
BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Seiring dengan perkembangan zaman di era modern yang ditandai dengan perkembangan di bidang teknologi, kebutuhan energi meningkat dengan pesat. Peningkatan kebutuhan energi ini tidak disertai dengan jumlah sumber-sumber energi, bahkan sumber energi dari fosil (tidak terbarukan) semakin berkurang dari tahun ke tahun. Data dari Departemen ESDM menunjukkan bahwa produksi minyak di Indonesia saat ini per tahunnya mencapai 55 juta ton, yang dimana produksi minyak tersebut diperkirakan hanya mampu mencukupi kebutuhan BBM di Indonesia selama 10 tahun kedepan (Yuliani dkk, 2010). Kenaikan harga BBM secara langsung berakibat pada naiknya biaya transportasi, biaya produksi industri dan pembangkitan tenaga listrik. Pertumbuhan jumlah penduduk yang juga disertai dengan meningkatnya kesejahteraan masyarakat sehingga berdampak pada kebutuhan akan sarana transportasi dan aktivitas industri. Hal ini tentu saja menyebabkan kebutuhan akan bahan bakar cair juga akan semakin meningkat. Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral pernah menyatakan persediaan minyak bumi Indonesia bisa bertahan 11 tahun, gas bumi 30 tahun, dan batu bara 50 tahun lagi. Artinya perlu adanya sumber energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar tersebut untuk mengantisipasinya.

Karena itu diperlukan sumber energi alternatif yang bisa menggantikan BBM (bahan bakar minyak) dari fosil. Untuk mengatasi permasalahan tentang sumber energi yang semakin berkurang yang terjadi, banyak para peneliti yang mengembangkan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan. Biodiesel merupakan salah satu energi alternatif pengganti bahan bakar diesel. Kelebihan biodiesel yaitu dapat dihasilkan melalui reaksi kimia dari minyak nabati yang berasal dari tumbuh-tumbuhan yang memiliki sifat seperti solar (Susilo, 2006). Biodiesel atau disebut juga *methyl ester* merupakan bahan bakar yang terbuat dari minyak nabati yang memiliki sifat menyerupai minyak diesel atau solar. Biodiesel dapat digunakan baik secara murni atau dapat dicampur dengan petrodiesel tanpa



terjadi perubahan pada mesin lain yang menggunakannya. Penggunaan biodiesel sebagai sumber energi semakin dituntut untuk segera direalisasikan. Sebab, selain merupakan solusi untuk menanggulangi kelangkaan energi fosil pada masa mendatang, biodiesel juga bersifat dapat diperbaharui (*renewable*), dapat terurai (*biodegradable*), memiliki sifat pelumasan terhadap piston mesin karena termasuk kelompok minyak tidak mengering (*non-drying oil*), mampu mengurangi emisi karbon dioksida serta efek rumah kaca. Biodiesel juga bersifat ramah lingkungan karena menghasilkan 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 (*non toxic*).

Beberapa bahan baku untuk pembuatan biodiesel antara lain kelapa sawit, jarak pagar, kedelai, tebu dan berbagai jenis tumbuhan lainnya. Dari beberapa bahan baku tersebut di Indonesia yang memiliki prospek untuk dapat diolah menjadi biodiesel adalah kelapa sawit dan jarak pagar, akan tetapi prospek kelapa sawit lebih besar untuk pengolahan secara besar-besaran. Sebagai tanaman industri kelapa sawit tersebar hampir di seluruh wilayah Indonesia, teknologi pengolahannya juga sudah tergolong mapan. Dibandingkan dengan tanaman yang lain seperti kedelai, tebu, jarak pagar dan lain-lain yang masih mempunyai kelemahan antara lain sumbernya sangat terbatas dan masih diimpor (kedelai), tebu masih minim untuk bahan baku gula (kekurangan gula nasional masih diimpor dan hanya dapat dipakai tetesnya sebagai bahan alkohol), sedangkan jarak pagar masih dalam taraf penelitian skala laboratorium untuk budidaya dan pengolahannya, sehingga dapat dikatakan bahwa kelapa sawit merupakan bahan baku untuk pembuatan biodiesel yang paling siap.

