

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Belakangan ini kebutuhan energi BBM di Indonesia semakin meningkat, tetapi kebutuhan yang meningkat tidak diimbangi dengan adanya peningkatan dari segi energi. Karena masyarakat Indonesia hanya menggantungkan kebutuhan energi BBM yang bersumber dari fosil. Padahal, cadangan energi fosil di Indonesia dan dunia semakin hari semakin berkurang. Diperkirakan minyak bumi di Indonesia dengan tingkat konsumsi yang tinggi akan habis dalam waktu 10 – 15 tahun lagi. Fakta lain menyebutkan, bahwa Indonesia sudah menjadi importer minyak (solar) dari tahun 2005 (Susilo, 2006).

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 atau biasa disebut dengan metil ester merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui, karena terbuat dari minyak tumbuhan atau lemak hewan, dan tidak mengandung sulfur dan juga tidak beraroma. Penggunaan biodiesel sebagai sumber energi, menuntut untuk segera direalisasikan. Hal ini dikarenakan, selain sebagai solusi untuk menghadapi kelangkaan energi fosil pada masa yang akan datang, biodiesel mempunyai keunggulan komparatif dibandingkan dengan bentuk energi yang lain. Karena, biodiesel lebih mudah ditransportasikan, memiliki kerapatan energi per volume yang tinggi, memiliki karakter pembakaran relatif bersih, biaya produksi rendah, dapat diperbahauri (*renewable*), dapat terurai

(*biodegradable*), memiliki sifat pelumasan terhadap piston mesin karena termasuk minyak tidak mengering (*non-drying oil*), dan mampu mengurangi emisi karbondioksida. Secara teknis biodiesel memiliki kinerja yang lebih baik dari pada solar. Solar yang dicampur dengan biodiesel memberi angka setana (*cetane number*) 62. Lebih tinggi dari pada solar saja yang mempunyai angka setana 48. Semakin tinggi angka setana maka akan semakin aman emisi gas buangnya.

Pembuatan biodiesel dapat dihasilkan dengan mereaksikan minyak tanaman dengan alkohol menggunakan zat basa sebagai katalis pada suhu dan komposisi tertentu, sehingga akan dihasilkan dua zat yang disebut alkil ester (biasa disebut metil atau etil ester) dan gliserin/glislerol. Proses pembuatan biodiesel biasa disebut dengan proses transesterifikasi. Metil ester yang didapat perlu dimurnikan untuk mendapatkan biodiesel.

Pengolahan biodiesel dari bahan tumbuhan sudah banyak digunakan, akan tetapi banyak hambatan dan beban utama pengembangan bahan bakar minyak dari biji – biji tumbuhan adalah karena harga yang mahal. Hal ini terjadi karena bahan yang tersedia adalah minyak atau lemak pangan, seperti minyak sawit, kelapa, kacang, jagung dan lain – lain yang mempunyai biaya produksi lebih mahal dari pada biodiesel. Sebagian besar minyak nabati yang digunakan merupakan minyak nabati yang digunakan untuk keperluan pangan. Oleh karena itu, tanaman yang dapat menghasilkan minyak bukan pangan untuk menggantikan BBM merupakan pilihan yang lebih baik. Salah satu bahan yang memiliki prospek cerah untuk dikembangkan sebagai salah satu pembuatan biodiesel adalah tanaman 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).

Biodiesel jarak pagar menghasilkan 0,8 x liter, sehingga jarak pagar potensial dapat menghasilkan 0,8 x 1.892 liter = 1.514 liter biodiesel/ha/tahun. Sementara sebagian bungkil biji akan didetoksifikasi untuk dijadikan pakan ternak dan kulit biji serta sisa bungkil biji akan diproses menjadi biogas. Produk sampingnya ialah gliserol yang banyak digunakan dalam industri cat, farmasi, pasta gigi, kosmetika dan lain – lain.

Mengingat bahwa peranan biodiesel dari jarak pagar sangat penting yaitu sebagai energi alternatif pengganti energi fosil yang semakin menipis, maka timbul pemikiran untuk mendirikan pabrik biodiesel di Indonesia. Dampak positif lain dengan didirikannya pabrik ini, bahwa biodiesel lebih aman bagi lingkungan serta dapat diperbaharui, dan dapat mengurangi jumlah impor solar sehingga menghemat devisa negara, memberi nilai ekonomi pada tanaman jarak pagar sehingga akan mampu memacu perekonomian rakyat kecil pemilik kebun jarak pagar dan pengolah biji jarak pagar. Serta dapat membantu gerakan rehabilitasi lahan kritis di Indonesia.

