

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Sifat fisik minyak sawit memiliki viskositas yang tinggi dari biodiesel, oleh karena itu untuk menurunkan viskositas sebelumnya dilakukan proses *transesterifikasi*. Selain itu, minyak sawit juga diuji kadar air dan viskositas. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kadar asam lemak bebas yang terkandung dalam minyak sawit tersebut. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Wahyuni, 2010) diperoleh kadar asam lemak bebas cukup rendah yaitu 0,32%, sehingga hanya dilakukan proses *transesterifikasi*. Kadar air yang diperoleh juga cukup rendah (0,36%), sehingga hidrolis trigliserida untuk menjadi asam lemak bebas relatif rendah. Pada Tabel 2.1 merupakan beberapa karakteristik yang dimiliki oleh minyak sawit.

Tabel 2.1 Karakteristik minyak kelapa sawit (Wahyuni, 2010).

Parameter	Satuan	Hasil
Kandungan Asam Lemak Bebas (ALB)	(%b/b)	0,32
Kadar air	(%b/b)	0,36
Bilangan penyabunan	mg KOH/g	212,9
Viskositas kinematik	cSt	44,38
Densitas (25 °C)	kg/m <sup>3</sup>	893,23

Minyak kelapa sawit pada umumnya memiliki warna kuning kemerah-merahan dan berbentuk kasar. Dengan suhu kamar, minyak sawit kasar berbentuk semi padat mempunyai titik cair 40-47 °C dengan bau yang sedap dan tahan terhadap ketengikan. Kandungan komponen non-gliserida pada minyak sawit sering disebut dengan komponen minor yaitu karotenoid, tokoferol, tokotrienol, sterol, fosfatida, triterpenik, dan alkohol alifatik. Komponen minor yang terdapat pada minyak sawit kurang lebih sekitar 1%. Pada minyak sawit kasar mengandung sekitar 500-700 ppm

koroten dan 600-1000 ppm tokotrienol dan tokoferol. Pada minyak sawit lebih banyak mengandung asam-asam palmitat, oleat dan linoleat dibandingkan dengan minyak sawit kasar (Indrayati, 2009). Pada Tabel 2.2 dapat dilihat asam-asam palmitat, oleat dan linoleat dibandingkan dengan minyak sawit kasar.

Tabel 2.2 Komposisi asam lemak pada minyak kelapa sawit kasar (Indrayati, 2009)

Kandungan Asam Lemak		Konsentrasi (% b/b)
Asam lemak	atom C	
Asam kaprilat	C8:0	-
Asam kaprat	C10:0	-
Asam laurat	C12:0	1,15
Asam miristat	C14:0	2,74
Asam palmitat	C16:0	26,18
Asam palmitoleat	C16:1	1,66
Asam stearat	C18:0	11,97
Asam oleat	C18:1	35,49
Asam linoleat	C18:2	12,76
Asam linolenat	C18:3	2,25
Asam lemak jenuh		43,78
Asam lemak tidak jenuh		53,22

Selain dengan karakteristik yang dimiliki oleh minyak sawit, peluang untuk dijadikan bahan baku pembuatan biodiesel yaitu minyak jarak. Di Indonesia dikenal ada dua macam tanaman jarak, yaitu jarak pagar (*Jatropha curcas*) dan jarak kepyar (*castor ricinus comunis*). Kandungan minyak yang terdapat pada biji jarak pagar sekitar 30 – 50 % dan mengandung 16 – 18 atom karbon per molekul. Sedangkan pada minyak bumi mengandung 8 – 10 atom karbon. Perbedaan kandungan atom karbon yang lebih besar pada minyak jarak mengakibatkan viskositas yang lebih tinggi dibandingkan viskositas minyak bumi (Said, 2010).

Tanaman jarak kepyar biasanya dikenal sebagai *kaliki*. Biasanya tanaman ini menjadi pohon perdu dengan tinggi 1-5 meter. Batangnya kebiru-biruan dan

permukaannya dilapisi lilin tipis sehingga tampak keputih-putihan. Tangkai daun ini mempunyai panjang (35-50 mm) dan berongga. Tanaman ini mempunyai bunga berbentuk tandan, mempunyai buah memanjang berlekuk tiga dan mempunyai duri tempel. Biji inilah yang nanti diolah menjadi minyak kastrol (Nurcholis, 2007). Pada Tabel 2.3 merupakan karakteristik dari minyak jarak (*Castor Oil*).

Tabel 2.3 Karakteristik fisik minyak jarak (Sattanathan, 2015).

