

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan pustaka

Minyak nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) merupakan salah satu bahan baku yang cukup potensial sebagai bahan dasar pembuatan bioedisel, dikarenakan minyak ini tidak harus bersaing dalam kebutuhan pangan. Minyak nyamplung mempunyai kelebihan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel karena mempunyai rendemen yang tinggi hingga 74% (Bustomi, 2008). Tahapan proses *degumming* yang telah dilakukan oleh penelitian sebelumnya ialah, minyak nyamplung disaring dan pemanasan dengan suhu 80°C dalam gelas ukur 600 mL dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 15 menit. Selanjutnya minyak nyamplung ditambahkan asam fosfat pekat (85%) sebanyak 1,5 mL atau 0,3% (v/v) dan diaduk selama 30 menit. Selanjutnya pengendapan minyak semalam atau 8 jam hingga gum dan kotoran terpisah dari minyak. Selanjutnya minyak cuci dengan air hangat kurang lebih (60°C). Pencucian dilakukan berulang-ulang hingga air pencucian netral. Selanjutnya keringkan minyak dengan suhu 85°C selama 30 menit menggunakan *vakum rotary evaporator* (Prihanto dkk, 2015).

Esterifikasi yang telah dilakukan Prihanto dkk (2015), dalam penelitiannya sebagai berikut. Setelah melakukan proses *degumming* minyak nyamplung 300 mL dipanaskan dalam labu leher tiga dengan suhu kurang lebih 60°C menggunakan *hotplate*. Selanjutnya penambahan metanol 65 mL dengan rasio molar metanol-FFA 8:1 dan 3 ml H₂SO₄ pekat (98%), pemanasan selama 120 menit. Selain itu Pusat Litbang Hasil Hutan, Departemen Kehutanan (2008) telah melakukan penelitian tentang *esterifikasi* menggunakan metanol, dengan katalis HCL selama 1 Jam. Minyak yang telah diolah menghasilkan minyak dengan standar SNI mencapai 100% dikarenakan semua parameter telah memenuhi standar.

Tabel 2.1 Sifat kimia biodiesel nyamplung dibandingkan dengan standar SNI 04-7182-2006 (P3HH, 2005-2008)

No.	Parameter	Satuan	Metode Uji	Nilai	Hasil
1.	Massa jenis pada 40°C	kg/m ³	ASTM D1298	850-890	880,6
2.	Viskositas kinematik pada 40°C	mm ² /s(cSt)	ASTM D445	2,3-6,0	5,724
4.	Titik nyala (mangkok tertutup)	°C	ASTM D93	Min. 100	151

Prihanto dkk (2015) telah melakukan penelitian tentang pembuatan biodiesel dari minyak biji nyamplung melalui *esterifikasi*, netralisasi dan *transesterifikasi* kandungan asam lemak bebas minyak biji nyamplung relatif tinggi sekitar 5,1% sehingga pembuatan biodiesel minyak nyamplung tidak dapat hanya melalui proses *esterifikasi*. Kandungan minyak yang asam lemak bebas (FFA) tinggi (>2%) perlu dilakukan proses *esterifikasi*. Minyak yang kandungan FFA cukup tinggi lebih dari 2%, KOH yang digunakan sebagian besar habis bereaksi membentuk sabun bersama asam lemak bebas. Adapun penelitian lain misalnya penelitian yang dilakukan oleh Sudarjat dkk (2010), telah melakukan penelitian tentang proses *transesterifikasi* dalam pembuatan biodiesel dan bahan baku yang digunakan minyak nyamplung dengan katalis NaOH. Dalam kondisi optimum pada ratio molar minyak-metanol 1:6, katalis 1% pada temperatur 60°C dan produk terbesar 69,8%, dengan nilai densitas 888,6 kg/m³, viskositas 7,727 cSt, *flash point* 151°C.

Menurut Santoso (2014), dalam penelitian yang telah dilakukan, minyak jarak kepyar (*Ricinus Communis*) adalah termasuk dari famili *Euphorbiaceae* yang berkembang dan tumbuh dengan baik dalam kondisi lahan kering. Minyak ini mempunyai kadar Asam Lemak Bebas (ALB) cukup rendah yaitu (<1%) dengan demikian hanya perlu melakukan satu proses yaitu proses *transesterifikasi* saja sudah dapat menghasilkan biodiesel. Selain sebagai bahan baku pembuatan biodiesel minyak ini juga merupakan sumber bahan kimia industri terbarukan. Minyak jarak kepyar mempunyai karakteristik sebagai berikut:

Tabel 2.2. Karakteristik minyak jarak kepyar (Sattanathan, 2015)

Propertis	Minyak Jarak Kepyar
Asam lemak bebas (%)	0,264
Densitas (kg/m³)	962,8
<i>Kinematic Viscosity</i> (mm²/s)	109,53
Titik nyala (°C)	298
Nilai kalor (kJ/kg)	35684,5

