

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Minyak kelapa merupakan bahan baku biodiesel yang cukup baik karena memiliki kadar Asam Lemak Bebas (ALB) rendah (<1 %). Berikut merupakan beberapa karakteristik yang dimiliki oleh minyak kelapa terlihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Karakteristik minyak kelapa (*coconut oil*) (Padil, 2010)

No	Karakteristik	Satuan	Nilai
1	Kandungan asam lemak bebas (ALB)	%	0,656
2	Kandungan air	%	0,152
3	Massa jenis	kg/m ³	923,4
4	<i>Viskositas kinematic</i>	mm ² /s	10,29

Selain itu dengan karakteristik yang dimiliki oleh minyak kelapa ini bahan baku lainnya yang dapat dijadikan bahan biodiesel yaitu minyak jarak (*Castor oil*). Minyak jarak merupakan tanaman asli ethiopia yang sudah menyebar ke seluruh dunia terutama daerah tropika diantaranya India, Afrika Selatan dan Tengah serta Asia Tenggara. Biji jarak kepyar mengandung minyak 46-57% (Widodo, 2007).

Jarak kepyar (*Ricinus communis L*) merupakan tanaman dari famili *Euphorbiaceae* yang mengandung sumber minyak nabati yang bisa berkembang baik dan tumbuh di lahan kering dan marginal. Sekarang ini jarak kepyar semakin populer karena tuntutan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar minyak. Selain untuk penghasil biodisel, minyak jarak kepyar (*castor oil*) juga merupakan salah satu sumber bahan kimia industri terbarukan (Santoso, 2014). Berikut merupakan karakteristik dari minyak jarak dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Karakteristik fisik minyak jarak (*castor oil*) (Sattanathan, 2015)

Propertis	Minyak Jarak (<i>Castor oil</i>)
Asam lemak bebas (%)	0,264
Densitas (Kg/m ³)	962,8
Titik nyala (⁰ C)	298
Nilai kalor (kJ/kg)	35684,5
Kinematic Viscosity (mm ² /s)	109,53

Minyak jarak mempunyai komposisi kimia berbeda dengan minyak nabati pada umumnya, sehingga minyak ini bernilai tinggi. Asam lemak pada minyak kastor 90% terdiri atas risinoleat, hanya sedikit mengandung asam dihidroksi stearat, linoleat, oleat, dan stearat. Bahan yang tidak tersaponifikasi terdiri atas β -sitosterol. Asam risinoleat merupakan asam lemak yang tersusun dari 18 atom karbon, satu ikatan rangkap (tidak jenuh), dan mempunyai gugus fungsional hidroksil pada atom C ke-12. Gugus fungsional ini menyebabkan minyak kastor bersifat polar (Mardiyah, 2011). Tabel 2.3 berikut menunjukkan komposisi asam lemak pada minyak jarak.

Tabel 2.3 Komposisi asam lemak minyak jarak (*castor oil*) (Bailey, 1986)

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

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Tazora dengan melakukan pencampuran menggunakan dua metode yaitu metode pertama dengan mencampurkan minyak biji karet dengan minyak biji jarak pagar kemudian metode yang kedua mencampurkan biodiesel biji karet dengan biodiesel jarak pagar.

Adapun hasil yang diperoleh dari mencampurkan 80% biodiesel jarak dan 20% biodiesel biji karet menghasilkan bilangan setana dan nilai viskositas kinematik yang terbaik. Nilai viskositas pada campuran biodiesel jarak pagar dan biodiesel biji karet lebih baik dari campuran minyak jarak pagar dan minyak biji karet (Tazora, 2011). Hasil analisis pencampuran 20% biodiesel biji karet dengan 80% biodiesel jarak pagar ditunjukkan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Hasil analisis biodiesel dari pencampuran biodiesel jarak pagar dan biodiesel biji karet dan ratio 80:20 (Tazora, 2011)

