesel yang akan didirikan diambil 25% dari kebutuhan di Indonesia sebesar 332.514,15 ton/tahun. Dari data dan hasil perhitungan perancangan pabrik biodiesel, maka pada tahun 2030 akan dibangun dengan kapasitas sebesar 350.000 ton/tahun. Pabrik biodiesel dari minyak jelantah diharapkan dapat memberikan dampak positif terhadap pemenuhan kebutuhan energi di Indonesia.

### **1.5.3 Analisa Regulasi dan Kebijakan Pemerintah**

Pemerintah Indonesia terus berupaya memperkuat ketahanan energi nasional. Salah satu langkah strategis yang diambil adalah dengan mendorong pemanfaatan bioenergi khususnya dengan biodiesel sebagai campuran dalam bahan bakar minyak (BBM). Kebijakan ini bertujuan untuk mengurangi ketergantungan impor solar dengan mewajibkan pencampuran biodiesel dengan solar melalui program mandatori. Berdasarkan Keputusan Menteri ESDM Nomor 341.K/EK.01/MEM.E/2024 tentang Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati Jenis Biodiesel Sebagai Campuran Bahan Bakar Minyak Jenis Minyak Solar Dalam Kerangka Pembiayaan Oleh Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit Sebesar 40% (Empat Puluh Persen) ditetapkan di Jakarta, 24 Desember 2024 dan mulai berlaku pada tanggal ditetapkan.

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) mencatat bahwa program pencampuran Bahan Bakar Nabati (BBN) jenis biodiesel ke dalam minyak solar sebesar 40% (B40) pada tahun 2025 berhasil menghemat devisa negara hingga US\$3,68 miliar atau sekitar Rp60,37 triliun menurut data dalam paparan Capaian Kinerja Sektor ESDM Semester I-2025 (APROBI, 2025). Dari informasi tersebut dapat digambarkan bahwa kebutuhan biodiesel beberapa tahun ke depan sebagai bahan bakar alternatif akan terus meningkat sesuai kebijakan pemerintah.

## **1.6 Pemilihan Lokasi Pabrik**

Pemilihan lokasi pembangunan pabrik menjadi hal yang sangat penting dalam proses perancangan pabrik, karena hal ini akan berhubungan langsung dengan nilai ekonomis pabrik yang akan didirikan. Faktor yang perlu dipertimbangkan guna mendapatkan tempat yang terbaik adalah sebagai berikut :

### **1.6.1 Faktor Utama**

Berikut di bawah ini adalah beberapa faktor utama yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi pabrik karena dapat memberikan efek secara langsung terhadap berjalannya suatu pabrik agar sesuai dengan tujuan berdirinya pabrik dalam proses produksi dan distribusi. Faktor utama tersebut adalah :

#### **a. Sumber Bahan Baku**

Salah satu pertimbangan paling krusial dalam menentukan lokasi pembangunan pabrik biodiesel adalah ketersediaan dan kontinuitas bahan baku utama, dalam hal ini minyak jelantah. Ketersediaan minyak jelantah di berbagai daerah juga memungkinkan pembentukan jaringan pengumpulan yang melibatkan masyarakat, UMKM, serta dinas lingkungan hidup. Hal ini membuat bahan baku tersebut relatif mudah diperoleh dengan biaya yang lebih rendah dibandingkan minyak nabati baru. Selain itu, penggunaan minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel mendukung prinsip ekonomi sirkular dan keberlanjutan, karena memanfaatkan limbah menjadi produk yang memiliki nilai energi dan manfaat ekonomi tinggi.

