

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Saat ini, bahan bakar fosil adalah sumber energi secara global. Dalam kurun waktu beberapa dekade terakhir semakin menipisnya cadangan minyak bumi serta pencemaran lingkungan merupakan isu global yang meresahkan manusia. Hal ini mengakibatkan melonjaknya harga minyak dunia yang memberikan dampak besar terhadap perekonomian dunia tak terkecuali negara berkembang seperti Indonesia. Kenaikan harga BBM secara langsung berakibat pada naiknya biaya transportasi, biaya produksi industri dan pembangkitan tenaga listrik. Pertambahan jumlah penduduk yang disertai dengan peningkatan kesejahteraan masyarakat juga berdampak pada makin meningkatnya kebutuhan akan sarana transportasi dan aktivitas industri. Hal ini tentu saja menyebabkan kebutuhan akan bahan bakar cair juga semakin meningkat. Oleh karena itu, dibutuhkan energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar diesel.

Sementara itu Arifin menteri energi dan sumber daya alam (ESDM) mengatakan masalah kelangkaan bahan bakar minyak dan persediaan bahan bakar fosil semakin menipis, maka akan diperkirakan habis pada tahun 2029. Indonesia sedang mengalami krisis bahan energi dan harus impor BBM terutama bahan bakar diesel dari negara asing. Oleh karena itu, untuk mencari solusi dari permasalahan ini adalah membuat bahan bakar terbarukan (*energy renewable*). Bahan bakar alternatif itu harus layak, ramah lingkungan, ekonomis, dan mudah didapatkan, maka salah satu bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan dan dapat dicari di sumber daya yang dapat diperbaharui di Indonesia yaitu Biodiesel.

Bahan bakar nabati atau biofuel adalah bahan bakar yang berdasarkan komoditi pertanian yang biasanya digunakan untuk bahan makanan. Produk global bahan bakar nabati yang terkenal adalah biodiesel dan bioetanol. Biodiesel juga merupakan bahan bakar yang terbuat dari minyak nabati yang berasal dari sumber daya alam yang dapat diperbaharui.

Biodiesel merupakan salah satu energi alternatif pengganti bahan bakar diesel atau solar yang terbuat dari bahan alam. Hal ini dikarenakan biodiesel memiliki sifat menyerupai minyak diesel atau solar, selain itu juga bersifat dapat diperbaharui (*renewable*), dapat terurai (*biodegradable*) dan memiliki sifat pelumasan terhadap piston mesin karena termasuk kelompok minyak tidak mengering (*non-drying oil*), dan mampu mengurangi emisi karbon dioksida serta efek rumah kaca. Biodiesel juga bersifat ramah lingkungan karena emisi gas buang yang jauh lebih baik dibandingkan diesel atau solar, yaitu bebas sulfur, bilangan asap rendah (*smoke number*), terbakar sempurna (*clean burning*), dan tidak beracun (*nontoxic*). Biodiesel dapat digunakan secara murni atau dicampur dengan petrodiesel tanpa ada perubahan pada mesin lain yang menggunakannya.

Beberapa bahan baku untuk pembuatan biodiesel diantaranya adalah kelapa sawit, kedelai, jarak pagar, dan kacang kedelai. Dari beberapa bahan baku tersebut di Indonesia yang punya prospek untuk diolah menjadi biodiesel adalah kelapa sawit. Tanaman industri kelapa sawit telah tersebar hampir di seluruh wilayah Indonesia, pengolahannya sudah mapan. Dibandingkan dengan tanaman yang lain seperti kedelai, jarak pagar dan lain-lain yang masih mempunyai kelemahan antara lain sumbernya sangat terbatas dan masih harus diimpor. Sedangkan untuk bahan baku minyak jarak pagar masih dalam taraf penelitian skala laboratorium untuk budidaya dan pengolahannya, sehingga dapat dikatakan bahwa kelapa sawit merupakan bahan baku untuk biodiesel yang paling siap (Sugiono, 2008).

Pada saat ini industri biodiesel di dunia, khususnya di Indonesia meningkat secara signifikan setiap tahun. Khususnya di Asia, pertumbuhan biodiesel di Indonesia (65,40%) unggul dibanding negara Asia lainnya seperti China (14,60%), Thailand (39,90%), India (12,70%), dan Korea Selatan (45,40%). Sedangkan untuk pasar biodiesel didunia terbesar oleh Uni Eropa, diikuti Amerika Latin, Asia Pasifik, dan yang keempat Amerika Utara. Hal ini menunjukkan keberhasilan pemerintah dalam penghematan devisa sebesar 831 USD (dengan meningkatkan pemanfaatan biodiesel untuk kebutuhan dalam negeri sebesar 1,05 juta KL) maka, ketergantungan energi fosil semakin berkurang (GAPKI, 2017).

Berdasarkan penjelasan di atas, untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar minyak yang semakin meningkat, maka perlu untuk didirikan pabrik biodiesel di Indonesia guna membantu memenuhi kebutuhan bahan bakar minyak dalam negeri. Selain pertimbangan tersebut, beberapa hal yang menjadi pertimbangan tentang pentingnya pendirian pabrik biodiesel di Indonesia yaitu:

1. Mengurangi ketergantungan terhadap impor bahan bakar minyak terutama bahan bakar diesel.
2. Membantu memperbaiki kondisi perekonomian Indonesia dengan meningkatkan devisa negara.
3. Membantu mengurangi konsumsi energi fosil yang merupakan energi tidak terbarukan

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dari prarancangan pabrik ini sebagai berikut:

1. Apakah pabrik Biodiesel dengan proses *Transesterifikasi* layak didirikan?
2. Apakah pendirian pabrik Biodiesel dapat memenuhi kebutuhan bahan bakar diesel dalam negeri?