Perbedaan komposisi kimia minyak jarak dengan minyak nabati pada umumnya membuat minyak ini menjadi bernilai tinggi. Kandungan asam lemak minyak jarak ialah 90% terdiri dari risinoleat, sedikit kandungan asam dihidroksi stearat, ninoleat, oleat, dan stearat. Bahan yang tidak tersaponifikasi terdiri atas β -sitosterol. Susunan asam lemak dari 18 atom karbon, satu ikatan rangkap (tidak jenuh), dan mempunyai gugus fungsional hidroksil pada atom C ke-12 merupakan pengertian asam risinoleat. Gugus fungsional ini menyebabkan minyak jarak kepyar bersifat polar (Mardiyah, 2011). Di bawah ini merupakan tabel komposisi asam lemak pada minyak jarak.

Tabel 2.3. Karakteristik asam lemak minyak jarak (Bailey, 1986)

Asam lemak	Jumlah (%)
Asam risinoleat	86
Asam oleat	8,5
Asam linoleat	3,5
Asam stearet	0,5-2,0
Asam dihidroksi stearat	1-2

Dewi (2015) telah melakukan penelitian *transesterifikasi* menggunakan *microwave* yang dilakukan dengan bahan baku minyak jarak, variasi mol metanol pada 1:3, 1:6 dan 1:9. Hasil penelitiannya mencapai kondisi optimum 1:6 serta produk sebesar 92,67%, densitas 0,94 g/mL dan viskositas 16,11 mm²/s.

penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, guna meningkatkan kualitas biodiesel jarak supaya lebih baik. Penelitian yang dilakukan oleh Tazora (2011) melakukan dua metode pencampuran, metode pertama pencampuran antara minyak biji karet dengan minyak biji jarak dan metode ke dua mencampur antara minyak biji karet dengan minyak biji jarak setelah dibuat biodiesel. Nilai viskositas

kinematik dan bilangan setana yang terbaik dari pencampuran diatas ialah 20% biodiesel biji karet dengan 80% biodiesel jarak pagar.

Tabel 2.4. Hasil analisis biodiesel dari campuran biodiesel biji karet dan biodiesel Jarak pagar ratio 20:80 (Tazora, 2011)

Parameter	Unit	Hasil analisis	Standar	
			SNI	ASTM
Densitas 40°C	kg/m ³	871,3	850 - 890	-
Viskositas kinematik	cSt	5,75	2,3 – 6,0	1,9 – 6,0
<i>Flash point</i>	°C	210	≥ 100	≥ 130

Hasil penelitian sebelumnya, minyak Jarak dan minyak nyamplung memiliki potensi sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Kadar Asam Lemak Bebas (ALB) sangat mempengaruhi dalam pembuatan biodiesel. Kandungan *free fatty acid (FFA)* minyak biji nyamplung 5,1% sehingga pembuatan biodiesel minyak nyamplung tidak dapat hanya melalui proses *esterifikasi*. Kandungan minyak yang asam lemak bebas (FFA) tinggi (>2%) perlu dilakukan proses *esterifikasi* (Antonius, 2015). Asam lemak bebas minyak jarak kepyar adalah sebesar 0,79% (Dewi, 2015). Oleh sebab itu minyak jarak kepyar tidak perlu dilakukannya proses *esterifikasi* dikarenakan Asam Lemak Bebas (ALB) dari minyak ini kurang dari 2%, cukup menggunakan satu proses yaitu *transesterifikasi*. Sedangkan minyak biji nyamplung menggunakan dua proses, sebab minyak biji nyamplung mengandung asam lemak bebas yang cukup tinggi. Maka pembuatan minyak biji nyamplung menggunakan proses *esterifikasi* dan *transesterifikasi*.

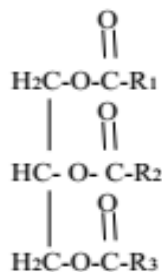
Minyak jarak kepyar memiliki viskositas lebih tinggi dibandingkan minyak nyamplung. Adapun beberapa upaya peningkatan kualitas biodiesel, salah satunya dengan cara mencampun antara kedua minyak nabati baik minyak yang belum melalui proses biodiesel (masih bentuk minyak) maupun minyak yang sudah melalui proses biodiesel. Pencampuran minyak jarak kepyar dan minyak biji nyamplung setelah dicampur lalu diproses menjadi biodiesel, belum ada penelitian sebelumnya. Oleh sebab itu penelitian campuran ini layak untuk dilakukan guna mengetahui karakteristik dari campuran minyak sebelum dibuat biodiesel.