<i>Properties</i>	Unit	Minyak Jarak ( <i>Castor Oil</i> )
Kandungan Asam Lemak Bebas	(%)	0,264
Titik Nyala	° C	298
Nilai Kalor	kJ/kg	35684,5
<i>Kinematic Viscosity</i>	cSt	109,53
Densitas	kg/m <sup>3</sup>	962,8

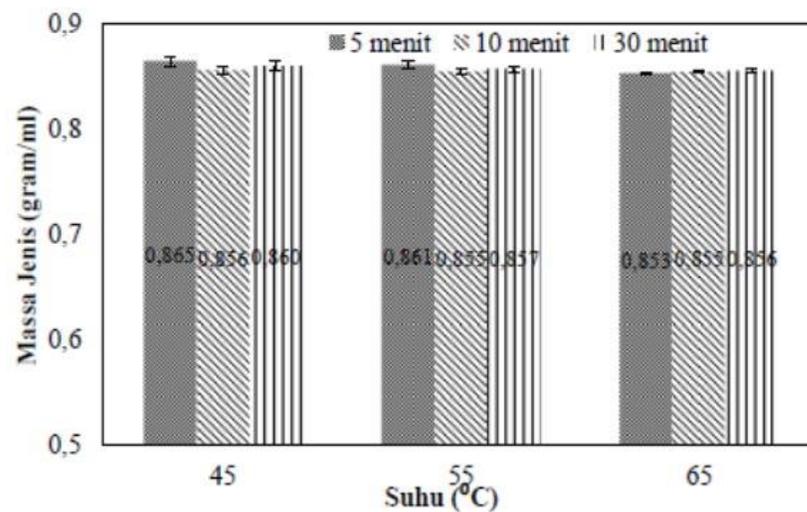
Karakteristik fisik minyak jarak di atas menunjukkan bahwa nilai viskositas kinematik minyak jarak lebih tinggi dibandingkan viskositas kinematik minyak sawit. Nilai densitas minyak jarak juga lebih tinggi dibandingkan dengan densitas minyak sawit. Hal ini dipengaruhi oleh kandungan asam lemak yang terdapat di minyak jarak. Tabel 2.4 menunjukkan komposisi asam lemak pada minyak jarak (*Castor Oil*).

Tabel 2.4 Komposisi asam lemak minyak jarak (Bailey, 1986).

Asam Lemak	jumlah (%)
Asam risinoleat	86
Asam oleat	8,5
Asam linoleat	3,5
Asam stearat	0,5-2,0
Asam dihidroksi stearat	1-2

Minyak jarak pada umumnya mempunyai komposisi kimia yang berbeda dari minyak nabati lainnya, sehingga minyak ini bernilai tinggi. Asam lemak pada minyak jarak 86% yang terdiri atas risinoleat, hanya sedikit mengandung asam dihidroksi stearat, linoleat, oleat, dan stearate (Bailey, 1986).

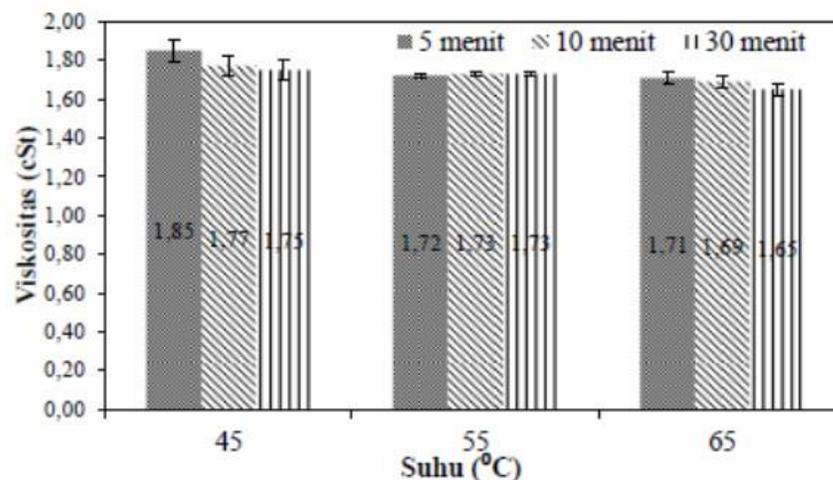
Sebuah penelitian dilakukan (Sinaga dkk, 2014) membahas tentang pengaruh waktu dan temperatur reaksi pada produksi biodiesel dan karakteristiknya dengan memanfaatkan minyak jelantah sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Penelitian dilakukan dengan melakukan reaksi *transesterifikasi* basa dengan perbandingan campuran metanol terhadap minyak jelantah 1:6 dan menggunakan tiga variasi temperatur (45°C, 55°C, dan 65°C) dan tiga variasi waktu reaksi (5 menit, 10 menit, dan 30 menit). Pengujian dilakukan dengan 3 kali percobaan tiap variasi. Hasil penelitian yang telah diperoleh dapat dilihat pada Gambar 2.1, yaitu grafik hubungan antara waktu dan temperatur dengan massa jenis biodiesel.



Gambar 2.1 Hubungan Antara Waktu Reaksi Dan Suhu Reaksi Terhadap Massa Jenis Biodiesel (Sinaga dkk, 2014).

