

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Krisis Energi di Indonesia dan Upaya Penanggulangan

Indonesia dikenal dunia memiliki Sumber Daya Alam (SDA) yang melimpah, terutama minyak bumi dan gas alam. Hal ini yang menjadikan Indonesia memanfaatkan sumber daya alam tersebut dalam jumlah yang besar untuk kesejahteraan masyarakatnya. Indonesia merupakan salah satu negara penyumbang minyak terbesar di dunia. Oleh karena itu, hal ini dikhawatirkan berdampak kepada SDA tersebut karena minyak bumi dan gas alam merupakan SDA yang tidak dapat diperbaharui yang lama kelamaan akan habis apabila digali secara terus-menerus. Kemungkinan Indonesia kehilangan SDA tersebut sangat besar, sehingga menyebabkan kelangkaan bahan bakar yang sekarang ini saja sudah terasa dampaknya dengan kelangkaan minyak tanah, dan harga minyak dunia yang semakin tinggi.

Konsumsi minyak solar di Indonesia terus meningkat dengan kenaikan rata-rata 7% pertahun. Konsumsi minyak solar pada tahun 2020 diperkirakan akan mencapai 34 juta kilo liter. Dari konsumsi tersebut, sekitar 40% adalah solar yang diimpor dari negara lain. Sejak tahun 2004, Indonesia telah menjadi *net-importer* minyak. Hal ini disebabkan oleh pertumbuhan penduduk dan perkembangan ekonomi yang pesat. Menurut Djamaludin (2011) menyebutkan bahwa cadangan

minyak bumi Indonesia hanya cukup untuk 23 tahun ke depan, sementara cadangan gas bumi masih mencukupi untuk 62 tahun ke depan, sedangkan cadangan batubara habis dalam jangka waktu 146 tahun lagi sehingga dapat diketahui bahwa cadangan energi pada tahun 2013 yaitu 21 tahun lagi untuk minyak bumi, 60 tahun lagi untuk gas alam, dan 144 tahun lagi untuk batubara. Hal ini dapat dipastikan bahwa Indonesia akan mengalami krisis energi apabila tidak ditemukan sumber energi alternatif karena kebutuhan BBM dari tahun ke tahun semakin meningkat, sementara cadangan minyak semakin menipis.

Krisis energi ini akan berdampak buruk bagi kelangsungan hidup rakyat Indonesia. Permasalahan ini menjadikan pemerintah dan peneliti harus berpikir bagaimana caranya untuk mengganti SDA tersebut dengan sumber daya energi yang murah dan tepat guna. Sebagai jawaban dari permasalahan tersebut adalah bioenergi. Bioenergi sendiri merupakan sumber daya alternatif yang dapat digunakan berulang-ulang, untuk mengganti sumber daya fosil yang banyak digunakan di Indonesia saat ini. Oleh karena itu, pemerintah Indonesia mencari solusi bagaimana mensosialisasikan usaha bioenergi yang dapat dimanfaatkan masyarakat luas kepada para wirausahaan, dan dapat membuka lapangan pekerjaan, bagi kesejahteraan hidup dan dapat menemukan bioenergi alternatif. Untuk mencegah terjadinya krisis energi, berbagai upaya telah dilakukan mulai dari memanfaatkan energi matahari, batu bara, nuklir dan *biofuel*. *Biofuel* mulai diperhatikan oleh Indonesia karena *biofuel* terbuat dari minyak nabati yang dapat dibuat menjadi biodiesel. Biodiesel dengan spesifikasi ASTM D-6751 atau standar lainnya telah dinyatakan sebagai energi alternatif yang dapat menggantikan solar. Di beberapa negara, tingkat konsumsi biodiesel sudah cukup

tinggi. Sejak Mei 2006, Pertamina sudah mulai mengembangkan biodiesel ini dengan meluncurkan biosolar. Biodiesel ini diharapkan dapat menggantikan solar sebagai bahan dasar mesin diesel. Kebutuhan biodiesel di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kebutuhan biodiesel di Indonesia

No.	Tahun	Kebutuhan Biodiesel (juta kilo liter)
1	2007	1,2
2	2008	1,22
3	2009	1,23
4	2010	1,24

Sumber: Pusat Data dan Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral KESDM, (2010)

2.2 Biodiesel

Secara kimia, biodiesel termasuk dalam golongan mono alkil ester atau metil ester yang mempunyai panjang rantai karbon antara 12 sampai 20 yang mengandung oksigen. Hal ini yang membedakannya dengan petroleum diesel, karena petroleum diesel hanya mengandung hidrokarbon tanpa oksigen. Biodiesel mempunyai sifat kimia dan sifat fisika yang serupa dengan petroleum diesel sehingga dapat digunakan langsung pada mesin diesel atau dapat juga dicampur dengan petroleum diesel.

Biodiesel adalah bioenergi atau bahan bakar diesel yang terbuat dari bahan-bahan terbarukan yang terdiri atas alkil ester dari asam-asam lemak. Biodiesel dapat dibuat dari minyak nabati, minyak hewani atau minyak goreng bekas (minyak jelantah). Biodiesel telah banyak digunakan sebagai bahan bakar pengganti solar. Bahan baku yang dikembangkan tergantung pada sumber daya alam yang dimiliki

suatu negara, minyak kanola di Jerman, minyak kedelai di Amerika Serikat, minyak sawit di Malaysia dan Indonesia, dan minyak kelapa di Filipina.