2.2 . Dasar teori

2.2.1 Minyak Nabati

Minyak atau lemak merupakan cairan organik yang tidak larut atau bercampur dalam air atau pelarut polar. Minyak dan lemak terdiri dari trigliserida campuran, yang merupakan ester dari gliserol dan asam lemak rantai panjang. Minyak nabati terdapat dalam buah-buahan, kacang-kacangan, biji-bijian akar tanaman dan sayur-sayuran. Sebagian besar minyak nabati berbentuk cair karena mengandung sejumlah asam lemak tak jenuh, yaitu asam oleat, linoleat, atau asam linoleat dengan titik cair yang rendah. Lemak hewani pada umumnya berbentuk padat pada suhu kamar karena banyak mengandung asam lemak jenuh, misalnya asam palmitat dan stearat yang mempunyai titik cair yang lebih tinggi. Minyak yang berasal dari tumbuhan disebut minyak nabati. Minyak dan lemak merupakan campuran dari *ester-ester* (trigliserida) asam lemak dengan gliserol dan membentuk gliserol. Lemak berbentuk padat sedangkan minyak bersifat cair itulah salah satu perbedaan antara minyak dan lemak. Sebagian gliserida didalam tumbuhan cenderung berupa minyak, oleh sebab itu banyak yang menyebut lemak hewani dan minyak nabati (Ketaren, 2012).

Gliserol yang berikatan dengan tiga asam lemak disebut juga trigliserida. Ketiga asam lemak yang saling mengikat dengan gliserol dapat sama atau pun berbeda. Pada gambar 2.1 berikut dapat dilihat struktur umum dari trigliserida.



Gambar 2.1 Struktur Trigliserida (Wibowo, 2009)

R₁, R₂, R₃ adalah merupakan rantai alkil. Menurut Ketaren (1986), asam lemak bebas dapat disebut juga ketika setiap asam lemak yang tidak terikat oleh suatu molekul trigliserida di dalam lemak ataupun minyak. Trigliserida merupakan bahan baku utama dalam pembuatan biodiesel.

2.2.2 Minyak Jarak Kepyar (*Ricinus communis*)

Menurut Ketaren (2012), *ricinus communis* adalah nama ilmiah dari minyak jarak kepyar termasuk famili dari *euphorbiaceae* yang merupakan tanaman tahunan yang dapat hidup di daerah tropik ataupun subtropik dan tumbuh pada ketinggian sekitar 0-800 m diatas permukaan laut. Diberbagai daerah jarak kepyar mempunyai nama yang beragam, daerah Sunda biasa disebut jarak kaliki dan di Makasar mempunyai nama tanggang–tanggang raja. Tanaman jarak kepyar dapat dilihat pada gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.2 tanaman jarak kepyar (<http://www.petanihebat.com>, 2014)

Tanaman jarak ditanam dalam tanah yang mempunyai struktur gembur dan agak berpasir serta menghendaki drainase yang baik, karena akarnya tidak tahan terhadap genangan air. Tanaman jarak masih dapat tumbuh dengan baik pada tanah kering berpasir di pinggir pantai (Ketaren, 2012).

Minyak jarak kepyar dihasilkan dari biji buah jarak dengan proses ekstraksi menggunakan mesin penekan atau menggunakan pelarut, biji jarak kepyar mengandung minyak sekitar 46%. Adapun kandungan asam lemak dan sedangkan sifat minyak jarak kepyar dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Kandungan asam lemak minyak jarak kepyar (Budiman dkk., 2014)

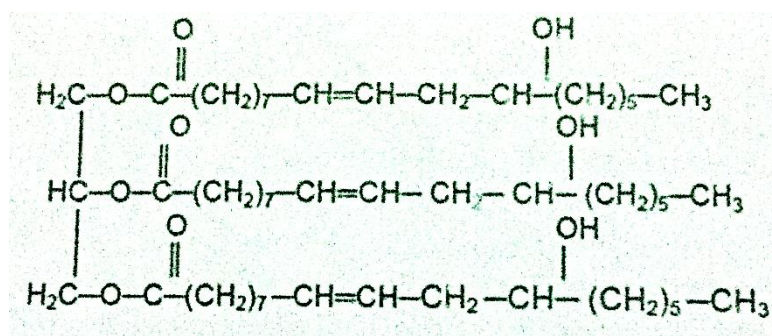
Komponen	Jumlah (% massa)
Asam <i>ricinoleat</i>	89,3
Asam <i>linoleat</i>	4,2
Asam <i>oleat</i>	2,3
Asam <i>stearat</i>	1
Asam <i>palmitat</i>	1
Asam <i>dihidroksistearat</i>	1
Asam <i>linolenat</i>	0,3
Asam <i>densipoleat</i>	0,93
Asam <i>eicosanoat</i>	0,3

Adapun beberapa sifat fisik dan kimia pada minyak jarak kepyar dapat dilihat pada tabel 2.6 berikut ini.