## **1.3 Tujuan Perancangan Pabrik**

Prarancangan pabrik pembuatan Biodiesel ini bertujuan untuk menerapkan disiplin ilmu teknik kimia, khususnya pada mata kuliah Operasi Teknik Kimia, Instrumentasi Proses, Perancangan Alat Proses, dan Perancangan Proses Pabrik Kimia sehingga akan memberikan gambaran kelayakan prarancangan pabrik pembuatan Biodiesel. Tujuan lain dari prarancangan pabrik pembuatan Biodiesel ini adalah untuk memenuhi kebutuhan konsumsi bahan bakar yang terus meningkat seiring dengan perkembangan industri terutama bahan bakar diesel yang selama ini masih diimpor dari negara lain dan selanjutnya dikembangkan untuk bertujuan 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 Perancangan Pabrik

Adapun manfaat pendirian pabrik Biodiesel adalah:

1. Memberi gambaran informasi rancangan pabrik pembuatan Biodiesel dari *Refined Bleached Deodorized Palm Oil* (RBDPO) dengan proses *Transesterifikasi* dengan kapasitas 350.000 ton/tahun.
2. Dapat menganalisis kelayakan pabrik tersebut.
3. Untuk memenuhi kebutuhan konsumsi bahan bakar diesel dalam negeri dan mengatasi kelangkaan bahan bakar fosil pada masa mendatang.

#### 1.5 Batasan Masalah

Prarancangan pabrik Biodiesel, penyusun membatasi pada pemilihan bahan baku utama yaitu *Refined Bleached Deodorized Palm Oil* (RBDPO) 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 yang terdiri dari *Refined Bleached Deodorized Palm Oil* (RBDPO) yang tersedia cukup besar di daerah berdirinya lokasi pabrik dan metanol yang diperoleh dari luar pulau tepatnya di Kalimantan.

##### 1.6.1 Minyak Kelapa Sawit

Berdasarkan data yang didapat dari Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia (GAPKI), Berikut data produksi dan konsumsi dari minyak kelapa sawit di Indonesia dari tahun 2018 – 2023 dapat dilihat pada Tabel 1.1 dan 1.2:

**Tabel 1.1** Produksi Minyak Kelapa Sawit di Indonesia

No.	Tahun	Produksi (Ton)
1.	2020	46.034.000
2.	2021	47.888.000
3.	2022	47.729.000
4.	2023	50.069.000

**Tabel 1.2** Konsumsi Minyak Kelapa Sawit di Indonesia

No.	Tahun	Konsumsi (Ton/Tahun)		
		Pangan	<i>Oleochemical</i>	Biodiesel
1.	2020	8.428.000	1.695.000	7.226.000
	<b>Sub Total</b>	<b>17.349.000</b>		
2.	2021	8.954.000	2.126.000	7.342.000
	<b>Sub Total</b>	<b>18.422.000</b>		
3.	2022	9.892.000	2.200.000	9.048.000
	<b>Sub Total</b>	<b>21.140.000</b>		
4.	2023	10.298.000	2.268.000	10.647.000
	<b>Sub Total</b>	<b>23.213.000</b>		

(Sumber: GAPKI, 2024)

Dari jumlah produksi minyak kelapa sawit di Indonesia, hanya sekitar 30% minyak sawit digunakan untuk pemenuhan kebutuhan dalam negeri, sedangkan hampir 70% lainnya di ekspor ke berbagai negara. Melimpahnya produksi kelapa sawit di Indonesia ini merupakan peluang sekaligus tantangan untuk menciptakan kemandirian dan ketahanan pangan serta energi di Indonesia berupa bahan bakar nabati (BBN) dan biofuel seperti bioetanol dan biodiesel.

Minyak kelapa sawit yang di ekspor ke berbagai negara adalah minyak kelapa sawit yang sudah di olah seperti olahan CPO, oleochemical, dan biodiesel, hal ini disebabkan karena adanya program hilirisasi yang dilakukan pemerintahan di Indonesia untuk meningkatkan PDB dan kualitas SDM serta memberikan lapangan pekerjaan bagi penduduk Indonesia.

Adapun menurut laporan gabungan pengusaha kelapa sawit Indonesia (GAPKI), serapan minyak kelapa sawit untuk produksi biodiesel terus meningkat dalam beberapa tahun terakhir hingga melampaui konsumsi untuk pangan. Pada tahun 2023 konsumsi minyak sawit untuk biodiesel mencapai 10,65 juta ton atau sekitar 45,9% dari total konsumsi nasional. Sementara konsumsi minyak sawit untuk pangan sekitar 10,3 juta ton atau 44,4% dari total konsumsi nasional (Databoks, 2024).

### 1.6.2 Metanol

Metanol menempati posisi penting di industri hilir karena digunakan menjadi bahan utama tekstil, plastik, resin sintesis, farmasi, insektisida, dan industri kayu lapis. Selain itu juga digunakan sebagai bahan baku methanolisis untuk menghasilkan biodiesel. Namun saat ini Indonesia hanya memiliki satu produsen metanol yang berlokasi di Kalimantan Timur dengan kapasitas produksi maksimum 660.000 ton per tahun. Berdasarkan pangsaanya, sekitar 70 persen dari total produksi diekspor ke Jepang, Korea Selatan, China, dan negara-negara di Asia Tenggara lainnya. Pada sisi lain, kebutuhan metanol di Indonesia tercatat sangat tinggi, mencapai 1,1 juta ton per tahun yang sebagian besar dipenuhi oleh impor.

Dalam hal tersebut Indonesia terus berkomitmen memenuhi permintaan metanol domestik untuk menekan impor melalui hilirisasi batu bara menjadi metanol. Hal tersebut bisa menjadi solusi dari keterbatasan bahan baku berupa gas alam sekaligus memaksimalkan potensi nilai batu bara untuk bisa menjadi lebih tinggi. Pasalnya selama ini batu bara tidak dilakukan pengolahan lebih lanjut, sehingga hanya dijual dengan harga rendah. Proyek hilirisasi batu bara menjadi metanol diinisiasi oleh konsorsium PT Bakrie Capital Indonesia (Grup Bakrie), PT Ithaca Resources, dan Air Products dari Amerika Serikat.