Indonesia mempunyai banyak sekali tanaman penghasil minyak nabati diantaranya adalah kelapa sawit, kelapa, jarak pagar, jarak, nyamplung, dan lain-lain. Beberapa tanaman yang potensial untuk bahan baku biodiesel dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Beberapa tanaman sebagai bahan baku biodiesel

No	Nama Lokal	Nama Latin	Sumber Minyak	Isi % Berat Kering
1	Jarak Pagar	<i>Jatropha curcas</i>	Inti biji	40-60
2	Kacang Suuk	<i>Arachis hypogea</i>	Biji	35-55
3	Kapok/Randu	<i>Ceiba pantandra</i>	Biji	24-40
4	Karet	<i>Hevea brasiliensis</i>	Biji	40-50
5	Kecipir	<i>Psophocarpus tetrag</i>	Biji	15-20
6	Kelapa	<i>Cocos nucifera</i>	Inti biji	60-70
7	Kelor	<i>Moringa oleifera</i>	Biji	30-49
8	Kacang tanah	<i>Aleurites moluccana</i>	Inti biji	57-69
9	Kusambi	<i>Sleichera trijuga</i>	Sabut	55-70
10	Nimba	<i>Azadiruchta indica</i>	Inti biji	40-50
11	Saga Utan	<i>Adenantha pavonina</i>	Inti biji	14-28
12	Sawit	<i>Elais suincencis</i>	Sabut dan biji	45-70+46-54
13	Nyamplung	<i>Callophyllum lanceatum</i>	Inti biji	40-73
14	Randu Alas	<i>Bombax malabaricum</i>	Biji	18-26
15	Sirsak	<i>Annona muricata</i>	Inti biji	20-30
16	Srikaya	<i>Annona squosa</i>	Biji	15-20
17	Sawit	<i>Elais guineensis</i>	Pulp+Kernel	45-70+46-54

Sumber: Wirawan, (2007)

Spesifikasi biodiesel yang akan dicampur harus sesuai dengan standar yang telah ditetapkan karena standar tersebut dapat memastikan bahwa biodiesel yang dihasilkan dari reaksi pemrosesan bahan baku minyak nabati sempurna yaitu bebas gliserol, katalis, alkohol dan asam lemak bebas. Spesifikasi biodiesel menurut Standar Indonesia RSNI EB 020551 dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi biodiesel menurut Standar Indonesia RSNI EB 020551

Parameter kualitas dan unit	Batas	Metode Uji	Metode Alternatif
Densitas pada 40°C, kg/m ³	850-890	ASTM D 1298	ISO 3675
Kinem. Viskositas 40°C, mm ² /s	2,3-6,0	ASTM D 445	ISO 3104
Angka setana	min. 51	ASTM D 613	ISO 5165
Titik kilat °C	min. 100	ASTM D 93	ISO 2710
Titik beku, °C	max. 18	ASTM D 2500	
Kadar Korosi Cu (3 jam, 50 °C)	max. no. 3	ASTM D 130	ISO 2160
Residu Karbon (%-b)			
- Sample murni	max. 0,05	ASTM D 4530	ISO 10370
- Residu destilasi pada 10 %	max., 0,3		
Air dan endapan, %-vol	max. 0,05	ASTM D 2709	
Temp. destilasi pada 90%, °C	max. 360	ASTM D 1160	
Abu sulfat, %-w	max. 0,02	ASTM D 874	ISO 3987
Sulfur, ppm-w (mg/kg)	max. 100	ASTM D 5453	prEN ISO 20884
Posfor, ppm-w (mg/kg)	max. 10	AOCS Ca 12-55	FBI-A05-03
Kadar asam, mg-KOH/g	max. 0,8	AOCS Cd 3-63	FBI-A01-03
Gliserol bebas, %-w	max. 0,08	AOCS Ca 14-56	FBI-A02-03
Total gliserol, %-w	max. 0,02	AOCS Ca 14-56	FBI-A02-03
Kadar Alkil ester, %-w	min. 96,5	Calculated	FBI-A03-03
Nilai Iodin, %-b (g-12/100g)	max. 115	AOCS Cb 1-25	FBI-A04-03
Tes Halphen	Negatif	AOCS Cb 1-25	FBI-A06-03

Sumber: Boedoyo, (2006)

Biodiesel dapat dibuat dari transesterifikasi asam lemak. Asam lemak dari minyak lemak nabati direaksikan dengan alkohol menghasilkan ester dan produk samping berupa gliserin yang juga bernilai ekonomis cukup tinggi. Agar dapat digunakan sebagai bahan bakar pengganti solar, biodiesel harus mempunyai kemiripan sifat fisik dan kimia dengan minyak solar. Salah satu sifat fisik yang penting adalah viskositas. Sebenarnya, minyak lemak nabati sendiri dapat dijadikan bahan bakar, namun viskositasnya terlalu tinggi sehingga tidak memenuhi persyaratan untuk dijadikan bahan bakar mesin diesel. Perbandingan sifat fisik dan kimia biodiesel dengan minyak solar disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan sifat fisik dan kimia biodiesel dengan minyak solar

