

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 bahan bakar minyak (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.

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 (*renewable energy*). 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 diperbarui di Indonesia yaitu biodiesel.

Bahan bakar nabati atau *biofuel* adalah bahan bakar yang berdasarkan komoditas 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 diperbarui.

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 menunjukan 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

Adapun manfaat pendirian pabrik biodiesel adalah:

1. Memberi gambaran informasi rancangan pabrik pembuatan biodiesel dari *Crude Palm Oil* (CPO) dengan proses transesterifikasi dengan kapasitas 450.000 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 *Crude Palm Oil* (CPO) menggunakan proses transesterifikasi, neraca massa, neraca energi, spesifikasi peralatan, tugas khusus, unit utilitas, kapasitas prarancangan pabrik, analisa ekonomi, *aspen hysys* dan P&ID.

1.6 Kapasitas Pabrik

Kapasitas pabrik merupakan faktor yang sangat penting dalam pendirian pabrik karena akan mempengaruhi perhitungan teknis dan ekonomis. Semakin besar kapasitas pabrik kemungkinan keuntungan yang diperoleh akan semakin besar, tetapi dalam penentuan kapasitas perlu juga dipertimbangkan faktor lainnya.

1.6.1 Data Konsumsi Biodiesel di Indonesia

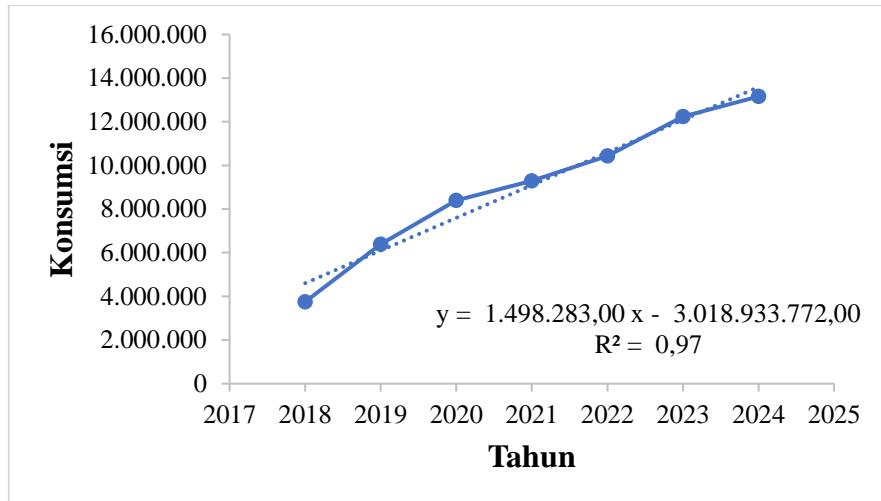
Berdasarkan data dari Asosiasi Produsen *Biofuel* Indonesia (APROBI), data konsumsi biodiesel dari tahun 2018-2024 dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Data Konsumsi Biodiesel di Indonesia

| Tahun | Konsumsi (Ton) |
|-------|----------------|
| 2018 | 3.750.980 |
| 2019 | 6.393.058 |
| 2020 | 8.426.829 |
| 2021 | 8.439.840 |
| 2022 | 10.418.000 |
| 2023 | 12.242.661 |
| 2024 | 13.158.829 |

(Sumber: APROBI, 2025)

Konsumsi biodiesel di Indonesia menurut data APROBI pada tahun 2018-2024 dapat dilihat pada Gambar 1.1.

**Gambar 1.1** Grafik Konsumsi Biodiesel di Indonesia

Berdasarkan Gambar 1.1, perkembangan konsumsi biodiesel terus mengalami kenaikan dari tahun 2018 sebesar 3.750.980 ton hingga tahun 2024 sebesar 13.158.829 ton. Dari grafik dengan metode regresi linear, maka didapat persamaan sebagai berikut:

$$y = 1.498.283,00x - 3.018.933.772,00$$

Keterangan : x = Tahun

y = Kebutuhan

Produksi pabrik biodiesel ini direncakan beroperasi pada tahun 2028, sehingga untuk mencari kebutuhan volume konsumsi biodiesel pada tahun 2028, maka:

$$x = 2028$$

$$y = 1.498.283,00 x - 3.018.933.772,00$$

$$y = 1.498.283,00 (2028) - 3.018.933.772,00$$

$$y = 18.085.868 \text{ ton}$$

Sehingga diperkirakan kebutuhan produksi biodiesel pada tahun 2028 adalah sebesar 18.085.868 ton/tahun.

