

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Dari penelitian (Yuniasri, 2007) pada proses pembuatan biodiesel menggunakan campuran larutan metanol NaOH (45 liter + 1 kg) masukkan ke dalam reaktor transesterifikasi yang berisi minyak kelapa 125 kg, kemudian dipanaskan selama 2 jam pada temperatur 50°C tekanan atmosfer. Selanjutnya dilakukan proses *recovery* metanol dalam *flash drum*, kemudian didiamkan untuk memisahkan *cocodiesel* dan gliserin. Untuk mendapatkan *cocodiesel* yang bersih diekstrak menggunakan air. Dapat dilihat pada tabel 2.1 menghasilkan data sifat biodiesel kelapa dibandingkan dengan sifat minyak solar.

Tabel 2. 1 Perbandingan hasil pengujian *cocodiesel* dengan standart SNI.

No	Parameter	Minyak kelapa	<i>Cocodiesel</i> BBKK	Minyak solar	Biodiesel SNI
1	Kadar air %. vol	0,5	0,02	0,05	Max 0,05
2	Cetana index	-	41	48	-
3	Cetana number	-	60,0	Min 45	Min 51
3	Density pada 40° C, kg/m ³	920	874	870	850-890
4	Titik nyala °C	198	130	66-78	Mon-100
	Viscositas	-	2,858	1,6-5,8	2,3 – 6,0
5	Sulphur content % mass	-	0,01	0,5	Max 0,05
6	Carbon residu % mass	-	0,5	0,1 max	Max 0,05

(Yuniasri, 2007)

Proses pembuatan biodiesel dijalankan secara kontinyu menggunakan *Continuous Microwave Biodiesel Reactor* yang di dalam reaktor terdapat pipa kaca yang berisi katalis padat sebagai tempat terjadinya reaksi antar reaktan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja *Contionuous Microwave Biodiesel Reactor* (CMBR) dan mengetahui pengaruh variabel-variabel, yaitu: Bilangan *Reynol* dengan level 2000, 3000, dan 5000, rasio mol umpan metanol: umpan trigliserida dengan level 5:1, 6:1, dan 7:1 serta berat katalis 3 gram, 6 gram, dan 9 gram. Sedangkan variabel tetap pada penelitian ini adalah suhu 70°C. Proses

berlangsung selama satu jam sesuai dengan kondisi operasi yang diinginkan. Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan oleh (Kusmardiana, dkk, 2015), didapatkan data hasil penelitian dapat dilihat pada tabel 2.2.

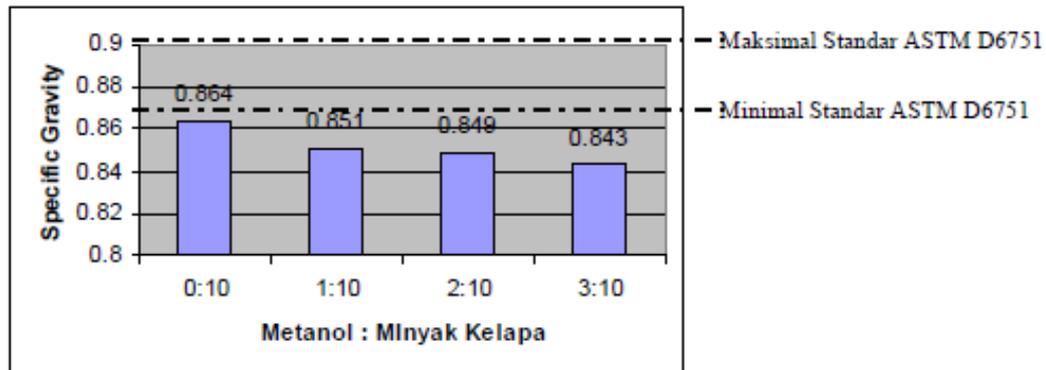
Tabel 2. 2 Hasil penelitian Metanolisis Minyak Kelapa pada Pembuatan Biodiesel dengan Menggunakan *Continuous Microwave Biodiesel Reactor (CMBR)*

Sampel	Rasio Mol	Berat Katalis	NRe	Konversi	Densitas (g/ml)	Viskositas (cSt)
1	5:1	6 gram	2000	83,05%	0,937	3,718
2	5:1	6 gram	3000	85,88%	0,936	4,018
3	5:1	6 gram	5000	86,32%	0,935	3,033
4	6:1	6 gram	2000	82,82%	0,935	3,785
5	6:1	6 gram	3000	85,17%	0,933	3,461
6	6:1	6 gram	5000	86,29%	0,933	3,330
7	6:1	3 gram	2000	72,05%	0,935	3,420
8	6:1	3 gram	3000	87,08%	0,934	3,750
9	6:1	3 gram	5000	85,67%	0,934	3,710
10	6:1	9 gram	2000	84,37%	0,941	4,368
11	6:1	9 gram	3000	86,32%	0,938	3,994
12	6:1	9 gram	5000	85,92%	0,937	3,775
13	7:1	6 gram	2000	83,00%	0,938	4,043
14	7:1	6 gram	3000	84,31%	0,937	3,431
15	7:1	6 gram	5000	85,45%	0,937	3,045

(Kusmardiana, dkk, 2015)

Penelitian yang dilakukan oleh (Sinarep & Mirmanto, 2011) pada penelitian ini menggunakan bahan baku minyak kelapa yang dihasilkan dengan cara proses pirolisis kondensasi, setelah itu diproses dengan cara transesterifikasi menggunakan alat *hot plate*, dipanaskan sampai pada suhu 50°C-55°C, dicampur dengan metanol-KOH 1%, sambil diaduk selama 30 menit. Setelah proses selesai didiamkan selama