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

Menurut Indrayati dalam penelitiannya, campuran antara biodiesel minyak jarak dan kelapa menghasilkan biodiesel terbaik dibandingkan dengan minyak nabati lainnya yaitu minyak kedelai, biji rapa, dan minyak kelapa sawit. Metode pencampuran terbaik adalah pencampuran antara biodiesel dengan biodiesel dibandingkan metode pencampuran minyak dengan minyak nabati lainnya. Sifat fisik biodiesel meliputi viskositas dan densitas pada biodiesel campuran jarak pagar-kelapa pada kedua metode pencampuran dan campuran jarak pagar-metil laurat menghasilkan nilai yang sesuai dengan standar ASTM D 6751 dan SNI dan menunjukkan sifat yang lebih baik dari biodiesel jarak pagar (Indrayati, 2009). Analisa campuran biodiesel jarak pagar dengan biodiesel kelapa ditunjukkan pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Analisa campuran biodiesel jarak pagar dengan biodiesel kelapa (Indrayati, 2009)

Perlakuan	Konsentrasi		Karakteristik	
	Jarak %- v/v	Kelapa %-v/v	Densitas g/cm ³	Viskositas mm ² /detik
J100	100	0	0,8765	8,50
C100	0	100	0,8805	5,67
JC10	10	90	0,8804	2,83
JC20	20	80	0,8804	5,67
JC30	30	70	0,8802	2,84
JC40	40	60	0,8795	2,84
JC50	50	50	0,8792	5,68
JC60	60	40	0,8793	5,68
JC70	70	30	0,8785	5,69
JC80	80	20	0,8790	5,69
JC90	90	10	0,8788	5,69

Menurut Setyaningsih dalam penelitiannya, melakukan pencampuran antara minyak jarak dan minyak kelapa dapat dilakukan dengan dua metode yakni metode 1 yaitu pencampuran dalam bentuk biodiesel dan metode 2 dalam bentuk minyak sebelum di jadikan biodiesel. Pencampuran metode 2 menghasilkan titik awan yang lebih tinggi dan titik tuang yang lebih rendah dibanding metode 1 dan nilainya relatif konstan (Setyaningsih, 2010). Karakteristik fisik dari beragam biodiesel yang di analisa ditunjukkan pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Karakteristik fisik biodiesel (Setyaningsih, 2010)

Biodiesel	Viskositas (cSt, 40°C)	Densitas (g/ml, 40°C)
Jarak	8,557	0,8765
Kelapa	5,679	0,8805
Kelapa sawit	8,566	0,8756
Biji rapa	8,566	0,8756
Kedelai	8,498	0,8826

Dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, dapat diambil kesimpulan bahwa minyak jarak dan minyak kelapa potensial sebagai bahan baku pembuatan *biodiesel*. Proses transesterifikasi mensyaratkan bahan baku minyak nabati yang digunakan mengandung asam lemak bebas (ALB) < 1% (Syah, 2006), *free fatty acid (FFA)* > 5% (Tazora, 2011). Sedangkan minyak kelapa memiliki kadar asam lemak bebas sebesar 0,656% (Padil, 2010), 0,20% (Indrayati, 2009). Hasil analisis bahan baku yang dilakukan oleh dewi menunjukkan bahwa minyak jarak kepyar (*ricinus communis*) memiliki kandungan asam lemak bebas sebesar 0,79% (Dewi, 2015). Sehingga kedua minyak tersebut tidak perlu melewati proses pendahuluan atau *esterifikasi*. Minyak jarak memiliki viskositas cenderung jauh lebih tinggi dari minyak kelapa. Upaya peningkatan kualitas biodiesel dapat dilakukan dengan cara pencampuran minyak nabati baik itu dalam bentuk biodiesel maupun dalam bentuk minyak sebelum proses biodiesel (Indrayati, 2009).

Minyak jarak dan minyak kelapa melalui proses pencampuran langsung dengan memperhatikan komposisi campuran terhadap sifat minyak. Berdasarkan (Indrayati, 2009) pada penelitiannya menganjurkan pencampuran dilakukan dalam bentuk biodiesel karena dari data yang diperoleh menunjukkan hasil terbaik pencampuran antara biodiesel jarak dan biodiesel kelapa. Dari penelitian yang dilakukan oleh (Setyaningsih, 2010), minyak jarak dan minyak kelapa terbukti dapat dilakukan pencampuran dengan dua metode yaitu pencampuran dalam bentuk *biodiesel* dan dalam bentuk minyak sebelum dijadikan *biodiesel*, namun pada penelitian tersebut hanya meneliti stabilitas oksidasi, sedangkan *flash point* dan nilai kalor belum dilakukan.