Sifat fisik / kimia	Biodiesel	Solar
Komposisi	Ester Alkil	Hidrokarbon
Densitas, g/ml	0,8624	0,875
Viskositas, cSt	5,55	4,6
Titik kilat, °C	172	98
Angka setana	62,4	53
Energi yang dihasilkan	40,1 MJ/kg	45,3 MJ/kg

Sumber : Hanif, (2009)

2.3 Kelebihan Biodiesel

Bahan bakar alternatif yang akan dibuat adalah biodiesel dari minyak jelantah. Biodiesel yang berupa metil ester atau etil ester mempunyai sifat-sifat yang baik sebagai pengganti bahan bakar diesel konvensional, kandungan sulfur yang rendah, adanya kandungan oksigen, viskositas yang cukup rendah, dan nilai kalori yang cukup tinggi. Bahan bakar yang berbentuk cair ini bersifat menyerupai solar, sehingga sangat prospektif untuk dikembangkan. Menurut Kadiman (2005), biodiesel memiliki kelebihan lain dibanding dengan solar, yakni:

- a. Teknologi produksinya sederhana. Artinya, prosesnya melibatkan suhu dan tekanan yang rendah. Selain itu, teknologi proses dikuasai oleh akademisi dari dalam negeri serta teknologi produksi dan konstruksi dikuasai perusahaan dalam negeri.
- b. Bahan baku melimpah karena Indonesia kaya akan sumber hayati. Biodiesel dapat diproduksi secara lokal dengan menggunakan bahan baku minyak atau lemak alami.
- c. Bahan bakar ramah lingkungan karena menghasilkan emisi yang jauh lebih baik (bebas sulfur dan benzene yang mempunyai sifat karsinogen).
- d. Angka Setana lebih tinggi (>57) sehingga efisiensi pembakaran lebih baik dibandingkan dengan minyak kasar.
- e. Memiliki sifat pelumasan terhadap piston mesin dan dapat terurai (*biodegradable*) sehingga pemakaian biodiesel dapat memperpanjang umur pakai mesin.
- f. Disamping murah, kelebihan lain biodiesel adalah bahan bakar beroksigen. Karenanya, penggunaannya akan mengurangi emisi CO dan jelaga hitam pada gas buang atau lebih ramah lingkungan.
- g. Titik kilat tinggi, yakni temperatur tertinggi yang dapat menyebabkan uap biodiesel dapat menyala, sehingga biodiesel lebih aman dari bahaya kebakaran.
- h. Dapat dengan mudah dicampur dengan solar biasa dalam berbagai komposisi dan tidak memerlukan modifikasi mesin apapun.
- i. Merupakan *renewable energy* karena terbuat dari bahan alam yang dapat diperbaharui.

- j. Meningkatkan independensi suplai bahan bakar karena dapat diproduksi secara lokal.

Saat membandingkan biodiesel dengan solar, hal yang perlu diperhatikan juga adalah pada tingkat emisi bahan bakar. Biodiesel menghasilkan tingkat emisi hidrokarbon yang lebih kecil, sekitar 30% dibanding dengan solar, emisi CO juga lebih rendah sekitar 18%, emisi *particulate molecul* lebih rendah 17%, sedang untuk emisi NOx lebih tinggi sekitar 10%, sehingga secara keseluruhan, tingkat emisi biodiesel lebih rendah dibandingkan dengan solar, sehingga lebih ramah lingkungan (Firdaus, 2010).

Kadar polusi yang ditimbulkan biodiesel lebih rendah dibandingkan solar, dan emisi gas buang lokal lebih aman. Emisi langsung kendaraan diesel dengan bahan bakar biodiesel lebih tidak beracun dibandingkan dengan bahan bakar solar. Efek pengurangan karbon monoksida yang sangat beracun, dan emisi hidrokarbon tak terbakar (*unburn hydrocarbon*) adalah keuntungan pemakaian biodiesel secara langsung karena membantu pengurangan efek pemanasan global yang sangat berbahaya bagi kehidupan manusia (Encinar *et al.*, 2005).

Biodiesel memiliki efek pelumasan yang sangat tinggi, sehingga membuat mesin diesel lebih awet. Biodiesel juga mampu mengurangi ketukan pada mesin sehingga mesin bekerja lebih mulus, memiliki *flash point* yang lebih tinggi dibandingkan dengan solar, tidak menimbulkan bau yang berbahaya sehingga lebih mudah dan aman untuk ditangani, *biodegradabel* (dapat terurai oleh mikroorganisme), tidak mengandung sulfur dan benzene yang mempunyai sifat karsinogen, dapat dengan mudah dicampur dengan solar dalam berbagai

komposisi, dan mengurangi asap hitam dari gas buang mesin diesel secara signifikan. Perbandingan emisi pembakaran biodiesel dengan minyak solar disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan emisi pembakaran biodiesel dengan minyak solar