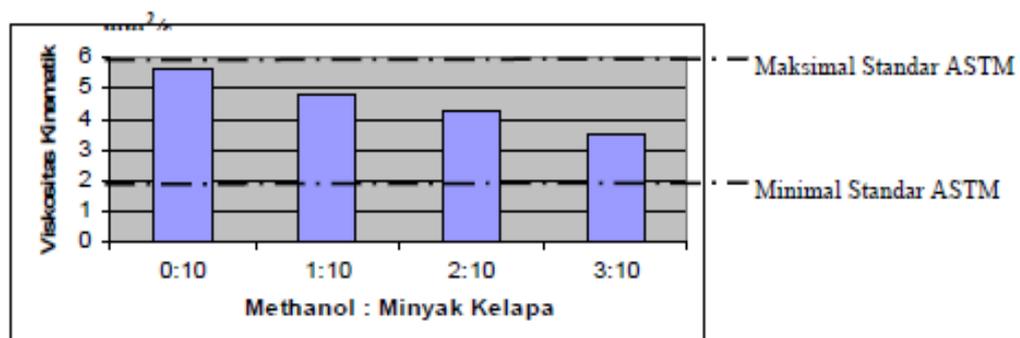
24 jam. Selanjutnya biodisel yang sudah jadi dilakukan pengujian densitas, hasilnya dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1 *Spesific Gravity* biodisel minyak kelapa (Sinarep & Mirmanto, 2011)

Dari gambar grafik di atas nilai *specific gravity* paling tinggi didapat pada biodisel minyak kelapa murni dengan nilai *specific gravity* sebesar 0,864. Selanjutnya terjadi penurunan nilai *specific gravity* seiring dengan penambahan metanol. Hal ini dikarenakan metanol yang bercampur sempurna dengan minyak kelapa. Dimana biodiesel yang dihasilkan seluruh trigliseridanya berikatan dengan alkohol (metanol) yang memiliki *specific gravity* lebih rendah dari *specific gravity* minyak kelapa yaitu sebesar 0,793.

Bahan bakar biodiesel berdasarkan standar biodiesel ASTM D6751 yang baik memiliki viskositas kinematis antara 1,9 sampai 6 mm²/s. Pada bahan bakar biodiesel hasil proses transesterifikasi metanol-minyak kelapa 0:10, 1:10, 2:10, dan 3:10 memenuhi standar biodiesel ASTM D6751 dengan besar viskositas kinematis secara berturut adalah 5,65 mm²/s, 4,80 mm²/s, 4,29 mm²/s, dan 3,52 mm²/s. Hasilnya dapat dilihat juga pada gambar 2.2.

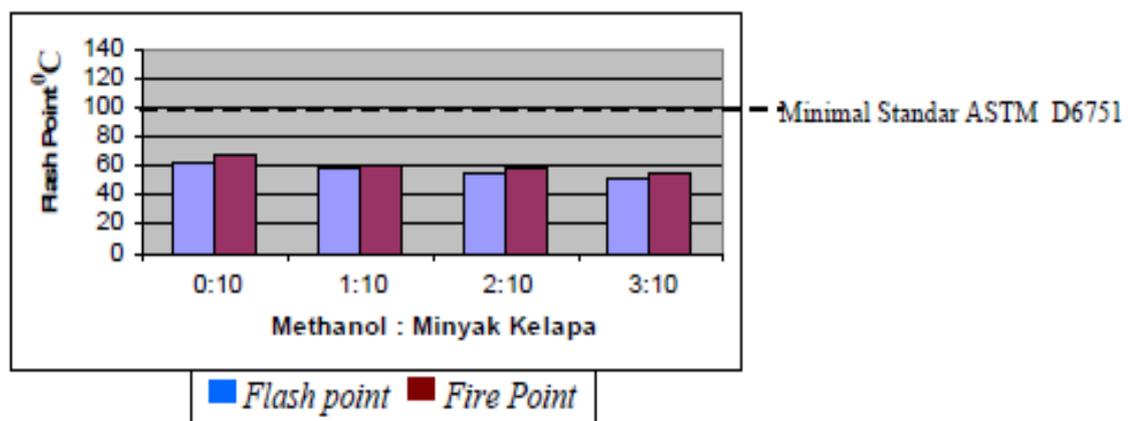


Gambar 2. 2 Viskositas biodisel minyak kelapa (Sinarep & Mirmanto, 2011)

Pada bahan bakar biodiesel dari hasil transesterifikasi, semakin tinggi kadar metanolnya mengakibatkan nilai viskositas kinematiknya semakin rendah. Dengan demikian kadar metanol berbanding terbalik dengan besar viskositas kinematis bahan bakar biodiesel dari hasil proses transesterifikasi. Bahan bakar biodiesel dengan viskositas yang tinggi memiliki kemampuan melumaskan yang baik, tetapi viskositas atau kekentalan yang terlalu tinggi akan mengganggu dan menyulitkan pompa bahan bakar dalam mengalirkan bahan bakar ke ruang bakar sehingga penggunaan dalam mesin diesel memerlukan modifikasi atau tambahan peralatan khusus pada mesin, misalnya penambahan pemanas bahan bakar sebelum sistem pompa dan *injektor* bahan bakar untuk menurunkan viskositas.

Sebaliknya semakin rendah viskositas maka makin cepat waktu menghabiskannya, karena makin mudah mengalir dan tahanannya semakin kecil. Selain itu kemampuan melumaskannya sangat rendah, akibatnya pompa-pompa bahan bakar kurang terlumasi dan cenderung terjadi kebocoran pada pompa bahan bakar serta keausan pada pompa dan *injektor* bahan bakar.