Oleh sebab itu penelitian dengan tema pengaruh komposisi terhadap sifat *campuran minyak* dengan bahan baku campuran minyak jarak dan minyak kelapa layak untuk dilakukan penelitian lebih lanjut.

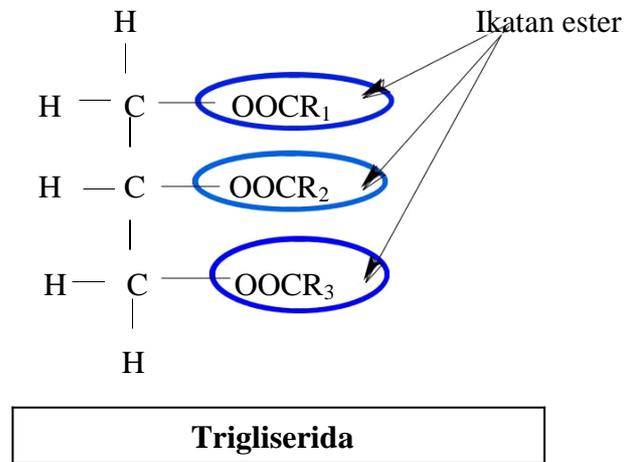
2.2. Dasar Teori

Pada era 1970-an adanya ketergantungan pada minyak bumi yang telah menimbulkan upaya untuk mengurangi ketergantungan terhadap minyak bumi dengan melakukan serangkaian penelitian untuk mendapatkan sumber-sumber energi alternatif. Sumber daya energi terbarukan merupakan sumber energi yang menghasilkan hasil yang konstan dalam rentang waktu jutaan tahun (Syah, 2006). Beberapa jenis sumber energi yang terkategori sebagai sumber energi terbarukan adalah sinar matahari, aliran air sungai, angin, panas bumi, gelombang laut, arus pasang surut, dan biomassa yang didalamnya termasuk biogas, biodiesel, bioetanol, biobriket, dan biokerosen.

Biodiesel merupakan energi alternatif yang dapat digunakan sebagai bahan bakar pengganti bahan bakar fosil. Biodiesel diperoleh dari minyak nabati dan hewani yang sifatnya dapat diperbaharui (Manai). Kelebihan dari biodiesel dibandingkan dengan bahan bakar diesel/solar adalah bersifat ramah lingkungan, dapat diperbaharui (*renewable*), dapat terurai (*biodegradable*), memiliki pelumasan terhadap piston mesin karena termasuk kelompok minyak tidak mengering (*non-drying-oil*), mampu mengeliminasi efek rumah kaca, dan kontinuitas ketersediaan bahan baku terjamin (Hambali S. , 2006).

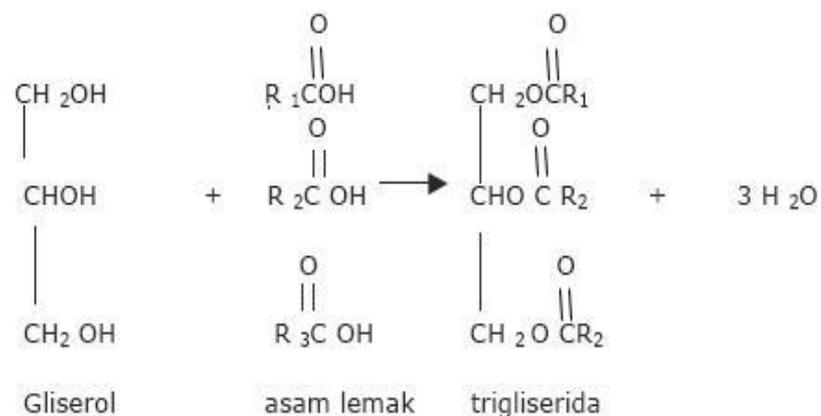
2.2.1. Minyak/Lemak

Minyak/ lemak adalah cairan organik yang tidak dapat bercampur atau larut didalam air ataupun pelarut polar. Berdasarkan strukturnya, minyak/lemak adalah senyawa trigliserol atau trigliserida. Yaitu senyawa yang memiliki gliserol dengan 3 ikatan ester. Senyawa trigliserida tersusun dari gliserol dan 3 senyawa asam lemak. Penyusun asam lemak minyak/lemak dapat heterogen ataupun homogen. Struktur dari trigliserida disampaikan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Struktur penyusun trigliserida

Proses pembentukannya, trigliserida adalah hasil dari proses kondensasi tiga molekul asam lemak dan satu molekul gliserol, yang membuat bentuk satu molekul air dan satu molekul trigliserida. Reaksi pembentukan trigliserida dapat di lihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Reaksi pembentukan trigliserida

Asam lemak yang tidak dapat terikat dalam gliserol disebut asam lemak bebas. Trigliserida adalah kandungan yang paling besar pada lemak dan minyak yaitu >95%. Sisanya merupakan asam lemak bebas dan komponen lain.

