

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini bahan bakar fosil digunakan sebagai sumber energi secara global. Dalam kurun waktu beberapa dekade terakhir semakin menipisnya cadangan minyak bumi serta pencemaran lingkungan merupakan isu global yang meresahkan masyarakat. 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.

Sementara itu Arifin, menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (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 dengan 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 metil ester (biodiesel) (Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2020).

Majunya perkembangan industri akan lebih cepat menghabiskan bahan bakar fosil, oleh karena itu salah satu cara penanganan permasalahan energi adalah dengan mengembangkan sumber energi alternatif. Selain alasan semakin menipisnya sumber bahan bakar fosil, alasan yang lebih penting adalah untuk mengurangi kerusakan akan lingkungan. Penggunaan energi alternatif seperti

biodiesel merupakan salah satu solusi yang tepat untuk mengatasi permasalahan ini.

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 kelapa sawit, kedelai, jarak pagar, dan kacang kedelai. Dari beberapa bahan baku tersebut di Indonesia yang punya prospek untuk diolah menjadi biodiesel salah satunya jarak pagar. Pengembangan tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas*), sebagai bahan baku biodiesel mempunyai potensi besar, selain dapat menghasilkan minyak dengan produktivitas tinggi sekitar 1.590 kg/1.892 liter minyak/ha/tahun, tetapi berfungsi juga sebagai pengendali erosi serta memperbaiki tanah (Syah, 2006). Minyak biji jarak pagar secara kimia terdiri dari trigliserida yang berantai asam lemak lurus (tidak bercabang) dengan atau tanpa ikatan rangkap. Minyak ini tidak termasuk dalam kategori minyak makan (*edible oil*) sehingga pemanfaatan minyak jarak sebagai bahan baku biodiesel tidak mengganggu penyediaan kebutuhan minyak makan nasional, yaitu kebutuhan industri oleokimia dan ekspor *crude palm oil* (CPO).

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.
4. Mendukung program B30 bertujuan untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan meningkatkan penggunaan energi terbarukan dari minyak nabati.

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 prarancangan pabrik pembuatan biodiesel dari minyak jarak pagar dan metanol dengan proses transesterifikasi kapasitas 50.000 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

Pada prarancangan pabrik biodiesel ini, penulis membatasi pada pemilihan bahan baku utama yaitu minyak jarak pagar menggunakan proses transesterifikasi, neraca massa, neraca energi, spesifikasi peralatan, tugas khusus, unit utilitas, kapasitas prarancangan pabrik, analisa ekonomi, *aspen hysys* dan P&ID.

1.6 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku pembuatan biodiesel terdiri dari minyak jarak pagar yang tersedia cukup besar di PT. Algeria, Jawa Timur, dan metanol (CH₃OH) yang diperoleh dari Kaltim Methanol Industri (KMI) tepatnya di Bontang, Kalimantan.

1.6.1 Minyak Jarak Pagar

Jarak pagar adalah tanaman berbunga yang berasal dari keluarga *Euphorbiaceae*. Tanaman ini memiliki beberapa kegunaan, terutama dalam industri bioenergi dan pengelolaan lahan. Jarak pagar telah banyak diteliti sebagai sumber bahan bakar bioenergi. Bijinya mengandung minyak nabati yang dapat diekstraksi dan diubah menjadi biodiesel. Biodiesel dari jarak pagar telah terbukti memiliki sifat-sifat yang mirip dengan diesel konvensional, sehingga dapat

digunakan sebagai pengganti bahan bakar fosil dalam mesin diesel (Fairus dan Silitonga, 2018). Adapun gambar tanaman jarak dapat dilihat pada Gambar 1.1



Gambar 1.1 Tanaman Jarak Pagar

Jarak pagar memiliki kemampuan tumbuh di berbagai kondisi tanah yang buruk, termasuk tanah yang terdegradasi. Akar jarak pagar memiliki kemampuan mengikat tanah dan mencegah erosi, sehingga dapat digunakan dalam program rehabilitasi tanah dan penghijauan lahan terdegradasi (Kumar dan Sharma, 2008). Kandungan asam lemak bebas pada jarak pagar dapat dilihat pada Tabel 1.1

Tabel 1.1 Kandungan Asam Lemak Pada Minyak Jarak Pagar

Jenis Asam lemak bebas	Komposisi (%)
<i>Asam miristat</i>	0 - 0,1
<i>Asam palmitate</i>	14,1 - 15,3
<i>Asam stearate</i>	3,7 - 9,8
<i>Asam arachidic</i>	0 - 0,3
<i>Asam behedic</i>	0 - 0,2
<i>Asam palmitoleat</i>	0 - 1,3
<i>Asam oleat</i>	34,3 - 45, 8
<i>Asam linolenat</i>	29 - 44,2

(Sumber: Syah, 2006).