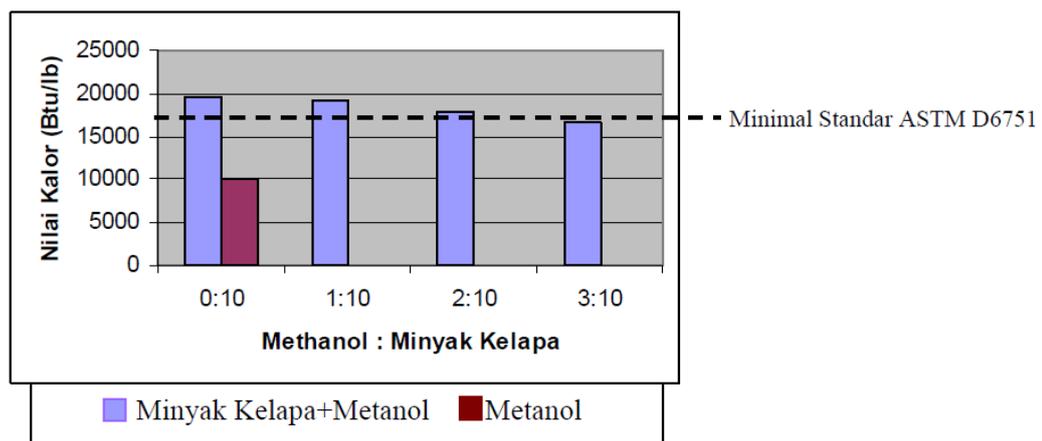
Dilihat dari gambar 2.3 dapat dilihat rata-rata *flash* dan *fire point* bahan bakar diesel dari minyak kelapa hasil pirolisis yang paling besar dihasilkan oleh minyak kelapa murni berturut-turut sebesar 62°C, 33°C dan 67°C dan yang paling kecil dihasilkan oleh biodiesel minyak kelapa dengan perbandingan metanol-minyak kelapa 3:10 sebesar 52°C dan 56°C.



Gambar 2. 3 *Flash point* dan *fire point* pada biodiesel minyak kelapa (Sinarep & Mirmanto, 2011)

Nilai *flash point* yang relatif rata-rata rendah disebabkan karena minyak kelapa hasil pirolisis sedikit sekali mengandung kandungan asam lemak. Dimana kandungan asam lemak sendiri yang menyebabkan bahan bakar sulit terbakar, sehingga membutuhkan temperatur yang lebih tinggi agar bahan bakar dapat menyala atau terbakar. Penurunan *flash point* disebabkan karena pada reaksi transesterifikasi trigliserida dipecahkan dan mengeluarkan esternya. Ester yang telah pecah kemudian berikatan dengan molekul alkohol (metanol) sehingga membentuk metil-ester. Dimana nilai *flash point* dari alkohol (metanol) yang sangat rendah (12°C) menyebabkan biodiesel yang dihasilkan memiliki *flash point* yang lebih rendah. Semakin banyak penambahan metanol pada proses transesterifikasi maka semakin banyak ester yang berikatan dengan molekul alkohol dan menyebabkan nilai *flash point*-nya akan semakin menurun (Sinarep & Mirmanto, 2011)

Analisa kalor suatu bahan bakar dimaksud untuk mengetahui besar energi kalor yang dapat dibebaskan oleh suatu bahan bakar dengan terjadinya reaksi atau proses pembakaran. Nilai kalor suatu bahan bakar dapat dicari menggunakan alat 1341 *Adiabatic Bomb Calorimeter* pada gambar 2.4

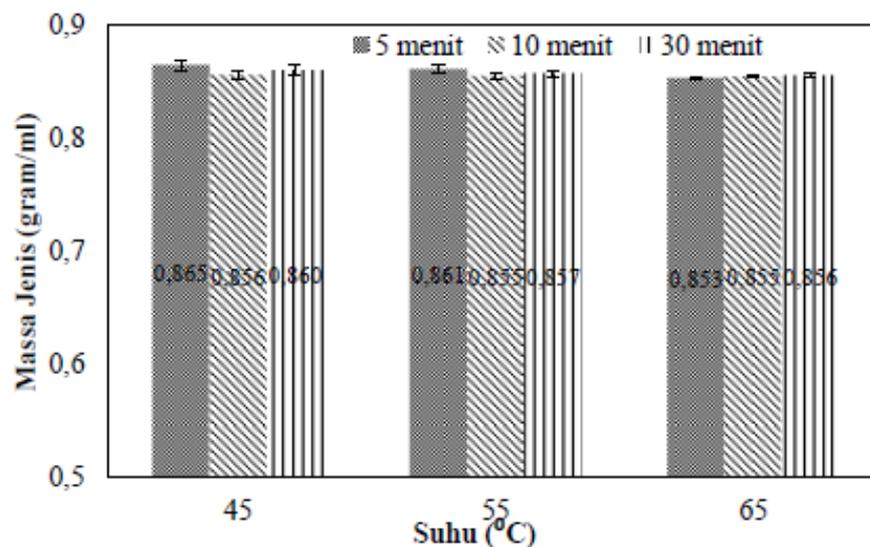


Gambar 2. 4 Nilai Kalor. (Sinarep & Mirmanto, 2011)

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa biodiesel minyak kelapa semakin besar kandungan metanolnya, berakibat nilai kalornya akan semakin rendah. Hal ini disebabkan karena tidak terjadi pemisahan antara biodiesel dengan gliserin pada

proses transesterifikasi sehingga kandungan metanolnya masih tinggi. Jadi dapat dikatakan bahwa kandungan metanol pada bahan bakar biodiesel hasil proses transesterifikasi minyak kelapa hasil pirolisis berbanding terbalik dengan nilai kalor yang dikandungnya.