Senyawa emisi	Biodiesel	Solar
SO ₂ , ppm	0	78
NO, ppm	37	64
NO ₂ , ppm	1	1
CO, ppm	10	40
Partikulat, mg/Nm ³	0,25	5,6
Benzen, mg/Nm ³	0,3	5,01
Toluen, mg/Nm ³	0,57	2,31
Xilen, mg/Nm ³	0,73	1,57
Etil Benzen, mg/Nm ³	0,3	0,73

Sumber: Setyadji dkk., (2007)

2.4 Bahan Baku Biodiesel

Biodiesel merupakan salah satu energi alternatif yang terbuat dari minyak nabati dan lemak hewani. Minyak nabati mengandung 90 – 98% trigliserida dan sejumlah kecil mono dan digliserida. Trigliserida adalah ester dari tiga asam lemak rantai panjang yang terikat pada satu gugus gliserol. Dalam minyak nabati pada umumnya terdapat lima jenis asam lemak, yaitu: asam stearat, asam palmitat, asam oleat, asam linoleat, dan asam linolenat. Asam stearat dan asam palmitat termasuk jenis asam lemak jenuh, sedangkan asam oleat, asam linoleat, asam linolenat termasuk asam lemak tak jenuh, jika asam lemak terlepas dari trigliseridanya maka akan menjadi lemak asam bebas (*free fatty acids* / FFA). Melihat sumber daya energi baru, seperti biodiesel menjadi arti penting pada tahun sekarang ini. Biodiesel yang terbuat dari minyak jelantah digunakan

sebagai pengganti untuk *petroleum-based* diesel, karena biodiesel adalah sumber daya energi yang dapat diperbaharui dan sumber energi yang ramah energi.

Biodiesel atau metil ester dengan rumus bangunnya RCOOCH_3 merupakan senyawa alkil ester, yang mempunyai sifat fisiknya berbentuk cairan pada suhu kamar dan berwarna kuning. Jenis dan rumus asam lemak bebas dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Jenis dan rumus kimia asam lemak bebas

Asam Lemak	Karbon :Ikatan ganda	Rumus Kimia	Titik Cair (°C)	Titik Didih (°C)
Caprilat	C8:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	16,5	239
Capriat	C10:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$	31,3	269
Laurat	C12:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	43,6	304
Miristat	C14:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	58	332
Palmitat	C16:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	62,9	349
Palmitoleat	C16:1	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	33	--
Stearat	C18:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	69,9	371
Oleat	C18:1	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	16,3	--
Linoleat	C18:2	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	-5	--
Linolenat	C18:3	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	-11	--
Arakidat	C20:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$	75,2	--
Eikosenoat	C20:1	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_9\text{COOH}$	23	--
Behenat	C22:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{COOH}$	80	--
Eurkat	C22:1	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_{11}\text{COOH}$	34	--

Sumber: Hanif, (2009)

Metode yang paling umum untuk menghasilkan biodiesel yang berupa metil ester adalah dengan metode *transesterify triacylglycerols*, yaitu minyak dengan alkohol ditambah dengan katalisator. Alkohol yang digunakan adalah metanol.

Penggunaan biodiesel pada mesin konvensional mampu mengurangi emisi dari hidrokarbon yang tidak terbakar, CO, sulfat, dan hidrokarbon aromatis polisiklik.

Biodiesel dapat digunakan sebagai bahan bakar murni atau dicampur dengan petroleum dengan persentase tertentu. B₂₀ (campuran 20% volume biodiesel

petroleum dengan 80% volume petroleum diesel) telah dibuktikan menguntungkan bagi lingkungan. Sifat kimia metil ester sebagai berikut:

- 1) Mempunyai rumus bangun RCOOCH_3
- 2) Mempunyai senyawa karbon rantai lurus jenuh, kecuali C_{17} yang mempunyai rantai lurus rangkap

Minyak jelantah adalah minyak limbah yang bisa berasal dari jenis-jenis minyak goreng seperti halnya minyak jagung, minyak sayur, minyak samin, dan sebagainya. Minyak ini merupakan minyak bekas pemakaian kebutuhan rumah tangga umumnya, dapat digunakan kembali untuk keperluan kuliner akan tetapi bila ditinjau dari komposisi kimianya, minyak jelantah mengandung senyawa-senyawa yang bersifat karsinogenik, yang terjadi selama proses penggorengan. Pada umumnya, minyak jelantah mengandung senyawa-senyawa antara lain, polimer, aldehida, asam lemak, senyawa aromatik, dan lakton. Di samping itu, minyak jelantah juga tidak baik untuk kesehatan apabila senyawa polar mencapai 25–27 %.