Minyak atau lemak dalam bentuk cair ataupun padat pada suhu kamar dipengaruhi oleh 2 faktor, yaitu:

a. Ikatan rangkap

Semakin banyak ikatan rangkapnya, minyak atau lemak semakin membentuk cairan pada suhu kamar.

b. Panjang rantai

Semakin panjang rantai karbon, lemak atau minyak akan semakin membentuk padat pada suhu kamar (ruang).

2.2.2. Biodiesel

Bahan bakar yang dikembangkan sesuai *blue print* pengelolaan energi nasional disebut sebagai biodiesel. Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif sebagai pengganti bahan bakar minyak (BBM) untuk mesin diesel (Hambali M. , 2007). Biodiesel bisa dibuat dari minyak mentah kelapa sawit, minyak biji jarak pagar, minyak kelapa dan juga tanaman lainnya (Nurcholis, 2007). Biodiesel ini sendiri adalah suatu produk yang didapat dari hasil reaksi *transesterifikasi* minyak nabati atau hewani dengan methanol dan katalisator NaOH atau KOH (Nuryanti, 2014). Biodiesel sebagai bahan bakar alternatif yang mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan bahan bakar *diesel petroleum* (Nuryanti, 2014). Beberapa keunggulan yang dimiliki oleh biodiesel adalah:

- a. biodiesel merupakan bahan bakar yang tidak beracun dan dapat di biodegradasi;
- b. bilangan setana yang tinggi;
- c. mengurangi emisi karbon monoksida, hidrokarbon dan NOx; dan
- d. terdapat dalam fasa cair.

Jika dibandingkan dengan bahan bakar solar, biodiesel memiliki sifat bisa diperbaharui (*renewable*), ramah lingkungan, bisa terurai (*biodegradable*), dan mempunyai sifat pelumasan yang baik terhadap piston mesin, dapat mengeliminasi efek rumah kaca serta kontinuitas ketersediaan bahan baku yang terjamin (Nuryanti, 2014). Biodiesel mempunyai sifat ramah lingkungan karena menciptakan emisi gas buang yang jauh lebih baik dibandingkan diesel atau solar, yaitu bebas sulfur, bilangan asap rendah (*smoke number*), dan angka setana (*cetane number*) berkisar antara 57-62 sehingga efisiensi pembakarannya lebih baik, terbakar sempurna (*clean burning*) dan tidak menghasilkan racun (*nontoxic*).

Beberapa kelemahan minyak nabati adalah ketidakstabilannya terhadap oksidasi, dan juga sifat pada temperatur rendahnya buruk (Sudradjat.R, 2007).

2.2.3. Spesifikasi Biodiesel

Spesifikasi biodiesel yang akan melalui proses pencampuran harus sesuai dengan standar yang telah ditetapkan karena standar tersebut dapat dipastikan bahwa biodiesel yang didapat 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 terlihat pada Tabel 2.7, standar mutu biodiesel SNI 7182-2015 tidak jauh berbeda dengan American Standard Testing and Material (ASTM). Standar ASTM untuk biodiesel dapat dilihat pada Tabel 2.8.