Konsorsium tersebut telah menandatangani perjanjian definitif kontrak jangka panjang untuk membangun pabrik pengolahan batu bara menjadi metanol berskala global di Bengalon, Kabupaten Kutai Timur, Kalimantan Timur, Indonesia. Nilai investasinya sekitar US\$2 miliar dan konstruksinya diharapkan selesai dan siap beroperasi pada akhir 2024 Perusahaan coal to methanol tersebut nantinya memiliki kapasitas produksi hingga 1,8 juta ton per tahun metanol dan diperkirakan mampu memenuhi 1,1 juta ton per tahun kebutuhan domestik dan juga bisa menjadi sumber cadangan devisa nasional.

Sebagai perbandingan, dalam 10 tahun terakhir harga metanol dunia tercatat lebih tinggi 386 persen dibandingkan dengan harga batu bara global. Ada pula daya tarik di sisi permintaan. Kebutuhan metanol dalam negeri diproyeksikan meningkat setiap tahun seiring dengan program Mandatory B30 Biodiesel yang

terus digalakkan. Pemerintah menargetkan pendistribusian biodiesel hingga 9,20 juta Kiloliter (KL) B30 pada 2021 dan diperkirakan akan terus meningkat dengan pesat pada tahun berikutnya, jauh lebih tinggi dari pencapaian tahun sebelumnya sebesar 8,46 juta KL karena munculnya dampak pandemi Covid-19. Keberlanjutan dan perluasan program mandatory biodiesel di Indonesia yang diperkirakan targetnya terus meningkat akan memperkuat prospek cerah industri metanol sebagai salah satu bahan baku utama pembuatan biodiesel (Muhammad Rifki, 2024).

## 1.7 Kapasitas Perancangan

Penggunaan biodiesel di Indonesia didapatkan setiap tahunnya masih sangat besar terutama dimanfaatkan sebagai BBM pada kendaraan besar seperti bus, truk, alat berat serta lokomotif. Pada dunia industri biodiesel digunakan untuk pembakaran langsung dalam dapur – dapur industri. Konsumsi akan biodiesel di Indonesia terus meningkat setiap tahunnya; oleh karena itu, penentuan kapasitas perancangan didasarkan pada konsumsi biodiesel yang terus meningkat.

Penentuan kapasitas ini harus diatas atau paling tidak sama dengan kapasitas minimum pabrik yang sudah beroperasi dengan baik dan menguntungkan. Penentuan kapasitas perancangan dapat dilihat berdasarkan data kebutuhan biodiesel di Indonesia. Menurut data Asosiasi Produsen *Biofuel* Indonesia (APROBI) kebutuhan biodiesel di Indonesia rata-rata terus meningkat setiap tahunnya. Maka dalam hal ini akan ditunjukkan beberapa aspek mengenai data produksi, konsumsi, dan ekspor biodiesel adalah sebagai berikut ini:

### 1.7.1 Produksi Biodiesel di Indonesia

Berdasarkan data yang didapat dari Asosiasi Produsen *Biofuel* Indonesia (APROBI), berikut ini adalah data produksi biodiesel dari tahun 2017-2023 dapat dilihat pada Tabel 1.3.

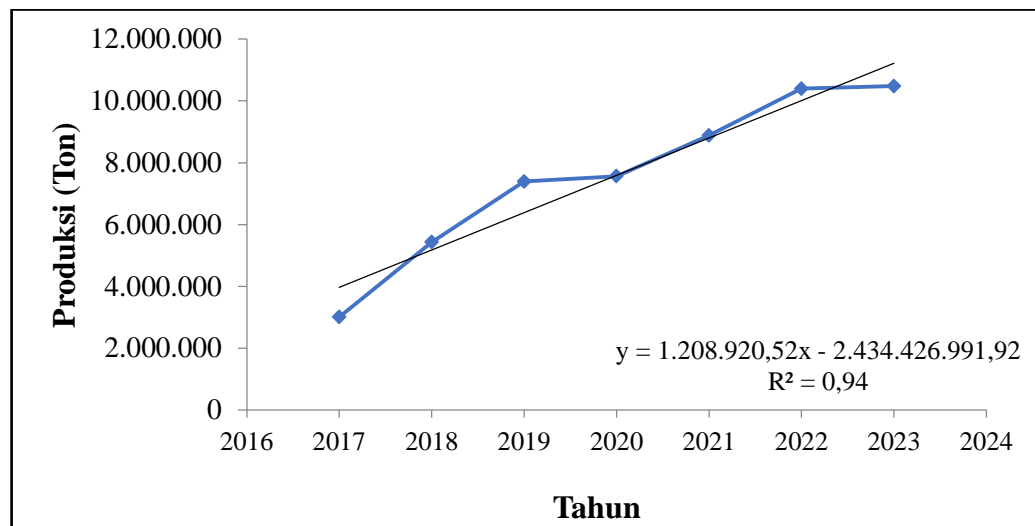
**Tabel 1.3** Data Produksi Biodiesel di Indonesia

Tahun	Produksi (Ton)
2017	3.006.446

2018	5.427.696
2019	7.391.281
2020	7.562.536
2021	8.881.995
2022	10.398.080
2023	10.479.211

(Sumber: APROBI, 2023).