Penelitian ini dilakukan (Sinaga, dkk, 2014) bertujuan untuk memanfaatkan minyak jelantah sebagai bahan baku pembuatan biodiesel dan mempelajari pengaruh waktu dan suhu reaksi pada produksi biodiesel dan karakteristiknya. Penelitian 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). Setiap perlakuan dilakukan dengan 3 kali ulangan. Dari penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh grafik hubungan antara waktu dan suhu dengan massa jenis biodiesel dan dapat dilihat pada gambar 2.5 (*error bars* adalah standar deviasi).

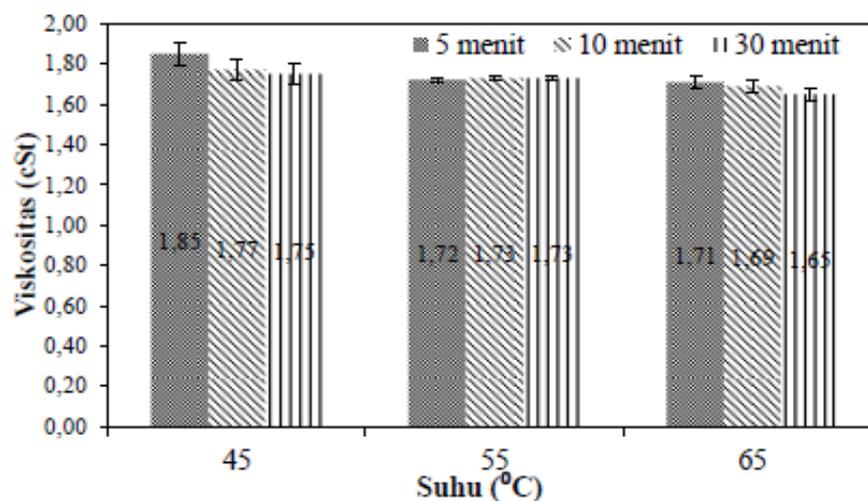


Gambar 2. 5 Hubungan Antara Waktu Reaksi Dan Suhu Reaksi Terhadap Massa Jenis Biodiesel (Sinaga, dkk, 2014)

Massa jenis adalah perbandingan jumlah massa suatu zat terhadap volumenya pada suhu tertentu. Semakin rendah suhu, maka berat jenis biodiesel akan semakin tinggi dan begitu juga sebaliknya. Analisis massa jenis pada penelitian ini menggunakan piknometer. Pada gambar 2.5 terlihat massa jenis

biodiesel yang tertinggi terjadi pada suhu 45°C dan waktu 5 menit yaitu sebesar 0,865 g/ml, sedangkan massa jenis biodiesel yang paling rendah terjadi pada suhu 65°C dan waktu 5 menit yaitu sebesar 0,853 g/ml namun semakin tinggi suhu 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/cm³), sehingga jika gliserol tidak terpisah dengan baik dari biodiesel, maka massa jenis biodiesel akan meningkat. Nilai di atas 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 %.

Dari penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh data viskositas untuk minyak jelantah 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. Dari penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh grafik hubungan antara suhu dan waktu reaksi terhadap viskositas biodiesel dan dapat dilihat pada gambar 2.6 (*error bars* adalah standar deviasi).



Gambar 2. 6 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 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.). Pada gambar 2.6 terlihat bahwa viskositas kinematik biodiesel tertinggi pada waktu 5 menit dan suhu 45°C yakni sebesar 1,85 cSt, sedangkan viskositas kinematik biodiesel terendah pada waktu 30 menit dan suhu 65°C yakni sebesar 1,65 cSt dan viskositas ini tidak memenuhi standar mutu viskositas SNI yaitu 2,3–6 cSt. 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 % (Sinaga, dkk, 2014). Waktu reaksi berkisar 30 menit menyebabkan reaksi belum mencapai kesetimbangan karena menurut penelitian (Encinar, dkk, 2005) waktu optimum yang dapat menghasilkan konversi terbesar terjadi waktu 60 menit dan reaksi telah berlangsung sempurna. Faktor lain yang mempengaruhi hasil konversi kecil yaitu kualitas metanol dan NaOH. Pada penelitian ini, kualitas metanol dan NaOH yang digunakan yaitu kualitas teknis sehingga berpengaruh terhadap kualitas biodiesel yang dihasilkan juga (Satriana, dkk, 2012).

Minyak nabati, lemak hewan maupun minyak bekas direaksikan dengan alkohol melalui reaksi transesterifikasi. Penelitian ini dilakukan oleh (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 dari lemak sapi dapat dilihat tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Data Hasil Analisa Densitas Biodiesel Dari Lemak Sapi

Sampel (T = 40°C)	Densitas (gram/ml)
1	0.853

Sampel (T = 40°C)	Densitas (gram/ml)
2	0.851
3	0.857
4	0.859
5	0.853
6	0.852
7	0.85
8	0.856

(Faizal, dkk, 2013)

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.).

Pengaruh kadar metanol, jumlah katalis NaOH dan waktu reaksi terhadap viskositas kinematik metil ester dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Data Hasil Analisa Viskositas Biodiesel dari Lemak Sapi

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	6.10

(Faizal, dkk, 2013)

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI-04-7182-2006), viskositas kinematik biodiesel yang diukur pada suhu 40°C adalah 2,3 – 6,0 cSt. Hasil analisa

viskositas pada tiap-tiap sampel dari berbagai variasi diperoleh viskositas berkisar antara 4,82 – 6,85 cSt. Ada dua sampel yang melewati dari standar viskositas kinematik biodiesel. Hal ini bukan berarti biodiesel tersebut tidak memenuhi standar kinematik biodiesel, melainkan kesalahan dalam menghitung waktu alir dari kecepatan biodiesel yang melewati viskometer *Ostwald* serta terhalangnya biodiesel untuk mengalir yang disebabkan oleh tersumbatnya biodiesel untuk mengalir pada alat yang belum steril dibersihkan. Penurunan nilai dari densitas menyebabkan nilai viskositas akan semakin kecil. Selain itu, nilai viskositas mengalami penurunan yang disebabkan oleh semakin lamanya waktu reaksi serta semakin meningkatnya temperatur (Wahyuni, 2010).

Dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, dapat diambil kesimpulan bahwa pengaruh waktu dan temperatur terhadap pembuatan biodiesel tidak terlalu berpengaruh atau tidak ada perubahan signifikan pada sifat – sifat biodiesel. Massa jenis adalah perbandingan jumlah massa suatu zat terhadap volumenya pada suhu tertentu. Semakin rendah suhu, maka berat jenis biodiesel akan semakin tinggi dan begitu juga sebaliknya. Analisis massa jenis pada penelitian menggunakan piknometer. Hal ini disebabkan oleh keberadaan gliserol dalam biodiesel yang dapat mempengaruhi massa jenis biodiesel karena gliserol memiliki massa jenis yang cukup tinggi ($1,26 \text{ g/cm}^3$), sehingga jika gliserol tidak terpisah dengan baik dari biodiesel, maka massa jenis biodiesel akan meningkat. 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 %.

Semakin tinggi konversi biodiesel maka viskositas kinematik yang dihasilkan akan semakin rendah. Hal ini disebabkan 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.). 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 %. (Sinaga, dkk, 2014). Penurunan nilai dari densitas menyebabkan nilai viskositas akan semakin kecil. Selain itu, nilai viskositas mengalami penurunan yang disebabkan oleh semakin lamanya waktu reaksi serta semakin meningkatnya temperatur (Wahyuni, 2010). Selain pengaruh reaksi waktu dan temperatur pada pembuatan biodiel ada pengaruh lain, kualitas metanol dan katalis juga sangat berpengaruh pada pembuatan biodisel untuk mereaksikan minyak agar *metil ester* dengan *gliserol* terpisah. Waktu reaksi berkisar 30 menit menyebabkan reaksi belum mencapai kesetimbangan karena menurut penelitian (Encinar, dkk, 2005) waktu optimum yang dapat menghasilkan konversi terbesar terjadi waktu 60 menit dan reaksi telah berlangsung sempurna.

2.2 Dasar Teori

Energi terbarukan adalah sumber-sumber energi yang bisa habis secara alamiah. Energi terbarukan berasal dari elemen-elemen alam yang tersedia di bumi dalam jumlah besar, misal: matahari, angin, sungai, tumbuhan dan sebagainya. Energi terbarukan merupakan sumber energi paling bersih yang tersedia di planet ini. Ada beragam jenis energi terbarukan, misalnya: Tenaga Surya, Tenaga Angin, Biomassa dan Tenaga Air.

Biomassa merupakan salah satu sumber energi yang telah digunakan orang sejak dari jaman dahulu kala: orang telah membakar kayu untuk memasak makanan selama ribuan tahun. Biomassa adalah semua benda organik (misal: kayu, tanaman pangan, limbah hewan & manusia) dan bisa digunakan sebagai sumber energi untuk memasak, memanaskan dan pembangkit listrik. Sumber energi ini bersifat terbarukan karena pohon dan tanaman pangan akan selalu tumbuh dan akan selalu ada limbah tanaman. Ada empat jenis biomassa: Bahan bakar padat limbah organik atau terurai di alam; Bahan bakar padat limbah anorganik; Bahan Bakar Gas.

Bahan bakar hayati berbentuk cair. bahan bakar hayati adalah bahan bakar untuk kendaraan bermotor atau mesin. Bahan bakar ini bisa digunakan sebagai tambahan atau menggantikan bahan bakar konvensional untuk mesin. Bioethanol adalah alkohol yang dibuat melalui proses fermentasi gula yang terkandung pada tanaman pangan (contoh: tebu, ubi kayu atau jagung), dan digunakan sebagai

tambahan untuk bensin. Biodiesel dibuat dari minyak sayur (misal: Minyak Sawit, *Jatropha Curcas*, Minyak Kelapa, atau Minyak Kedelai, atau Limbah Minyak Sayur/WVO). Biodiesel bisa digunakan sendiri atau sebagai tambahan pada mesin diesel tanpa memodifikasi mesin. (Pieter, dkk, 2010)

Biodiesel yang dihasilkan dari proses transesterifikasi memiliki karakteristik. Adapun karakteristik biodiesel dapat dilihat dari tabel 2.5.

Tabel 2. 5 sifat Fisik Dan Kimia Biodiesel

No	Parameter	SNI Biodiesel
1	Komposisi	Metil ester
2	Densitas 40°C	0,86-0,89 gr/ml
3	Viskositas kinematic	2,3-6,0 mm/d (cst)
4	Titik nyala	Minimal 100°C
5	Titik kabut	Maksimal 18°C
6	Gliserol bebas	Maksimal 0,02%
7	Angka setana	Minimal 51

(Sumber: (SNI 04-7182-2006))

2.2.1. Sifat fisik bahan bakar cair

Sifat fisik bahan bakar cair dapat diketahui dengan beberapa tahap pengujian sebelum bahan bakar cair digunakan pada mesin tertentu, maka perlu mengetahui karakteristik bahan bakar cair yang mendekati standar mutu bahan bakar cair dapat dianalisa dengan cara sebagai berikut:

2.2.2. Densitas

Densitas adalah jumlah zat yang terkandung dalam suatu unit volume (Moechtar, 1989). Densitas suatu bahan tidak sama pada setiap bagiannya tergantung pada faktor lingkungan seperti suhu dan tekanan. Satuan densitas adalah kg/m^3 . Dalam cgs adalah gram per centimeter kubik g/cm^3 , yang sering juga digunakan. Faktor konversi sangat berguna dimana $1 \text{ g/cm}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3$ (Young, 2002). Pengukuran densitas sebuah biodiesel dapat dilakukan dengan

menggunakan piknometer ukuran 25 ml dan timbangan digital. Nilai densitas dapat dihitung menggunakan rumus (Ketaren S. , 1986).