Analisis massa jenis pada penelitian ini menggunakan piknometer. Gambar 2.1 menunjukkan bahwa massa jenis biodiesel yang tertinggi terjadi pada temperatur 45°C dan waktu 5 menit yaitu sebesar 0,865 g/ml, hal sebaliknya terjadi pada

temperatur 65°C dan waktu 5 menit dengan nilai massa jenis sebesar 0,853 g/ml. Semakin tinggi temperatur dan semakin lama waktu reaksinya, massa jenis biodiesel semakin rendah. Hal ini disebabkan oleh keberadaan gliserol dalam biodiesel yang dapat mempengaruhi massa jenis biodiesel karena gliserol memiliki massa jenis yang cukup tinggi (1,26 g/cm<sup>3</sup>), sehingga jika gliserol tidak terpisah dengan sempurna dari biodiesel, maka massa jenis biodiesel akan meningkat. Nilai yang telah diperoleh berada dalam kisaran standar mutu biodiesel Indonesia (SNI) yaitu 0,85-0,89 g/ml. Semakin tinggi konversi biodiesel maka densitas akan semakin rendah karena rantai karbon semakin pendek dan ikatan rangkap semakin sedikit. Nilai massa jenis biodiesel sangat ditentukan oleh kemurnian komponen metil ester dalam biodiesel. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) menunjukkan bahwa suhu, waktu dan interaksi antara suhu dan waktu reaksi tidak berpengaruh atau tidak berbeda signifikan pada taraf 95 %. Data viskositas untuk minyak jelantah pada penelitian tersebut yaitu 18,09 cP dan jika dikonversi ke satuan cSt maka didapat bahwa viskositas minyak jelantah yaitu 18,09 cP /0,85350 gr/ml (massa jenis minyak jelantah) adalah 15,43 cSt. Grafik hubungan antara suhu dan waktu reaksi terhadap viskositas biodiesel dan dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Hubungan Antara Waktu Reaksi Dan Suhu Reaksi Terhadap Viskositas Biodiesel (Sinaga dkk, 2014).

Semakin tinggi konversi biodiesel maka viskositas kinematik yang dihasilkan akan semakin rendah. Hal ini disebabkan karena semakin sedikit kadar asam lemak bebas yang masih berada pada biodiesel yang dihasilkan tersebut atau kemungkinan masih terdapat air dalam biodiesel akibat proses pencucian. Viskositas kinematik akan semakin turun ketika terjadi peningkatan nilai ketidakjenuhan dari biodiesel (Hanif., 2009.). Gambar 2.2 menunjukkan bahwa viskositas kinematik biodiesel tertinggi terjadi pada waktu 5 menit dan suhu 45°C yaitu sebesar 1,85 cSt, sedangkan viskositas kinematik biodiesel terendah pada waktu 30 menit dan suhu 65°C yaitu sebesar 1,65 cSt dan viskositas ini tidak memenuhi standar mutu viskositas SNI yaitu 2,3-6 cSt.

Minyak nabati, lemak hewan maupun minyak bekas direaksikan dengan alkohol melalui reaksi *transesterifikasi*. Penelitian ini dilakukan (Faizal dkk, 2013) dengan variasi temperatur 55-60°C selama 30 menit dan 60 menit dan variasi kadar metanol sebanyak 30% dan 40% dari bahan baku dengan jumlah katalis NaOH yang digunakan adalah 0,8% dan 1,0% dari bahan baku. Spesifikasi biodiesel yang dihasilkan telah sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI). Hasil pengujian densitas dan viskositas dari lemak sapi dapat dilihat Tabel 2.5 dan Tabel 2.6.

Tabel 2.5 Data Hasil Analisa Densitas Biodiesel Lemak Sapi (Faizal dkk, 2013).

<b>Sampel (T = 40°C)</b>	<b>Densitas (gram/ml)</b>
1	0,853
2	0.851
3	0.857
4	0.859
5	0.853
6	0.852
7	0.85
8	0.856

Tabel 2.6 Data Hasil Analisa Viskositas Biodiesel Lemak Sapi (Faizal dkk, 2013).

Sampel (T = 40°C)	Viskositas (cSt)
1	4.82
2	4.61
3	5.02
4	6.85
5	5.04
6	5.05
7	5.04
8	6.1

Tabel di atas menjelaskan tentang pengaruh kadar metanol, jumlah katalis NaOH dan waktu reaksi terhadap viskositas kinematic metil ester. Berat biodiesel terbanyak diperoleh pada kadar metanol sebesar 40% dengan 0.8% katalis NaOH pada waktu reaksi 30 menit. Dari hasil penelitian tabel di atas mengalami perbedaan antara sampel satu dengan yang lain, hal ini dikarenakan oleh pengaruh dari tahap pemurnian. Tahap pemurnian yang kurang baik akan menyebabkan densitas dari biodiesel bervariasi (Affandi dkk., 2013).