Penelitian dari *Traction Energy Asia* (2023), menyebutkan bahwa potensi minyak jelantah dari sektor rumah tangga dan unit usaha mikro di kota-kota besar di Jawa dan Bali mencapai 204.231,84 kiloliter per tahun. Sedangkan, pada level nasional mencapai angka 1.243.307,7 kiloliter per tahun. Rumah tangga dan usaha mikro di Indonesia menghasilkan minyak jelantah dengan jumlah cukup besar. Bahkan, jumlah minyak jelantah atau minyak sisa dapur yang dihasilkan Indonesia setiap tahun disebut bisa memenuhi 10 persen kebutuhan biodiesel nasional.

b. Sarana Transportasi

Jalur dan jenis transportasi yang digunakan dalam proses produksi dan pendistribusian produk harus yang paling mudah dan ekonomis. Hal ini untuk memudahkan pengiriman bahan baku dan pemasaran produk serta dapat mengurangi beban biaya transportasi. Lokasi yang dekat dengan pelabuhan atau terminal distribusi akan mempermudah pengangkutan bioetanol ke pasar domestik maupun ekspor.

Bogor memiliki keunggulan strategis karena lokasinya yang sangat dekat dengan wilayah metropolitan Jakarta, Depok, dan Bekasi (Jabodetabek). Sistem jalan di wilayah Bogor cukup baik dan terintegrasi dengan jaringan Tol Jagorawi serta jalan nasional yang menghubungkan Bogor dengan kota-kota di sekitarnya. Namun, kemacetan lalu lintas di sekitar Jabodetabek menjadi kendala utama yang dapat mempengaruhi waktu pengiriman bahan baku dan produk.

Keunggulan utama Gresik terletak pada akses transportasi lautnya. Gresik memiliki Pelabuhan Gresik dan berdekatan dengan Pelabuhan Tanjung Perak, dua pelabuhan utama untuk ekspor dan distribusi bahan bakar di Indonesia bagian timur. Kondisi ini sangat mendukung kegiatan pengiriman biodiesel ke luar pulau seperti Kalimantan, Sulawesi, maupun kawasan timur Indonesia lainnya. Selain itu, Gresik terhubung langsung dengan Tol Trans Jawa, yang memungkinkan distribusi darat ke arah barat dengan waktu tempuh yang efisien. Infrastruktur pendukung seperti jalur kereta api dan kawasan industri terintegrasi menjadikan Gresik sangat layak untuk pabrik biodiesel skala besar.

c. Utilitas

Faktor utilitas, seperti ketersediaan air, listrik, dan jaringan komunikasi, menjadi komponen esensial dalam pemilihan lokasi pembangunan pabrik biodiesel. Di Kabupaten Bogor, utilitas dasar seperti pasokan air dan listrik tergolong baik karena wilayah ini berada dalam jaringan infrastruktur Jawa Barat yang sudah berkembang. Sumber air utama bagi industri di Bogor umumnya berasal dari air tanah karena wilayah cekungan Bogor memiliki potensi air tanah yang besar. Kabupaten Gresik memiliki keunggulan utilitas yang lebih kuat karena keberadaan kawasan industri terintegrasi seperti Java Integrated Industrial and Port Estate (JIPE). Kawasan ini menyediakan utilitas lengkap mulai dari pasokan listrik, sistem pengolahan limbah, hingga sumber air industri. Sumber air di Gresik, khususnya di JIPE, berasal dari air laut yang diolah dengan teknologi *Sea Water Reverse Osmosis* (SWRO) serta air payau yang diolah melalui *Brackish Water Reverse Osmosis* (BWRO). Dengan sistem yang terintegrasi, industri dapat memperoleh pasokan air yang stabil dan sesuai standar proses tanpa perlu membangun fasilitas pengolahan air sendiri. Selain itu, keberadaan pelabuhan industri dan akses transportasi yang baik semakin mendukung efisiensi logistik bahan baku maupun produk biodiesel.

d. Tenaga Kerja

Ketersediaan tenaga kerja dan tenaga ahli merupakan faktor strategis dalam pemilihan lokasi pembangunan pabrik biodiesel, mengingat proses produksi memerlukan keterampilan teknis di bidang operasi industri, keselamatan kerja, serta pemeliharaan peralatan. Lokasi yang memiliki populasi usia produktif yang tinggi dan dekat dengan pusat pendidikan atau pelatihan vokasi akan memberikan keunggulan kompetitif bagi industri.