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

Keterangan:

ρ = massa jenis air (kg/m³); v = volume benda (m³).

m = massa benda (kg);

2.2.3. Viskositas

Viskositas merupakan suatu angka yang menyatakan besarnya perlawanan dari suatu bahan cair untuk mengalir atau ukuran besarnya tahanan geser dari suatu bahan cair. Semakin tinggi viskositasnya, kental dan semakin sukar mengalir (Mirmanto., 2011). Untuk pengukuran viskositas biodiesel disebut dengan viskositas kinematik. Satuan viskositas kinematik adalah stoke dan centistoke. Pengukuran viskositas kinematik dilakukan dengan metode yang dianjurkan dalam SNI yaitu ASTM D-445 yang menggunakan viskometer kapiler dan penangas (SNI 04-7182-2006).

Faktor- faktor yang mempengaruhi viskositas adalah sebagai berikut (Bird, 1994):

a. tekanan

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

b. 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.

c. 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 akan turun karena gliserin maupun minyak akan semakin encer, waktu alirnya semakin cepat.

d. ukuran dan berat molekul

viskositas naik dengan naiknya berat molekul. Misalnya laju aliran alkohol cepat, larutan minyak laju alirannya lambat dan kekentalannya tinggi serta laju aliran lambat sehingga viskositas juga tinggi.

e. berat molekul

viskositas akan naik jika ikatan rangkap semakin banyak.

f. kekuatan antar molekul

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

A. 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 centipoise (cP) = 10^{-3} Pa. s = 10^{-3} N.s/m². Centipoise adalah satuan viskositas yang digunakan dalam perhitungan berdasarkan Reynolds persamaan dan berbagai persamaan pelumasan *elastohydro dynamic*.

b. Viskositas Kinematik

Viskositas kinematik adalah 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) = 1mm²/s. Untuk mendapatkan nilai viskositas kinematik dengan menggunakan rumus:

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

v = viskositas kinematik (cSt)

μ = viskositas dinamik (mPa.s)

ρ = Densitas (kg/m³)

Centistoke adalah 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 menjadi parameter utama dalam penentuan mutu metil ester, karena memiliki pengaruh besar terhadap efektivitas metil ester sebagai bahan bakar. Minyak nabati memiliki viskositas jauh lebih besar dibanding viskositas bahan bakar diesel yang menjadi kendala penggunaan langsung minyak nabati sebagai bahan bakar. Salah satu tujuan utama transesterifikasi adalah menurunkan viskositas minyak nabati sehingga memenuhi standar bahan bakar diesel (Sumangat, 2008).

2.2.4. Flash Point

Titik nyala adalah suatu angka yang menyatakan suhu terendah dari bahan bakar minyak dimana akan timbul penyalaan api sesaat, apabila pada permukaan minyak didekatkan pada nyala api. Titik nyala ini diperlukan sehubungan dengan adanya pertimbangan-pertimbangan mengenai keamanan dari penimbunan minyak dan pengangkutan bahan bakar minyak terhadap bahaya kebakaran. Titik nyala tidak mempunyai pengaruh yang besar dalam persyaratan pemakaian bahan bakar minyak untuk mesin diesel atau ketel uap (Kholidah, 2014)

Nilai kalor adalah banyaknya energi panas yang diperoleh dari hasil pembakaran 1 kg bahan bakar. Nilai kalor ini dibagi menjadi dua :

- a. nilai kalor tinggi atau *High Heating Value* (HHV) adalah banyaknya kalor yang dihasilkan pada proses pembakaran 1 kg bahan bakar, tanpa adanya kandungan air pada bahan bakar.
- b. nilai kalor rendah atau *Low Heating Value* (LHV) adalah banyaknya kalor yang dihasilkan pada proses pembakaran 1 kg bahan bakar dan sebagian dimanfaatkan untuk penguapan sehingga kandungan air pada bahan bakar akan habis. (Hasibuan, 2013)

2.2.6. Spesifikasi 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 pemrosesan 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 2.6.

Tabel 2. 6 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 percontoh asli; atau - dalam 10% ampas distilasi	%-massa, maks	0,05 0,3

No	Parameter uji	Satuan, min/maks	Persyaratan
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
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)

2.2.7. Minyak kelapa.

Minyak kelapa yang banyak diproduksi di Indonesia umumnya merupakan kelapa tradisional yang dibuat dengan metode ekstraksi kering (*dry rendering*) dari kelapa yang telah dikeringkan (kopra), dimana minyak yang diperoleh memiliki sifat fisiko kimia yang kurang baik yang disebabkan oleh adanya pemakaian bahan kimia dan proses pemanasan diatas 100°C pada proses *refining* yang menyebabkan perubahan secara kimia dari asam lemak tak jenuh serta merusak antioksidasi alami yang ada pada kelapa. (Raharjo dan Dwiwuni,, 2010).

Seiring dengan berkembangnya teknologi pengolahan pangan, penelitian mengenai minyak kelapa dapat meningkatkan nilai tambah serta fungsinya yang sangat esensial. Hasil penelitian tersebut kini memunculkan suatu produk yang mempunyai fungsi yakni sebagai minyak goreng berkualitas tinggi dan sebagai obat anti mikroba yang potensial. Minyak kelapa murni

(*Virgin Coconut Oil*), yang merupakan minyak makan yang didapat tanpa mengubah sifat fisiko kimia minyak dengan hanya perlakuan mekanis tanpa pemakaian panas (Commission, 1995). Minyak ini hanya dimurnikan dengan cara pencucian menggunakan air, pengendapan, penyaringan dan *sentrifugasi* saja. Bahan kimia dan pemanasan tinggi tidak diperbolehkan pada saat *refining*.