1.2. Penentuan Kapasitas Pabrik

Beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam penentuan kapasitas sebuah pabrik biodiesel pada tugas prarancangan pabrik ini adalah kebutuhan biodiesel dan ketersediaan bahan baku.



1. Proyeksi kebutuhan biodiesel

Tingkat konsumsi solar di Indonesia rata-rata mencapai 14 juta kiloliter setiap tahunnya. Untuk melakukan substitusi 5% saja, maka diperlukan sekitar 700 ribu kiloliter biodiesel pertahun. Keperluan biodiesel tersebut sebenarnya bisa diperoleh dengan mudah di Indonesia mengingat Indonesia cukup kaya dengan berbagai jenis tanaman yang bisa menghasilkan campuran biodiesel. Sumber utama biodiesel yang sangat mudah adalah *Crude Palm Oil* atau minyak kelapa sawit karena produksi CPO di Indonesia cukup besar. Pada tahun 2006, Indonesia mampu memproduksi CPO sebesar 16 juta ton. Untuk membuat 700 ribu kiloliter biodiesel hanya diperlukan sekitar 616 ribu ton CPO, untuk mengkonversi CPO tersebut menjadi biodiesel memang memerlukan investasi yang tidak sedikit dan memerlukan *effort* yang lebih banyak, sehingga mengeksport CPO mentah tentu lebih mudah dan cepat menghasilkan uang. Hal tersebut jelas jauh lebih mudah daripada harus mengkonversi menjadi biodiesel. Seharusnya pemerintah bisa melakukan langkah-langkah yang terbaik untuk mendorong agar pengusaha kepala sawit dapat mengembangkan hasilnya untuk menjadi bahan bakar biodiesel, seperti membantu dalam penyediaan teknologi, insentif pajak, investasi peralatan, serta menyiapkan regulasi pasar biodiesel yang dihasilkannya.

Tabel 1.1 Tabel Kebutuhan Biodiesel dari Produksi CPO

no	Tahun	Kebutuhan solar (Juta kiloliter)	Substitusi solar*	Kebutuhan biodiesel (Juta kiloliter)	Jumlah CPO yang dibutuhkan (Juta Ton)***	Produksi CPO (Juta Ton)**
1	2006	14	0	0	0	6
2	2010	36	2%	0,72	0,65	24,8
3	2025	94	5%	4,7	4,23	36,29

*Rencana pengembangan pemerintah

**Perhitungan kasar dengan asumsi pertumbuhan CPO sekitar 15% sampai 2010 dan 5% setelah 2010

*** 1 kiloliter Biodiesel sama dengan 0.88 ton



2. Ketersediaan bahan baku

Ketersediaan bahan baku merupakan faktor yang paling utama dalam menentukan kelangsungan sebuah pabrik.

1.3. Pemilihan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi adalah hal yang sangat penting dalam sebuah perancangan pabrik, karena berhubungan langsung dengan nilai ekonomis pabrik yang akan didirikan. Berdasarkan beberapa pertimbangan pabrik biodiesel ini akan didirikan di Barito Kuala, Kalimantan Selatan. Pertimbangan-pertimbangan tersebut meliputi dua faktor yaitu, faktor utama dan faktor pendukung.

1. Faktor utama

Faktor utama dalam pemilihan lokasi pabrik adalah sebagai berikut :

a. Sumber bahan baku

Bahan baku pembuatan Biodiesel adalah minyak sawit. Daerah Kalimantan merupakan penghasil minyak sawit yang besar terutama didaerah Barito Kuala sehingga kebutuhan akan pasokan bahan baku tidak menjadi masalah.

b. Tenaga kerja

Kabupaten Barito Kuala merupakan salah satu daerah pusat perkebunan terbesar di Kalimantan selatan, sehingga penyediaan tenaga kerja dapat diperoleh dari masyarakat daerah tersebut, baik tenaga kasar maupun tenaga terdidik.

c. Utilitas

Fasilitas utilitas yang meliputi penyediaan air, bahan bakar, dan listrik. Kebutuhan listrik dapat memanfaatkan listrik PLN maupun swasta yang sudah masuk ke wilayah ini. Sedangkan untuk penyediaan air diambil dari Sungai Barito dan Sungai Kapuas.