Jumlah penduduk di Kabupaten Bogor pada tahun 2024 sebanyak 5.682.303 jiwa. Jumlah ini terdiri atas 2.912.658 jiwa laki-laki (51,26%) dan 2.769.645 jiwa perempuan (48,77%). Komposisi penduduk Kabupaten Bogor didominasi oleh penduduk usia kerja (15–64 tahun) yang mencapai 70,76%. Dengan luas wilayah Kabupaten Bogor sebesar 2.991,78 km<sup>2</sup>, rata-rata tingkat kepadatan penduduk

Kabupaten Bogor sebesar 1.899 jiwa per km<sup>2</sup>. Kabupaten Bogor memiliki jumlah tenaga kerja yang besar dengan tingkat urbanisasi tinggi. Ketersediaan tenaga kerja melimpah dan terdapat banyak institusi pendidikan vokasi maupun politeknik di sekitar Bogor yang mendukung penyediaan SDM terampil.

Jumlah penduduk di Kabupaten Gresik pada tahun 2024 sebanyak 1.327.497 jiwa. Penduduk laki-laki berjumlah 667.540 jiwa dan penduduk perempuan berjumlah 659.957 jiwa. Dari total penduduk Kabupaten Gresik pada tahun 2024, kelompok umur yang berjumlah paling banyak adalah kelompok 40-44 tahun dengan jumlah sekitar 207 ribu jiwa. Hal ini berarti penduduk Kabupaten Gresik masih didominasi oleh penduduk usia produktif.

e. Pemasaran

Faktor pemasaran merupakan pertimbangan penting dalam pemilihan lokasi pembangunan pabrik biodiesel, terutama terkait kedekatan dengan pasar pengguna, biaya distribusi, serta kemudahan akses ke jalur distribusi nasional maupun ekspor. Kabupaten Bogor memiliki keunggulan dari sisi pasar lokal karena berada dekat dengan Jabodetabek, yang merupakan pusat kepadatan penduduk dan pusat bisnis. Sementara itu, Kabupaten Gresik memiliki posisi strategis sebagai kawasan industri besar dan pelabuhan, sehingga lebih mudah dalam pemasaran skala industri dan ekspor.

f. Pembuangan Limbah

Pertimbangan terhadap pengelolaan dan pembuangan limbah menjadi aspek penting dalam pemilihan lokasi pembangunan pabrik biodiesel, mengingat proses produksi menghasilkan limbah cair, padat, dan gas yang harus ditangani sesuai standar lingkungan. Lokasi yang memiliki akses ke sistem pengolahan limbah terpadu atau memiliki lahan cukup untuk instalasi IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) akan lebih mendukung keberlanjutan operasional pabrik.

Kabupaten Gresik memiliki keunggulan dalam pengolahan limbah karena memiliki kawasan industri yang telah dilengkapi fasilitas pengolahan limbah terpadu menyediakan fasilitas IPAL komunal yang canggih dengan sistem

pembuangan air olahan ke laut. Sedangkan, Kabupaten Bogor yang merupakan daerah hulu (*inland*) tidak memiliki opsi pembuangan ke laut. Pabrik secara mutlak wajib membangun IPAL mandiri sendiri untuk mengolah limbah cair agar memenuhi baku mutu sungai yang sangat ketat sebelum dibuang ke badan sungai.

g. Faktor Iklim dan Geografi Lokal (Keadaan Tanah)

Faktor iklim dan geografi lokal, termasuk kondisi tanah merupakan elemen penting dalam menentukan kelayakan teknis dan keberlanjutan lokasi pembangunan pabrik biodiesel. Bogor memiliki kondisi iklim yang cenderung basah dengan curah hujan tinggi sepanjang tahun. Iklim ini berpengaruh dalam perancangan fasilitas yang tahan terhadap kelembapan, banjir lokal, dan potensi gangguan logistik akibat hujan lebat. Dari sisi geografis, Bogor berada di kawasan berbukit dengan elevasi yang bervariasi, sehingga pemilihan lahan harus mempertimbangkan kestabilan tanah, kemiringan, serta risiko longsor. Kabupaten Gresik memiliki iklim lebih kering dan panas, dengan curah hujan lebih rendah dibanding Bogor. Kondisi geografis relatif datar sehingga memudahkan pembangunan infrastruktur pabrik, pergudangan, dan jaringan transportasi. Oleh karena itu, lokasi dengan kondisi iklim stabil, tanah datar, serta risiko geologi yang dapat dikendalikan akan lebih ideal untuk mendukung pembangunan dan operasional pabrik bioetanol dalam jangka panjang.