1.2 Penentuan Kapasitas Prarancangan Pabrik

Dalam menentukan kapasitas pabrik biodiesel yang akan digunakan untuk tugas prarancangan pabrik ini terdapat beberapa pertimbangan yang perlu diperhatikan yaitu:

1.2.1. Kebutuhan biodiesel dalam negeri

Bahan bakar alternatif dari biodiesel akan menjadi pilihan utama untuk menggantikan bahan bakar dari fosil yang semakin menipis. Bahan bakar dari minyak

nabati tidak hanya dianjurkan untuk menggantikan penggunaan BBM tetapi diwajibkan karena selain akan mengurangi penggunaan BBM serta akan mengurangi dampak yang berbahaya untuk kesehatan masyarakat karena polusi udara. Dan biosiesel juga dapat memberi keuntungan pada masyarakat petani sebagai produsen bahan baku biodiesel dan memberi nilai ekonomi pada tanaman jarak.

Tingkat konsumsi solar di Indonesia mencapai 14 juta kiloliter per tahun. Untuk melakukan substitusi 5% saja, maka dibutuhkan sekitar 700 ribu kiloliter biodiesel pertahun. Kebutuhan tersebut sebenarnya bisa diperoleh dengan mudah di Indonesia mengingat Indonesia kaya akan berbagai tanaman yang menghasilkan minyak nabati.

Untuk mengatasi kelangkaan energi dalam negeri selain mengimpor minyak bumi, Indonesia juga telah mengimpor biodiesel. Hal ini terbukti dari data impor biodiesel di Indonesia pada Tabel 1.1 berikut ini:

Tabel 1.1. Data impor biodiesel Indonesia.

No.	Tahun	Berat ton/tahun
1.	2005	200.565,796
2.	2006	435.148,648
3.	2008	10.866,304
4.	2009	5.580,205
5.	2010	24.365,814

(www.bps.go.id)

1.2.2. Ketersediaan bahan baku

Ketersediaan bahan baku merupakan faktor utama dalam pendirian pabrik. Penyediaan bahan baku relatif mudah karena bahan baku yang akan digunakan yaitu minyak jarak dan tidak perlu mengimpor, dapat diperoleh dari dalam negeri. Dalam pendirian pabrik ini akan bekerja sama dengan masyarakat di daerah Boyolali,

Kecamatan Klego, Andong, Kemusu, Juwangi, Wonosegoro dan Nogosari Jawa Tengah. Karena, didaerah tersebut sedang di rancang sebagai desa mandiri energi. Kebun jarak pagar yang akan ditanami mencapai 10.409 ha.

Kemudian untuk bahan baku campuran yaitu metanol diperoleh dari PT. Achidatama yang diharapkan dapat memenuhi kebutuhan bahan baku secara kontinyu. Sedangkan untuk NaOH diperoleh dari pabrik petrokimia di Jawa.

1.2.3. Kapasitas minimal pabrik yang telah beroperasi

Beberapa pabrik pengolahan biodiesel dari minyak nabati telah berdiri di Indonesia. Misalnya saja, pabrik milik PT. Rajawali Nusantara Indonesia dengan kapasitas 1,5 ton/hari, di kawasan Puspitek Serpong telah beroperasi pabrik biodiesel dengan kapasitas 1,5 ton/hari, kemudian pabrik milik BPPT beroperasi dengan kapasitas 3 ton/hari, dan lain – lain (Susilo, 2006).

Akan tetapi pabrik yang telah berdiri kebanyakan menggunakan minyak sawit (CPO) sebagai bahan baku utama, sedangkan pabrik biodiesel yang menggunakan minyak jarak masih jarang, dan masih dalam skala kecil.

Tabel 1.2. Data pabrik biodiesel dari minyak jarak di Indonesia.

No.	Nama Pabrik	Kapasitas
1.	BBKK Departemen Perindustrian, Jakarta	300 liter/hari
2.	Pondok Pesantren Uswatun Hasanah Kayeli, Pulau Buru, Ambon	300 liter/hari
4.	PLN Mataram, NTB	1 ton/hari
5.	POLITEKNIK Lampung	300 liter/hari
6.	PT PN IV Tebing Tinggi, Sumut	5 ton/hari
7.	Penda Riau, Pekanbaru	8 ton/hari
8.	PT. Multikimia Intipelangi, Cibitung	20 ton/hari
9.	PT. Surya Agung, Bogor	600 liter/hari

(PT. Kreatif Energi Indonesia, www.indobiofuel.com)

Dari data pada tabel 1.1 dapat dilihat Indonesia telah lama mengimpor biodiesel yaitu sudah semenjak 2005 dengan kapasitas yang cukup besar. Sedangkan dari table 1.2 dapat dilihat bahwa pabrik bodiesel yang menggunakan minyak jarak pagar masih sangat jarang. Hal ini dikarenakan, minyak jarak belum umum dipergunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel.

Pabrik biodiesel yang akan didirikan dirancang dengan kapasitas 30.000 ton/tahun. Kapasitas ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan yang ada dipasaran.

1.3 Pemilihan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik merupakan hal yang penting dan sangat mendasar untuk perancangan pabrik, hal ini dikarenakan lokasi pabrik berbanding lurus dengan nilai ekonomis suatu pabrik.