1.6.2 Metanol

Metanol menempati posisi penting di industri hilir karena digunakan menjadi bahan utama tekstil, plastik, resin sintetis, 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 yaitu 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 Produksi

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, sebagai berikut:

1.7.1 Produksi Biodiesel di Indonesia

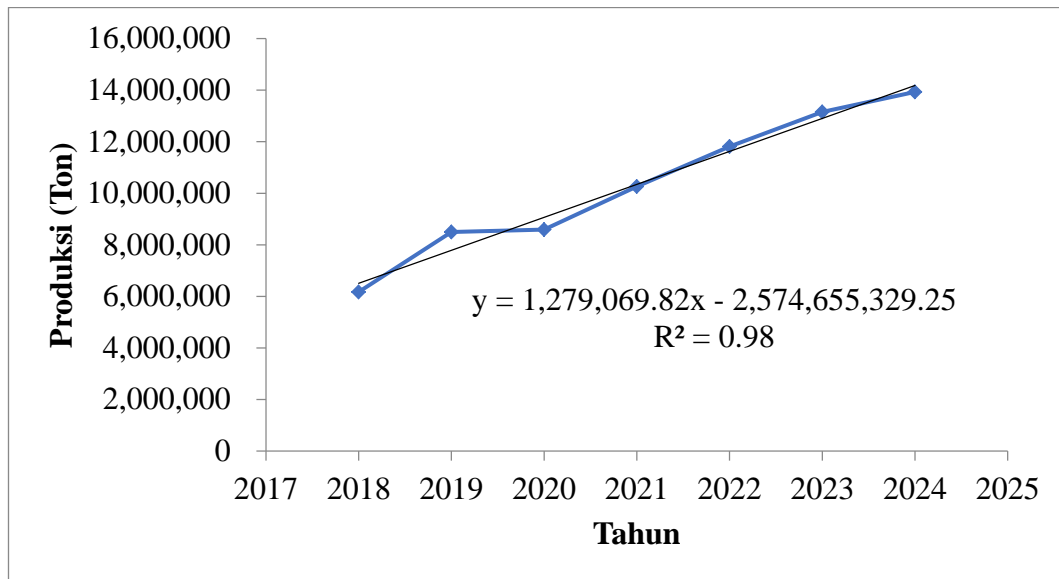
Berdasarkan data yang didapat dari Asosiasi Produsen Biofuel Indonesia (APROBI), berikut ini adalah data produksi biodiesel dari tahun 2018-2024 dapat dilihat pada Tabel 1.2

Tabel 1.2 Data Produksi Biodiesel di Indonesia

Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)
2018	6.168.000
2019	8.497.000
2020	8.594.000
2021	10.258.000
2022	11.816.000
2023	13.151.422
2024	13.929.037

(Sumber: Aprobi, 2025).

Berdasarkan Tabel 1.2 maka dapat dibuat suatu persamaan linier agar dapat memperkirakan kebutuhan biodiesel pada tahun 2029 seperti 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 6.168.000 ton hingga tahun 2024 sebesar 13.929.037 ton. Dari grafik dengan metode regresi linear, maka didapat persamaan $y = 1.279.069,82x - 2.574.655.329,25$

Keterangan : $x = \text{Tahun}$

$y = \text{Kebutuhan produksi biodiesel}$

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

$$x = 2029$$

$$y = 1.279.069,82x - 2.574.655.329,25$$

$$y = 1.279.069,82 (2029) - 2.574.655.329,25$$

$$y = 20.577.330,8 \text{ ton}$$

Sehingga diperkirakan kebutuhan produksi biodiesel pada tahun 2029 adalah sebesar 20.577.330,8 ton/tahun.