1.6.2 Data Produksi Biodiesel

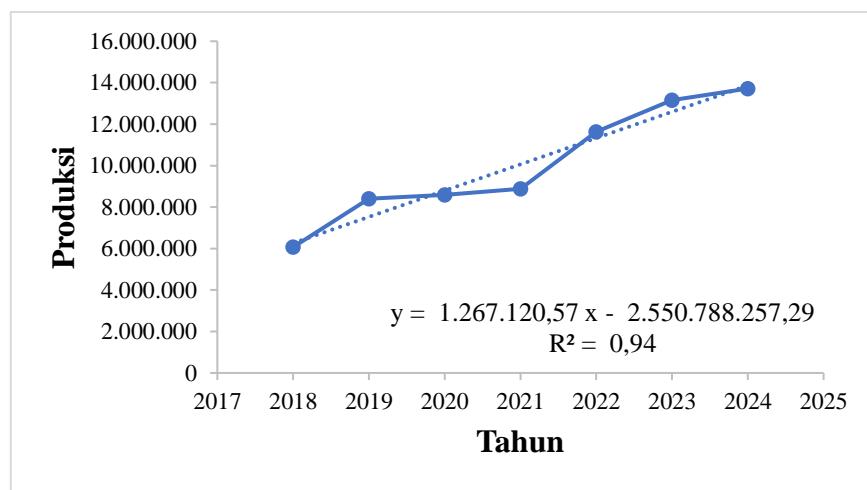
Berdasarkan data yang didapat dari Asosiasi Produsen *Biofuel* Indonesia (APROBI), berikut ini adalah data produksi biodiesel dari tahun 2018-2024 dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Data Produksi Biodiesel di Indonesia

| Tahun | Produksi (Ton) |
|-------|----------------|
| 2018 | 6.069.312 |
| 2019 | 8.399.616 |
| 2020 | 8.591.496 |
| 2021 | 8.980.456 |
| 2022 | 11.626.944 |
| 2023 | 12.940.584 |
| 2024 | 13.715.976 |

(Sumber: APROBI, 2025)

Produksi biodiesel di Indonesia menurut data APROBI (2025) pada tahun 2018-2024 dapat dilihat pada Gambar 1.2:



Gambar 1.2 Grafik Produksi Biodiesel di Indonesia

Berdasarkan Gambar 1.2 perkembangan produksi biodiesel terus mengalami kenaikan dari tahun 2018 sebesar 6.069.312 ton hingga tahun 2024 sebesar 13.715.976 ton. Dari grafik dengan metode regresi linear, maka didapat persamaan :

$$y = Rp\ 1.267.120,57\ x - Rp\ 2.550.788.257,29$$

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:

$$x = 2028$$

$$y = 1.267.120,57\ x - 2.550.788.257,29$$

$$y = 1.267.120,57\ (2028) - 2.550.788.257,29$$

$$y = 17.665.142,7\ \text{ton}$$

Sehingga diperkirakan kebutuhan produksi biodiesel pada tahun 2028 adalah sebesar 17.665.142,7 ton/tahun.

Penentuan kapasitas dapat ditentukan dengan pertimbangan data perkiraan konsumsi biodiesel di Indonesia pada tahun 2028 sebesar 18.085.868 ton dan perkiraan produksi biodiesel di Indonesia pada tahun 2028 sebesar 17.665.142,7 Ton. Maka untuk itu penentuan kapasitas perancangan pabrik biodiesel pada tahun 2028 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Perancangan} &= \text{Konsumsi} - \text{Produksi} \\ &= 18.085.868 - 17.665.142,7\ \text{ton} \\ &= \mathbf{420.725,3\ Ton} \end{aligned}$$

Maka dalam hal ini perancangan pabrik proses transesterifikasi adalah sebesar 450.000 ton/tahun. Pada Tabel 1.3 dan 1.4 ditunjukkan pabrik biodiesel yang telah berdiri di dunia dan di Indonesia.

