

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Minyak sawit secara fisik lebih kental 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 (Atika, 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

Parameter	Satuan	Hasil
Kandungan Asam Lemak Bebas (ALB)	(%b/b)	0,32
Kadar air	(%b/b)	0,36
Bilangan penyabunan	(%)	213,06
Viskositas kinematik	cSt	44,38
Densitas (25 ⁰ C)	kg/m ³	893,23

Atika (2010)

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 curkas*) 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 (M. Said 2010).

Di daerah Jawa Barat, jarak kepyar biasa disebut *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 2.2 merupakan karakteristik dari minyak jarak (*Castor Oil*).

Tabel 2. 2 Karakteristik fisik minyak jarak (*Castor Oil*)

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

(Sattanathan, 2015)

Pada umumnya minyak jarak mempunyai komposisi kimia yang berbeda dari minyak nabati lainnya, sehingga minyak ini bernilai tinggi. Asam lemak pada minyak kastor 90% yang terdiri atas risinoleat, hanya sedikit mengandung asam dihidroksi stearat, linoleat, oleat, dan stearate (Mardiyah, 2011). Tabel 2.3 menunjukkan komposisi asam lemak pada minyak jarak (*Castor Oil*).

Tabel 2. 3 Komposisi asam lemak minyak jarak (*Castor Oil*)

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

(Bailey, 1950)

Pada dasarnya minyak kelapa sawit berwarna kuning kemerah-merahan dan berbentuk kasar. Dengan suhu kamar, minyak sawit kasar berbentuk semi padat mempunyai titik cair 40-47⁰C dengan bau yang sedap dan stabil atau

resisten 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 karoten dan 600-1000 ppm tokotrienol dan tokoferol. Pada minyak sawit lebih banyak mengandung asam-asam palmitat, oleat dan linoleat dibandingkan dengan minyak inti sawit (Indrayati, 2009). Pada tabel 2.4 dapat dilihat asam-asam palmitat, oleat dan linoleat dibandingkan dengan minyak inti sawit.

Tabel 2. 4 Komposisi asam lemak pada minyak kelapa sawit kasar.

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

(Indrayanti 2009)

Dari tinjauan di atas dapat dilihat bahwa minyak sawit dan jarak berpotensi besar untuk dikembangkan menjadi bahan baku biodiesel. Ini karena minyak sawit memiliki rasio keluaran atau masukan energi yang cukup tinggi dibandingkan dengan minyak kedelai dan minyak rapa (Indrayati, 2009). Kadar asam lemak bebas yang dimiliki minyak sawit sebesar 0,32% (Atika, 2010). Sedangkan kadar asam lemak bebas pada minyak jarak kepyar (*racinus communis*) sebesar 0,79% (Dewi, 2015). Dan menurut Nurayati (2014) tingkat ekstraksi minyak sawit lebih

dari 22% dan memiliki kandungan asam lemak jenuh di bawah 2%. Pada proses pembuatan biodiesel dapat dilakukan dengan tahap *esterifikasi* dan atau *transesterifikasi*. Ini tergantung pada kandungan asam lemak bebas yang dimiliki masing-masing minyak nabati. Minyak nabati dengan kandungan asam lemak bebas lebih dari 2% maka perlu dilakukan tahap *esterifikasi* (Indrayati, 2009).

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, batu bara, 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 kejenuhannya ikatan rangkap dibagi menjadi 2 yaitu (Herlina 2002):

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 (Said, 2009). Biodiesel merupakan bahan bakar dari minyak nabati yang dikembangkan sesuai *blue print*. Bahan-bahan yang bisa 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.

Biodiesel diakui sebagai bahan bakar alternatif dengan petroleum diesel dalam bentuk murni atau campuran 20% (Said, 2009).

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 2.5, standar mutu biodiesel SNI 7182-2015 tidak jauh berbeda dengan *American Standard Testing and Material* (ASTM). Pada tabel 2.6 adalah standar ASTM untuk biodiesel.