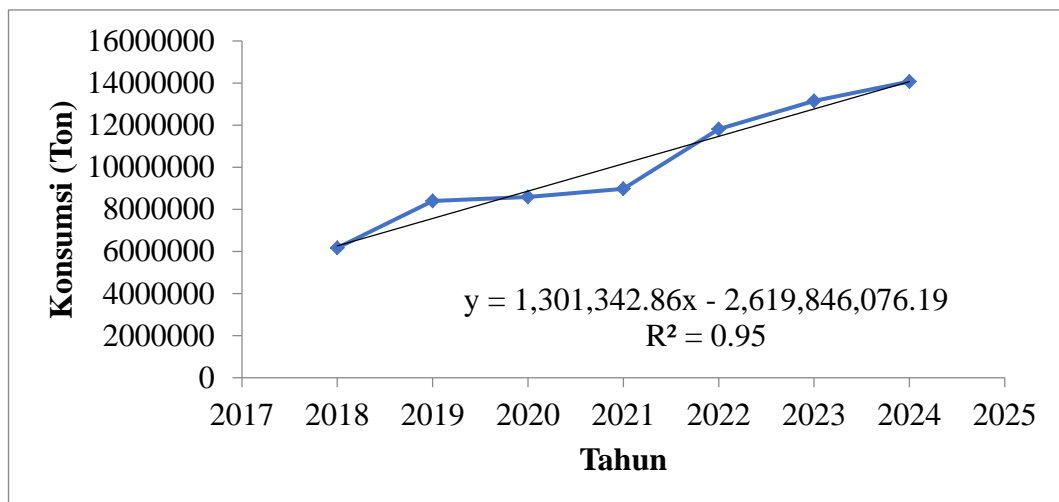
1.7.2 Konsumsi Biodiesel di Indonesia

Berdasarkan data yang didapat dari Asosiasi Produsen Biofuel Indonesia (APROBI), berikut ini adalah data konsumsi biodiesel dari tahun 2018-2024 dapat dilihat pada Tabel 1.3

Tabel 1.3 Data Konsumsi Biodiesel di Indonesia

Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)
2018	6.168.000
2019	8.399.000
2020	8.591.000
2021	8.980.000
2022	11.815.000
2023	13.150.000
2024	14.071.866

Konsumsi biodiesel di Indonesia menurut data APROBI pada tahun 2018-2024 dapat dilihat pada Gambar 1.3

**Gambar 1.3** Grafik Konsumsi Biodiesel di Indonesia

Berdasarkan Gambar 1.3 perkembangan konsumsi biodiesel terus mengalami kenaikan dari tahun 2018 sebesar 6.168.000 ton hingga tahun 2024 sebesar 14.071.866 ton. Dari grafik dengan metode regresi linear, maka didapat persamaan $y = 1.301.342,86 x - 2.619.846.076,19$

Keterangan : x = Tahun

y = Kebutuhan produksi biodiesel

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

$$x = 2029$$

$$y = 1.301.342,86 x - 2.619.846.076,19$$

$$y = 1.301.342,86 (2029) - 2.619.846.076,19$$

$$y = 20.938.583 \text{ ton}$$

Sehingga diperkirakan Kebutuhan Produksi biodiesel pada tahun 2029 adalah sebesar 20.938.583 ton/tahun.

Penentuan kapasitas dapat ditentukan dengan pertimbangan data perkiraan konsumsi biodiesel di Indonesia pada tahun 2029 sebesar 20.938.583 ton dan perkiraan produksi biodiesel di Indonesia pada tahun 2029 sebesar 20.577.330,8 ton. Maka untuk itu penentuan kapasitas perancangan pabrik biodiesel pada tahun 2029 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Perancangan} &= \text{Konsumsi} - \text{Produksi} \\ &= 20.938.583 \text{ ton} - 20.577.330,8 \text{ ton} \\ &= 361.252,2 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Maka dalam hal ini perancangan pabrik biodiesel dari minyak jarak pagar dan metanol menggunakan proses transesterifikasi adalah 15% dari total kebutuhan biodiesel dalam negeri yaitu sebesar 50.000 ton/tahun. Pengambilan kapasitas pabrik ini berlandaskan dari produksi bahan baku berupa minyak jarak pagar yaitu 60.800 ton/tahun. Pada Tabel 1.4 dan 1.5 ditunjukkan pabrik biodiesel yang telah berdiri di dunia dan di Indonesia.