Tabel 1.3 Pabrik Biodiesel di Dunia

| Pabrik | Lokasi | Kapasitas (Ton/Tahun) |
|--------------------------|------------|-----------------------|
| 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 1.4 Pabrik Biodiesel di Indonesia

| Pabrik | Kapasitas (Ton/Tahun) |
|---------------------------------|-----------------------|
| PT. Batara Elok Semesta Terpadu | 679.000 |
| PT. Bayas Biofuels | 750.000 |
| PT. Ciliandra Perkasa | 250.000 |
| PT. Darmex Biofuels | 250.000 |
| PT. Energi Unggul Persada | 792.000 |
| PT. Intibenua Perkasatama | 385.000 |
| PT. Jhonlin Agro Jaya | 495.000 |
| PT. Kutai Refinery Nusantara | 990.000 |
| PT. Multi Nabati Sulawesi | 414.000 |
| PT. Multimas Nabati Asahan | 495.000 |
| PT. Musim Mas (Medan) | 400.000 |
| PT. Musim Mas (Batam) | 780.000 |
| PT. Pelita Agung Agrindustri | 695.000 |
| PT. Permata Hijau Palm Oleo | 363.000 |
| PT. Sinarmas Bio Energy | 396.198 |
| PT. Smart, Tbk | 985.500 |
| PT. Sukajadi Sawit Mekar | 350.000 |
| PT. Tunas Baru Lampung, Tbk | 875.000 |
| PT. Wilmar Bioenergi Indonesia | 1.395.000 |
| PT. Wilmar Nabati Indonesia | 1.975.500 |
| Total | 13.715.198 |

(Sumber: APROBI, 2025)

1.7 Pemilihan Proses

Penggunaan minyak nabati secara langsung atau tanpa melalui proses terlebih dahulu sebagai bahan bakar diesel banyak menimbulkan masalah seperti penyumbatan penyaringan bahan bakar, pembentukan endapan, kontaminasi minyak pelumas dan

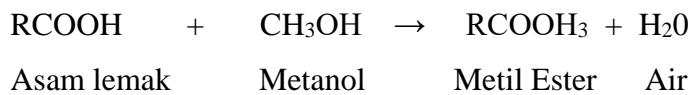
penyumbatan injektor. Oleh karena itu, sudah banyak kreasi pembuatan minyak nabati, agar minyak nabati sesuai dengan sifat dan kinerja dari minyak nabati menjadi biodiesel, diantaranya:

1.7.1 Esterifikasi

Proses ini mereaksikan minyak lemak dengan alkohol untuk menjadi ester. Proses ini berjalan pada kondisi operasi 60°C dengan tekanan 1 atm menggunakan reaktor. Katalis yang biasa digunakan adalah asam sulfat. Proses esterifikasi sudah jarang digunakan karena penggunaan asam kuat sebagai katalis bersifat korosif bahkan dengan adanya katalis reaksi yang terjadi juga masih realtif lama. Esterifikasi disebut sebagai tahap awal di mana konversi dan tingkat kemurnian yang dihasilkan tergolong rendah dan masih harus diolah pada tahap selanjutnya sebelum dijual.

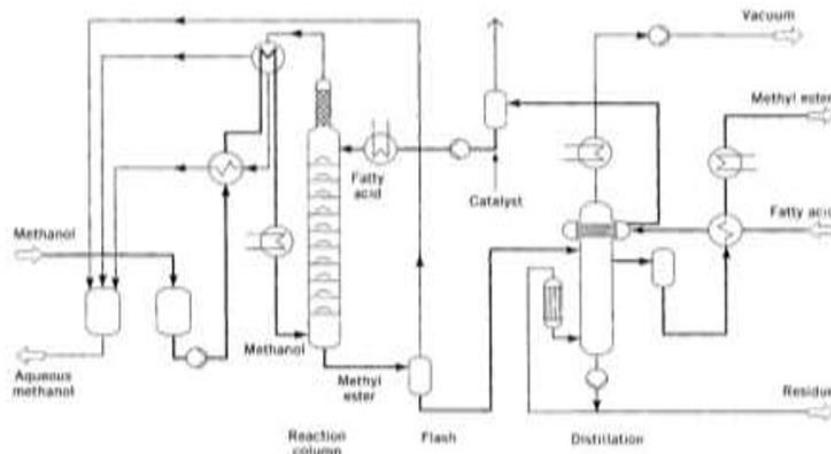
a. Reaksi Kimia

Berikut ini adalah reaksi esterifikasi asam lemak menjadi ester:



Esterifikasi digunakan untuk membuat biodiesel dari minyak yang mempunyai kadar lemak bebas yang tinggi. Karena pada tahap ini asam lemak bebas akan dikonversikan menjadi metil ester (Hikmah, 2010).