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 ³	850 – 890
2	Viskositas kinematic 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 percontoh 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 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

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

No	Parameter uji	Satuan, min/maks	Persyaratan
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

Tabel 2.8 Biodiesel Standard ASTM D 6751
(Burton, 2008)

Property	Test Method	Limits	Units
Calcium&Magnesium	EN 14538	5 max ppm	(ug/g)
Flash point (closed cup)	D 93	93.0 min	°C
Water and sediment	D 2709	0.050 max	% volume
Kinematic viscosity, 40 °C	D 445	1.9-6.0	mm ² / s
Sulfated ash	D 874	0.020 max	% mass
Sulfur	D5453	0.05 or 0.0015 max	^a % mass
Copper strip corrosion	D 130	No. 3 max	
Cetane number	D 613	47 min	
Cloud point	D 2500	Report	°C
Carbon residue	D 4530	0.050 max	% mass
Acid number	D 664	0.50 max	mg KOH / g
Free glycerin	D 6584	0.020	% mass
Total glycerin	D 6584	0.240	% mass
Phosphorus content	D 4951	0.001 max	% mass
Distillation temperature, T90 AET	D 1160	360 max	°C
Sodium/Potassium, combined	EN 14538	5 max, combined	Ppm
Oxidation Stability	EN 14112	3 min	Hours
Workmanship	Free of undissolved water, sediment, & suspended Matter		

2.2.4. Minyak Jarak

Tumbuhan jarak kepyar (*Ricinus communis L*) merupakan tanaman yang tumbuh di daerah sub tropik atau tropis, dan bisa hidup pada ketinggian 0-800 m di atas permukaan laut termasuk dalam family *euphorbiaceae*. Biji jarak terdiri dari 75% kernel (daging biji) dan 25% kulit biji. Minyak jarak memiliki komposisi kandungan asam lemak yang terlihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Kandungan asam lemak minyak jarak kepyar (castor oil)
(Andyna, 2009)

Asam lemak	Jumlah (%)
Asam risinoleat	86
Asam dihidroksi stearat	1-2
Asam stearate	0,5-20
Asam oleat	8,5
Asam linoleat	3,5

Di Indonesia belum ada perkebunan yang membudidayakan jarak dengan skala besar. Sejalan dengan bertambahnya informasi dan pengetahuan menunjukkan bahwa minyak jarak memiliki potensi yang besar untuk dimanfaatkan sebagai salah satu bahan baku pembuatan biodiesel, dengan adanya dukungan masyarakat serta beberapa perusahaan swasta dan BUMN di Indonesia mulai untuk melestarikan tumbuhan jarak pagar dengan areal lahan yang variatif yaitu mulai dari 100-1000 ha (Hambali M. , 2007).

Ada beberapa jenis tanaman jarak yang tercatat di Indonesia, semuanya dari famili *Euphorbiaceae*, satu famili dengan karet dan ubi kayu. jarak pagar (*Jatropha curcas*), jarak kaliki/ kastor (*Ricinus communis*), jarak gurita (*Jatropha multifida*) dan jarak landi (*Jatropha gossypifolia*). Keempat jenis jarak tersebut menghasilkan minyak akan tetapi jarak kaliki tidak cocok dipakai untuk bahan baku pembuatan biodiesel karena nilai viskositasnya sangat tinggi (Nuryanti, 2014).

2.2.5. Minyak Kelapa

Kelapa merupakan jenis tanaman serba guna. Seluruh bagian tanaman ini bermanfaat bagi kehidupan manusia. Itulah sebabnya tanaman ini dikenal diseluruh nusantara. Minyak kelapa telah berabad-abad dikenal dalam kehidupan manusia. minyak ini memenuhi lebih dari 10% kebutuhan minyak nabati dunia. Secara fisik minyak kelapa berwarna kuning kecoklatan, dengan titik beku pada suhu 18-20°C dan mulai mencair pada suhu 23-26°C. Berat jenis minyak kelapa yaitu berkisar 0,91-0,93 (Setyamidjaja, 1984).

Minyak kelapa didapatkan dari buah kelapa yang sudah tua, yaitu didapat dari daging buah kelapa yang diolah menjadi minyak dari ekstrak pembuatan santan. Bisa juga didapat melalui proses pengeringan buah kelapa sampai kering dan menjadi kopra dan kemudian diproses untuk mendapatkan minyak kelapanya. Berdasarkan kandungan asam lemak, minyak kelapa digolongkan kedalam minyak asam laurat karena kandungan asam tersebut paling besar dibandingkan dengan asam lemak lainnya. Potensi tumbuhan kelapa di wilayah Indonesia sangat besar. Hal ini dilihat dari produksi kelapa dalam negeri yang selalu mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Salah satu alternatif dalam pemanfaatan minyak kelapa adalah mengkonversi minyak tersebut menjadi biodiesel (Hambali M. , 2007).