Tabel 1.4 Data Pabrik Penghasil Biodiesel di Dunia

Produsen	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 1.5 Pabrik Biodiesel di Indonesia

Nama Pabrik	Kapasitas (Ton/Tahun)
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	457.883
PT Sinarmas Bio Energy	364.700
PT Sukajadi Sawit Mekar	261.767
PT Tunas Baru Lampung Tbk	342.311
Total	10.401.080

(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.

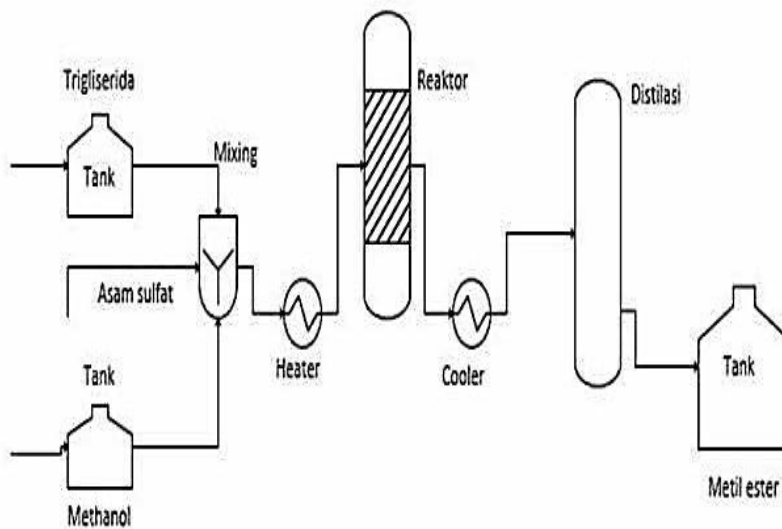
1.8.1 Proses Esterifikasi

Esterifikasi adalah tahap konversi dari asam lemak bebas menjadi ester. Esterifikasi mereaksikan asam lemak bebas 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 (*Free 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

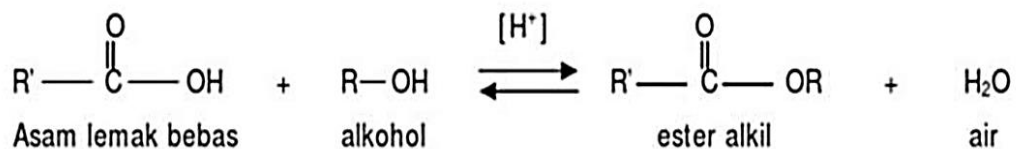
membuat metil ester dari minyak berkadar asam lemak bebas tinggi. Pada saat ini, asam lemak akan dikonversikan menjadi metil ester.

1.8.1.1 Uraian Proses Esterifikasi

Proses ini berjalan pada kondisi operasi 80°C dengan tekanan 1 atm dengan menggunakan Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB), 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 relatif lama, esterifikasi disebut sebagai tahap awal dimana konversi dan tingkat kemurnian yang dihasilkan tergolong rendah dan masih harus diolah pada tahap selanjutnya sebelum dijual. Berdasarkan buku *bailey's flowsheet* dasar dari proses esterifikasi dan reaksi pembentukan alkil ester ditunjukkan pada Gambar 1.4 dan Gambar 1.5



Gambar 1.4 *Flowsheet* Dasar Esterifikasi
(Sumber: Kurniasih, 2018).



Gambar 1.5 Reaksi Esterifikasi

1.8.1.2 Analisa Ekonomi Awal

Analisa ekonomi awal dilakukan untuk mengetahui apakah layak atau tidaknya berdiri suatu pabrik. Menggunakan perhitungan yang sederhana dengan mengurangi harga produk dengan bahan baku. Analisa ekonomi awal proses esterifikasi dapat dilihat pada Tabel 1.6