Tabel 1.12 Perbandingan Faktor Iklim dan Geografi Lokal

| Parameter                       | Bogor                                       | Gresik                                                                                               |
|---------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Suhu udara rata-rata tahunan    | 21,1 - 34 °C                                | 24,4 - 33°C                                                                                          |
| Kelembaban rata-rata tahunan    | 62,3 - 92,8%                                | 68.6 - 93,4%                                                                                         |
| Curah hujan rata-rata per tahun | 4869 mm                                     | 2638,60 mm                                                                                           |
| Topografi wilayah               | mulai dari dataran rendah hingga pegunungan | dataran rendah hingga perbukitan, dengan sebagian besar wilayahnya berupa dataran rendah (<200 mdpl) |

| <b>Parameter</b>              | <b>Bogor</b>                 | <b>Gresik</b>                |
|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Jenis tanah dominan           | Andosol dan Latosol          | Mediteran dan Grumosol       |
| Kesesuaian lahan untuk pabrik | Cukup baik di dataran rendah | Sangat baik (stabil & datar) |

Sumber : Stasiun Klimatologi Jawa Barat, 2024 dan Stasiun Meteorologi Sangkapura, 2024

### **1.6.2 Faktor Pendukung**

Faktor pendukung secara tidak langsung berperan penting dalam dunia industri karena sangat mempengaruhi berjalannya industri tersebut. Faktor-faktor pendukung penentuan lokasi pabrik meliputi :

#### **a. Harga Tanah dan Perluasan Pabrik**

Rencana lokasi pembangunan pabrik berada di daerah kawasan industri sehingga harga tanah yang tersediapun dapat dikatakan relatif mahal tetapi masih terjangkau. Terkait rencana pengembangan adalah daerah industri dimana lahan disana dipersiapkan guna mendirikan industri sehingga tidak akan mempengaruhi daerah penduduk ketika pabrik akan diperluas areanya.

Faktor pendukung seperti harga tanah dan ketersediaan lahan untuk perluasan menjadi pertimbangan penting dalam pemilihan lokasi pembangunan pabrik biodiesel. Wilayah Bogor, harga tanah cenderung lebih tinggi karena tingginya tekanan pembangunan kawasan permukiman, komersial, dan industri penunjang Jabodetabek. Sedangkan, Gresik yang termasuk dalam kawasan industri strategis di Jawa Timur menawarkan harga tanah yang umumnya lebih rendah dan ketersediaan lahan yang lebih luas, sehingga lebih mendukung pengembangan fasilitas industri dalam jangka panjang. Ketersediaan kawasan industri yang sudah terencana juga mempermudah proses perizinan dan penataan ruang untuk perluasan.

b. Letak Geografis

Identifikasi lokasi pabrik sangat penting untuk kelancaran kegiatan perusahaan. Dari pertimbangan tersebut, luas lahan yang tersedia dan memenuhi persyaratan untuk membangun sebuah pabrik. Letak geografis suatu wilayah menjadi faktor pendukung yang berpengaruh dalam pemilihan lokasi pembangunan pabrik bioetanol, karena menentukan kemudahan akses, kedekatan dengan sumber daya, serta keterhubungan dengan wilayah pasar atau distribusi. Lokasi yang secara geografis strategis dekat dengan pelabuhan, jalan utama, atau pusat industri akan memberikan keuntungan logistik dan efisiensi biaya operasional. Kabupaten Gresik memiliki lokasi yang lebih strategis dari sisi industri karena berada di kawasan pantai utara Jawa Timur dengan topografi yang relatif datar dan terintegrasi dengan jaringan logistik nasional. Kedekatannya dengan Pelabuhan Gresik dan Surabaya mempermudah proses distribusi, baik untuk pengadaan bahan baku maupun pemasaran biodiesel. Sedangkan, Kabupaten Bogor yang berada di dataran tinggi Jawa Barat dengan perkembangan kawasan urban yang pesat, menawarkan potensi pasokan minyak jelantah yang besar akibat tingginya aktivitas komersial dan kepadatan penduduk. Namun, kondisi geografis yang berbukit serta infrastruktur transportasi yang sering mengalami kepadatan dapat menjadi hambatan dalam mobilisasi bahan baku dan distribusi produk. Dengan demikian, letak geografis yang mendukung konektivitas regional dan aksesibilitas transportasi menjadi nilai tambah dalam menentukan kelayakan lokasi pembangunan pabrik biodiesel.