Berdasarkan uraian dari beberapa referensi di atas dapat disimpulkan bahwa perlu dilakukan riset tentang biodiesel campuran minyak sawit dan jarak. Hal ini dikarenakan minyak sawit memiliki rasio keluaran atau masukan energi yang cukup tinggi dibandingkan dengan minyak kedelai dan minyak kelapa (Indrayati, 2009). Proses pembuatan biodiesel dapat dilakukan dengan tahap *transesterifikasi*. Kadar asam lemak bebas yang dimiliki minyak sawit sebesar 0,32% (Wahyuni, 2010). Kadar asam lemak bebas pada minyak jarak kepyar (*racinus communis*) sebesar 0,79% (Dewi, 2015). Minyak nabati dengan kandungan asam lemak bebas kurang dari 2% maka hanya melakukan tahap *transesterifikasi* (Indrayati, 2009). Penelitian (Sinaga dkk, 2014) dilakukan dengan melakukan *transesterifikasi* basa dengan perbandingan molar minyak jelantah terhadap metanol 1:6 dan menggunakan

kombinasi tiga level suhu (45°C, 55°C, dan 65°C) dan tiga level waktu reaksi (5 menit, 10 menit, dan 30 menit). Hasil yang didapat bahwa semakin tinggi waktu dan temperatur biodiesel maka nilai densitas dan viskositas kinematik yang dihasilkan akan semakin rendah. Penelitian dengan metode yang sama dilakukan (Faizal dkk, 2013) dengan variasi temperatur 55-60°C selama 30 menit dan 60 menit dan variasi kadar metanol sebanyak 30% dan 40% dari bahan baku dengan jumlah katalis NaOH yang digunakan adalah 0,8% dan 1,0% dari bahan baku. Waktu reaksi yang berkisar 30 menit menyebabkan reaksi belum mencapai kesetimbangan karena menurut penelitian (Encinar dkk, 2005) waktu optimum yang dapat menghasilkan konversi terbesar terjadi pada waktu 60 menit dan reaksi telah berlangsung sempurna. Selain pengaruh reaksi waktu dan temperatur pada pembuatan biodiesel ada pengaruh lain, kualitas metanol dan katalis juga sangat berpengaruh pada pembuatan biodiesel untuk mereaksikan minyak agar *metil ester* dengan *gliserol* terpisah. Oleh karena itu, metode yang digunakan pada riset ini yaitu pengaruh waktu dan temperatur reaksi campuran biodiesel dengan proses *transesterifikasi* menggunakan metanol 15 % dan katalis KOH 1% dari volume minyak. Pengujian sifat fisik yang dilakukan mencakup densitas, viskositas, *flash point*, dan nilai kalor.

## 2.2 Dasar Teori

Sampai saat ini manusia tidak terlepas dari ketergantungan menggunakan bahan bakar fosil yang semakin lama akan semakin habis. Secara umum sumber energi dibagi menjadi dua, yaitu energi terbarukan (*renewable*) dan tak dapat diperbaharui (*non-renewable*). Sumber energi yang tidak dapat diperbaharui yaitu yang bersifat habis dan tidak dapat diperbaharui. Misalnya bahan bakar fosil, batubara, gas alam dan lain-lain. Sedangkan energi yang dapat diperbaharui yang secara otomatis bisa diisi kembali oleh alam secara berkelanjutan.

### 2.2.1 Minyak dan Lemak

Senyawa utama pembentuk minyak dan lemak merupakan senyawa trigliserida dari gliserol, di dalam proses pementukannya, trigliserida adalah hasil dari proses kondensasi dari tiga molekul asam lemak dan satu molekul gliserol. Pada umumnya ketiganya mempunyai asam lemak yang berbeda dengan membentuk satu molekul trigliserida dan satu molekul air. Berdasarkan penelitian (Herlina, 2002), kejenuhannya ikatan rangkap dibagi menjadi 2 yaitu:

a. Asam lemak jenuh.

Asam lemak jenuh yaitu asam lemak yang memiliki kandungan ikatan tunggal pada rantai hidrokarbonnya.

b. Asam lemak tak jenuh

Asam lemak tak jenuh ialah asam lemak yang mengandung satu ikatan rangkap pada rantai hidrokarbonnya.

Selain dapat diperbaharui biodiesel juga memiliki beberapa keunggulan diantaranya memiliki angka setana yang tinggi, bebas sulfur, ramah lingkungan, memiliki volatilitas yang rendah. Selain itu, biodiesel juga memiliki sifat pelumasan yang baik terhadap mesin (Miskah, 2016).