Tabel 2.6 Sifat fisik dan kimia minyak jarak kepyar (Budiman dkk., 2014)

Karakteristik	Nilai
Densitas 40°C (kg/m ³)	967,3
Viskositas kinematik (cSt)	240,12
Flash point (°C)	>260

Minyak jarak kepyar memiliki kekentalan dan bilangan *asetil* serta relatif cepat larut dalam alkohol. Minyak jarak kepyar memiliki ikatan rangkap dan mempunyai gugus OH sehingga lebih kental. Viskositas minyak jarak kepyar pada suhu 25°C mencapai 600-800 cP dan 15-20 Cp pada suhu 100°C.



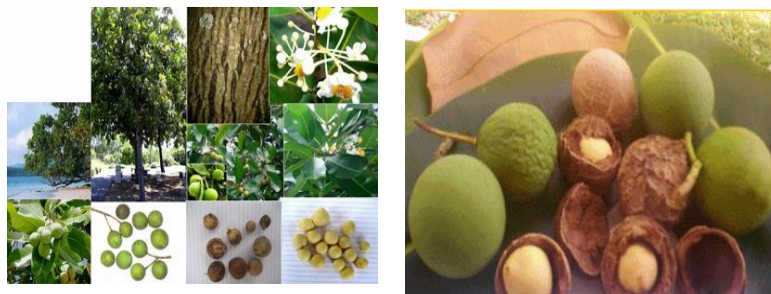
Gambar 2.3. Struktur kimia dari minyak jarak kepyar (Budiman Arif dkk., 2017)

Minyak jarak kepyar mempunyai banyak fungsi dalam pemanfaatannya diantaranya industri cat, *linoleum*, *varnish*, *lacquer*, tinta cetak, pelumas, *oil cloth*

dan sebagai bahan baku dalam industri-industri plastik dan nilon, sedangkan minyak jarak kepyar dalam skala kecil digunakan dalam pembuatan semir, kosmetik dan lilin (Ketaren, 2012).

2.2.3 Minyak Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*)

Biji nyamplung merupakan bahan yang diolah menjadi minyak nyamplung. *Calophyllum inophyllum* merupakan nama ilmiah dari nyamplung, nama ilmiah tersebut diambil dari bahasa Yunani yang berarti 'Daun yang indah'. Tinggi pohon nyamplung kurang lebih sekitar 25 m, Terkadang ada juga yang dapat mencapai tinggi 35 m. Batang nyamplung memiliki diameter 150 cm. Daerah yang memiliki suhu hangat dengan curah hujan sekitar 1.000-5.000 mm per tahun, merupakan tempat yang cocok tumbuhnya pohon nyamplung. Pohon nyamplung memiliki kelebihan dapat bertahan hidup di daerah yang kecepatan angin tinggi dan daerah payau sekalipun.



Gambar 2.4 Pohon nyamplung dan bijinya (Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan (P3HH), 2005-2008))

Nyamplung mengandung minyak sebesar 75% dan 71% diantaranya merupakan asam lemak tidak jenuh (terutama asam oleat dan linoleate). Dalam satu tahun pohon nyamplung dapat berbuah dua kali, serta menghasilkan buah sampai 100 kg dan minyak sekitar 8 kg. 400 pohon nyamplung dapat ditanam dalam lahan 1 hektar, setiap pohon menghasilkan minyak sekitar 11,7 kg atau 4.680 kg setiap hektar.

Tabel 2.7 Komposisi asam lemak pada minyak nyamplung (Budiman Arif dkk., 2017)

Asam lemak	Komposisi (% massa)
Asam lemak <i>palmitat</i>	17,9
Asam lemak <i>hydnocarpic</i>	2,5
Asam lemak <i>stearate</i>	18,5
Asam lemak <i>oleat</i>	42,7
Asam lemak <i>linoleate</i>	13,7
Asam lemak <i>linolenat</i>	2,1
Asam lemak <i>lignocerate</i>	2,6

Tabel 2.8 Sifat fisika-kimia minyak nyamplung (Budiman dkk., 2014)

Karakteristik	Nilai
Densitas pada 40°C (kg/cm ³)	0,9249
Viskositas pada 40 °C (mm ² /s (cSt))	55,478
Residu karbon (%-mm/mm)	0,34
Kadar abu sulfat (%-mm/mm)	0,007
Pour point (°C)	-2,5
Kadar air (ppm)	935
Kadar sulfur (ppm)	<1
Bilangan asam (mg KOH/g)	4,75
Bilangan iod (g Iod/100 g)	96,5
Flash point (°C)	240
Cloud point (°C)	16

2.2.4 Biodiesel

Biodiesel adalah salah satu energi alternatif terbarukan untuk bahan bakar mesin diesel yang terbuat dari minyak nabati atau lemak hewani. Nama lain biodiesel yang sering dikenal dengan nama *FAME (Fatty Acid Methyl Ester)* atau *metil ester* asam lemak merupakan hasil dari reaksi *transesterifikasi* minyak nabati atau hewani dengan metanol dan katalis KOH atau NaOH. Hasil sampingan dari proses *transesterifikasi* adalah gliserol dan dapat diolah lebih lanjut menjadi produk yang mempunyai nilai ekonomi tinggi.