Berdasarkan beberapa pertimbangan, dilihat dari segi bahan baku, lahan kebun jarak pagar, dan sumber daya manusianya pabrik ini akan didirikan di wilayah Boyolali, Jawa Tengah.

Secara teoritis, terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi pemilihan lokasi pabrik diantaranya:

a. Sumber bahan baku

Lokasi pabrik yang akan didirikan sebaiknya dekat dengan sumber bahan baku utama yang akan digunakan, supaya dapat menghemat biaya transportasi. Bahan baku pembuatan biodiesel ini adalah minyak jarak pagar. Bahan baku didapatkan dengan cara bekerja sama dengan pemilik perkebunan jarak pagar di Boyolali, Jawa Tengah seluas 10.409 ha.

b. Tenaga kerja

Sebagian besar tenaga kerja yang dibutuhkan adalah tenaga kerja dari kejuruan dan menengah. Akan tetapi untuk posisi utama dibutuhkan tenaga kerja dari sarjana atau di atasnya. Untuk memenuhi hal tersebut, tenaga kerja dapat diperoleh dari daerah sekitar pabrik atau bisa juga memberi kesempatan pada masyarakat di luar daerah, misalnya saja dari Jawa yang mempunyai penduduk terpadat di Indonesia.

c. Utilitas

Pendirian pabrik memerlukan utilitas berupa air, bahan bakar, *steam*, udara tekan, serta listrik. Air yang digunakan diperoleh dari sungai Bengawan Solo yang mengalir sepanjang tahun dan terletak tidak jauh dari lokasi pabrik. Bahan bakar yang digunakan bisa diperoleh dari pabrik sendiri yaitu produk biodiesel, kemudian untuk kebutuhan listrik dapat menggunakan generator yang menggunakan biodiesel, sehingga tidak hanya bergantung pada PLN setempat. Sedangkan untuk udara tekan dapat diperoleh dari kompresor udara yang ada. Dari perencanaan yang ada, semoga kebutuhan utilitas terpenuhi dengan mudah.

d. Transportasi

Untuk transportasi bahan baku sangat mudah, karena lokasi pabrik berdekatan dengan kebun jarak pagar. Kemudian untuk transportasi produk tersedia jalan yang beraspal dan dekat dengan kebun jarak pagar.

e. Pemasaran

Pemasaran untuk produk ini bisa di pasarkan di daerah setempat. Karena hasil dari pabrik ini merupakan biodiesel, yang merupakan bahan bakar untuk transportasi darat, laut yang menggunakan mesin diesel. Dan juga bisa saja diekspor ke negara – negara tetangga seperti Singapura, Malaysia, Australia dan lain – lain. Dan untuk dalam negeri sendiri produk biodiesel dapat di pasarkan ke pulau Jawa, Kalimantan,

Bali dan Sumatra, seluruh Indonesia. Selain di pasarkan sendiri, akan lebih baik apabila bisa bekerja sama dengan PT. Pertamina agar bahan bakar minyak bumi dapat dicampur dengan biodiesel dari minyak nabati. Dan apabila berhasil dapat menghemat pemakaian minyak bumi, dan polusi udara akan berkurang.

f. Harga tanah dan bangunan

Harga tanah dan bangunan terkait dengan rencana di masa yang akan datang.

g. Perluasan pabrik, diataranya perluasan pabrik dan kebun jarak pagar.

Pabrik akan dibangun di daerah Boyolali, Jawa Tengah selain dekat dengan bahan baku utama juga dikarenakan daerah ini masih memiliki tanah kosong yang luas berupa sabana. Oleh karena itu, apabila ada perluasan pabrik dan kebun jarak pagar tidak akan masalah.

h. Peraturan daerah setempat.

Sebelum mendirikan pabrik kita lihat dahulu PERDA setempat seperti apa, dan tidak boleh melanggar PERDA setempat.

i. Struktur tanah untuk pondasi bangunan.

Struktur tanah juga perlu dilihat apakah cocok untuk bangunan besar.

j. Perumahan penduduk dan yang lainnya.

Sebelum membangun pabrik kita harus tau, apakah lokasi pabrik dekat dengan pemukiman warga atau agak jauh. Hal ini terkait dengan PERDA setempat.

1.4 Tinjauan Pustaka

1.4.1. Jarak Pagar

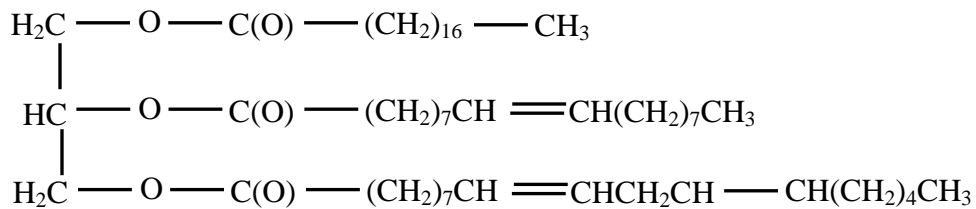
Tanaman jarak pagar merupakan komoditas tanaman semak yang bisa tumbuh di lahan kritis sekalipun. Tanaman ini menghasilkan biji yang mempunyai kadar minyak sekitar 30 – 50%. Minyak dari tanaman ini sangat berpotensi apabila digunakan untuk bahan bakar *alternative* dikarenakan jarak pagar merupakan komoditas *non-edible* (*non* pangan) sehingga penggunaannya sebagai bahan bakar tidak akan mempengaruhi komoditas minyak pangan (Sumangat, 2008).