2.2.6. Sifat Fisik Bahan Bakar Cair

Sifat dari bahan bakar cair yang akan digunakan pada mesin atau peralatan lainnya harus diketahui lebih dulu, dengan tujuan hasil dari pembakaran dapat mencapai tingkat maksimal. Secara umum sifat dari bahan bakar cair yang harus diketahui ialah sebagai berikut:

2.2.6.1. Densitas

Densitas merupakan perbandingan massa terhadap volume, semakin tinggi massa jenis suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya. Minyak yang mempunyai berat jenis tinggi berarti minyak tersebut mempunyai kandungan panas (*heating value*) yang rendah (Kholidah, 2014). Nilai massa jenis suatu zat dipengaruhi oleh temperatur. Semakin tinggi temperatur, kerapatan suatu zat semakin rendah karena molekul molekul yang saling berikatan akan terlepas. Kenaikan temperatur menyebabkan volume suatu zat bertambah, sehingga massa jenis dan volume suatu zat memiliki hubungan yang berbanding terbalik (Anjarsari, 2015).

Secara matematika massa jenis dinyatakan dengan persamaan:

$$\rho = \frac{m}{V} \dots\dots\dots (2.1)$$

keterangan:

ρ = massa jenis air (kg/m^3);

m = massa benda (kg);

V = volume benda (m^3).

2.2.6.2. Viskositas

Viskositas adalah ukuran yang menyatakan kekentalan suatu cairan atau fluida (gesekan internal fluida). Gaya viskos melawan gerakan sebagian fluida reaktif terhadap gaya yang lain. 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.

A. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Viskositas

Di bawah ini merupakan beberapa hal yang mempengaruhi viskositas, ialah sebagai berikut:

a. Tekanan

Viskositas cairan meningkat seiring dengan naiknya tekanan, akan tetapi viskositas gas tidak berpengaruh pada tekanan.

b. Temperatur/Suhu

Viskositas akan menurun seiring dengan meningkatnya suhu, sedangkan viskositas gas mengalami kenaikan seiring dengan meningkatnya suhu. Pemanasan zat cair mengakibatkan molekul–molekulnya mendapatkan energi. Molekul–molekul cairan bergerak sehingga gaya interaksi antar molekul menurun. Dengan demikian viskositas cairan akan menurun dengan meningkatnya temperatur.

c. Kedatangan zat lain

Tambahan gula tebu menaikkan viskositas air, adanya bahan tambahan seperti bahan suspensi menaikkan viskositas air. Pada minyak atau gliserin tambahan air akan mengakibatkan viskositas menurun karena minyak ataupun gliserin akan semakin encer, dan waktu alirnya akan bertambah cepat.

d. Ukuran dan berat molekul

Viskositas naik seiring meningkatnya berat molekul. Misalnya laju aliran alkohol cepat, kekentalanya tinggi, dan larutan minyak laju aliran lambat sehingga viskositasnya juga tinggi.

e. Berat molekul

Viskositas akan meningkat jika ikatan rangkap semakin bertambah banyak.

f. Kekuatan antar molekul

Viskositas air naik dengan adanya ikatan hidrogen.

g. Konsentrasi larutan

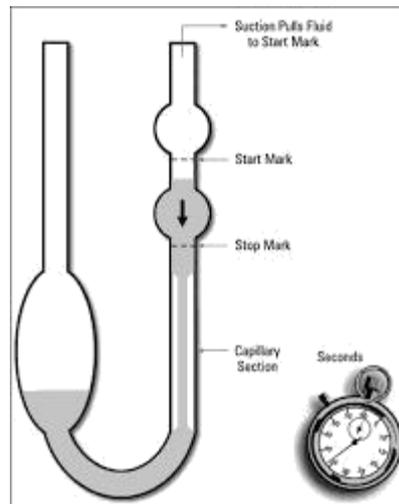
Viskositas berbanding lurus dengan konsentrasi larutan. Suatu larutan dengan konsentrasi tinggi akan memiliki viskositas yang tinggi pula, karena konsentrasi larutan menyatakan banyaknya partikel zat yang terlarut, gesekan antar partikel semakin tinggi dan viskositasnya semakin tinggi pula