Minyak jelantah merupakan salah satu sumber polusi apabila dibuang sembarangan. Bila minyak ini dibuang ke lingkungan akan mencemari lingkungan, berupa turunnya kadar COD dan BOD (*Chemical Oxygen Demand* dan *Biological Oxygen Demand*), selain itu perairan akan menimbulkan bau busuk akibat degradasi biologi. Proses transesterifikasi untuk mengolah minyak goreng bekas dengan katalis basa (NaOH) untuk mengubah trigliserida menjadi gliserol dan etil ester sehingga viskositasnya menurun dengan signifikan dengan konsep *Waste to Product*. Karakteristik minyak jelantah setelah proses penyaringan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Karakteristik minyak jelantah setelah proses penyaringan

Karakteristik	Minyak jelantah setelah penyaringan
Asam lemak bebas (FFA) (%)	4,9
Nilai Peroksida (P.V.) (meq/kg)	1,8
Komponen gliserida (MG, DG, TG) (%)	73,8
Lain-lain (komponen non-gliserida) (%)	20,0
Waktu Induksi (suhu pada 120°C) (jam)	1,45
Komposisi asam lemak (% berat dari metil ester)	
C14:0	0,9
C16:0	39,2
C18:0	5,3
C18:1	46,4
C18:2	8,1

Sumber: Kheang *et al.*, (2003)

Pemakaian minyak jelantah yang berkelanjutan dapat merusak lingkungan dan apabila masih digunakan dapat menimbulkan berbagai macam penyakit misalnya penyakit tekanan darah tinggi dan penyakit kanker usus. Bila ditinjau dari komposisi kimianya, minyak jelantah mengandung senyawa-senyawa yang bersifat karsinogenik yang terjadi selama proses penggorengan. Penggunaan minyak jelantah secara terus-menerus jelas dapat merusak kesehatan manusia dan akibat yang ditimbulkan adalah dapat mengurangi kecerdasan generasi berikutnya. Untuk itu perlu penanganan yang tepat agar limbah minyak jelantah ini dapat bermanfaat dan tidak menimbulkan kerugian dari aspek kesehatan manusia dan lingkungan, kegunaan lain dari minyak jelantah adalah bahan baku biodiesel.

Minyak jelantah juga dapat digunakan kembali sebagai minyak goreng yang bersih tanpa kotoran, dengan cara minyak jelantah tersebut direndam bersama dengan ampas tebu, maka nantinya warna coklat dan kotoran pada minyak

jelantah akan terserap oleh ampas tebu tersebut, sehingga minyak jelantah tersebut akan kembali bersih dan dapat dipakai kembali. Untuk menghindari bahaya yang ditimbulkan maka perlu dicari jalan keluar untuk memanfaatkan minyak jelantah tersebut. Salah satu caranya adalah dengan mengolahnya melalui proses kimia yang sangat sederhana.

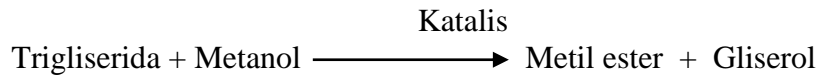
Berdasarkan uji laboratorium, campuran efektif biodiesel 5–30% per liter solar selain berkarakter pelumas sehingga aman untuk mesin, sistem pembakaran pun menjadi lebih sempurna. Untuk mengurangi polusi secara signifikan, penggunaan biodiesel bisa dicampur solar dengan rasio 5–10%. Biodiesel dari jelantah tidak mengandung belerang (sulfur) dan benzene yang bersifat karsinogen, serta dapat diuraikan secara alami. Minyak jelantah ini sangat mudah ditemukan, misalnya di pedagang kaki lima, sisa penggunaan dapur rumah tangga, dan dari restoran.

Harga beli dari minyak jelantah ini cukup murah dalam jumlah yang besar, per liternya dijual sekitar Rp 1.700,00–Rp 2.000,00, ada juga beberapa restoran yang memberikan minyak jelantahnya secara gratis, atau dapat juga dibeli dari para pengumpul minyak jelantah yang ada, dan harga jual biodiesel jelantah ke Pertamina Rp 7.000,00/liter (Wicaksono, 2007).

2.5 Proses Pembuatan Biodiesel

Biodiesel merupakan salah satu jenis bahan bakar yang diproduksi dengan menggunakan bahan-bahan biologis melalui proses transesterifikasi maupun proses esterifikasi (Wijaya, 2011). Biodiesel merupakan bahan bakar yang diperoleh dari proses esterifikasi atau transesterifikasi asam lemak dengan alkohol dan bantuan katalis. Asam lemak tersebut berasal dari tumbuh-tumbuhan ataupun dari hewan

yang viskositasnya hampir sama dengan solar. Biodiesel dapat diperoleh melalui suatu proses yang disebut reaksi esterifikasi asam lemak bebas atau reaksi transesterifikasi trigliserida dengan metanol dan dari reaksi ini akan dihasilkan metil ester/etil ester asam lemak dan gliserida.



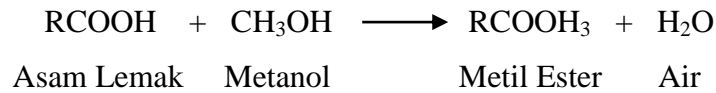
Proses pembuatan biodiesel dibagi menjadi dua reaksi yaitu reaksi esterifikasi dan reaksi transesterifikasi. Reaksi esterifikasi digunakan pada saat kandungan asam lemak yang ada pada minyak melebihi 5% dari berat minyak, setelah itu baru dilakukan reaksi transesterifikasi, namun apabila kandungan asam lemak bebas yang terdapat pada minyak jelantah tidak lebih dari 5%, maka biodiesel dapat langsung dibuat dengan menggunakan reaksi transesterifikasi.