Papua, Sulawesi, NTT, NTB, Bali, Jawa, Bengkulu, Sumatra Barat, Sumatra Utara, dan Nagroe Aceh merupakan daerah yang cocok untuk pengembangan budidaya tanaman jarak pagar. Akan tetapi untuk skala besar, wilayah yang cocok untuk tanaman jarak pagar adalah wilayah Indonesia Timur, diantaranya Papua, Sulawesi Tenggara, NTB, dan NTT.

1.4.2. Minyak Jarak Pagar

Minyak jarak pagar adalah cairan yang berwarna kuning, mempunyai bau khas, tidak berasa dan tidak akan keruh meski disimpan dalam jangka waktu lama. Cara untuk mendapatkan minyak jarak pagar bisa menggunakan proses pengepresan dan juga menggunakan proses ekstraksi menggunakan larutan tertentu.

Minyak jarak pagar mempunyai struktur kimia berupa trigliserida dengan rantai lemak lurus, dengan atau tanpa rantai karbon tak jenuh, mirip dengan CPO. Berikut ini pada Gambar 1.1 merupakan struktur dari minyak jarak pagar:



Gambar 1.1. Struktur kimia minyak jarak pagar

Minyak jarak merupakan komoditi yang berpotensi dikembangkan untuk mengurangi konsumsi BBM, karena dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Karena sudah banyak aplikasi dari minyak jarak yang sudah bisa menggerakkan generator pembangkit listrik, guna menggantikan minyak diesel. Kandungan yang ada dalam minyak diesel dan minyak jarak tidak berbeda jauh, kecuali minyak jarak mempunyai kandungan sulfur yang lebih rendah dan mempunyai nilai setana yang lebih besar dari pada minyak diesel.

Akan tetapi minyak jarak mempunyai kekentalan yang lebih tinggi dari pada minyak diesel. Kekentalan minyak jarak adalah 16 – 18 atom permolekul kemudian minyak diesel hanya 8 – 10 atom per molekul. Oleh karena itu, supaya minyak jarak dapat digunakan untuk bahan bakar maka diperlukan proses transesterifikasi. Proses transesterifikasi bertujuan untuk menurunkan kadar viskositas pada minyak jarak dan akan meningkatkan daya bakar, sehingga dapat digunakan sesuai standar minyak diesel (Purba, 2007).

Tabel 1.3. Spesifikasi antara minyak jarak dengan minyak diesel.

Spesifikasi	Minyak jarak	Minyak diesel
Bobot jenis (g/mL)	0,91-0,92	0,84-0,85
Sulfur (ppm)	0,13	1,0-1,2
Energi (mJ/kg)	39,6-41,8	42,6-45,0
Titik penyalan (°C)	110-240	80
Nilai cetane	51,0	47,8

1.4.3. Biodiesel

Biodiesel merupakan senyawa *methyl ester* yang didapatkan dari proses transesterifikasi dari minyak nabati maupun hewani. Teknologi biodiesel merupakan reaksi bolak – balik antara molekul trigliserida dengan metanol menghasilkan alkil ester dan gliserol.

Minyak nabati mempunyai banyak keunggulan dibandingkan dengan minyak diesel dari minyak bumi. Karena minyak nabati dapat diperbaharui dan juga ramah akan lingkungan. Sifat dari biodiesel mirip dengan sifat dari minyak diesel, sehingga biodiesel bisa menjadi bahan utama pengganti bahan bakar diesel. Biodiesel merupakan senyawa *methyl ester* yang diproduksi dari minyak nabati dan memenuhi kualitas yang akan digunakan sebagai bahan bakar di dalam mesin diesel (Syah, 2006).

Biodiesel dihasilkan dari proses transesterifikasi, yaitu reaksi antara alkohol dengan minyak untuk melepaskan tiga rantai ester dan gliserin dari setiap trigliserida. Campuran tersebut meninggalkan gliserin di lapisan bawah dan biodiesel di lapisan atas. Gliserin selanjutnya dimurnikan untuk dijual kepada industri farmasi atau industri kosmetik. Rantai hidrokarbon pada biodiesel umumnya terdiri dari 16 – 20 atom karbon. Beberapa sifat kimia biodiesel membuatnya dapat mudah terbakar dengan sempurna, dan akan meningkatkan pembakaran apabila di campurkan dengan minyak diesel dari minyak bumi.