Tabel 1.6 Analisa Ekonomi Awal Proses Esterifikasi

	Bahan Baku		Katalis	Produk	
	Minyak Jarak	Metanol	Asam Sulfat	Biodiesel	Air
Berat Molekul	885,45 gr/mol	32,04 gr/mol	98,08 gr/mol	284,91 gr/mol	18,01528 gr/mol
Harga Per Kg	Rp. 16.000	Rp. 22.000	Rp. 18.000	Rp. 21.000,00	Rp. 0
Kebutuhan	1 mol × 885,45 gr/mol = 885,45 gr = 0,8854 kg	3 mol × 32,04 gr/mol = 96,12 gr = 0,0961 kg	1 mol × 98,08 gr/mol = 98,08 gr = 0,0980 kg	3 mol × 284,91 gr/mol = 854,7 gr = 0,8547 kg	1 mol × 18,01528 gr/mol = 18,01528 gr = 0,0180 Kg
Harga Total	0,8854 kg × Rp. 16.000 = Rp. 14.166,4	0,0961 kg × Rp. 22.000 = Rp. 2.114,2	0,0980 kg × Rp. 18.000 = Rp. 1.764	0,8547 kg × Rp. 21.000 = Rp. 17.948,7	Rp. 0,0180
	Harga Produk – (Harga Bahan Baku + Harga Katalis) = Rp. 17.948,718 – (Rp. 16.280,6 + Rp. 1.764) = -Rp. 59,882				

Dari Tabel 1.6 maka didapatkan hasil keuntungan pada proses esterifikasi sebesar -Rp. 59,882

1.8.2 Proses Transesterifikasi

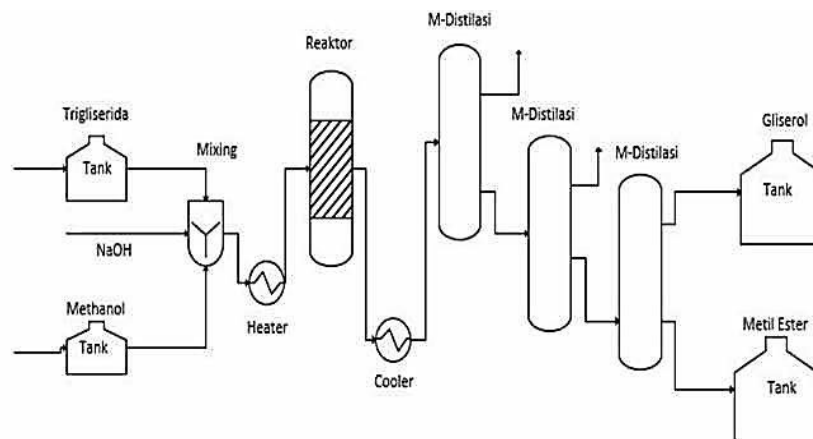
Transesterifikasi merupakan tahap konversi trigliserida (minyak nabati) menjadi alkil ester, yang bereaksi dengan alkohol dan menghasilkan produk samping yaitu gliserol.

1.8.2.1 Uraian Proses Transesterifikasi

Proses transesterifikasi berjalan pada kondisi operasi 60°C dengan tekanan 1 atm dengan menggunakan reaktor RATB, Katalis yang biasa digunakan adalah Natrium Hidroksida (NaOH) karna lebih reaktif dan juga bersifat non korosif

terhadap peralatan. Diantara alkohol monohidrik yang menjadi bahan campuran minyak nabati yang mempunyai gugus alkil, metanol merupakan bahan yang paling sering digunakan, dikarenakan harga yang murah dan reaktifitas yang paling tinggi.

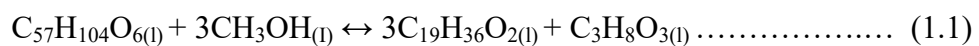
Katalis yang biasa digunakan dalam proses ini yang bersifat basa, karena mampu menghasilkan biodiesel dengan konversi dan *yield* yang tinggi dengan waktu yang relatif singkat (30-60 menit). Namun, proses ini sangat sensitif terhadap kemurnian reaktan. Katalis basa yang umum digunakan adalah NaOH dan Kalium Hidroksida (KOH). Gambar *flowsheet* dari proses transesterifikasi dapat dilihat pada Gambar 1.6



Gambar 1.6 *Flowsheet* Dasar Transesterifikasi
(Sumber: Harimbi Setiawati, 2009).