B. Alat Ukur Viskositas

Viskometer merupakan alat yang digunakan untuk mengetahui nilai viskositas/kekentalan suatu fluida/larutan. Kebanyakan viskometer mengukur kecepatan dari suatu cairan yang mengalir melalui pipa gelas. Ada beberapa macam viskometer yang biasa digunakan antara lain:

a. Viskometer *Kapiler/Ostwald*

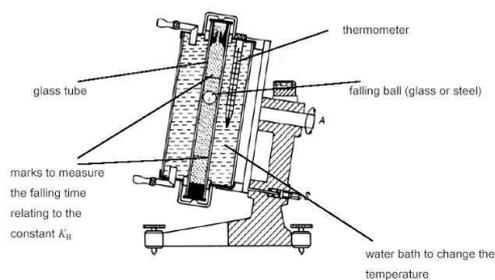
Viskositas dari cairan yang ditentukan dengan menghitung waktu yang diperlukan cairan tersebut untuk melewati antara dua tanda ketika mengalir karena pengaruh gravitasi melalui viskometer *ostwald*. Waktu alir dari cairan yang diuji dibandingkan dengan waktu yang dibutuhkan bagi suatu zat yang viskositasnya sudah diketahui (biasanya air) untuk lewat dua tanda tersebut.



Gambar 2.3 Viskometer *Oswald*

b. Viskometer *Hoppler*

Berdasarkan hukum Stokes pada kecepatan bola maksimal, terjadi keseimbangan sehingga gaya gesek sama dengan gaya berat. Prinsip kerjanya ialah menggelindingkan bola kaca melewati tabung gelas yang berisi zat cair yang sedang di teliti. Kecepatan jatuhnya bola adalah fungsi dari resiprok sampel.



Gambar 2.4 Viskometer *Hoppler*

c. Viskometer *Cup dan Bob*

Cara kerjanya ialah digeser dalam ruang antara dinding bagian luar dari bob dan dinding cup dimana bob masuk persis diantara keduanya. Kekurangan viskometer ini ialah terjadinya aliran penyumbat yang disebabkan geseran yang tinggi di sepanjang keliling bagian tube sehingga mengakibatkan menurunnya konsentrasi. Penurunan konsentrasi ini mengakibatkan bagian tengah zat yang ditekan keluar menjadi padat.

Hal ini disebut aliran sumbat. Prinsip kerjanya sampel digeser dalam ruangan antara dinding luar dari *bob* dan dinding dalam dari *cup* dimana *bob* masuk persis ditengah – tengah.



Gambar 2.5 Viskometer *Cup dan Bob*

Kelemahan viscometer ini ialah terjadinya aliran penyumbat yang dikarenakan geseran yang tinggi di sepanjang keliling bagian tube sehingga mengakibatkan menurunnya konsentrasi. Penurunan konsentrasi ini mengakibatkan bagian tengah zat yang ditekan keluar menjadi padat. Hal ini disebut aliran sumbat.

d. Viskometer *Cone dan Plate*

Cara penggunaan alat ini adalah sampel diletakkan di tengah-tengah papan, kemudian dinaikkan hingga posisi dibawah kerucut. Kerucut digerakkan oleh motor dengan bermacam kecepatan dan sampelnya digeser di dalam ruang semitransparan yang diam dan kemudian kerucut yang berputar.

Ada beberapa hal yang mempengaruhi akurasi dari alat ini, misalnya:

- i. digunakan pada *cone dan plate*
- ii. ukuran sampel

- iii. waktu yang dibutuhkan untuk memungkinkan sampel stabil pada pelat sebelum terbaca.
- iv. kebersihan kerucut dan plat
 - v. jenis bahan, tinggi atau rendah viskositas, ukuran partikel
- vi. tipe *cone*, *cone* rentang yang lebih rendah menghasilkan akurasi yang lebih tinggi
- vii. *shear rate* ditempatkan untuk sampel



Gambar 2.6 Viskometer *Cone dan Plate*

Prosedur Kalibrasi pada Viskometer *Cone/Plate* antara lain:

- a. atur jarak antara *cone spindle* dan *plate* sesuai dengan instruksi manual.
- b. pilih viskositas standard yang akan menghasilkan nilai pembacaan antara 10% hingga 100% dari *Full Scale Range* (FSR). Sebaiknya pilih standard dengan nilai mendekati 100% FSR.
- c. masukkan sampel ke dalam cup dan diamkan selama 15 menit supaya mencapai suhu yang telah diatur.
- d. lakukan pengukuran dan catat hasilnya baik % Torque dan cP. Catatan:

- *spindle* dibiarkan berputar minimal 5 putaran sebelum data diambil.
- standard penggunaan pada rentang 5 cP s.d 5.000 cP diatur untuk *instrument cone/plate*. Jangan gunakan viskositas standard melebihi 5.000 cP.