Penggunaan biodiesel akan memberikan banyak keuntungan dibandingkan dengan penggunaan minyak nabati secara langsung. Karena biodiesel dari metil ester minyak nabati, tidak mengandung senyawa organik volatil. Kandungan sulfur dari minyak nabatipun mendekati angka nol. Dengan tidak adanya sulfur, maka biodiesel merupakan bahan bakar yang ramah akan lingkungan, dan akan menurunkan hujam asam pleh emisi sulfat. Penurunan sulfur dalam jumlah yang banyak yang terkandung

dalam suatu campuran akan mengurangi tingkat korosif asam sulfat yang mengendap pada mesin dalam satu rentang waktu tertentu. Dengan berkurangnya sulfur dan karsinogenik (seperti benzen, toluen, dan xilen) dalam biodiesel akan mengurangi dampak yang buruk pada kesehatan manusia dan pencemaran lingkungan pada saat proses pembakaran (Widyastuti, 2007).

1.4.4. Standar Mutu Biodiesel

Biodiesel yang memiliki kualitas sesuai dengan standar mutu indonesia (SNI) yang telah ditetapkan. Berikut ini mutu biodiesel mengacu pada: Standar Mutu Indonesia (SNI) No.04-7182-2006, tentang biodiesel.

Tabel. 1.4. Spesifikasi biodiesel Standar Nasional Indonesia

No.	Parameter	Unit	Value
1.	Densitas (40°C)	kg/m ³	850-890
2.	Viskositas (40°C)	Mm ² /s (cSt)	2,3-6,0
3.	Bilangan setana	-	Min. 51
4.	Titik Nyala (<i>close up</i>)	°C	Min. 100
5.	Titik awan	°C	Max. 18
6.	<i>Copper strip corrosion</i> (3hr, 50°C)	-	Max. No.3
7.	Residu karbon	% massa	Max. 0,05
8.	Air dan endapan	% volume	Max. 0,05
9.	Suhu destilasi, (90% <i>recovered</i>)	°C	Max 360
10.	Gliserol total	% massa	Max. 0,26
11.	Kadar alkil ester	% massa	Min. 96,5

Sumber : Balai Rekayasa Desain dan Sistem Teknologi BPPT (2003)

1.4.5. Proses Pembuatan Biodiesel

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 bakar diesel fosil. Beberapa teknologi yang digunakan untuk mengubah minyak nabati menjadi biodiesel, diantaranya (Syah, 2006):

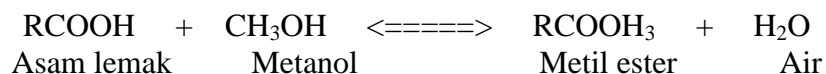
a. Pirolisis

Pirolisis merupakan reaksi dekomposisi termal, dan berlangsung tanpa oksigen. Pirolisi biasanya menggunakan garam logam sebagai katalis untuk mengubah minyak nabati menjadi biodiesel. Proses ini dapat menghasilkan biodiesel dengan angka setana yang paling tinggi. Akan tetapi, menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) yang semakin ketat, viskositas biodiesel yang dihasilkan dengan pirolisi dianggap terlalu tinggi dan karakteristik titik tuang yang rendah. Kemudian komposisi abu dan residu karbon yang dihasilkan dari proses ini jauh lebih dari nilai minyak diesel fosil. Selain itu, sifat alir dari minyak nabati juga buruk (Hidayat, 2009).

b. Esterifikasi

Esterifikasi merupakan tahap konversi dari asam lemak bebas yang diubah menjadi ester. Proses ini mereaksikan minyak lemak dengan alkohol untuk menjadi ester. Katalis yang biasa digunakan adalah zat yang mempunyai karakter asam kuat misalnya saja asam sulfat, asam sulfonat. Akan tetapi penggunaan asam kuat sebagai katalis tidak dianjurkan karena sifatnya yang korosif terhadap peralatan.

Berikut ini adalah reaksi esterifikasi asam lemak menjadi ester:



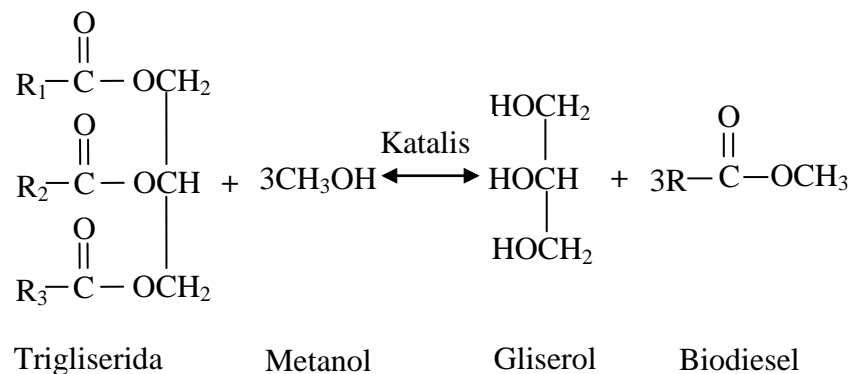
Esterefikasi digunakan untuk membuat biodiesel dari minyak yang mempunyai kadar lemak bebas yang tinggi. Karena pada tahap ini asam lemak bebas akan dikonversikan menjadi metil ester. Tahap ini biasa diikuti dengan tahap transesterifikasi, akan tetapi sebelum produk esterifikasi dimasukkan ke tahap transesterifikasi air dan bagian asam dari katalis harus disingkirkan terlebih dahulu (Hikmah, 2010).