1.8.2.2 Analisa Ekonomi Awal

Adapun analisa ekonomi awal berdasarkan reaksi:



Analisa ekonomi awal berdasarkan reaksi dapat dilihat pada Tabel 1.7

Tabel 1.7 Analisa Ekonomi Awal Proses Transesterifikasi

	Bahan Baku		Katalis	Produk	
	Minyak Jarak	Metanol	NaOH	Biodiesel	Gliserol
Berat Molekul	885,45 gr/mol	32,04 gr/mol	40 gr/mol	284,91 gr/mol	92,09 gr/mol
Harga Per Kg	Rp. 16.000	Rp. 22.000	Rp. 40.000	Rp. 21.000,00	Rp. 254.000

Kebutuhan	1 mol × 885,45 gr/mol = 885,45 gr = 0,8854 kg	3 mol × 32,04 gr/mol = 96,12 gr = 0,0961 kg	1 mol × 40 gr/mol = 40 gr = 0,04 kg	3 mol × 284,91 gr/mol = 854,7 gr = 0,8547 kg	1 mol × 92,09 ge/mol = 92,09 gr = 0,09209 Kg
Harga Total	0,8854 kg × Rp. 16.000 = Rp. 14.166,4	0,0961 kg × Rp. 22.000 = Rp. 2.114,2	0,04 kg × Rp. 40.000 = Rp. 1.600	0,8547 kg × Rp. 21.000 = Rp. 17.948,7	0,09209 kg × Rp. 254.000 = Rp. 23.390,8
	Harga Produk – (Harga Bahan Baku + Harga Katalis) = Rp. 41.339,5 – (Rp. 16.280,6 + Rp. 1.600) = Rp. 23.458,9				

Dari Tabel 1.7 maka didapatkan hasil keuntungan pada proses transesterifikasi sebesar Rp. 23.458,9.

1.8.3 Alasan Pemilihan Proses

Biodiesel merupakan metil ester asam lemak yang diperoleh dengan cara transesterifikasi trigliserida dari minyak nabati dengan gugus alkohol dengan bantuan katalis. Biodiesel dapat dibuat dengan dua metode, yaitu melalui proses transesterifikasi dan proses esterifikasi. Berikut adalah perbandingan proses produksi biodiesel dengan proses transesterifikasi dan esterifikasi dapat dilihat pada Tabel 1.8

Tabel 1.8 Perbandingan Proses Pembuatan Biodiesel

Perbandingan	Transterifikasi	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
Analisa Ekonomi Awal (Keuntungan)	Rp. 23.458,9	-Rp. 59,882

(Sumber: Ervinadya, 2020).

Berdasarkan perbandingan yang telah ditinjau dari data konversi dan kondisi operasi yang diketahui maka dipilih proses transesterifikasi dengan

pertimbangan suhu operasi lebih rendah, waktu operasi lebih singkat proses lebih sederhana dan kondisi operasi relatif lebih aman.

1.9 Uraian Proses

Proses pembuatan biodiesel menggunakan proses transesterifikasi pada dasarnya adalah tahap mengkonversi minyak nabati (trigliserida) menjadi metil ester atau biodiesel, yang terjadi melalui reaksi alkohol dan akan menghasilkan produk samping berupa gliserol. Reaksi transesterifikasi merupakan reaksi bolak-balik (*reversible*). Pembuatan biodiesel dengan proses transesterifikasi yaitu menggunakan katalis basa NaOH dengan minyak jarak dan metanol sebagai bahan baku utama. Proses berlangsung secara kontinyu pada temperatur sebesar 60°C dan tekanan sebesar 1 atm.

Secara keseluruhan proses pembuatan biodiesel dari minyak jarak pagar dan metanol dengan proses transesterifikasi dilakukan melalui tiga tahapan, yaitu:

1. Tahap persiapan bahan baku
2. Tahap pembentukan produk
3. Tahap pemurnian produk.

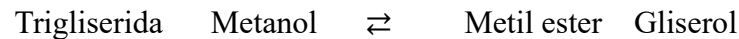
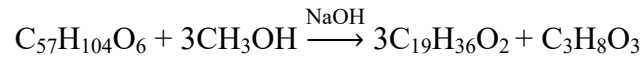
1. Tahap Persiapan Bahan Baku

Natrium hidroksida cair dari tangki penyimpanan bahan baku dan metanol dari tangki penyimpanan yang disimpan pada temperatur 30°C dengan tekanan 1 atm dialirkan menuju *mixer* untuk dihomogenkan. Setelah campuran metanol dan NaOH homogen, lalu campuran tersebut dipanaskan terlebih dahulu menggunakan *heater* hingga temperatur 60°C atau sesuai kondisi operasi reaktor untuk kemudian dialirkan menuju reaktor. Minyak jarak yang disimpan pada temperatur 30°C dan tekanan 1 atm didalam tangki penyimpanan dipompa menuju *heater* untuk dipanaskan agar temperaturnya menjadi 60°C atau sesuai kondisi operasi yang kemudian dialirkan menuju reaktor.