Produksi biodiesel di Indonesia menurut data APROBI (2023) pada tahun 2017-2023 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 2017 sebesar 3.006.446 ton hingga tahun 2023 sebesar 10.479.211 ton. Dari grafik dengan metode regresi linear, maka didapat persamaan  $y = 1.208.920,52x - 2.434.426.991,92$

Keterangan :  $x$  = Tahun

$y$  = Kebutuhan Produksi Biodiesel

Pabrik biodiesel ini direncanakan beroperasi pada tahun 2028, sehingga untuk mencari kebutuhan volume produksi biodiesel pada tahun 2028, maka

$$x = 2028$$

$$y = 1.208.920,52 - 2.434.426.991,92$$



$$y = 1.208.920,52 (2028) - 2.434.426.991,92$$

$$y = 17.263.822,64 \text{ ton}$$

Sehingga diperkirakan Kebutuhan Produksi biodiesel pada tahun 2028 adalah sebesar 17.263.822,64 ton/tahun.

### 1.7.2 Konsumsi Biodiesel di Indonesia

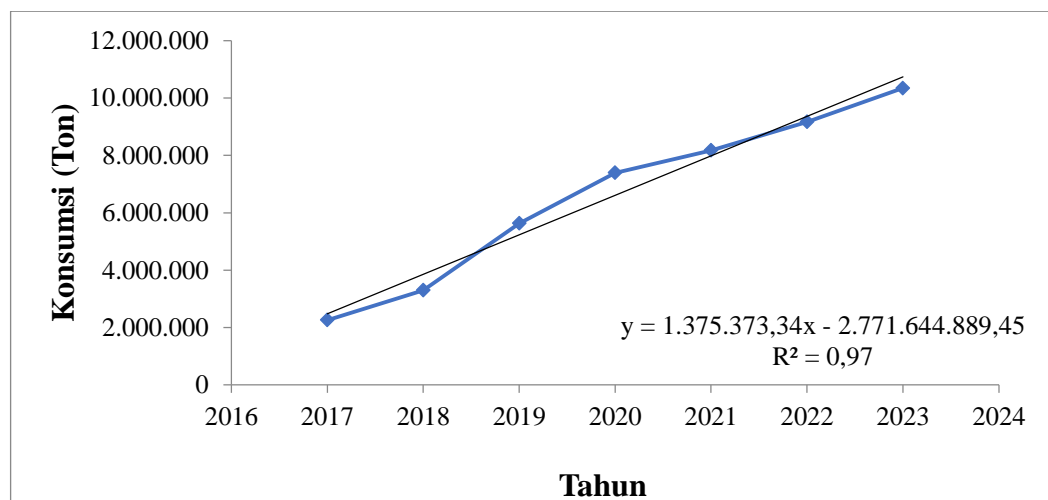
Berdasarkan data yang didapat dari Asosiasi Produsen *Biofuel* Indonesia (APROBI), berikut ini adalah data konsumsi biodiesel dari tahun 2017-2023 dapat dilihat pada Tabel 1.4.

**Tabel 1.4** Data Konsumsi Biodiesel di Indonesia

Tahun	Konsumsi (Ton)
2017	2.262.980
2018	3.300.058
2019	5.628.829
2020	7.392.432
2021	8.172.661
2022	9.167.840
2023	10.340.000

(Sumber: APROBI, 2023)

Konsumsi biodiesel di Indonesia menurut data APROBI pada tahun 2017-2023 dapat dilihat pada Gambar 1.2



**Gambar 1.2** Grafik Konsumsi Biodiesel di Indonesia

Berdasarkan Gambar 1.2 perkembangan konsumsi biodiesel terus mengalami kenaikan dari tahun 2017 sebesar 2.262.980 ton hingga tahun 2023 sebesar 10.340.000 ton. Dari grafik dengan metode regresi linear, maka didapat persamaan  $y = 1.375.373,34x - 2.771.644.889,45$

Keterangan : x = Tahun

y = Kebutuhan Produksi Biodiesel

Pabrik biodiesel ini direncanakan beroperasi pada tahun 2028, sehingga untuk mencari kebutuhan volume konsumsi biodiesel pada tahun 2028, maka

$$x = 2028$$

$$y = 1.375.373,34 - 2.771.644.889,45$$

$$y = 1.375.373,34 (2028) - 2.771.644.889,45$$

$$y = 17.612.244,07 \text{ ton}$$

Sehingga diperkirakan Kebutuhan Produksi biodiesel pada tahun 2028 adalah sebesar 17.612.244,07 ton/tahun.

Penentuan kapasitas dapat ditentukan dengan pertimbangan data perkiraan konsumsi biodiesel di Indonesia pada tahun 2028 sebesar 17.612.244,07 dan perkiraan produksi biodiesel di Indonesia pada tahun 2028 sebesar 17.263.822,64 Ton. Maka untuk itu penentuan kapasitas perancangan pabrik biodiesel pada tahun 2028 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Perancangan} &= \text{Konsumsi} - \text{Produksi} \\ &= 17.612.244,07 \text{ ton} - 17.263.822,64 \text{ ton} \\ &= 348.421,43 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Maka dalam hal ini Perancangan Pabrik Biodiesel dari *Refined Bleached Deodorized Palm Oil* dan Metanol menggunakan proses Transesterifikasi adalah sebesar 350.000 Ton/Tahun. Pada Tabel 1.5 dan 1.6 ditunjukkan pabrik biodiesel yang telah berdiri di dunia dan di Indonesia

**Tabel 1.5** Pabrik Biodiesel Didunia

<b>Pabrik</b>	<b>Lokasi</b>	<b>Kapasitas (Ton/Tahun)</b>
Brazil Ecodiesel	CE, Brazil	723.900
Owensbro Grain Biodiesel	USA	170.000

Granol	Brazil	616.600
Biocapital	Brazil	274.100
Future Fuel Chemical	USA	223.000
General Biodiesel	USA	38.000

(Sumber: Biodiesel Magazine dan ANP, 2009).