Jika dibandingkan dengan bahan bakar petrodiesel, biodiesel bersifat ramah lingkungan, dapat diperbaharui (*renewable*), dapat terurai (*biodegradable*), memiliki sifat pelumasan yang baik terhadap piston mesin, mampu mengeliminasi

efek rumah kaca dan kontinuitas ketersediaan bahan baku terjamin. Pada tabel 2.9 dapat dilihat perbandingan biodiesel dan petrodiesel

Tabel 2.9 Perbandingan sifat biodiesel dan petrodiesel (Budiman dkk., 2014)

Aspek	Biodiesel	Petrodiesel
Sifat pembakaran	Lebih bersih	Menimbulkan polusi dan masalah kesehatan
Emisi CO₂	78% lebih ramah dibanding petrodiesel	Emisinya sangat besar sehingga berkontribusi terhadap pemanasan global
Sifat pelumasan	Memiliki sifat pelumasan sehingga turut membersihkan bagian dalam mesin	Tidak memiliki sifat pelumas
Angka setana	Angka setana lebih tinggi sehingga lebih mudah di- <i>Starter</i>	Angka setana lebih rendah dibandingkan biodiesel
Emisi padat dan gas buang	Menghasilkan lebih sedikit jelaga, CO, hidrokarbon tidak terbakar dan SO ₂	Mengemisikan kandungan sulfur yang tinggi dalam gas buang
Efek terhadap lingkungan	Tidak bercun, dapat diuraikan dan mengurangi efek tumpahan minyak bumi yang mencemari lingkungan	Sifat biodegradabilitasnya lebih rendah dibandingkan biodiesel, pemicu efek gas rumah kaca

Terdapat beberapa kelemahan dari biodiesel, viskositas merupakan salah satu kelemahan dari biodiesel. Viskositas dengan nilai yang lebih tinggi dapat mempengaruhi kinerja mesin diesel. Biodiesel minyak nabati yang mempunyai viskositas yang lebih kecil dapat digunakan untuk campuran biodiesel yang memiliki nilai viskositas lebih tinggi dan meningkatkan mutu biodiesel.

Spesifikasi biodiesel yang akan melalui proses pencampuran harus sesuai dengan standar yang telah ditetapkan karena standar tersebut dapat memastikan bahwa biodiesel yang dihasilkan dari reaksi proses bahan baku minyak nabati sempurna yaitu bebas gliserol, katalis, alkohol, dan asam lemak bebas. Berdasarkan Badan Standarisasi Nasional (BSN) melalui Standar Nasional Indonesia (SNI) syarat mutu biodiesel di Indonesia yaitu SNI 7182-2015 seperti yang tertera pada Tabel 2.10 berikut ini.

Tabel 2.10 Syarat mutu biodiesel SNI 7182:2015 (Badan Standarisai Nasional (BSN))

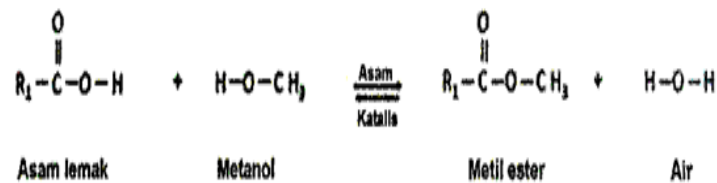
No	Parameter uji	Satuan, min/maks	Persyaratan
1	Massa jenis pada 40°C	kg/m ³	850-890
2	Viskositas kinematik pada 40°C	mm ² /s (cSt)	2,3-6,0
3	Angka setana	min	51
4	Titik nyala (mangkok tertutup)	°C, min	100
5	Titik kabut	°C, maks	18
6	Korosi lempengan tembaga (3 jam pada 50 °C)	-	Nomor 1
7	Residu karbon - Dalam percobaan asli; atau - Dalam 10% ampas distilasi	%-massa, maks	0,05 0,3
8	Air dan sedimen	%-volume, maks	0,05
9	Temperatur distilasi 90%	°C, maks	360
10	Abu tersulratkan	%-massa, maks	0,02
11	Belerang	mg/kg, maks	50
12	Fosfat	mg/kg, maks	4
13	Angka asam	mg-KOH/g, maks	0,5
14	Gliserol bebas	%-massa, maks	0,02
15	Glisero total	%-massa, maks	0,24
16	Kadar ester metil	%-massa, min	96,5
17	Angka iodium	%-massa (g-I ₂ /100g), maks	115
18	Kesetabilan oksidasi Periode induksi metode rancimat atau Periode induksi metode petrooksi	menit	480 36
19	Monogliserida	%-massa, maks	0,8