2.5.1 Esterifikasi

Esterifikasi adalah tahap konversi dari asam lemak bebas menjadi ester.

Esterifikasi mereaksikan minyak lemak dengan alkohol. Katalis-katalis yang cocok adalah zat berkarakter asam kuat, dan karena ini, asam sulfat, asam sulfonat organik atau resin penukar kation asam kuat merupakan katalis-katalis yang biasa terpilih dalam praktek industrial (Soerawidjaja, 2012). Untuk mendorong agar reaksi bisa berlangsung ke konversi yang sempurna pada temperatur rendah (misalnya paling tinggi 120°C), reaktan metanol harus ditambahkan dalam jumlah yang sangat berlebih (biasanya lebih besar dari 10 kali nisbah stoikiometrik) dan air produk ikutan reaksi harus disingkirkan dari fasa reaksi, yaitu fasa minyak. Melalui kombinasi-kombinasi yang tepat dari kondisi-kondisi reaksi dan metode

penyingkiran air, konversi sempurna asam-asam lemak ke ester metilnya dapat dituntaskan dalam waktu 1 sampai beberapa jam. Reaksi esterifikasi dari asam lemak menjadi metil ester adalah :

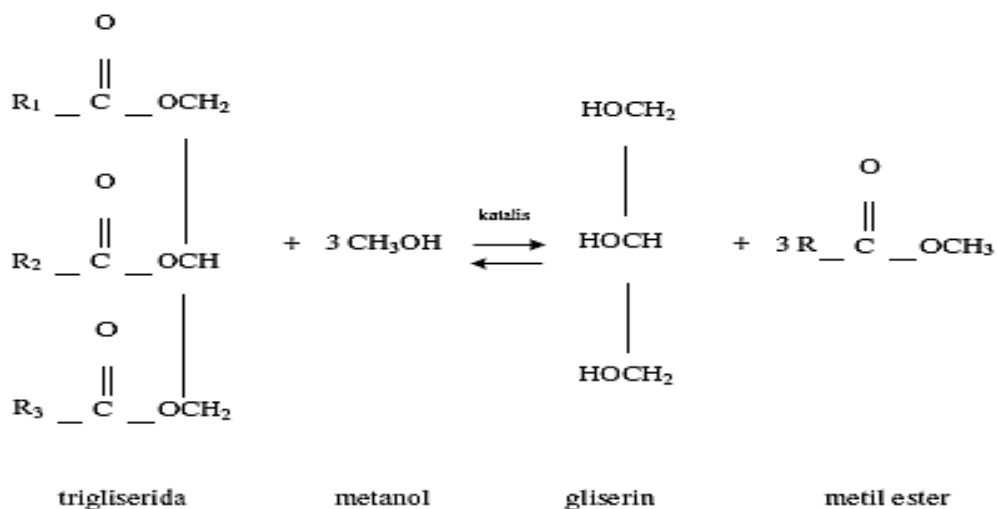


Esterifikasi biasa dilakukan untuk membuat biodiesel dari minyak berkadar asam lemak bebas tinggi. Pada tahap ini, asam lemak bebas akan dikonversikan menjadi metil ester. Tahap esterifikasi biasa diikuti dengan tahap transesterifikasi. Sebelum produk esterifikasi diumpankan ke tahap transesterifikasi, air dan bagian terbesar katalis asam yang dikandungnya harus disingkirkan terlebih dahulu.

2.5.2 Transesterifikasi

Transesterifikasi (biasa disebut dengan alkoholisis) adalah tahap konversi dari trigliserida (minyak nabati) menjadi alkil ester, melalui reaksi dengan alkohol, dan menghasilkan produk samping yaitu gliserol. Unsur alkohol yang digunakan dalam proses ini adalah metanol. Kadar alkohol dalam proses transesterifikasi adalah penting untuk memutuskan gliserin dengan asam lemak. Di antara alkohol-alkohol monohidrik yang menjadi kandidat sumber/pemasok gugus alkil, metanol adalah yang paling umum digunakan karena harganya murah dan reaktifitasnya paling tinggi (sehingga reaksi disebut metanolisis). Jadi, di sebagian besar dunia ini, biodiesel praktis identik dengan ester metil asam-asam lemak (*Fatty Acids Metil Este* /FAME). Transesterifikasi juga menggunakan katalis dalam reaksinya. Tanpa adanya katalis, konversi yang dihasilkan maksimum namun reaksi berjalan dengan lambat. Katalis yang biasa digunakan pada reaksi transesterifikasi adalah

katalis basa (NaOH) karena katalis ini dapat mempercepat reaksi. Reaksi transesterifikasi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Reaksi Transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi sebenarnya berlangsung dalam 3 tahap yaitu sebagai berikut:

- 1) Pada tahap pertama, penyerangan ikatan karbonil pada trigliserida oleh anion dari alkohol dan membentuk zat antara tetrahedral.
- 2) Pada tahap kedua, zat antara tetrahedral bereaksi dengan alkohol dan terbentuk anion dari alkohol.
- 3) Pada tahap akhir, zat antara tetrahedral mengalami transfer proton sehingga terbentuk ester dan alkohol. Pada reaksi transesterifikasi yang menggunakan katalis alkali, bilangan asam dari minyak nabati yang digunakan harus kurang dari satu. Jika bilangan asamnya lebih dari satu, maka minyak nabati yang harus dinetralisir terlebih dahulu dengan menambahkan jumlah alkali sehingga basa yang digunakan dapat berfungsi sebagai katalis dan penatralisir

asam. Bilangan asam yang tinggi disebabkan oleh adanya kandungan asam lemak bebas pada minyak nabati.