**Tabel 1.6** Pabrik Biodiesel di Indonesia

<b>Nama Pabrik</b>	<b>Kapasitas (Ton/Tahun)</b>
PT. Musim Mas	1.356.322
PT. Multimas Nabati Asahan	568.966
PT. Permata Hijau Palm Oleo	417.214
PT. SMART Tbk	440.517
PT. Wilmar Nabati Indonesia	1.165.706
PT. Wilmar Bioenergi Indonesia	1.603.448
PT. Sari Dumai Oleo	348.273
PT Batara Elok Semesta Terpadu	562.962
PT Bayas Biofuels	349.180
PT Ciliandra Perkasa	259.882
PT Darmex Biofuels	116.517
PT Energi Unggul Persada	318.953
PT Intibenua Perkasatama	287.944
PT Kutai Refinery Nusantara	398.979
PT LDC Indonesia	386.610
PT Multi Nabati Sulawesi	392.996
PT Pelita Agung Agriindustri	457.833
PT Sinarmas Bio Energy	364.700
PT Sukajadi Sawit Mekar	261.767
PT Tunas Baru Lampung Tbk	342.311
<b>Total</b>	<b>10.401.080</b>

(Sumber: APROBI, 2022)

## 1.8 Pemilihan Proses

Berdasarkan buku Bailey's *Industrial Oil & Fat Products* (1951), proses pembuatan biodiesel memakai dua reaksi utama yaitu reaksi esterifikasi dan reaksi transesterifikasi. Perbedaan antara reaksi esterifikasi dan reaksi transesterifikasi terletak pada penggunaan katalisnya. Reaksi esterifikasi menggunakan katalis asam. Sedangkan reaksi transesterifikasi memakai katalis basa. Serta ada juga beberapa proses seperti pirolisis dan mikroemulsifikasi.

### 1.8.1 Proses Pirolisis

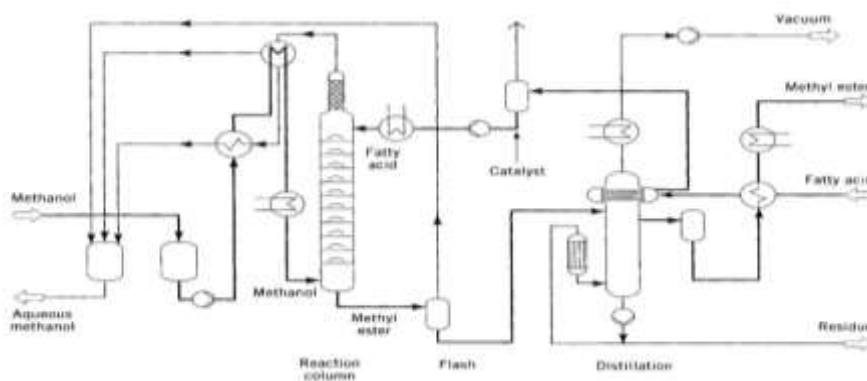
Pirolisis merupakan perubahan reaksi secara kimia dengan memanfaatkan energi panas (*thermal energy*). Biodiesel yang dihasilkan dari proses secara pirolisis memiliki angka cetane yang tinggi, viskositas yang rendah, mengandung jumlah sulfur, air dan endapan dalam jumlah yang dapat diterima, demikian juga dengan korosi tembaganya. Namun, terdapat juga abu dan residu karbon dalam jumlah yang tidak dapat diterima. Penggunaan biodiesel proses pirolisis pada mesin dibatasi untuk pemakaian dalam jangka pendek. *Thermal cracking* atau pirolisis dilakukan pada temperatur bervariasi dari 400°C hingga 600°C dan tekanan 5 atm dengan waktu reaksi 0,5-2 detik.

### 1.8.2 Proses Esterifikasi

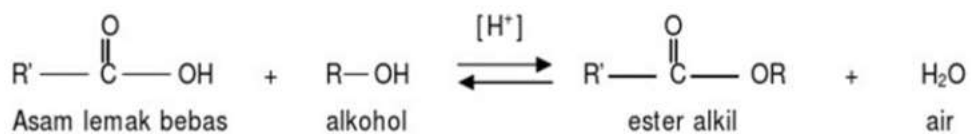
Esterifikasi adalah tahap konversi dari asam lemak bebas menjadi ester. Esterifikasi mereaksikan minyak lemak dengan alkohol. Katalis yang cocok adalah zat berkarakter asam kuat. Asam sulfat, asam sulfonat organik atau resin penukar kation asam kuat merupakan katalis yang biasa terpilih dalam praktek industrial (Soerawidjaja, 2006). Bahan baku yang digunakan adalah minyak mentah yang memiliki kadar asam lemak bebas (*Fat Fatty Acid*) tinggi (>5%). Proses esterifikasi bertujuan untuk menurunkan kadar FFA hingga dibawah 5%, agar pada saat proses transesterifikasi dilakukan berjalan efisien. Prinsip utama proses ini adalah reaksi esterifikasi adsorpsi methanol dan desorpsi air secara simultan. Reaksi berlangsung pada tekanan udara atmosfer dan temperatur antara 80°C dengan waktu reaksi selama 1 jam. Esterifikasi biasa dilakukan untuk

membuat metil ester dari minyak berkadar asam lemak bebas tinggi. Pada saat ini, asam lemak akan dikonversikan menjadi metil ester.

Tahap esterifikasi biasa diikuti dengan tahap transesterifikasi. Proses esterifikasi dilanjutkan transesterifikasi terhadap produk pertama dengan menggunakan katalis alkali. Proses esterifikasi tersebut dilakukan pada suhu 55°C proses ini dihasilkan metil ester dan gliserol. Setelah dipisahkan dari gliserol, selanjutnya dimurnikan (purifikasi) yakni dicuci dengan air hangat dan dikeringkan untuk menguapkan kandungan air yang ada. Metil ester yang telah dimurnikan ini selanjutnya digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel. Berdasarkan buku bailey's *flowsheet* dasar dari proses esterifikasi dan reaksi pembentukan alkil ester ditunjukkan pada Gambar 1.3 dan Gambar 1.4.