2.2.5 Metode pembuatan biodiesel

A. Esterifikasi

Esterifikasi merupakan reaksi antara asam lemak dengan alkohol menggunakan katalis asam. Esterifikasi dengan katalis asam mengkonversi FFA menjadi *ester alkil*. Pada umumnya proses *esterifikasi* menggunakan katalis asam homogen seperti asam klorida (HCl) dan asam sulfat (H₂SO₄). Tahap

esterifikasi dapat dilakukan seperti tahap *transesterifikasi* (Kasim, 2012). Reaksi asam lemak menjadi *metil ester* dapat dilihat pada gambar sebagai berikut:

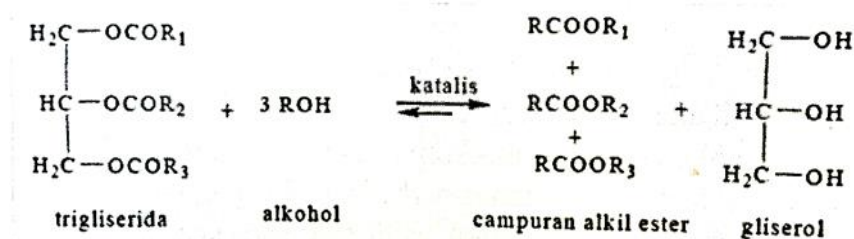


Gambar 2.5 Persamaan reaksi esterifikasi (Budiman dkk., 2014)

Semakin tinggi rasio mol metanol dengan minyak yang digunakan, maka semakin tinggi rendemen *metil ester* dan semakin kecil kandungan asam lemak bebas diakhir operasi. Suhu operasi yang optimum adalah 60°C (Kasim, 2012). *Esterifikasi* dilakukan jika bahan yang digunakan adalah minyak mentah yang memiliki kadar FFA tinggi.

B. *Transesterifikasi*

Transesterifikasi merupakan proses reaksi antara trigliserida dengan alkohol membentuk *alkil ester* (biodiesel) dan gliserol. Pengeluaran gliserin dari minyak dan mereaksikan asam lemak bebasnya dengan alkohol (misal metanol) menjadi *metil ester* atau biodiesel disebut dengan proses *transesterifikasi* (Nurhayati, 2014). Beberapa reaksi yang terjadi dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 2.6 Reaksi Transesterifikasi (Budiman dkk., 2014)

R dalam merupakan *alkil* berupa hidrokarbon rantai panjang yang biasa disebut sebagai asam lemak. Produk yang diinginkan dari proses *transesterifikasi* adalah *metil ester* asam-asam lemak. Menurut Hikmah, ada beberapa cara agar kesetimbangan lebih kearah produk, yaitu menambahkan

metanol berlebih pada reaksi, memisahkan gliserol, menurunkan temperatur reaksi (*transesterifikasi* merupakan reaksi *eksoterm*).

Transesterifikasi memiliki reaksi yang sangat sensitif terhadap kadar FFA yang ada di dalam minyak nabati. Diperoleh kadar FFA dalam bahan baku minyak nabati ialah 1–2,5%. Nilai ini setara dengan bilangan asam sebesar 2–5 mg KOH/mg. Asam lemak yang memiliki kandungan tinggi dapat memicu terjadinya reaksi samping antara katalis basa dan asam lemak yang akan membentuk sabun atau dikenal dengan reaksi saponifikasi. Sabun dalam reaksi *transesterifikasi* dapat menyulitkan proses pemisahan produk (*alkil ester*) dengan katalis karena sabun akan mengelumasi campuran saat pencucian. Sementara itu, air yang terbentuk dapat bereaksi dengan *alkil ester* melalui reaksi hidrolisis membentuk asam lemak. Reaksi ini justru mengurangi produk (Budiman dkk, 2014).

Pada proses transesterifikasi, selain menghasilkan biodiesel, hasil sampingannya adalah gliserin (gliserol). Gliserin dapat dimanfaatkan dalam pembuatan sabun, bahan baku sabun ini berperan sebagai pelembab (*moistourising*) (Nurhayati, 2014).

C. Degumming

Proses *degumming* bertujuan untuk menghilangkan zat-zat yang terlarut atau zat-zat yang bersifat koloidal, seperti resin, gum, protein, dan fosfatida dalam minyak mentah. Proses *degumming* yang paling banyak digunakan adalah proses *degumming* dengan menggunakan asam. Pengaruh yang ditimbulkan asam tersebut adalah mengikat dan mengendapkan zat-zat seperti protein, fosfatida, gum dan resin yang terdapat dalam minyak mentah, sehingga dapat dipisahkan dari minyak (Hasibuan dkk., 2013).

Degumming merupakan salah satu tahapan dalam proses pemurnian minyak. Kombinasi pemurnian minyak dapat berupa proses *degumming*, netralisasi, *bleaching* dan deodorisasi. Prinsip *degumming* dilakukan dengan cara *dehidrasi* gum atau kotoran lain agar bahan tersebut lebih mudah terpisah dari minyak, dilanjutkan dengan proses *sentrifuse* (Ketaren, 2012).