### 2.2.2 Biodiesel

Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar yang terbuat dari lemak hewan atau dari minyak tumbuh-tumbuhan (nabati). Biodiesel umumnya dapat diperbaharui dan merupakan bahan bakar yang terdiri dari campuran monoalkil ester dari rantai panjang asam lemak, inilah yang dipakai sebagai bahan bakar dari motor diesel. Biodiesel diakui sebagai bahan bakar alternatif dengan petroleum diesel dalam bentuk murni atau campuran 20% (Said, 2009). Biodiesel merupakan bahan bakar dari minyak nabati yang dikembangkan sesuai *blue print*. Bahan-bahan yang bias dipakai untuk membuat biodiesel antara lain minyak kelapa sawit (*crude palm oil*), minyak jarak pagar (*jatropha curcas*), jarak kepyar (*ricinus communis*), dan masih

banyak yang lainnya. (Nurcholis, 2007). Beberapa kelebihan yang dimiliki oleh biodiesel adalah sebagai berikut:

- a. Biodiesel mampu beroperasi dalam mesin konvensional tanpa harus memodifikasi mesin.
- b. Biodiesel tidak beracun dan aman.
- c. Biodiesel mengurangi emisi dan senyawa karsinogen.
- d. Biodiesel menghasilkan pembakaran sempurna.

### **2.2.3 Spesifikasi Biodiesel**

Biodiesel pada dasarnya harus memenuhi standar mutu biodiesel, ini bertujuan untuk menjamin bahwa biodiesel yang diproduksi aman dan layak untuk jadi bahan bakar. Berdasarkan Badan Standarisasi Nasional (BSN) melalui Standar Nasional Indonesia (SNI) syarat mutu biodiesel di Indonesia yaitu SNI 7182-2015 seperti terlihat pada Tabel 2.7, standar mutu biodiesel SNI 7182-2015 tidak jauh berbeda dengan *American Standard Testing and Material* (ASTM). Pada Tabel 2.8 adalah standar ASTM untuk biodiesel.

Tabel 2.7 Syarat mutu biodiesel SNI 7182-2015 (BSN, 2015).

No	Parameter Uji	Satuan Min/Maks	Persyaratan
1	Massa jenis pada 40 °C	kg/m <sup>3</sup>	850 – 890
2	Viskositas kinematik pada 40 °C	mm <sup>2</sup> /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 lempeng tembaga (3 jam pada 50 °C)		nomor 1
7	Residu karbon dalam percontohan asli; atau dalam 10% ampas	% massa maks	0,05 ; 0,3
8	Air dan sedimen	%-volume, maks	0,05
9	temperatur destilasi 90%	°C, maks	360
10	Abu tersulfatkan	%-massa, maks	0,02
11	Belerang	mg/kg, maks	50
12	Fosfor	mg/kg, maks	4
13	Angka asam	mg-KOH/g, maks	0,5
14	Gliserol bebas	%-massa, maks	0,02
15	Gliserol total	%-massa, maks	0,24
16	Kadar ester metil	%-massa, min	96,5
17	Angka iodium	%-massa (g-I <sub>2</sub> /100 g), maks	115
18	kestabilan oksidasi periode induksi metode rancimat atau periode induksi metode petro oksidasi	menit	480 36
19	Monogliserida	%-massa, maks	0,8

Tabel 2.8 *Biodiesel standard ASTM D 6751 (Burton, 2008).*

<i>Property</i>	<i>Test method</i>	<i>Limits</i>	<i>Unit</i>
<i>Calcium &amp; Magnesium</i>	<i>EN 14538</i>	<i>5 max ppm</i>	<i>(ug/g)</i>
<i>Flash point (closed cup)</i>	<i>D 93</i>	<i>93.0 min</i>	<i>oC</i>
<i>Water and sediment</i>	<i>D 2709</i>	<i>0.050 max</i>	<i>% volum</i>
<i>Kinematic viscosity, 40 oC</i>	<i>D 445</i>	<i>1.9-6.0</i>	<i>mm<sup>2</sup>/s</i>
<i>Sulfated ash</i>	<i>D 874</i>	<i>0.020 max</i>	<i>% mass</i>
<i>Sulfur</i>	<i>D5453</i>	<i>0.05 or 0.0015 max</i>	<i>% mass</i>
<i>Copper strip corrosion</i>	<i>D 1 30</i>	<i>No. 3 max</i>	
<i>Cetane number</i>	<i>D 61 3</i>	<i>47 min</i>	
<i>Cloud point</i>	<i>D 2500</i>	<i>report</i>	<i>oC</i>
<i>Carbon residue</i>	<i>D 4530</i>	<i>0.050 max</i>	<i>% mass</i>
<i>Acid number</i>	<i>D 664</i>	<i>0.50 max</i>	<i>mg KOH / g</i>
<i>Free glycerin</i>	<i>D 6584</i>	<i>0.02</i>	<i>% mass</i>
<i>Total glycerin</i>	<i>D 6584</i>	<i>0.24</i>	<i>% mass</i>
<i>Phosphorus content</i>	<i>D 4951</i>	<i>0.001 max</i>	<i>% mass</i>
<i>Distillation temperature, T90 AET</i>	<i>D 1 1 60</i>	<i>360 max</i>	<i>oC</i>
<i>Sodium/Potassium, combined</i>	<i>EN 14538</i>	<i>5 max, combined</i>	<i>ppm</i>
<i>Oxidation Stability</i>	<i>EN 14112</i>	<i>3 min</i>	<i>hours</i>
<i>Workmanship</i>	<i>Free of undissolved water, sediment, &amp; suspended matter</i>		