2. Faktor pendukung

Faktor pendukung juga perlu mendapatkan perhatian dalam pemilihan lokasi pabrik dikarenakan faktor-faktor yang ada di dalamnya selalu



menjadi pertimbangan agar pemilihan pabrik dan proses produksi dapat berjalan lancar. Faktor pendukung tersebut meliputi:

- a. Harga tanah dan gedung dikaitkan dengan rencana di masa yang akan datang
- b. Kemungkinan untuk adanya perluasan pabrik
- c. Tersedianya fasilitas servis, misalnya di sekitar lokasi pabrik tersebut atau jarak yang relatif dekat dari bengkel besar dan semacamnya
- d. Ketersediaan air yang cukup
- e. Peraturan pemerintah daerah tersebut
- f. Keadaan masyarakat daerah sekitar (sikap keamanan dan sebagainya)
- g. Iklim dan cuaca
- h. Keadaan tanah untuk rencana pembangunan dan pondasi
- i. Perumahan penduduk atau bangunan lain.

1.4. Tinjauan Pustaka

1.4.1. Macam-macam proses

Beberapa proses pembuatan biodiesel yang telah dikembangkan adalah sebagai berikut: Penggunaan minyak nabati secara langsung sebagai bahan bakar diesel menimbulkan berbagai masalah seperti penyumbatan penyaring bahan bakar, penyumbatan injektor, pembentukan endapan karbon di ruang pembakaran, perlengkapan cincin, dan kontaminasi minyak pelumas. Karena itu digunakan beberapa modifikasi untuk mengubah sifat dari minyak nabati tersebut, terutama untuk menurunkan viskositasnya. Sifat minyak nabati itu dapat diubah menggunakan beberapa cara di antaranya:

1. Pirolisis

Pada proses pirolisis minyak nabati mengalami dekomposisi termal dengan kehadiran udara/nitrogen (jika tidak diinginkan kehadiran oksigen). Dekomposisi termal minyak nabati ini menghasilkan berbagai jenis senyawa termasuk alkana, alkena, alkadiena, aromatil, dan asam karboksilat. Komposisi hasil dekomposisi sangat bervariasi tergantung dari minyak nabati yang digunakan. Fraksi-fraksi cair dari minyak nabati yang terdekomposisi termal



cukup mendekati karakter minyak diesel. Minyak nabati terpirolisis mengandung jumlah sulfur, air dan endapan dalam jumlah yang dapat diterima, demikian juga dengan korosi tembaga, namun terdapat juga abu dan residu karbon dalam jumlah yang tidak diterima. Penggunaan minyak nabati terpirolisis pada mesin dibatasi untuk pemakaian jangka pendek.

2. Mikroemulsifikasi

Adalah disperse dari minyak, air, *sulfaction* dan terkandung suatu molekul ampilik yang digunakan konsurfaction. Hasil disperse ini adalah suatu tetesan (*droplet*) yang *isotropic*, jernih dan stabil secara termodinamika. Suatu mikroemulsi dapat dibuat dari minyak nabati dengan ester dan dispersan (kosolven), atau dari suatu minyak nabati, suatu alkohol dan suatu *sulfaction*, dengan atau tanpa minyak diesel. Namun alkohol memiliki kalor penguapan yang tinggi dan karenanya dapat menurunkan suatu ruang pembakaran dan memudahkan terjadinya penyumbatan. Suatu mikroemulsi dan metanol dengan minyak nabati memiliki kelakuan yang mirip dengan minyak diesel.

3. Pengenceran

Minyak nabati diencerkan dengan bahan tertentu, seperti minyak diesel, suatu pelarut atau etanol. Penelitian yang telah memperlihatkan adanya efek yang tidak diinginkan pada pemakaian jangka panjang seperti penyumbatan *injector*, pengentalan pelumas dan penumpukan karbon pada katup pemanas.