c. Transesterifikasi

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

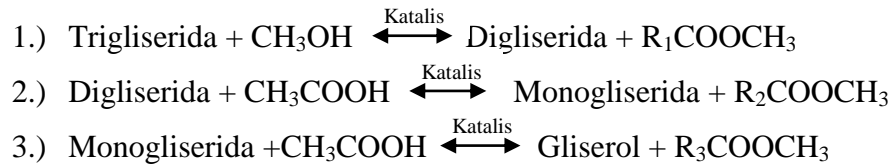
Katalis yang biasa digunakan dalam proses ini yang bersifat basa, karena mampu menghasilkan biodiesel dengan konversi dan *yield* yang tinggi dengan waktu yang relatif pendek (30 – 60 menit). Namun, proses ini sangat sensitif terhadap kemurnian reaktan. Katalis basa yang umum digunakan adalah NaOH dan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

Berikut ini reaksi transesterifikasi trigliserida menjadi metil ester:



Gambar 1.2. Diagram alir proses biodiesel

Reaksi transesterifikasi dibagi menjadi 3 tahap, dapat dilihat dari reaksi sebagai berikut:



Reaksi transesterifikasi yang menggunakan katalis basa sebaiknya trigliserida dan metanol yang digunakan sebisa mungkin anhidran atau mendekati, dikarenakan air dapat menyebabkan reaksi saponifikasi yang akan membentuk sabun. Sabun yang terbentuk akan dapat menurunkan kadar ester dan akan menyulitkan pemisahan ester dan gliserol.

Produk yang ingin didapatkan dari prose transesterifikasi adalah ester metil asam lemak. Hikmah (2010), mengatakan bahwa ada beberapa cara agar kesetimbangan lebih kearah produk:

- a. Menurunkan temperatur reaksi (transesterifikasi merupakan reaksi eksoterm)
- b. Menambahkan metanol berlebih
- c. Memisahkan gliserol dengan ester

Akan tetapi ada beberapa faktor yang mempengaruhi rendemen ester yang dihasilkan pada reaksi transesterifikasi, yaitu:

1. Jenis katalis yang digunakan

Penggunaan katalis sangat berpengaruh untuk menurunkan tenaga aktifasi yang terdapat didalam reaksi, sehingga kecepatan reaksi akan semakin besar. Ada beberapa katalis yang biasa digunakan diantaranya asam, basa dan enzim. Akan tetapi katalis yang biasa digunakan merupakan katalis yang bersifat basa karena reaksinya berlangsung sangat cepat yaitu empat ribu kali lebih cepat dibandingkan dengan katalis asam dan enzim.

2. Kandungan air dan asam lemak bebas

Kandungan air yang berlebih dalam trigleserida menyebabkan terjadinya reaksi saponifikasi, yang akan menurunkan tingkat efisiensi katalis. Karena apabila kandungan asam lemak bebas tinggi maka kebutuhan akan katalis akan lebih banyak.

3. Rasio molar (trigliserida dan alkohol)

Penambahan alkohol berlebih akan mengakibatkan reaksi bergeser kearah produk. Semakin banyak alkohol yang digunakan maka akan semakin tinggi konversinya. Akan tetapi menyulitkan pemisahan gliserol.

4. Suhu reaksi

Pada proses ini bisa menggunakan berbagai macam suhu, tergantung dari jenis trigleserida yang akan digunakan. Apabila menggunakan suhu tinggi, maka kecepatan reaksi akan tinggi. Suhu yang biasanya digunakan pada proses ini sekitar 20 – 80°C.

5. Kecepatan pengadukan

Kecepatan pengadukan juga akan mempengaruhi kecepatan reaksi. Karena semakin cepat pengaduk, maka akan semakin cepat pula tumbukan antara molekul yang larut.

Pada proses ini, selain dapat menghasilkan biodiesel akan menghasilkan produk samping berupa gliserol. Gliserol sendiri dapat dimanfaatkan dalam proses pembuatan sabun.

Dari beberapa proses pembuatan biodiesel dari minyak nabati di atas, proses esterifikasi dan transesterifikasi yang sudah sering digunakan. Karena hasil dari proses tersebut sudah memiliki karakteristik yang mendekati minyak diesel. Terdapat

beberapa variabel perbandingan antara proses esterifikasi dan proses transesterifikasi, yang dapat dilihat dari Tabel 1.5 sebagai berikut:

Tabel 1.5. Perbandingan proses esterifikasi dan transesterifikasi.