2.2.8. Standar Daging Buah Kelapa Segar

Hasil Analisa proksimat daging buah kelapa yang sudah diparut pada penelitian pendahuluan disajikan pada tabel 2.7.

Tabel 2. 7 Komposisi Kimia Bahan Baku Kelapa Parut Segar

Komponen	Kelapa Penelitian	Kelapa Penelitian Sebelumnya *	Kelapa Tua**
Air (%)	55.07	52,73	46.9
Lemak (%)	33,01	34,47	34,7
Protein (%)	2,12	3.2	3,4
Serat kasar (%)	9,8	9,60	

(Husna., 1998)

Minyak VCO hasil ekstraksi dibandingkan dengan standar APCC (*Asian Pasific Coconut Community*), dan standar BBIA (Balai Besar Industri Agro). Hasil analisa sifat fisiko kimia hasil ekstraksi disajikan pada tabel 2.8.

Tabel 2. 8 Sifat Fisiko Kimia Minyak VCO Hasil Ekstraksi, Standar APCC DanBBIA

Parameter	VCO Basil Ekstraksi	Standar APCC	Standar BBIA
Densitas relatif	0.91517	0.915 -0,920	-
Indeks bias pada 40°C	1.4479	1,4480- 1.4492	-
Kadar air (%)	0.0136	maks. 0,1 -0.5	0.08
Bilangan asam	0.5772	maks 0.5	0.1
FFA(%)	0.2966	≤ 05	0,05
Peroksida (meq oksigen/kg)	0,69359	≤ 3	-

Parameter	VCO Basil Ekstraksi	Standar APCC	Standar BBIA
Warna % Transmisi	jernih	jernih	-
Bau dan rasa	kelapa	bebas bau dan rasa tengik/asing	-

(Raharjo dan Dwiuni., 2010)

Kromatografi Gas, Asam lemak hasil analisis *kromatografi gas* dari VCO dari penelitian disajikan pada tabel 2.9.

Tabel 2. 9 Kandungan Asam Lemak VCO Hasil Penelitian

Jenis asam lemak	Kadar (g/100g)
Asam lemak jenuh :	
Larutan	43.836
Mirisat	21.417
Palmitat	11.660
Asam lemak tidak jenuh :	
Oleat	14.344
Lain-lain (tak terdeteksi)	8.743

(Raharjo dan Dwiuni., 2010)

Adanya peningkatan perhatian yang diberikan untuk menggunakan minyak kelapa sebagai pembangkit energi, baik dicampur dengan solar atau sebagai pengganti solar (biodiesel). Adanya perbedaan harga antara minyak bumi dan minyak nabati umumnya menjadi daya tarik untuk menggunakan minyak nabati sebagai bahan bakar alternatif. Minyak kelapa memiliki karakteristik yang dapat dilihat pada tabel 2.10.

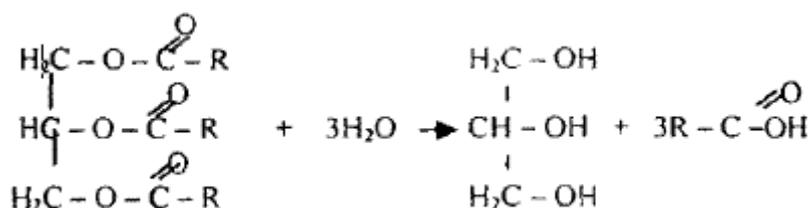
Tabel 2. 10 Karakteristik Minyak Kelapa

No	Karakteristik	Syarat mutu SNI
1	Kadar air (%)	Maks. 0.5
2	Kadar kotoran (%)	Maks. 0.05
3	Bilangan Jod (mg jod)	8 – 10

No	Karakteristik	Syarat mutu SNI
4	Bilangan peroksida (mg oksigen)	Maks. 5
5	Bilangan penyabunan (mg KOH)	255 – 265
6	Asam lemak bebas	Maks. 5

(Raharjo dan Dwiyuni., 2010)

Kadar air merupakan parameter yang mempengaruhi tingkat ketahanan minyak terhadap kerusakan. Menurut (Ketaren , 1986), terdapatnya sejumlah air dalam minyak atau lemak dapat mengakibatkan terjadinya reaksi hidrolisis. Minyak atau lemak akan diubah menjadi asam lemak bebas dan gliserol. Reaksi ini akan menghasilkan flavour dan bau tengik pada minyak tersebut. Reaksi kimia proses hidrolisis minyak dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2. 7 Proses Hidrolisis Minyak (Ketaren S. , 1986)

2.2.8.1. Komponen Asam Lemak

Sebagian besar minyak nabati mengandung sejumlah asam lemak tak jenuh, seperti asam oleat, linoleat atau asam lenolenat 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 lebih tinggi. Komponen asam lemak yang biasanya terdapat dalam minyak dan lemak dapat dilihat pada tabel 2.11.

Minyak dan lemak (trigliserida) yang diperoleh dari berbagai sumber mempunyai sifat- fisio kimia yang berbeda satu sama lain karena perbedaan jumlah dan jenis ester yang terdapat di dalamnya.

Tabel 2. 11 Asam Lemak Terdapat Pada Minyak Dan Lemak.