#### 2.2.4 Minyak Sawit

Minyak sawit dikenal sebagai tanaman tropis penghasil minyak sayur yang berasal dari Amerika, tepatnya di Brazil yang dipercayai minyak sawit tumbuh untuk pertama kalinya. Pertama kali dikenalkan di Indonesia pada tahun 1848 oleh pemerintah Belanda. Pada tahun 1911 tanaman ini mulai dibudidayakan secara komersial. Minyak sawit menghasilkan 5.000 kg minyak mentah, atau hampir 6000 liter tiap hektarnya. Minyak sawit juga mengandung kolesterol cukup rendah yaitu 3 mg/kg. Selain itu, kelapa sawit juga memiliki umur panjang sekitar 22 tahun

(Supraningsih, 2012). Potensi minyak sawit di Indonesia masih cukup besar untuk bahan baku biodiesel, walaupun sekitar 80% minyak sawit dunia masih digunakan untuk memenuhi kebutuhan pangan seperti minyak goreng, mi, margarin, dan lain-lain. Selain itu, minyak sawit juga digunakan sebagai bahan nanomakanan termasuk bahan baku pembuatan bahan bakar hayati, detergen, kosmetik, obat-obatan, sabun dan masih banyak lagi produk rumah tangga dan industri lainnya (Laporan *World Growth*, 2011). Di Indonesia produksi minyak sawit di tahun 2011 mencapai 26 juta ton, kemudian digunakan untuk kebutuhan domestik (sector pangan) sekitar 5 – 6 juta ton, dan sisanya diekspor secara mentah. Dan di tahun 2020 produksi minyak sawit diperkirakan sebesar 40 juta ton (Soerawidjaja, 2011).

### **2.2.5 Minyak Jarak**

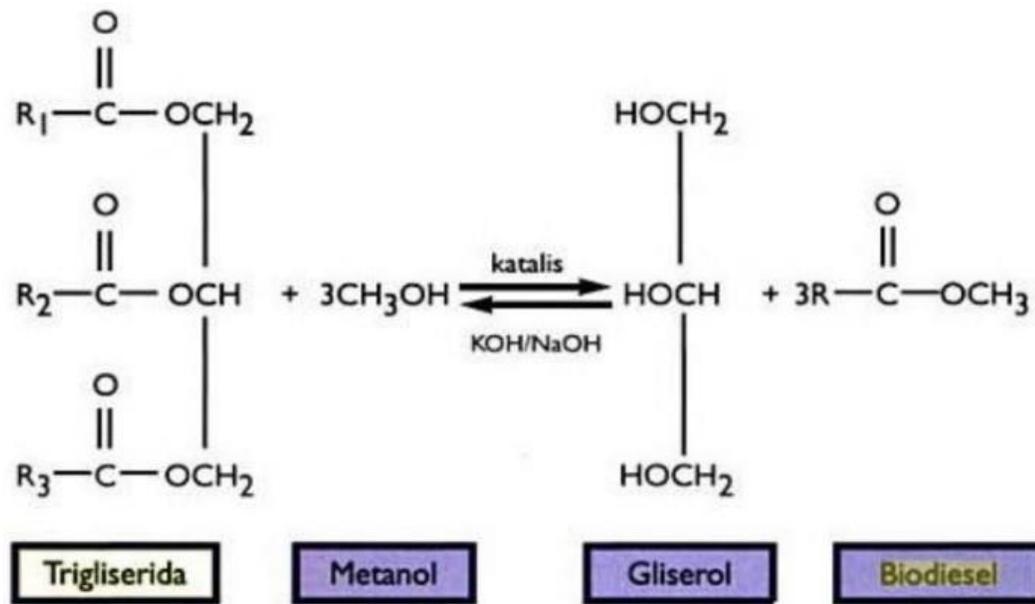
Jarak kepyar atau dalam bahasa latin (*Ricinus communis L*), merupakan tanaman yang berasal dari Afrika, tepatnya di Ethiopia. Jarak kepyar masuk ke Indonesia bersamaan dengan bangsa Portugis yaitu pada abad ke-16. Pada awalnya jarak kepyar dimanfaatkan untuk pengobatan. Di Indonesia tanaman jarak dikenal ada dua macam, yaitu jarak pagar dan jarak kepyar. Jarak kepyar merupakan tanaman semusim (*annual crops*), Sedangkan jarak pagar termasuk tanaman keras atau tahunan (*perennial crops*). Jarak kepyar memiliki kadar minyak 50 – 53,5 %, dan bisa dipanen antara umur 100 – 105 hari. Seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi biji jarak kepyar yang menghasilkan minyak kastor banyak digunakan untuk berbagai kepentingan industri (Widodo, 2013).