**Gambar 1.3** Flowsheet Dasar Esterifikasi (Bailey's Book, 1996).



**Gambar 1.4** Reaksi Esterifikasi

### 1.8.3 Proses Transesterifikasi

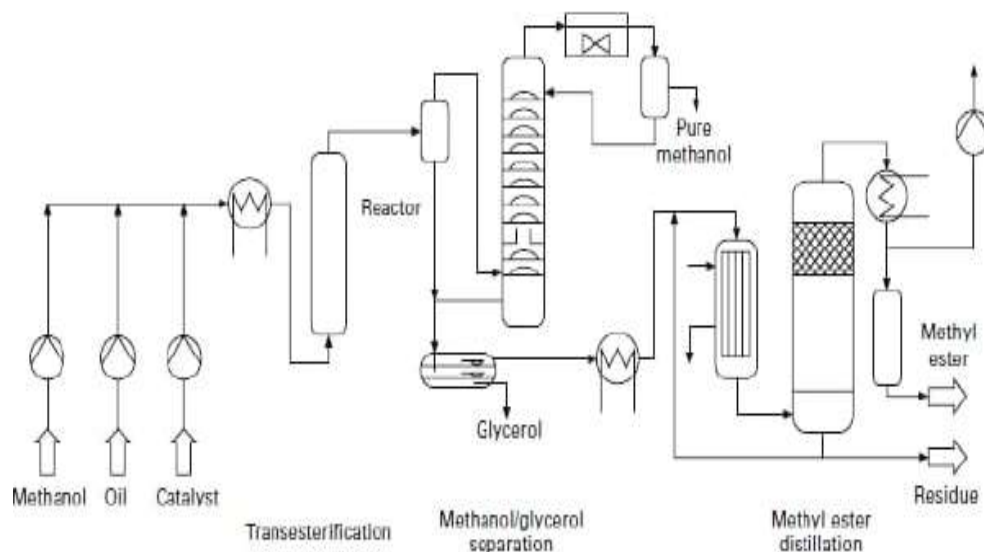
Transesterifikasi merupakan suatu reaksi kesetimbangan. Pada transesterifikasi minyak nabati direaksikan dengan suatu alkohol sehingga terbentuk 3 molekul, metil ester asam lemak, dan gliserol. Metil ester asam lemak ini selanjutnya disebut biodiesel. Transesterifikasi adalah penggantian gugus alkohol dari ester dengan alkohol lain. Transesterifikasi yang dikatalisis basa jauh

lebih cepat daripada yang dikatalisis oleh asam sehingga jauh lebih banyak digunakan dalam penggunaan komersil. Umumnya, katalis yang digunakan adalah NaOH atau KOH serta campuran dari NaOH dengan methanol yaitu sodium metilat ( $\text{CH}_3\text{ONa}$ ). Reaksi berlangsung pada temperatur 50-65 °C dengan tekanan antara 1 atm.

Proses pembuatan biodiesel menggunakan metode ini secara sederhana dapat dijabarkan sebagai berikut. Pertama-tama reaksi transesterifikasi dilakukan menggunakan katalis basa dengan temperature 50-65°C dengan tekanan atmosferik, dan dilakukan dalam tanki berpengaduk dengan waktu reaksi selama 30-60 menit. Reaktor terdiri dari bagian berpengaduk dan bak penampungan yang berfungsi sebagai dekanter. Proses Lurgi ini pada pada hasil samping yang dihasilkan yaitu gliserin diolah dimurnikan sehingga didapatkan gliserin dengan kualitas 85%. Reaksi transesterifikasi dapat berjalan pada temperature 20-30°C namun reaksi akan berjalan optimal pada temperatur 50-65°C. Setelah dicapai konversi yang diinginkan dapat dilanjutkan dengan berbagai macam proses pemisahan sesuai dengan metode yang telah banyak diketahui. seperti pemisahan produk utama berupa metil ester dengan produk samping yang berupa *sweet water glycerine* (European Patent Office, 1984). Minyak nabati olahan dan metanol direaksikan pada 333 K dalam pengaturan mixer-settler satu tahap di hadapan katalis ( $\text{CH}_3\text{ONa}$ ). Produk yang diperoleh pada langkah pertama dipisahkan dari produk sampingan gliserol dan kemudian mengalami reaksi alkoholisis kedua. Gliserin diproduksi dalam reaksi, dilarutkan dalam metanol surplus, diperoleh kembali dalam kolom pemurnian. Pemurnian gliserol agar mencapai kualitas tinggi gliserol sangat penting agar menghasilkan nilai ekonomi yang baik. Setelah gliserol dimurnikan selanjutnya metil ester dapat dimurnikan dengan menggunakan kolom distilasi. Surplus metanol dapat dimurnikan untuk kemudian digunakan kembali sebagai aliran daur ulang (*recycle*). Perusahaan yang menggunakan teknologi ini adalah : Natural Energy West Marl (95 kt/yr) (Bart et al, 2010).