Variabel perbandingan	Proses pembuatan biodiesel		Proses yang lebih menguntungkan	
	Esterifikasi	Transesterifikasi	Esterifikasi	Transesterifikasi
Katalis	Asam kuat	Basa kuat	X	√
Kemurnian	Tinggi	Tidak terlalu tinggi	√	X
Produk samping	Air	Air dan gliserol	X	√
Waktu reaksi	Lama (2 jam lebih)	Relatif pendek (30-60 menit)	X	√
Suhu dan tekanan	60°C, 1 atm	60°C, 1 atm	√	√
Konversi dan yield	Rendah	Tinggi	X	√

Dari Tabel 1.5. diketahui bahwa proses yang baik digunakan untuk pembuatan biodiesel adalah proses transesterifikasi. Oleh karena itu, proses yang dipilih dalam praperancangan pabrik biodiesel adalah transesterifikasi. Pada proses ini menggunakan katalis NaOH yang akan membantu campuran antara trigliserida (minyak jarak) dengan metanol menjadi lebih cepat bereaksi yang akan menghasilkan produk utama metil ester. Dan mempunyai produk samping berupa gliserol.

1.4.6. Spesifikasi Bahan Baku, Produk dan Bahan Pembantu

Proses pembuatan biodiesel menggunakan minyak jarak pagar dan metanol pada pabrik ini adalah proses transesterifikasi. Kemudian untuk membantu mempercepat reaksi tersebut menggunakan katalis NaOH. Pada proses ini produk utama berupa metil ester dan produk samping berupa gliserol. Berikut ini adalah spesifikasi bahan baku, produk, dan bahan pembantu:

a. Sifat fisik bahan baku

1. Minyak jarak pagar

Spesifikasi minyak jarak pagar yang akan dipergunakan adalah sebagai berikut:

- Nama lain : *Jatropha curcas oil*
- Rumus molekul : $C_{57}H_{106}O_6$
- Berat molekul : 888,4608 g/gmol
- Densitas (ρ), (cair, 25°C, 1 atm) : 0,895 kg/L
- Viskositas (μ_{liq}), (25°C, 1 atm) : 27 cp
- Titik didih : 300°C
- Titik nyala : 290°C
- Bilangan asam : 3,08 mg KOH/g
- Bilangan iodin : 105,2 mg
- Wujud bahan : Cair
- Warna : Kuning bening
- Kelarutan : Tidak larut dalam air
- Kemurnian : 99% massa, impuritas air

2. Metanol

Metanol yang didapatkan dari PT. Petrokimia Gresik memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- Rumus molekul : CH_3OH
- Berat molekul : 32,0424 g/gmol
- Densitas (ρ), (cair, 25°C, 1 atm) : 0,7534 kg/L
- Viskositas (μ_{liq}), (25°C, 1 atm) : 0,541 cp
- Viskositas (μ_{gas}), (25°C, 1 atm) : 0,00968 cp

- Titik didih (1 atm) : 64,7°C
- Titik beku (1 atm) : -97,7°C
- Temperatur kritis (1 atm) : 239,43°C
- Kelarutan : Larut sempurna dalam air
- Wujud bahan (30°C, 1 atm) : Cair
- Kemurnian : 99,85% massa, impuritas air

b. Sifat fisik bahan pembantu

Bahan pembantu yang akan digunakan adalah natrium hidroksida yang didapatkan dari PT. Asahimas Chemical dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Nama lain : *Sodium hydroxide*
- Rumus molekul : NaOH
- Berat molekul : 39,9971 g/gmol
- Titik didih (1 atm) : 1388°C
- Kelarutan dalam air (20°C) : 1110 g/L
- Kelarutan dalam metanol : 139 g/L
- Kelarutan dalam gliserol : Larut
- Wujud bahan (30°C, 1 atm) : Putih, solid, hidroskopis
- Kemurnian : 99%, impuritas (logam berat 0,3%,
sodium karbonat 0,5%, nitrogen 0,1%
dan air 0,1%)

c. Sifat fisik produk

1. Biodiesel

Produk utama biodiesel yang dihasilkan harus disesuaikan dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 04-7182-2006 agar dapat dijual. Spesifikasi biodiesel tersebut adalah sebagai berikut:

- Nama lain : Metil ester
- Rumus molekul : $C_{19}H_{37}O_2$
- Berat molekul : 296,4976 g/gmol
- Densitas (ρ), (cair, 25°C, 1 atm) : 0,874 kg/L
- Viskositas (μ_{liq}), (25°C, 1 atm) : 0,0005 cp
- *Specific gravity* : 0,876
- Kapasitas panas : 662,4529 J/kg K
- Titik beku (1 atm) : -2°C
- Titik didih (1 atm) : 273°C
- Titik tuang (1 atm) : -20°C
- Titik nyala (1 atm) : 185°C
- Kandungan sulfur : 0,012% berat
- Kandungan nitrogen : 7 ppm
- Panas pembakaran : -17500 Btu/lb, -40510 kJ/kg
- Bilangan iodin : 100-120 g/mL
- Wujud bahan : Cair
- Warna : Jernih kekuningan
- Kandungan abu : 0,01% massa
- Bilangan setana : 59,7
- Kemurnian : 98 %