### 1.6.3 Perbandingan Lokasi Pabrik

Untuk menentukan lokasi paling ideal bagi pembangunan pabrik biodiesel berbahan baku minyak jelantah, diperlukan analisis komprehensif terhadap sejumlah parameter penentu kelayakan. Penilaian ini mencakup aspek teknis, ekonomi, lingkungan, dan administratif seperti ketersediaan bahan baku, akses transportasi, utilitas, ketersediaan tenaga kerja, akses pasar, serta kesiapan pengelolaan limbah. Selain itu, faktor-faktor pendukung seperti kondisi iklim dan geografi, harga tanah dan potensi perluasan, letak geografis, batasan hukum dan pajak juga dipertimbangkan. Masing-masing parameter diberikan bobot dan skor untuk menghasilkan total nilai yang mencerminkan kelayakan relatif dari masing-masing lokasi. Tabel berikut menyajikan hasil penilaian skoring terhadap dua lokasi alternatif: Kabupaten Bogor dan Kabupaten Gresik.

Tabel 1.13 Pembobotan Pemilihan Lokasi Pembangunan Pabrik Biodiesel

| Parameter                      | Bobot (%) | SKOR (1-5)      |                  | Nilai<br>(Bobot x Skor) |                  |
|--------------------------------|-----------|-----------------|------------------|-------------------------|------------------|
|                                |           | Kabupaten Bogor | Kabupaten Gresik | Kabupaten Bogor         | Kabupaten Gresik |
| Ketersediaan bahan baku        | 25%       | 5               | 5                | 1.25                    | 1.25             |
| Sarana transportasi            | 10%       | 5               | 5                | 0.50                    | 0.50             |
| Utilitas (air, listrik)        | 15%       | 4               | 5                | 0.60                    | 0.75             |
| Tenaga kerja                   | 10%       | 5               | 4                | 0.50                    | 0.40             |
| Akses pemasaran dan distribusi | 10%       | 5               | 4                | 0.50                    | 0.40             |
| Pembuangan limbah              | 10%       | 4               | 5                | 0.40                    | 0.50             |

| Parameter                                | Bobot (%)   | SKOR (1-5)      |                  | Nilai<br>(Bobot x Skor) |                  |
|------------------------------------------|-------------|-----------------|------------------|-------------------------|------------------|
|                                          |             | Kabupaten Bogor | Kabupaten Gresik | Kabupaten Bogor         | Kabupaten Gresik |
| Iklim dan geografi lokal (keadaan tanah) | 10%         | 3               | 5                | 0.30                    | 0.50             |
| Harga tanah dan potensi perluasan        | 5%          | 4               | 5                | 0.20                    | 0.25             |
| Letak geografis                          | 5%          | 3               | 5                | 0.15                    | 0.25             |
| <b>Total Skor</b>                        | <b>100%</b> | 38              | 43               | 4.40                    | 4.80             |

Berdasarkan hasil perbandingan skoring, Kabupaten Gresik menempati posisi tertinggi dengan total skor 4,80. Keunggulannya pada beberapa parameter, meskipun harga tanah relatif tinggi. Hasil ini dapat dijadikan dasar pertimbangan awal dalam proses studi kelayakan dan pemilihan lokasi pabrik biodiesel berbasis minyak jelantah secara lebih objektif dan terukur.