Toleransi dari viskometer Brookfield adalah 1% dari Full Scale Range (FSR). FSR merupakan nilai maksimal yang terukur oleh alat dengan kombinasi pengaturan Spindle dan Kecepatan putar spindle yang telah ditetapkan. Sedangkan toleransi dari cairan standard adalah 1% dari nilai Viskositas cairan yang bersangkutan.

C. Viskositas Fluida

Viskositas suatu fluida didefinisikan dalam dua cara yang berbeda, dan kedua definisi ini sangat banyak digunakan.

a. Kekentalan Dinamik atau Absolute Viskositas Dinamis

Kekentalan Dinamik atau Absolute Viskositas Dinamis merupakan rasio tegangan geser yang dihasilkan ketika fluida mengalir. Dalam satuan SI diukur dalam pascal-detik atau newton detik per meter persegi, tapi centimeter-gram-detik (cgs) Unit, centipoise itu, lebih diterima secara luas, dengan

$$1 \text{ centipoise (cP)} = 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s} = 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{s/m}^2$$

Centipoise adalah satuan viskositas yang digunakan dalam perhitungan berdasarkan Reynolds persamaan dan berbagai persamaan pelumasan *elastohydro dynamic*.

b. Viskositas Kinematik

Viskositas kinematik adalah sama dengan viskositas dinamis dibagi dengan kepadatan. Dalam Unit SI adalah meter persegi per detik, akan tetapi satuan cgs, Centistoke, lebih luas diterima, dengan 1 centistoke (Cst) = $1 \text{ mm}^2/\text{s}$

Centistoke merupakan unit yang paling sering dikutip oleh pemasok pelumas dan pengguna. Dalam prakteknya, perbedaan antara viskositas kinematik dan dinamis tidak paling penting untuk minyak. Viskositas kinematik merupakan parameter pertama untuk menentukan mutu metil ester, karena mempunyai peran besar dalam efektivitas metil ester sebagai bahan bakar. Minyak nabati mempunyai viskositas yang lebih besar dari viskositas bahan bakar diesel yang menjadi kendala penggunaan langsung minyak nabati sebagai bahan bakar. Salah satu tujuan utama dari transesterifikasi ialah menurunkan viskositas minyak nabati supaya mencapai standar bahan bakar diesel (Sumangat, 2008).

Secara matematika viskositas dinyatakan dengan menggunakan persamaan :

$$v = \frac{\mu}{\rho} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

v = viskositas kinematik (cSt),
 μ = viskositas dinamik (mPa.s), dan
 ρ = massa jenis (kg/m^3).

2.2.6.3. Titik Nyala (*Flash Point*)

Flash point merupakan suatu nilai yang menyatakan suhu paling rendah dari bahan bakar minyak dimana akan keluar percikan api sesaat jika di permukaan minyak diletakkan nyala api. Titik nyala ini dibutuhkan sehubungan dengan adanya pertimbangan-pertimbangan mengenai keamanan dari pengangkutan bahan bakar minyak dan penimbunan minyak terhadap bahaya kebakaran. Titik nyala tidak mempunyai pengaruh besar dalam persyaratan pemakaian bahan bakar minyak untuk ketel uap atau mesin diesel (Kholidah, 2014).

2.2.6.4. Nilai Kalor (*Calorific Value*)

Nilai kalor merupakan suatu angka yang menyatakan jumlah panas / kalori yang dihasilkan dari proses pembakaran sejumlah tertentu bahan bakar dengan udara/oksigen. Nilai kalor berbanding terbalik dengan berat jenis (*density*). Pada volume yang sama, semakin kecil nilai kalornya, semakin besar berat jenis suatu minyak demikian juga sebaliknya semakin tinggi nilai kalornya maka berat jenis semakin rendah (Kholidah, 2014).

Nilai kalor atas 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 kCal/kg atau Btu/lb (satuan *british*) (Kholidah, 2014