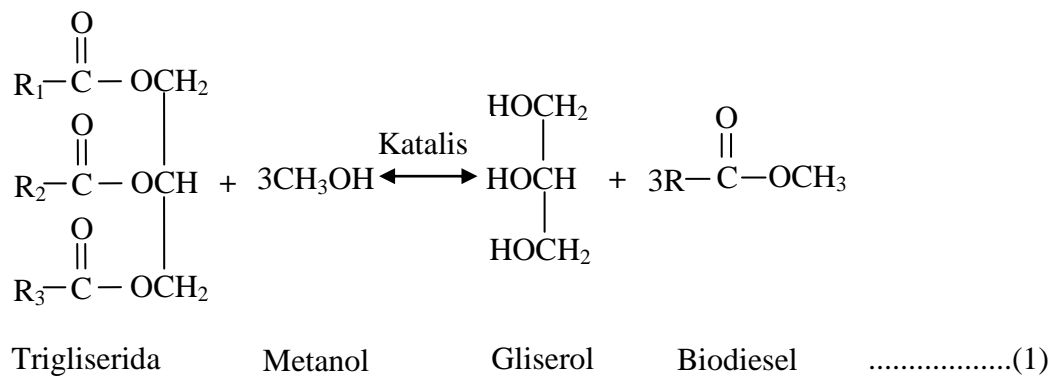
4. Transesterifikasi

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. Sifat biodiesel ini sangat mendekati minyak diesel dan tidak menimbulkan dampak yang buruk pada pemakaian jangka panjang sehingga sangat menjanjikan untuk digunakan sebagai pengganti atau pencampur minyak diesel. Biodiesel merupakan salah satu bahan oleokimia dasar yaitu turunan dari minyak dan lemak selain asam lemak. Metil ester dibuat dari minyak atau lemak yang merupakan alternatif pengganti asam lemak pilihan untuk memproduksi sejumlah oleokimia turunan lemak seperti alkohol-asam



lemak, isopropyl ester, polyester sukrosa dan lain-lain. Metil ester dari minyak Sawit (CPO) dapat dihasilkan melalui proses transesterifikasi trigliserida dari minyak Sawit, Transesterifikasi adalah penggantian gugus alkohol dari ester dengan alkohol lain dalam suatu proses yang menyerupai hidrolisis. Namun berbeda dengan hidrolisis, pada proses transesterifikasi bahan yang digunakan bukan air melainkan alkohol. Beberapa jenis alkohol yang digunakan dalam proses transesterifikasi adalah methanol, etanol, propanol, butanol, dan amyl alkohol. Metanol lebih umum digunakan untuk proses transesterifikasi karena harganya murah dan lebih mudah untuk *recovery*, walaupun tidak menutup kemungkinan untuk menggunakan jenis alkohol lainnya. Reaksi ini dapat dikatalisis oleh asam, basa, atau enzim. 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.

Berikut disajikan reaksi transesterifikasi trigliserida dengan metanol untuk menghasilkan biodiesel.



Transesterifikasi merupakan suatu reaksi kesetimbangan. Untuk reaksi transesterifikasi berkatalis basa, trigliserida dan metanol yang digunakan sedapat mungkin anhidrat atau mendekati, karena air menyebabkan terjadinya reaksi saponifikasi yang menghasilkan sabun. Sabun yang terbentuk dapat menurunkan perolehan ester dan menyulitkan pemisahan ester dan gliserol. Kandungan asam



lemak bebas juga harus rendah, karena jika kandungan asam lemak dan air dalam trigliserida tinggi maka katalis yang digunakan adalah asam.