2.2.6 Katalis

Katalis adalah zat yang berfungsi untuk mempercepat laju reaksi dan dapat menurunkan kondisi operasi. Kedua reaksi yang digunakan dalam proses pembuatan biodiesel yaitu *esterifikasi* dan *transesterifikasi* merupakan reaksi lambat, maka dibutuhkan katalis untuk mempercepat laju reaksi.

a. katalis asam

Pemilihan katalis asam untuk memproduksi biodiesel dengan kadar FFA tinggi melalui reaksi *esterifikasi*. Katalis asam seperti H_2SO_4 , HPO_4 , dan HCl merupakan katalis yang efektif untuk reaksi *esterifikasi* (Budiman dkk, 2014). Akan tetapi katalis asam bersifat korosif sehingga diperlukan reaktor yang mampu bertahan dari sifat katalis ini.

b. katalis basa

Katalis basa adalah katalis yang bersifat lebih unggul dari katalis asam dikarenakan menghasilkan *metil ester* yang tinggi konversinya dan lebih cepat reaksinya (Laksono, 2013). Katalis KOH dan katalis NaOH merupakan katalis yang umum digunakan. Performa KOH lebih baik dibandingkan NaOH, karena lebih mudah pemisahannya, dan katalis KOH banyak digunakan dalam umum (Budiman dkk, 2014). Katalis basa lebih disukai karena katalis basa ini tidak korosif. Knothe (2002) mengutarakan bahwa KOH lebih sering digunakan sebagai katalis pembuatan biodiesel, pada reaksi suhu ruang, dalam waktu 5 menit tingkat konversi mencapai 80-90%, adapun menurut Majid dkk (2012), bahkan tingkat konversi ester 99% dapat dicapai melalui dua tahapan proses. Hasil lebih bagus dengan produk terbanyak dan viskositan yang memuaskan dengan menggunakan KOH sebanyak 1% b/b.

2.2.7 Metanol

Komponen penting dalam pembuatan biodiesel ialah alkohol. Alkohol diperlukan dalam jumlah berlebih dalam reaksi *esterifikasi* maupun reaksi *transesterifikasi* untuk menggeser keseimbangan reaksi ke arah produk. Oleh sebab itu alkohol sangat diperlukan dalam proses *esterifikasi* maupun *transesterifikasi*. Alkohol yang paling umum digunakan adalah metanol. Metanol mempunyai rumus

kimia CH_3COH . Metanol mempunyai densitas sebesar 0,792 g/mL, Titik lelehnya -104°C dan titik didihnya yaitu $64,7^\circ\text{C}$, dengan kelarutan kurang dari 10%. Metanol murni sangat mudah terbakar dan memiliki fase cair pada suhu 30°C tekanan 1 atm (Budiman dkk, 2017). Salah satu penyebab digunakannya metanol sebagai bahan proses pembuatan biodiesel karena metanol mempunyai reaktivitas yang paling tinggi dibandingkan alkohol jenis lainnya. Metanol memiliki sifat terkait rantai atom C pendek. Semakin pendek rantai atom C akan memperkecil hambatan sterik saat penyerangan gugus karbonil trigliserida berlangsung. Metanol juga mempunyai kelebihan lain adalah harganya murah, mudah *recovery*, dan mudah larut dibandingkan dengan jenis alkohol lain. Selain kelebihan yang dimiliki metanol juga ada kekurangannya yaitu sifat yang beracun (Budiman dkk, 2014).

2.2.8 Sifat fisik bahan bakar cair

Karakteristik bahan bakar cair dalam penggunaan motor bakar perlu diketahui terlebih dahulu, agar hasil pembakaran dapat tercapai secara optimal dan tidak menimbulkan dampak bagi komponen motor bakar. Secara umum karakteristik bahan bakar cair yang perlu diketahui antara lain densitas, viskositas, *flash point*, dan nilai kalor.

a. Densitas

Densitas menurut Kholidah (2014), adalah perbandingan massa terhadap volume, semakin tinggi massa jenis pada suatu benda, maka semakin besar pula massa pada volume. Minyak yang mempunyai berat jenis tinggi merupakan minyak yang mempunyai kandungan panas (*heating value*) yang rendah. Nilai massa jenis suatu zat dipengaruhi oleh temperatur. Semakin tinggi temperatur, kerapatan suatu zat semakin rendah karena molekul-molekul yang saling berikatan akan terlepas, sehingga massa jenis dan volume suatu zat memiliki hubungan yang berbanding terbalik. Densitas juga berkaitan dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh mesin diesel per satuan volume bahan bakar (Shereve dalam departemen teknologi pertanian, 2005) Dapat dilihat pada persamaan berikut.

b. Viskositas

Viskositas merupakan suatu ukuran yang menyatakan kekentalan dari cairan atau fluida (gesekan internal fluida). Viskositas adalah suatu pernyataan “tahanan untuk mengalir” dari suatu sistem yang mendapatkan suatu tekanan. Semakin kental suatu cairan, semakin besar gaya yang dibutuhkan untuk membuatnya mengalir pada kecepatan tertentu. Viskositas dipengaruhi beberapa faktor antara lain:

1). tekanan

Viskositas cairan naik seiring dengan naiknya tekanan, sedangkan viskositas gas tidak dipengaruhi oleh tekanan.