Tabel 2. 5 Syarat mutu biodiesel SNI 7182-2015

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 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 ₂ /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

(BSN 2015)

Tabel 2. 6 Biodiesel standard ASTM D 6751

<i>Property</i>	<i>Test method</i>	<i>Limits</i>	<i>Unit</i>
<i>Calcium & 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>°C</i>
<i>Water and sediment</i>	<i>D 2709</i>	<i>0.050 max</i>	<i>% volum</i>
<i>Kinematic viscosity, 40 °C</i>	<i>D 445</i>	<i>1.9-6.0</i>	<i>mm² / 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>°C</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>0.020</i>	<i>% mass</i>
<i>Total glycerin</i>	<i>D 6584</i>	<i>0.240</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>°C</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, & suspended matter</i>		

(Burton 2008)

2.2.4 Minyak Sawit

Minyak sawit dikenal sebagai tanaman teropis penghasil minyak sayur yang berasal dari Amerika, tepatnya di Brazil yang dipercayai minyak sawit tumbuh untuk pertamakalinya. pertama kali dikenalkan di Indonesia pada tahun 1848 oleh pemerintah belanda. Dan 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 (Supraniningsih, 2012).

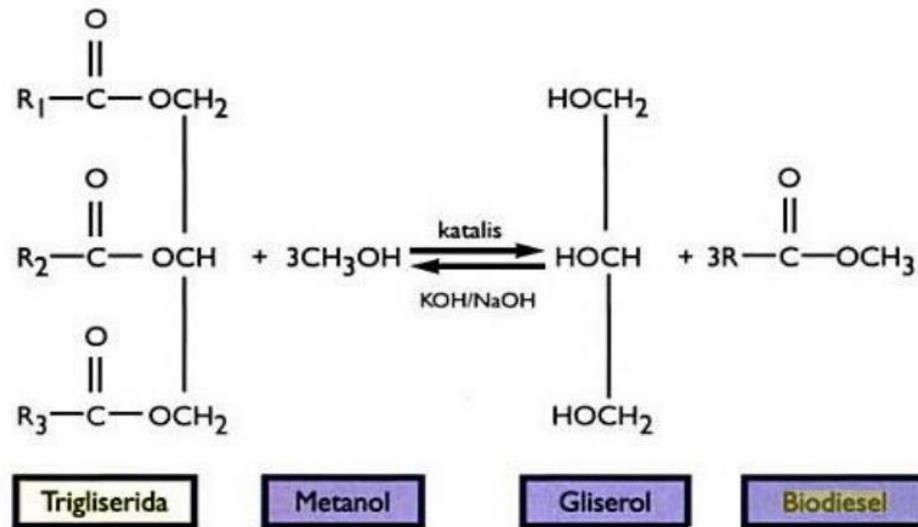
Potensi minyak sawit di Indonesia masih cukup besar untuk bahan baku biodiesel, walaupun sekitar 80% minyak sawit dunia masih digunakan untuk memenuhi kebutuhan pangan seperti minyak goreng, mi, margarin, dan lain-lain. Selain itu minyak sawit juga digunakan sebagai bahan nanomakanan termasuk bahan baku 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 (sektor 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 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).

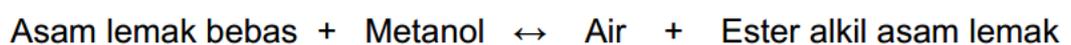
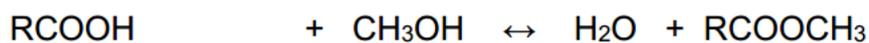


Gambar 2. 1 Reaksi *transesterifikasi* (Nurhayati, 2014)

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).

2.2.7 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).

2.2.8. 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 CH_3OH . 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)

2.2.9 Sifat Fisik Bahan Bakar Cair

Pada dasarnya bahan bakar cair adalah bahan bakar yang strukturnya 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. Sejalan dengan itu 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 yaitu pengukuran massa jenis setiap satuan volum benda. Massa jenis rata-rata benda adalah total massa dibagi dengan total volume. Densitas bertujuan untuk menentukan zat. 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 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).

2.2.9.3 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).

2.2.9.4 Viskositas

Viskositas yaitu kekentalan suatu fluida. Pada fluida memiliki kekentalan yang berbeda-beda, biasanya dinyatakan dengan η . 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).