Faktor utama yang mempengaruhi rendemen ester yang dihasilkan pada reaksi transesterifikasi adalah:

1. Rasio molar antara trigliserida dan alkohol.

Agar reaksi dapat bergeser ke arah produk, alkohol yang ditambahkan harus berlebih dari kebutuhan stoikiometrinya. Penelitian menyatakan dalam penerapan praktis, perbandingan yang digunakan adalah antara 3,3 sampai 5,25 : 1. Contoh lain menyatakan bahwa perbandingan yang digunakan adalah 4,8 : 1, dengan perolehan Biodiesel yang dihasilkan 97-98,5%. Dalam industri biasanya digunakan perbandingan 6 : 1 dan diperoleh konversi lebih besar dari 98%. Peningkatan alkohol terhadap trigliserida akan meningkatkan konversi, tetapi menyulitkan pemisahan gliserol.

2. Jenis katalis yang digunakan.

Penggunaan katalisator berguna untuk menurunkan tenaga aktifasi sehingga reaksi berjalan dengan mudah bila tenaga aktifasi kecil maka harga konstanta kecepatan reaksi bertambah besar. Ada tiga golongan katalis katalis yang dapat digunakan yaitu asam, basa, dan enzim. Sebagian besar proses transesterifikasi komersial dijalankan dengan katalis basa, karena reaksinya berlangsung sangat cepat yaitu empat ribu kali lebih cepat dibanding dengan katalis asam.

3. Suhu reaksi

Transesterifikasi dapat dilakukan pada berbagai suhu, tergantung dari jenis trigliserida yang digunakan. Jika suhu semakin tinggi, laju reaksi akan semakin cepat. Konversi akhir trigliserida hanya sedikit dipengaruhi oleh suhu reaksi. Suhu reaksi yang telah digunakan dalam berbagai penelitian adalah antara 20–80°C.

4. Kandungan air dan asam lemak bebas.

Terdapatnya air dalam trigliserida menyebabkan terjadinya reaksi saponifikasi, yang dapat menurunkan tingkat efisiensi katalis. Jika kandungan asam lemak bebasnya tinggi maka akan dibutuhkan banyak basa (katalis NaOH).



5. Kemurnian reaktan.

Pada kondisi reaktan yang sama, konversi untuk reaksi dengan bahan baku minyak nabati mentah berkisar antara 67–84%. Hal ini disebabkan oleh tingginya kandungan asam lemak bebas di minyak nabati mentah, namun masalah ini dapat diselesaikan dengan menggunakan temperatur dan tekanan reaksi yang tinggi.

6. Kecepatan Pengadukan

Setiap reaksi dipengaruhi oleh tumbukan antar molekul yang larut dalam reaksi dengan memperbesar kecepatan pengadukan maka jumlah tumbukan antar molekul zat pereaksi akan semakin besar, sehingga kecepatan reaksi akan bertambah besar.

Pada proses transesterifikasi, selain menghasilkan biodiesel, hasil sampingnya adalah gliserol. Gliserol dapat dimanfaatkan dalam pembuatan sabun. Bahan baku sabun ini berperan sebagai pelembab (*moisturising*).

1.4.2. Kegunaan produk

1. Biodisel

- a. Biodisel berfungsi sebagai bahan bakar alternatif pengganti minyak bumi khusus untuk mesin disel otomotif dan industri
- b. Menanggulangi pencemaran lingkungan akibat pembakaran bahan bakar fosil.

2. Gliserol

- a. Untuk obat
 1. Digunakan di dalam medis dan persiapan farmasi misalnya sebagai pelumas peralatan kedokteran
 2. Digunakan sebagai obat pencuci perut
 3. Sebagai sirup obat batuk
 4. Digunakan sebagai pengganti alkohol, untuk bahan pelarut dalam pengambilan herbal dan antiseptik.
- b. Untuk perawatan pribadi
 1. Pasta gigi
 2. Obat kumur



-
-
3. Produk Perawatan kulit
 4. Cream cukur rambut
 5. Sabun
 - c. Makanan dan minuman
 1. Sebagai bahan pelarut dan bahan pemanis, mengawetkan makanan
 2. Pewarna makanan
 3. Dipakai untuk membuat poligliserol ester dalam industri margarine

1.4.3. Sifat fisika dan sifat kimia bahan baku dan produk

1. Bahan baku

a. Minyak sawit

1) Sifat fisis :