2). temperatur

Viskositas akan turun dengan naiknya suhu, sedangkan viskositas gas naik dengan naiknya suhu. Pemanasan zat cair menyebabkan molekul–molekulnya memperoleh energi. Molekul–molekul cairan bergerak sehingga gaya interaksi antar molekul melemah. Dengan demikian viskositas cairan akan turun dengan kenaikan temperatur.

3). kehadiran zat lain

Penambahan gula tebu meningkatkan viskositas air, adanya bahan tambahan seperti bahan suspensi menaikkan viskositas air. Pada minyak ataupun gliserin adanya penambahan air akan menyebabkan viskositas turun karena gliserin maupun minyak akan semakin encer, waktu alirnya semakin cepat.

4). ukuran dan berat molekul

Viskositas naik dengan naiknya berat molekul. Misalnya laju aliran *alcohol* cepat, larutan minyak laju aliran lambat dan kekentalanya tinggi serta laju aliran lambat sehingga viskositasnya juga tinggi.

5). bentuk molekul

Viskositas akan naik jika ikatan rangkap semakin banyak.

6). kekuatan antar molekul

Viskositas air naik dengan adanya ikatan hidrogen, viskositas CPO dan gugus OH pada trigliseridanya naik pada keadaan yang sama.

7). konsentrasi

Untuk suatu larutan viskositas bergantung pada konsentrasi atau kepekatan larutan. Umumnya larutan yang konsentrasinya tinggi, viskositasnya juga tinggi. Sebaliknya larutan yang viskositasnya rendah, konsentrasinya juga rendah.

c. Titik nyala (*flash point*)

Titik nyala adalah suhu terendah ketika uap suatu zat yang bercampur dengan udara akan menyala sebentar dan kemudian mati apabila didekatkan dengan nyala api. Hal ini disebabkan karena pada kondisi tersebut belum mampu membuat bahan bakar bereaksi dan menghasilkan api yang kontiniu. Titik nyala digunakan sebagai mekanisme untuk membatasi jumlah alkohol sisa yang tidak bereaksi di dalam bahan bakar. Titik nyala sangat penting untuk diketahui karena berhubungan dengan keselamatan, penanganan bahan bakar, dan penyimpanan. Biodiesel murni memiliki titik nyala yang lebih tinggi dari batasannya dan adanya alkohol sisa reaksi akan menurunkan titik nyala biodiesel. Biodiesel (metil ester minyak nabati) memiliki titik nyala yang jauh lebih rendah dari dari minyak nabati. Titik nyala juga digunakan sebagai indikator adanya alkohol dalam biodiesel. Indonesia memiliki standar minimum titik nyala sebesar 100°C (Budiman, 2014).

d. Nilai kalor

Nilai kalor adalah suatu angka yang menyatakan kandungan energi pada bahan bakar setiap satu satuan massa. Nilai kalor bahan bakar dapat dibedakan menjadi dua golongan berdasarkan fasa salah satu produk pembakaran yaitu air (H₂O), yaitu:

a. HHV (*Higher Heating Value*)

Suatu besaran yang menyangkut bahan bakar yang mengandung hidrogen dimana air yang terbentuk dalam produk pembakaran berbentuk fase cair.

b. LHV (*Lower Heating Value*)

Suatu besaran yang menyangkut bahan bakar yang mengandung hidrogen, dimana air yang terbentuk dalam produk pembakaran berbentuk fase uap (Sunaryo, 2014).

Semakin tinggi berat jenis minyak bakar, semakin rendah nilai kalori yang diperolehnya. Misalnya bahan bakar minyak dengan berat jenis *API gravity* 70,6 mempunyai nilai kalori 11.700 kal/g (Selamet, 2012). Pada volume yang sama, semakin besar berat jenis suatu minyak, semakin kecil nilai kalornya, demikian juga sebaliknya semakin rendah berat jenis semakin tinggi nilai kalornya (Kholidah, 2014).

Nilai kalor untuk bahan bakar cair ditentukan dengan pembakaran dengan oksigen bertekanan pada *Bomb Calorimeter*. Peralatan ini terdiri dari *container* stainless steel yang dikelilingi bak air yang besar. Bak air tersebut bertujuan meyakinkan bahwa temperatur akhir produk akan berada sedikit diatas temperatur awal reaktan, yaitu 25°C. Nilai kalori diperlukan karena dapat digunakan untuk menghitung jumlah konsumsi bahan bakar minyak yang dibutuhkan untuk suatu mesin dalam suatu periode. Nilai kalori umumnya dinyatakan dalam satuan Cal/kg (Kholidah, 2014).