Produk yang diinginkan dari reaksi transesterifikasi adalah ester metil asam-asam lemak. Terdapat beberapa cara agar kesetimbangan lebih ke arah produk, yaitu:

- 1) Menambahkan metanol berlebih ke dalam reaksi
- 2) Memisahkan gliserol
- 3) Menurunkan temperatur reaksi (transesterifikasi merupakan reaksi eksoterm)

Ada beberapa proses transesterifikasi adalah sebagai berikut :

- 1) Proses Transesterifikasi dengan Proses *Batch*

Proses ini menggunakan unit operasi dua tahap secara *batch*, tiap tahap terdiri atas tangki reaktor dan tangki pengendapan sehingga sering disebut sistem pencampuran dan pengendapan. Kelebihan proses ini adalah kualitas produk yang didapat cukup baik, tetapi produksi metil esternya tidak kontinyu.

- 2) Proses Transesterifikasi kontinyu

Proses ini menggunakan kolom reaktor sentrifugal. Proses ini terdapat dua siklus tertutup, yaitu tertutup alkohol dan siklus tertutup air untuk ekstraksi gliserol dan pemurnian dengan pencucian dari ester.

- 3) Proses Transesterifikasi Henkel

Proses ini menggunakan reaktor dari tangki pengendapan. Kondisi operasinya pada tekanan 9000 kPa dan temperatur 240°C. Kelebihan proses ini adalah kualitas metil ester relatif baik dengan tingkat kemurnian tinggi dan warna minyak yang terang. Kekurangannya adalah konsumsi energi yang besar.

Pada dasarnya, proses transesterifikasi bertujuan untuk menghilangkan kandungan gliserin dalam minyak nabati karena jika dipanaskan, gliserin akan membentuk senyawa akrolein dan terpolimerisasi menjadi senyawa plastis yang agak padat dan proses ini bertujuan juga untuk menurunkan viskositas minyak nabati. Dari beberapa metode pembuatan biodiesel dari minyak nabati, metode transesterifikasi adalah metode yang sering digunakan karena relatif sederhana tanpa membutuhkan peralatan yang rumit dan juga bahan-bahan yang diperlukan dapat diperoleh dengan mudah (Susilowati, 2006).

2.6 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Reaksi Pembuatan Biodiesel

Menurut Hikmah dkk. (2010), faktor-faktor yang berpengaruh pada proses pembuatan biodiesel adalah:

1) Pengaruh bahan baku (air dan asam lemak bebas)

Minyak nabati yang akan ditransesterifikasi harus memiliki angka asam yang lebih kecil dari 1. Banyak peneliti yang menyarankan agar kandungan asam lemak bebas lebih kecil dari 0,5% ($<0,5\%$). Selain itu, semua bahan yang akan digunakan harus bebas dari air. Karena air akan bereaksi dengan katalis, sehingga jumlah katalis menjadi berkurang. Katalis harus terhindar dari kontak dengan udara agar tidak mengalami reaksi dengan uap air dan karbon dioksida.

2) Pengaruh pereaksi (jenis alkohol)

Pada rasio 6:1 mol, metanol akan memberikan perolehan ester yang tertinggi dibandingkan dengan menggunakan etanol atau butanol.

3) Pengaruh perbandingan molar alkohol dengan bahan mentah

Secara stoikiometri, jumlah alkohol yang dibutuhkan untuk reaksi adalah 3 mol untuk setiap 1 mol trigliserida untuk memperoleh 3 mol alkil ester dan 1 mol gliserol. Perbandingan alkohol dengan minyak nabati 4,8:1 mol dapat menghasilkan konversi 98% (Felizardo *et al.*, 2005). Secara umum ditunjukkan bahwa semakin banyak jumlah alkohol yang digunakan, maka konversi yang diperoleh juga akan semakin bertambah. Pada rasio molar 6:1 mol, setelah 1 jam konversi yang dihasilkan adalah 98 – 99%, sedangkan pada 3:1 mol adalah 74 – 89%. Nilai perbandingan yang terbaik adalah 6:1 mol karena dapat memberikan konversi yang maksimum (Encinar *et al.*, 2005).