b. Flowsheet Dasar



Gambar 1.3 Flowsheet Dasar Proses Esterifikasi

c. Uji Ekonomi Awal

Analisa biaya ekonomi awal pada pembuatan biodiesel dengan proses esterifikasi dapat dilihat pada Tabel 1.5 di bawah ini:

Tabel 1.5 Analisa Ekonomi Awal Proses Esterifikasi

| Bahan yang Digunakan | BM (gr/mol) | Harga Rp/kg |
|----------------------|-------------|-------------|
| Bahan baku | | |
| 1. CPO | 847,28 | 10.500 |
| 2. Metanol | 32,04 | 85.000 |
| Katalis | | |
| 1. Asam Sulfat | 98,08 | 20.000 |
| Produk | | |
| 1. Biodiesel | 296,49 | 14.000 |

Bahan Baku

- CPO = $847,28 \text{ gr/mol} \times 1 \text{ kg/1000 gr} \times \text{Rp. } 10.500$
= Rp. 8.896
- Metanol = $32,04 \text{ gr/mol} \times 1 \text{ kg/1000 gr} \times \text{Rp. } 85.000$
= Rp. 2.754
- Asam sulfat = $98,08 \text{ gr/mol} \times 1 \text{ kg/1000 gr} \times \text{Rp. } 20.000$
= Rp. 1.961

Total Bahan Baku

- Rp. 13.611

Produk

- Biodiesel = $296,49 \text{ gr/mol} \times 1 \text{ kg/1000 gr} \times \text{Rp. } 14.000$
= Rp. 4.150

Keuntungan

- Laba = $\text{Rp. } 4.150 - \text{Rp. } 13.611$
= Rp. - 9.460

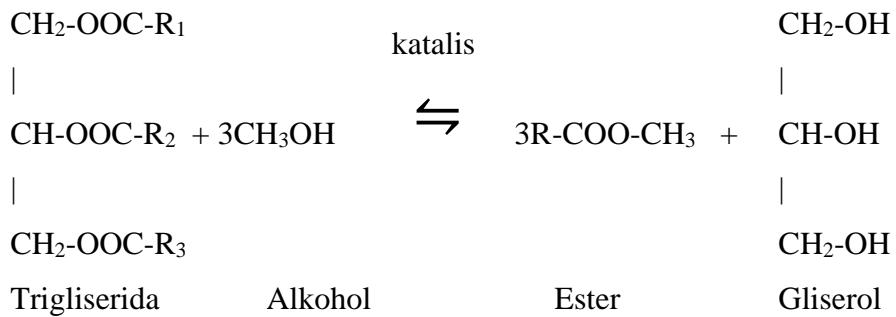
1.7.2 Transesterifikasi

Transesterifikasi merupakan tahap konversi trigliserida (minyak nabati) menjadi alkil ester, yang bereaksi dengan alkohol dan menghasilkan produk samping yaitu gliserol. Proses ini berjalan pada kondisi operasi 60°C dengan tekanan 1 atm dengan menggunakan reaktor RATB. Katalis yang biasa digunakan adalah NaOH karna lebih reaktif dan juga bersifat non korosif terhadap peralatan. Di antara alkohol *monohidrik* yang menjadi bahan campuran minyak nabati yang mempunyai gugus alkil, metanol merupakan bahan yang paling sering digunakan, dikarenakan harga yang murah dan rektifitas yang paling tinggi.

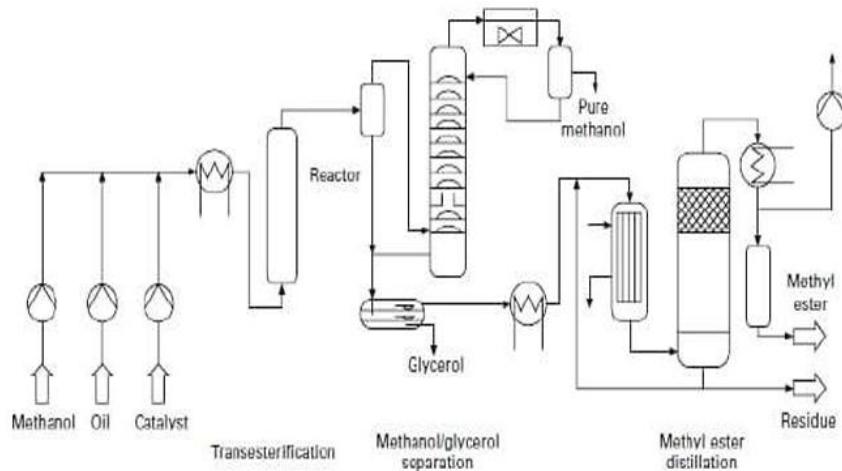
Katalis yang biasa digunakan dalam proses ini yang besifat basa, karena mampu menghasilkan biodiesel dengan konversi dan *yield* yang tinggi dengan waktu yang relatif pendek (30 - 60 menit). Namun, proses ini sangat sensitif terhadap kemurnian reaktan. Katalis basa yang umum digunakan adalah NaOH dan KOH.