Proses transesterifikasi bertujuan untuk menurunkan viskositas (kekentalan) minyak, sehingga mendekati nilai viskositas solar. Nilai viskositas

yang tinggi akan menyulitkan pemompaan bahan bakar dari tangki ke ruang bahan bakar mesin dan menyebabkan pembakaran kurang sempurna dan menimbulkan endapan pada nosel (Hambali dan Erliza, 2007). Metode transesterifikasi merupakan metode yang umum digunakan untuk proses biodiesel metode ini bisa menghasilkan biodiesel rendemen > 95% atau lebih, dari bahan baku minyak tumbuhan. Sifat biodiesel ini sangat mendekati minyak diesel dan tidak menimbulkan dampak yang buruk pada pemakaian jangka panjang sehingga sangat menjanjikan untuk digunakan sebagai pengganti/pencampur minyak diesel. Gambar *flowsheet* dari proses transesterifikasi dapat dilihat pada Gambar 1.5



**Gambar 1.5** *Flowsheet* Dasar Transesterifikasi (Henkel, 1984).

#### 1.8.4 Alasan Pemilihan Proses

Biodiesel merupakan metil ester asam lemak yang diperoleh dengan cara transesterifikasi trigliserida dari minyak nabati dengan gugus alcohol dengan bantuan katalis. Biodiesel dapat dibuat dengan tiga metode, yaitu melalui proses pirolisis, transesterifikasi dan proses esterifikasi. Berikut adalah perbandingan proses produksi biodiesel dengan proses pirolisis, transesterifikasi dan esterifikasi:

**Tabel 1.7** Perbandingan Proses Pembuatan Biodiesel

<b>Perbandingan</b>	<b>Pirolisis</b>	<b>Transterifikasi</b>	<b>Esterifikasi</b>
Suhu	400-600°C	50-65°C	80°C
Tekanan	5 atm	1 atm	1 atm
Bahan Baku	Minyak Nabati	Minyak Nabati	Minyak Nabati
Konversi	78 %	> 95 %	90 %
Waktu Reaksi	0,5 – 2 detik	30 – 60 menit	1 jam
Aspek Lingkungan	Suhu tinggi menghasilkan asap yang mencemari lingkungan	Produk samping berupa gliserol dan dapat dimanfaatkan kembali	Produk samping berupa air

(Sumber: Ervinadya, 2020).

Berdasarkan perbandingan yang telah ditinjau dari data konversi dan kondisi operasi yang diketahui maka dipilih proses transesterifikasi dengan pertimbangan suhu dan tekanan operasi lebih rendah, waktu operasi lebih singkat proses lebih sederhana dan kondisi operasi relatif lebih aman.

### 1.9 Uraian Proses

Pada perancangan ini yang digunakan adalah proses Transesterifikasi. Kondisi operasi proses adalah pada temperatur 50-65°C dan tekanan 1 atm. Proses pengolahan sampai produk akhir yang berupa Biodiesel, melewati beberapa tahapan utama, yaitu:

#### 1. Persiapan Bahan Baku

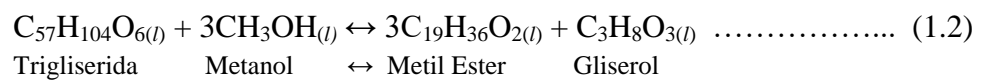
Langkah pertama dalam pembuatan biodiesel adalah persiapan bahan baku. Bahan baku pembuatan biodiesel berupa *Refined Bleached Deodorized Palm Oil* (RBDPO), metanol dan katalis *Sodium Methylate*. Ketiga bahan tersebut harus disimpan sesuai kondisi operasi penyimpanan yang telah di rancang. Metanol dan RBDPO disimpan dalam fase cair dengan suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Untuk mereaksikan metanol dengan RBDPO dengan kondisi operasi 1 atm dan bersuhu 60°C, metanol dan RBDPO sama-sama dinaikkan suhunya menjadi 60°C sebelum masuk kedalam reaktor. Bahan baku RBDPO dipompa menuju



*exchanger* untuk menaikkan suhu dari 30°C menjadi 60°C. RBDPO dimasukkan ke dalam reaktor sehingga bercampur dengan metanol dan katalis. Perbandingan metanol dengan RBDPO adalah 1:3.

## 2. Pembentukan Produk

Reaksi pembuatan biodiesel adalah proses reaksi transesterifikasi, dimana proses ini dilakukan dengan menggunakan reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) dengan suhu operasi 60°C dan tekanan 1 atm. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



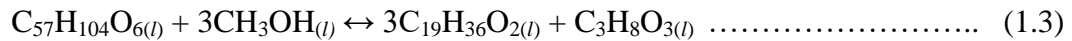
Reaksi tersebut termasuk reaksi eksotermis. Oleh karena itu dalam perancangan *reactor* digunakan pendingin koil, sehingga suhu operasi di dalam reaktor tetap dalam kondisi yang diinginkan yaitu sekitar 60°C.

## 3. Pemurnian Produk

Tujuan dari tahap ini adalah untuk memisahkan produk biodiesel dari impuritasnya. Produk yang keluar dari reaktor dialirkan menuju Separator untuk memisahkan metil ester dengan gliserol sebagai produk sampingnya, dimana produk atas berupa metil ester dengan metanol dan produk bawah berupa gliserol. Selanjutnya pada menara destilasi akan melakukan proses pemisahan pertama antara biodiesel dengan metanol dan air. Untuk hasil atas menara destilasi yang berupa metanol dan air dipompa menuju metanol *recovery* untuk proses pemurnian metanol agar dapat digunakan kembali. Produk yang keluar dari menara destilasi dengan hasil bawah berupa biodiesel dialirkan ke tangki penyimpanan biodiesel. Hasil produk akhir berupa biodiesel dengan kemurnian 98%.