4) Pengaruh katalisator

Katalisator berfungsi untuk mengurangi tenaga aktivasi pada suatu reaksi sehingga pada suhu tertentu harga konstanta kecepatan reaksi semakin besar. Pada reaksi esterifikasi yang sudah dilakukan biasanya menggunakan konsentrasi katalis antara 1 – 4% berat sampai 10% berat campuran pereaksi. Alkali katalis (katalis basa) akan mempercepat reaksi transesterifikasi bila dibandingkan dengan katalis asam. Katalis basa yang paling populer untuk reaksi transesterifikasi adalah natrium hidroksida (NaOH), kalium hidroksida (KOH), natrium metoksida (NaOCH₃), dan kalium metoksida (KOCH₃). Katalis sejati bagi reaksi sebenarnya adalah ion metilat (metoksida). Reaksi transesterifikasi akan menghasilkan konversi yang maksimum dengan jumlah katalis 0,5 – 1,5% dari berat minyak nabati. Jumlah katalis yang efektif

untuk reaksi adalah 0,5% dari berat minyak nabati untuk natrium metoksida dan 1% dari berat minyak nabati untuk natrium hidroksida.

5) Pengaruh suhu reaksi

Semakin tinggi suhu yang dioperasikan maka semakin banyak konversi yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan persamaan Arrhenius. Bila suhu naik maka harga k makin besar sehingga reaksi berjalan cepat dan hasil konversi makin besar. Reaksi transesterifikasi dilakukan pada suhu 30° – 65°C karena titik didih metanol sekitar 65°C (Refaat *et al.*, 2008).

6) Pengaruh waktu reaksi

Semakin lama waktu reaksi maka kemungkinan kontak antar zat semakin besar sehingga akan menghasilkan konversi yang besar. Jika kesetimbangan reaksi sudah tercapai maka dengan bertambahnya waktu reaksi tidak akan menguntungkan karena tidak memperbesar hasil.

7) Pengaruh kecepatan pengadukan

Pengaruh kecepatan pengadukan akan menambah frekuensi tumbukan antara molekul zat pereaksi dengan zat yang bereaksi sehingga mempercepat reaksi dan reaksi terjadi sempurna. Sesuai dengan persamaan Arrhenius :

$$k = A e^{(-E_a/RT)} \dots\dots\dots (1)$$

dimana, k = konstanta kecepatan reaksi

T = suhu absolut (K)

R = konstanta gas ideal (8,314 J/mol.K)

E_a = tenaga aktivasi (kJ/mol)

A = konstanta frekuensi tumbukan

Semakin besar tumbukan maka semakin besar pula harga konstanta kecepatan reaksi. Dalam hal ini pengadukan sangat penting mengingat larutan minyak, katalis, dan metanol merupakan larutan yang *immiscible* (tidak dapat bercampur).

8) Pengaruh kondisi minyak (kasar dan murni)

Perolehan metil ester akan lebih tinggi jika menggunakan minyak nabati *refined*. Namun apabila produk metil ester akan digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel, cukup digunakan bahan baku berupa minyak yang telah dihilangkan getahnya (*degumming*) dan disaring.

2.7 Status dan Prospek Biodiesel

Usaha produksi biodiesel ini sebenarnya mempunyai prospek yang cukup baik, mengingat banyak faktor yang bisa mendukung keberlangsungan industri pembuatan biodiesel dari minyak jelantah ini, antara lain :

- 1) Tersedianya minyak jelantah yang begitu melimpah.
- 2) Harga minyak jelantah yang cukup murah, sehingga kalangan bawah (*ground level*) bisa ke sektor usaha ini.
- 3) Mudah untuk mendapatkannya.
- 4) Alat yang digunakan untuk menampung dan memprosesnya juga cukup sederhana.
- 5) Harga jual yang menguntungkan, sehingga dapat meningkatkan hasil produksi dan pendapatan pengelola.
- 6) Dalam skala besar dapat meningkatkan devisa negara, jika dijual ke pasar internasional.

- 7) Hasil olahan dan hasil pembakaran dari biodiesel ini ramah lingkungan, sehingga mengurangi dampak pemanasan global (*global warming*).

Dengan melihat keadaan pasar metil ester di Indonesia, menunjukkan bahwa peluang pasar metil ester dalam negeri masih relatif kecil, namun peluang untuk berkembang juga besar. Sedangkan konsumsi di luar negeri cukup besar, terutama untuk kebutuhan minyak diesel. Kapasitas produksi minyak diesel tahun 2000 – 2004 di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 8 dan produksi biodiesel di beberapa negara Eropa dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 8. Kapasitas produksi minyak diesel tahun 2000–2004 di Indonesia

Tahun	Produksi (kg/tahun)	Pertumbuhan (%)
2000	1.901.553,64	0
2001	2.676.178,54	40,74
2002	8.394.462,72	213,67
2003	7.523.207,72	-10,38
2004	4.573.930,34	-39,2

Sumber: Anonim, (2012)

Tabel 9. Proyeksi produksi biodiesel, tahun 2006 sampai 2025

Tahun	2006	2007	2008	2009	2010	2015	2025
Produksi (juta kilo liter)	110	262,5	415	567	720	1500	4700
Rerata tambahan per tahun	152,5	152,5	152,5	152,5	156	156	320

Sumber : Pusat Data dan Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral KESDM, (2010)