a. Reaksi Kimia

Berikut ini adalah rekasi transesterifikasi trigliserida menjadi metil ester:



b. *Flowsheet* Dasar



Gambar 1.4 *Flowsheet* Dasar Proses Transesterifikasi



Gambar 1.5 *Flowsheet* Proses Transesterifikasi Menggunakan Katalis Heterogen

c. Uji Ekonomi Awal

Analisa biaya ekonomi awal pada pembuatan biodiesel dengan proses transesterifikasi katalis homogen dapat dilihat pada Tabel 1.6 di bawah ini:

Tabel 1.6 Analisa Ekonomi Awal Proses Transesterifikasi

| Bahan yang Digunakan | BM (gr/mol) | Harga Rp/kg |
|----------------------|-------------|-------------|
| Bahan baku | | |
| 1. CPO | 847,28 | 10.500 |
| 2. Metanol | 32,04 | 85.000 |
| Katalis | | |
| 1. NaOH | 40 | 42.000 |
| Produk | | |
| 1. Biodiesel | 296,49 | 14.000 |
| 2. Gliserol | 92,093 | 158.000 |

Bahan Baku

- CPO = $847,28 \text{ gr/mol} \times 1 \text{ kg/1000 gr} \times \text{Rp. } 10.500$
= Rp. 8.896
- Metanol = $32,04 \text{ gr/mol} \times 1 \text{ kg/1000 gr} \times \text{Rp. } 85.000$
= Rp. 2.723
- NaOH = $40 \text{ gr/mol} \times 1 \text{ kg/1000 gr} \times \text{Rp. } 42.000$
= Rp. 1.680

Total Bahan Baku

- Rp. 13.299

Produk

- Biodiesel = $296,49 \text{ gr/mol} \times 1 \text{ kg/1000 gr} \times \text{Rp. } 14.000$
= Rp. 4.150
- Gliserol = $92,093 \text{ gr/mol} \times 1 \text{ kg/1000 gr} \times \text{Rp. } 158.000$
= Rp. 14.550

Keuntungan

- Laba = $\text{Rp. } 18.700 - \text{Rp. } 7.368$
= Rp. 5.401

Analisa biaya ekonomi awal pada pembuatan biodiesel dengan proses transesterifikasi katalis heterogen dapat dilihat pada Tabel 1.7 di bawah ini:

Tabel 1.7 Analisa Ekonomi Awal dengan Katalis Heterogen

| Bahan yang Digunakan | BM (gr/mol) | Harga Rp/kg |
|----------------------|-------------|-------------|
| Bahan baku | | |
| 1. CPO | 847,28 | 10.500 |
| 2. Metanol | 32,04 | 85.000 |
| Katalis | | |
| 1. Dolomit | 184,4 | 2.500 |
| Produk | | |
| 1. Biodiesel | 296,49 | 14.000 |
| 2. Gliserol | 92,093 | 158.000 |

Bahan Baku

- CPO $= 847,28 \text{ gr/mol} \times 1 \text{ kg/1000 gr} \times \text{Rp. } 10.500$
 $= \text{Rp. } 8.896$
- Metanol $= 32,04 \text{ gr/mol} \times 1 \text{ kg/1000 gr} \times \text{Rp. } 85.000$
 $= \text{Rp. } 2.723$
- Dolomit $= 184,4 \text{ gr/mol} \times 1 \text{ kg/1000 gr} \times \text{Rp. } 2.500$
 $= \text{Rp. } 461$

Total Bahan Baku

- Rp. 12.080

Produk

- Biodiesel $= 296,49 \text{ gr/mol} \times 1 \text{ kg/1000 gr} \times \text{Rp. } 14.000$
 $= \text{Rp. } 4.150$
- Gliserol $= 92,093 \text{ gr/mol} \times 1 \text{ kg/1000 gr} \times \text{Rp. } 158.000$
 $= \text{Rp. } 14.550$