2. Gliserol

Sedangkan untuk spesifikasi gliserol harus disesuaikan dengan standar mutu (Syah, 2006). Spesifikasinya adalah sebagai berikut:

- Rumus molekul : $C_3H_8O_3$
- Berat molekul : 92,0954 g/gmol
- Densitas (ρ), (cair, 25°C, 1 atm) : 1,2582 kg/L

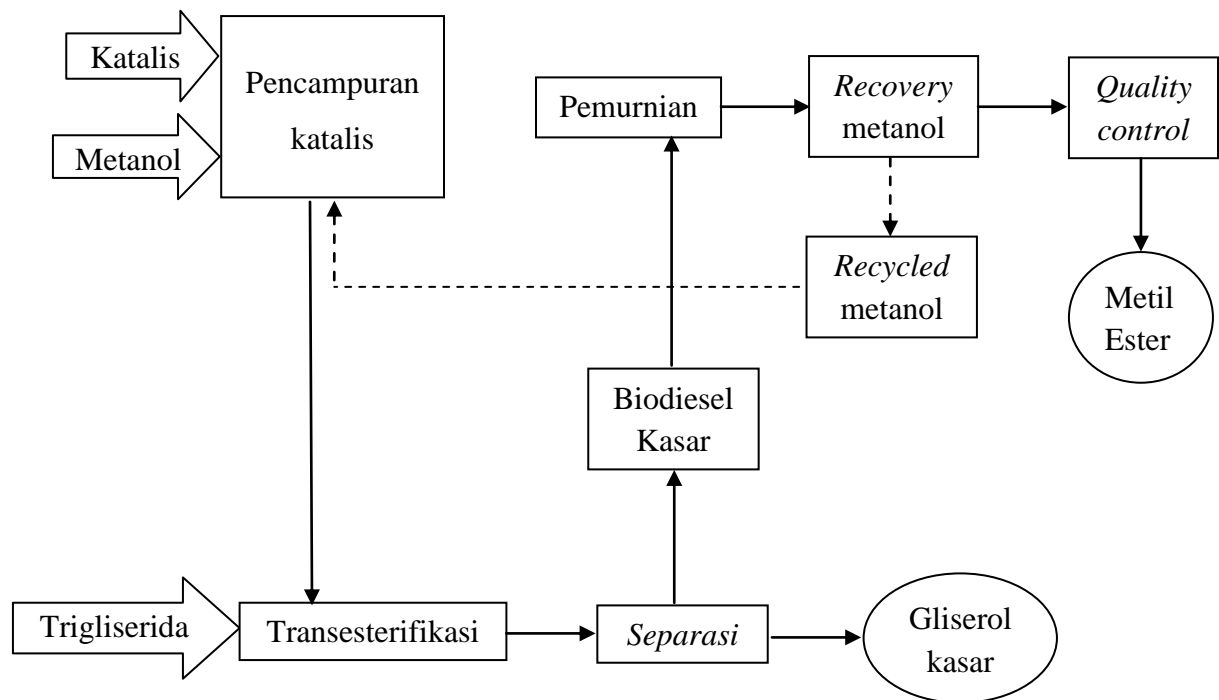
- Viskositas (μ_{liq}), (25°C, 1 atm) : 1449 cp
- Titik didih (1 atm) : 290°C
- Titik beku (1 atm) : 18,17°C
- Titik nyala (1 atm) : 177°C
- Titik api : 204°C
- Kemurnian : 50%
- Wujud bahan : Cair
- Warna : jernih kekuningan
- Kelarutan : larut sempurna dalam air dan alcohol

1. Tinjauan Proses Secara Umum

Pembentukan biodiesel dari metanol dan trigliserida minyak jarak adalah proses transesterifikasi. Proses ini menggunakan katalis basa yaitu Natrium hidroksida (NaOH) untuk mempercepat reaksi. Katalis NaOH dipilih karena dapat memberikan konversi yang tinggi pada produk serta mudah didapatkan, selain itu katalis basa tidak korosif dibandingkan dengan katalis asam.

Proses ini sangat ekonomis karena bahan baku yang murah dan mudah didapatkan. Selain itu juga menjadi bahan bakar alternatif yang bisa diperbaharui.

Proses pembuatan biodiesel ini, reaksi berjalan secara *reversible*, fase cair, pada suhu 60°C dan tekanan 1 atm pada reaktor RATB (reaktor alir tangki berpengaduk). Selama reaksi 1 jam didapatkan konversi sebesar 98,78% dengan harga $k = 0,105/\text{menit}$. Reaksi pembuatan biodiesel ini merupakan reaksi eksotermis karena memiliki ΔH_f bernilai negatif. Diagram alir proses produksi biodiesel dapat dilihat pada Gambar 1.3. berikut:



Gambar 1.3. Diagram alir proses produksi biodiesel.