Nama	: Trigliserida
Rumus molekul	: $C_{57}H_{104}O_6$
Berat molekul	: 847,28 g/mol
Wujud, (30°C, 1atm)	: cair
Kenampakan	: berwarna kemerahan
Densitas	: 890,275 kg/m ³
Viskositas	: 26,4 cP
Titik didih	: 300°C

2) Sifat kimia :

1. Esterifikasi

Proses esterifikasi bertujuan untuk asam-asam lemak bebas dari trigliserida, menjadi bentuk ester. Reaksi esterifikasi dapat dilakukan melalui reaksi kimia yang disebut interifikasi atau penukaran ester yang didasarkan pada prinsip transesterifikasi *Fiedel-Craft*.

2. Hidrolisa

Dalam reaksi hidrolisis, lemak dan minyak akan diubah menjadi asam lemak bebas dan gliserol. Reaksi hidrolisis mengakibatkan kerusakan lemak dan minyak. Ini terjadi karena terdapat terdapat sejumlah air dalam lemak dan minyak tersebut.



3. Reaksi minyak sawit (Trigliserida):

Saponifikasi → hidrolisis dengan alkali → sabun (foam) → mengganggu jantung

Hidrogenasi → lemak tak jenuh dihidrolisa menjadi lemak jenuh

Komersial → minyak dirubah menjadi margarin dan *shortening* (padat)

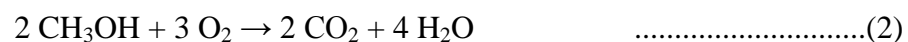
b. Metanol

1) Sifat fisis :

Rumus molekul	: CH ₃ OH
Berat molekul,	: 32,04 g/gmol
Wujud, cair (30°C, 1atm)	: cair
Kenampakan	: tak berwarna
Densitas,	: 792 kg/m ³
Viskositas,	: 0,5410 cP
Titik didih	: 64,5°C
Titik beku	: -97°C
Suhu kritis	: 239°C; 463°F

2) Sifat kimia ;

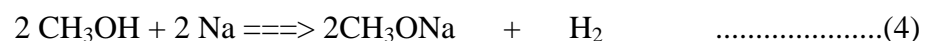
4. Reaksi kimia metanol yang terbakar di udara dan membentuk karbon dioksida dan air adalah sebagai berikut:



5. Esterifikasi metanol. Metanol bereaksi dengan asam organik membentuk ester



6. Methanol bereaksi dengan Sodium pada suhu kamar untuk membebaskan Nitrogen



Metanol Sodium Sodium metoksida Hidrogen

c. Produk



1) Biodiesel

Sifat fisis :

Nama	: Biodiesel
Molekul	: R-COOCH ₃
Berat Molekul	: 283,77 g/mol
Wujud	: cair
Warna	: Jernih kekuningan
Densitas	: 810 kg/m ³
Viskositas	: 7,3 cP

Standar yang paling banyak dijadikan acuan untuk biodiesel adalah standar Jerman DIN V 51606 tahun 1997.

2) Gliserol

Sifat fisis :

Nama	: Gliserol
Rumus Molekul	: C ₃ H ₈ O ₃
Berat Molekul	: 92,09382 g/mol
Wujud	: Cair
Warna	: Jernih kekuningan
Densitas	: 1,261 g/cm ³
Vskositas	: 2,68 cp
Titik didih	: 290°C
Titik beku	: 18°C
Sifat kimia	

Gliserol dapat mengalami *glycolysis* atau *gluconeogenesis* (tergantung pada kondisi-kondisi fisiologis), gliserol dikonversi menjadi Intermediet gliseroldehida 3-fosfat.



1.4.4. Tinjauan Proses Secara Umum

Proses yang dipilih pada tugas prarancangan pabrik biodiesel ini adalah proses transesterifikasi minyak sawit dan metanol karena proses ini berlangsung pada tekanan atmosferik dan temperatur yang lebih rendah dari proses esterifikasi. Selain itu, bahan baku yang digunakan adalah minyak sawit sehingga proses transesterifikasi lebih sesuai.