2. Tahap Pembentukan Produk

Campuran minyak jarak dengan metanol dan NaOH direaksikan pada temperatur 60°C dengan tekanan 1 atm di dalam reaktor CSTR dengan kondisi *isothermal* serta sifat reaksi eksotermis *reversible* dimana temperatur reaksi harus

dipertahankan untuk menghindari terjadinya reaksi samping. Produk dari reaksi keluaran reaktor berupa biodiesel dengan temperatur 60°C, tekanan 1 atm. Adapun reaksi yang terjadi didalam reaktor adalah:



3. Tahap Pemurnian Produk

Produk dari reaksi adalah biodiesel keluaran dari reaktor pada temperatur 60°C, tekanan 1 atm. Produk yang keluar dari reaktor dialirkan menuju separator dengan menggunakan pompa. Separator berfungsi untuk memisahkan metanol, trigliserida, biodiesel dan gliserol sebagai produk samping. Penggunaan separator dikarenakan perbedaan densitas dan kelarutan dari campuran minyak.

Perbedaan densitas dan kelarutan dari kedua campuran menyebabkan terjadinya dua lapisan di dalam separator. Lapisan bawah (*heavy stream*) merupakan campuran yang memiliki densitas lebih berat berupa *gliserol* yang terpisah melalui bagian bawah separator menuju tangki penyimpanan. *Light stream* atau fase ringan dari separator keluar melalui bagian atas separator berupa biodiesel dan trigliserida dialirkan menuju destilasi untuk dipisahkan antara biodiesel dengan trigliserida. Keluaran bawah dari distilasi berupa trigliserida akan dialirkan ke pengolahan limbah, sedangkan bagian atas distilasi berupa biodiesel akan di pompakan menuju tangki penyimpanan biodiesel.

1.10 Pemilihan Lokasi Pabrik

Lokasi suatu pabrik dapat mempengaruhi posisi pabrik dalam persaingan dan kontinuitas produksinya. Lokasi pabrik yang tepat akan memberikan keuntungan bagi pabrik tersebut dan lingkungan sekitarnya dengan memperhatikan faktor keamanan lingkungan. Hal ini dikarenakan lokasi pabrik sangat mempengaruhi dan menentukan keberhasilan serta kelangsungan hidup suatu pabrik. Pabrik direncanakan didirikan di kawasan industri yang cukup jauh dari kepadatan penduduk, tersedianya tanah yang luas dan fasilitas yang cukup memadai. Untuk pembuatan pabrik biodiesel akan dibangun di Banyuasin,

Sumatera Selatan. Gambar rencana lokasi rancangan pabrik dapat dilihat pada Gambar 1.7



Gambar 1.7 Rencana Lokasi Rancangan Pabrik

Dasar pertimbangan dalam pemilihan lokasi pabrik ini adalah:

1. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku yang kami pakai bersumber dari dalam negeri yaitu PT Algeria yang terletak di Jawa Timur dan metanol dari PT Kaltim Metanol Industri di Kalimantan Timur.

2. Letak dari Pasar dan Kondisi Pemasaran

Lokasi pabrik harus mempertimbangkan tempat produk yang akan dipasarkan. Orientasi pemasaran ditujukan pada pemenuhan kebutuhan biodiesel dalam negeri dan untuk ekspor. Faktor yang perlu diperhatikan adalah letak wilayah pabrik yang membutuhkan biodiesel dan jumlah kebutuhannya. Daerah Banyuasin merupakan daerah yang strategis untuk pendirian suatu pabrik karena dekat dengan pabrik pengolahan bahan baku dan dekat dengan Kota Palembang sebagai pusat perdagangan. Selain itu, adanya pelabuhan yang memudahkan ekspor biodiesel ke luar negeri. 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 aliran Sungai Musi, Banyuasin, Sumatera Selatan.

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

Transportasi sangat penting bagi suatu industri. Di daerah Banyuasin tersedia sarana transportasi yang cukup memadai, baik darat maupun laut, untuk keperluan transportasi impor dan ekspor sehingga memudahkan pengangkutan bahan baku, bahan pembantu, dan produk.

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 minyak jarak pagar 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.