### 1.10 Analisa Ekonomi Awal

Analisa ekonomi awal dilakukan untuk mengetahui apakah layak atau tidaknya berdiri suatu pabrik. Menggunakan perhitungan yang sederhana dengan mengurangkan harga produk dengan bahan baku. Adapun analisa ekonomi awal berdasarkan reaksi:



Analisa ekonomi awal berdasarkan reaksi dapat dilihat pada Tabel 1.8

**Tabel 1.8** Analisa Ekonomi Awal

	Bahan Baku		Produk	
	RBDPO	Metanol	Biodiesel	Gliserol
Berat Molekul	850,70 gr/mol	32,04 gr/mol	284,91 gr/mol	92,09 gr/mol
Harga Per Kg	Rp. 12.500	Rp. 66.000	Rp. 21.000,00	Rp. 254.000
Kebutuhan	1 mol x 850,70 gr/mol = 850,7 gr = 0,8507 Kg	3 mol x 32,04 gr/mol = 96,12 gr = 0,09612 Kg	3 mol x 284,91 gr/mol = 854,7 gr = 0,8547 kg	1 mol x 92,09 gr/mol = 92,09 gr = 0,09209 Kg
Harga Total	0,8507 Kg x Rp. 12.500 = Rp. 10.633	0,09612 Kg x Rp. 85.000 = Rp. 8.170	0,8547 Kg x Rp. 18.500 = Rp. 15.811	0,09209 Kg x Rp. 158.000 = Rp. 14.550
Analisa Ekonomi Awal	Harga Produk – Harga Bahan Baku = Rp. 30.361 – Rp. 18.803 = Rp. 11.558			

Dari Tabel 1.8 maka didapatkan hasil keuntungan. Hasil analisa ekonomi awal didapat keuntungan sebesar 184,5% dari harga bahan baku sebesar Rp. 11.558, Maka pabrik biodiesel layak dilanjutkan.

### 1.11 Penentuan Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik sangat menentukan kemajuan dan kelangsungan dari industri, baik pada masa sekarang maupun pada masa yang akan datang, karena hal ini berpengaruh terhadap faktor produksi dan distribusi dari pabrik yang didirikan. Pemilihan yang tepat mengenai lokasi pabrik harus memberikan suatu perhitungan biaya produksi dan distribusi yang minimal serta pertimbangan sosiologi yaitu pertimbangan dalam mempelajari sikap dan sifat masyarakat di sekitar lokasi pabrik. Berdasarkan faktor-faktor tersebut, maka pabrik Biodiesel dari *Refined Bleached Deodorized Palm Oil* ini direncanakan berlokasi di

Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Sei Mangkei, Simalungun Sumatera Utara tepat disamping PT. Industri Nabati Lestari (INL) dan Unilever Oleochemical Indonesia. Gambar rencana lokasi rancangan pabrik dapat dilihat pada Gambar 1.6



**Gambar 1.6** Rencana Lokasi Rancangan Pabrik

Dasar pertimbangan dalam pemilihan lokasi pabrik ini adalah:

1. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku pembuatan Biodiesel yaitu RBDPO yang dapat diperoleh dari PT. Industri Nabati Lestari, PT. Wilmar, PT. Permata Hijau Grup yang dekat dari lokasi rencana pabrik.

2. Letak dari Pasar dan Kondisi Pemasaran

Daerah KEK Sei Mangkei, Simalungun merupakan daerah yang strategis untuk pendirian suatu pabrik karena dekat dengan pabrik pengolahan bahan baku. Selain itu, adanya pelabuhan yang memudahkan ekspor biodiesel ke luar negeri. Biodiesel merupakan *biofuel* yang paling banyak diperlukan, maka pemilihan lokasi di KEK Sei Mangkei, Simalungun adalah tepat, karena daerah ini merupakan kawasan industri. Hal ini berarti memperpendek jarak antara pabrik biodiesel dengan pabrik-pabrik yang membutuhkannya.

3. Kebutuhan air, tenaga listrik dan bahan bakar

Fasilitas pendukung berupa air, energi dan bahan bakar tersedia cukup memadai. Kebutuhan utilitas dapat dipenuhi oleh perusahaan penyedia jasa pemenuhan kebutuhan utilitas. Kebutuhan tenaga listrik dipenuhi oleh PT. PLN PERSERO yang jalurnya terdapat di kawasan ini dan air dapat diambil dari WTP Kawasan Industri Nusantara (KINRA) KEK Sei Mangkei, Simalungun. WTP KINRA merupakan *supplier* unit penyediaan air industri-industri di KEK Sei Mangkei, Simalungun.

#### 4. Tenaga Kerja

Daerah ini merupakan salah satu tujuan para pencari kerja. Tenaga kerja yang direkrut merupakan tenaga kerja yang produktif dari berbagai tingkatan baik yang terdidik maupun yang belum terdidik dari dalam maupun luar daerah.

#### 5. Fasilitas Transportasi

Lokasi pabrik mudah dicapai sehingga mudah dalam pengiriman bahan baku maupun pemasaran produk serta terdapat transportasi yang lancar baik darat maupun laut. Daerah cukup dekat dengan pelabuhan untuk keperluan transportasi imporekspor serta jalan raya yang merupakan jalan Lintas Sumatera yang memadai sehingga memudahkan pengangkutan bahan baku dan produk dan pada KEK Sei Mangkei juga sudah memiliki *Dryport* sebagai akses menuju pelabuhan.

#### 6. Harga Tanah dan Bangunan

Tanah yang tersedia untuk lokasi pabrik masih cukup luas, harga tanah dan bangunan untuk pendirian pabrik relatif terjangkau.

#### 7. Kemungkinan Perluasan dan Ekspansi

Ekspansi pabrik biodiesel ini dimungkinkan karena tanah yang tersedia cukup luas dan jauh mengganggu pemukiman penduduk.

#### 8. Masyarakat di Sekitar Pabrik

Sikap masyarakat diperkirakan akan mendukung pendirian pabrik pembuatan biodiesel dari RBDPO ini karena akan menyediakan lapangan kerja bagi mereka. Selain itu, pendirian pabrik ini diperkirakan tidak akan mengganggu keselamatan dan keamanan masyarakat di sekitarnya.

#### 9. Perizinan Lokasi

Pabrik dipilih pada daerah khusus untuk kawasan industri, sehingga memudahkan dalam perizinan pendirian pabrik.