### **2.2.6 Proses Pembuatan Biodiesel**

#### **2.2.6.1 Transesterifikasi**

Proses *transesterifikasi* pertama kali dilakukan pada tahun 1853 oleh E. Duffy dan J. Patrick dengan melakukan reaksi antara trigliserida dan alkohol untuk memperoleh gliserol bebas dan ester alkil asam lemak. *Transesterifikasi* merupakan salah satu proses pembuatan biodiesel yang paling banyak digunakan dalam industri.

Berikut merupakan reaksi *transesterifikasi* trigliserida dengan metanol untuk menghasilkan metil ester (biodiesel).

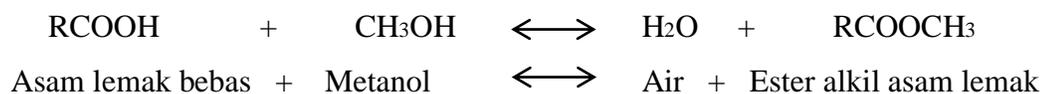


Gambar 2.3 Reaksi *transesterifikasi* (Nurhayati, 2014)

Selain menghasilkan biodiesel, pada proses *transesterifikasi* juga menghasilkan produk sampingan berupa gliserin (gliserol). Gliserin dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk membuat sabun. Bahan ini berfungsi sebagai pelembab (Nurhayati, 2014).

### 2.2.6.2 Esterifikasi

Kadar asam lemak bebas yang tinggi pada minyak nabati sangat merugikan, akibatnya rendemen minyak akan turun. Secara ilmiah, *esterifikasi* merupakan reaksi pembentukan ester dari asam karboksilat dengan alkohol. Asam lemak bebas diubah ke dalam bentuk ester metil asam lemak melalui pereaksian menggunakan metanol:



Reaksi *esterifikasi* ini merupakan reaksi kesetimbangan endoterm, sehingga diperlukan pemanasan untuk mempercepat reaksi ini. Reaksi ini merupakan reaksi kesetimbangan yang masih lambat, walaupun sudah dipercepat dengan katalis, adapun katalis yang cocok untuk reaksi *esterifikasi* adalah asam kuat, seperti asam sulfat, asam sulfonat organik, dan resin penukar kation asam kuat. Dalam pelaksanaannya, katalis yang sering digunakan adalah asam sulfat (Nurhayati, 2014).

### **2.2.7 Metanol**

Secara fisik metanol berbentuk cairan, mudah menguap, tidak berwarna, mudah terbakar, dan beracun dengan bau yang khas. Metanol adalah alkohol yang dapat dibuat dari gas alam, batubara, atau kayu. Metanol disebut juga metil alkohol yang merupakan senyawa paling sederhana dari gugus alkohol. *Wood alcohol* atau spiritus merupakan senyawa kimia dengan rumus kimia  $\text{CH}_3\text{OH}$ . Metanol berguna sebagai bahan pendingin anti beku, pelarut, bahan bakar dan sebagai bahan *additif* bagi etanol industri. Metanol diproduksi secara alami oleh metabolisme anaerobik oleh bakteri. Dari proses tersebut, uap metanol (dalam jumlah kecil) kemudian dilepaskan di udara. Setelah beberapa hari dengan bantuan sinar matahari, uap metanol tersebut akan teroksidasi dan menjadi karbon dioksida dan air (Merlina, 2015).

### **2.2.8 Katalis**

Katalis adalah zat kimia yang digunakan untuk mempercepat laju suatu reaksi serta menurunkan kondisi operasi. Reaksi *transesterifikasi* dan reaksi *esterifikasi* merupakan proses reaksi yang lambat, maka diperlukan katalis untuk mempercepat laju proses rekasinya. Katalis pada umumnya memiliki 2 macam yang digunakan pada saat proses reaksi *esterifikasi* dan *transesterifikasi*.

#### **2.2.8.1 Katalis Basa**

Katalis basa adalah jenis katalis yang umum digunakan pada reaksi *transesterifikasi*. Hal ini disebabkan oleh keunggulannya, yaitu memberikan

laju reaksi 4.000 kali lipat lebih besar daripada katalis asam. Beberapa jenis katalis basa yang umum digunakan adalah NaOH, KOH, NaOCH<sub>3</sub>, dan KOCH<sub>3</sub> (Budiman dkk, 2014).