Keuntungan

- Laba

$$= \text{Rp. } 18.650 - \text{Rp. } 12.080$$

$$= \text{Rp. } 6.750$$

1.8 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku untuk pembuatan Biodiesel yaitu *Crude Palm Oil* (CPO) dan metanol (CH_3OH). *Crude Palm Oil* (CPO) didapat dari pabrik PT. Bima Palma Nugraha di Desa Tepian Langsat, Kec. Bengalon, Kabupaten Kutai Timur, Kalimantan Timur. Sedangkan metanol (CH_3OH) didapat dari pabrik PT. Kaltim Methanol Industri, kota Bontang, Kalimantan Timur dengan kapasitas produksi pabrik sebesar 660.000 ton per tahun. Adapun peta sebaran produksi kelapa sawit Indonesia tahun 2021 ditunjukkan pada Gambar 1.6.



Gambar 1.6 Peta Sebaran Produksi Kelapa Sawit Indonesia Tahun 2021 (BPS, 2021)

1.9 Perbandingan Proses

Adapun perbandingan metode pembuatan biodiesel dapat dilihat pada Tabel 1.8.

Tabel 1.8 Perbandingan Metode dalam Memproduksi Biodiesel

| Perbandingan | Tansesterifikasi | Esterifikasi |
|------------------|---|---------------------------|
| Suhu | 50-65°C | 80°C |
| Tekanan | 1 atm | 1 atm |
| Bahan Baku | Minyak Nabati | Minyak Nabati |
| Konversi | > 95% | 90 % |
| Waktu Reaksi | 30 – 60 menit | 1 jam |
| Aspek Lingkungan | Produk samping berupa gliserol dan dapat dimanfaatkan kembali | Produk samping berupa air |

(Sumber: Ervinadya, 2020)

Adapun perbandingan penggunaan katalis homogen dan katalis heterogen dalam pembuatan biodiesel dapat dilihat pada Tabel 1.9.

Tabel 1.9 Kelebihan dan Kekurangan Katalis Homogen serta Katalis Heterogen

| Jenis Katalis | Kelebihan | Kekurangan |
|---------------|---|--|
| Homogen | <ol style="list-style-type: none"> 1. Biasanya lebih selektif dan spesifik untuk suatu reaksi daripada katalis heterogen. 2. Lebih sederhana untuk dikarakterisasi dalam mekanisme reaksi. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Sulit dan mahalnya biaya untuk menghilangkannya dari campuran reaksi. 2. Bersifat korosif, dapat merusak lingkungan, dan menghasilkan limbah yang beracun. |
| Heterogen | <ol style="list-style-type: none"> 1. Dapat dipisahkan dari campuran reaksi dengan mudah dan biaya yang murah menggunakan proses filtrasi (disebabkan karena memiliki fasa yang berbeda dengan produknya). 2. Memiliki stabilitas termal yang tinggi. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Dapat menghasilkan limbah yang beracun dan merusak lingkungan. 2. Biasanya bersifat korosif. |

| Jenis Katalis | Kelebihan | Kekurangan |
|---------------|--|------------|
| | 3. Dapat digunakan kembali. 4. Mudah diregenerasi. 5. Lebih ramah lingkungan serta lebih murah dan tidak bersifat korosif. | |

(Sumber: Siska, 2018)

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.

1.10 Uraian Proses

Pada proses produksi biodiesel dengan menggunakan reaksi transesterifikasi ini, digunakan bahan baku minyak kelapa sawit (CPO) yang direaksikan dengan methanol dimana dolomit menjadi katalis. Reaksi ini berlangsung pada suhu 60°C dan tekanan 1 atm secara berkesinambungan. Secara garis besar, proses pembuatan biodiesel ini dibagi menjadi 3 tahap yaitu:

1. Tahap persiapan bahan baku
2. Tahap proses reaksi
3. Tahap pemurnian

1.10.1 Tahapan Persiapan Bahan Baku

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

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

1.10.2 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:



Triglycerida Metanol \leftrightarrow Metil Ester Gliserol

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

1.10.3 Pemisahan Produk

Tujuan dari tahap ini adalah untuk memisahkan produk biodiesel dari impuritisnya. 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 99,5%.