#### **2.2.8.2 Katalis Asam**

Katalis asam merupakan zat kimia yang digunakan untuk memproduksi biodiesel dari minyak dengan kadar nilai FFA yang sangat tinggi melewati tahap reaksi *esterifikasi*. Katalis asam yang sangat baik digunakan untuk proses reaksi *esterifikasi* seperti H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, dan HCl (Budiman dkk, 2014). Katalis asam ini memiliki sifat korosif sehingga sangat diperlukannya reaktor yang bisa menahan dari sifat katalis asam ini.

### **2.2.9 Sifat Fisik Bahan Bakar Cair**

Secara umum, struktur bahan bakar cair tidak rapat dan mempunyai molekul yang mudah bergerak dibanding dengan bahan bakar padat. Selain itu, bahan bakar cair juga bersifat mudah terbakar, mengandung racun, mudah meledak, dan mempunyai kandungan zat pencemar. Sifat bahan bakar juga sangat erat dengan kualitas baik itu secara optimis pembakaran maupun dampak terhadap lingkungan. Sifat bahan bakar cair dapat diuji dengan densitas, *flash point*, nilai kalor, dan viskositas.

#### **2.2.9.1 Densitas**

Densitas adalah suatu besaran kerapatan massa benda yang dinyatakan dalam berat benda setiap satuan volum benda tersebut. Massa jenis rata-rata benda adalah total massa dibagi dengan total volume. Densitas dipengaruhi oleh berat molekul minyak dan derajat ketidakjenuhan. Derajat ketidakjenuhan yang semakin besar akan menyebabkan densitas yang semakin kecil. Densitas juga berkaitan dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan mesin per satuan volume bahan bakar (Dewi, 2015). Nilai densitas juga dapat diprediksi dari densitas

asam lemak penyusunnya (Indrayati, 2009). Selain itu densitas juga dipengaruhi karena adanya zat-zat pengotor seperti gliserol hasil dari reaksi penyabunan, asam-asam lemak yang tidak terkonversi menjadi biodiesel, sodium hidroksida sisa, air, ataupun sisa metanol yang masih terdapat dalam biodiesel (Setiawati, 2012).

### **2.2.9.2 Viskositas**

Viskositas adalah ukuran kekentalan suatu fluida yang menunjukkan besar kecilnya gesekan internal fluida dan berhubungan dengan gaya gesek antarlapisan fluida. Fluida memiliki kekentalan yang berbeda-beda, biasanya dinyatakan dengan  $\eta$ . Untuk mengetahui nilai besar kecilnya suatu viskositas dapat diukur dengan menggunakan alat *viscometer*. Jika viskositas semakin tinggi maka membutuhkan tekanan yang tinggi pula untuk mengalirkan bahan bakar. Hal ini sangat penting, karena berpengaruh pada kerja injektor pada mesin. Oleh karena itu bahan bakar harus memiliki viskositas yang relatif rendah agar dengan mudah dapat teratomisasi dan mengalir (Dewi, 2015). Selain itu viskositas juga dipengaruhi oleh jumlah ikatan rangkap (Indrayati, 2009).

### **2.2.9.3 Titik Nyala (*Flash Point*)**

Titik nyala yaitu nilai yang menyatakan suhu terendah dari campuran bahan bakar dengan udara masih menyala. Jika penyalaan yang terjadi secara kontinyu, maka suhu itu disebut titik api. Dengan demikian kita dapat mengetahui materi-materi yang volatil dan mudah terbakar, sehingga secara tidak langsung titik nyala akan berkaitan erat dengan kerja mesin, keamanan dan penyimpanan. Titik nyala yang rendah akan berbahaya karena beresiko dengan penyalaan. Titik nyala yang tinggi akan memudahkan penyimpanan bahan bakar, karena bahan bakar tidak mudah terbakar (Widyastuti, 2007).

#### 2.2.9.4 Nilai Kalor (*Heating Value*)

Nilai kalor adalah ukuran energi yang terkandung di dalam suatu bahan bakar. Nilai kalor juga dapat menentukan tingkat konsumsi bahan bakar tiap satuan waktu. Semakin tinggi nilai kalor, maka semakin ekonomis (Widyastuti, 2007). Pada umumnya nilai kalor mempunyai batas atas *Higher Heating Value (HHV)* dan batas bawah *Lower Heating Value (LHV)*. Nilai kalor atas atau *Higher Heating Value (HHV)* yaitu nilai kalor yang diperoleh dari pembakaran 1 kg bahan bakar dengan memperhitungkan panas kondensasi uap (air yang dihasilkan dari pembakaran berada dalam wujud cair). Sedangkan *Lower Heating Value (LHV)* yaitu nilai kalor yang diperoleh dari pembakaran 1 Kg bahan bakar tanpa memperhitungkan panas kondensasi uap (air yang dihasilkan dari pembakaran berada dalam wujud gas/uap) (Napitupulu, 2006). Selain itu *flash point* juga dipengaruhi oleh komposisi asam lemak bebas bahan baku (Miskah, 2016).