Jenis Asam Lemak Jenuh	Rumus Molekul	Titik Cair °C
M Laurate	CH ₃ (CH ₂) ₀ COOH	44
M Palmitate	CH ₃ (CH ₂) ₁₄ COOH	64
Asetat	CH ₃ COOH	-16,6
N Kaproat	CH ₃ (CH ₂) ₄ COOH	-1,5
Kaprat	CH ₃ (CH ₂) ₈	31,5

2.2.9. Metanol

Metanol juga dikenal sebagai *metil alkohol*, *wood alcohol* atau *spiritus*, adalah senyawa kimia dengan rumus kimia CH₃OH. Metanol merupakan bentuk alkohol paling sederhana. Pada keadaan atmosfer, metanol berbentuk cairan yang ringan, mudah menguap, tidak berwarna, mudah terbakar, dan beracun dengan bau yang khas (berbau lebih ringan daripada etanol). Metanol digunakan sebagai bahan pendingin anti beku, pelarut, bahan bakar dan sebagai bahan additif bagi etanol industri. Reaksi kimia metanol yang terbakar di udara dan membentuk karbon dioksida dan air adalah sebagai berikut:



Sifat – sifat fisik dan kimia metanol ditunjukkan pada tabel 2.11 berikut:

Tabel 2. 12 Sifat – Sifat Fisika dan Kimia Metanol

Parameter uji	Keterangan
Massa molar	32.04 g/mol
Wujud	cairan tidak berwarna
Specific gravity	0.7918
Titik leleh	-97 °C, -142.9 °F (176 K)
Titik didih	64.7 °C, 148.4 °F (337.8 K)
Kelarutan dalam air	sangat larut
Keasaman (pK _a)	~ 15.5

(Perry, 1984)

2.2.10. KOH

Kalium Hidroksida, biasa disebut potas api dengan rumus KOH. Namalain Kalium Hidroksida yaitu Kaustik Kalium, Potash Alkali, Potassia, Kalium Hidrat. Zat ini cepat menyerap karbon dioksida dan air dari udara. KOH atau Kalium Hidroksida adalah basa kuat yang terbuat dari logam alkali kalium yang bernomor atom 19 pada tabel periodik. Kalium Hidroksida adalah senyawa berbentuk Kristal dengan warna putih yang higroskopis. Untuk mendapatkan larutan KOH 10%, Kristal KOH atau Kalium Hidroksida harus di larutkan terlebih dahulu. Kalium hidroksida adalah senyawa yang sangat berbahaya. Dapat menyebabkan luka bakar kimia parah dan kebutaan, untuk itu semua peralatan keselamatan yang tepat, terutama pelindung mata harus digunakan. (wawasan, 2016)

Tabel 2. 13 Sifat Karakteristik KOH.

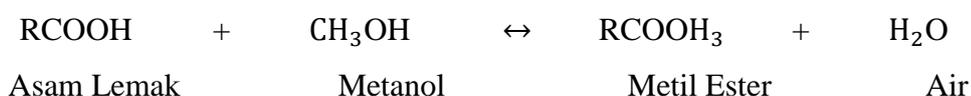
Parameter uji	Keterangan
Rumus molekul	KOH
Berat molekul	56,10564 gr/mol
Titik lebur	360°C
Titik didih	1320°C
Densitas	2,044 gr/cm ³ ΔHf o
Kristal	-114,96 kj/kmol
Kapasitas panas °C	0,75 J/kmol
Kelarutan (air)	1109 g/L
Bentuk	Padat tetapi dapat dibentuk menjadi butir, stick, gumpalan dan serpih.
Warna	Tidak berwarna (putih)
Bau	Tak Berbau
Kelarutan	larut dalam alkohol, gliserol, larut dalam eter, cairan

(wawasan, 2016)

2.2.11. Esterifikasi

Esterifikasi adalah tahap konversi dari asam lemak bebas menjadi ester. Esterifikasi mereaksikan minyak lemak dengan alkohol. Katalis-katalis yang cocok adalah zat berkarakter asam kuat, dan karena ini, asam sulfat, asam sulfonat organik atau resin penukar kation asam kuat merupakan katalis-katalis yang biasa terpilih dalam praktek industrial (Soerawidjaja, dan Tatang, 2005).

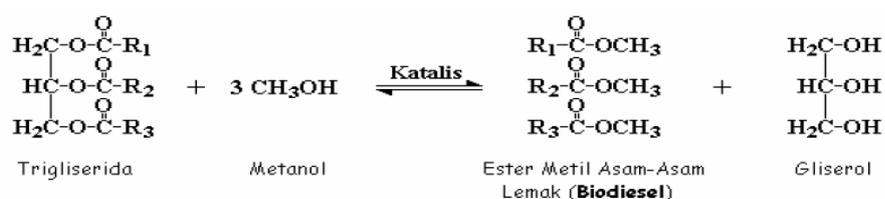
Untuk mendorong agar reaksi bisa berlangsung ke konversi yang sempurna pada temperatur rendah (misalnya paling tinggi 120° C), reaktan metanol harus ditambahkan dalam jumlah yang sangat berlebih (biasanya lebih besar dari 10 kali nisbah stoikhiometrik) dan air produk ikutan reaksi harus disingkirkan dari fasa reaksi, yaitu fasa minyak. Melalui kombinasi-kombinasi yang tepat dari kondisi-kondisi reaksi dan metode penyingkiran air, konversi sempurna asam-asam lemak ke ester metilnya dapat dituntaskan dalam waktu 1 sampai beberapa jam. Reaksi esterifikasi dari asam lemak menjadi metil ester adalah:



Esterifikasi biasa dilakukan untuk membuat biodiesel dari minyak berkadar asam lemak bebas tinggi (berangka-asam P 5 mg-KOH/g). Pada tahap ini, asam lemak bebas akan dikonversikan menjadi metil ester. Tahap esterifikasi biasa diikuti dengan tahap transesterifikasi. Namun sebelum produk esterifikasi diumpankan ke tahap transesterifikasi, air dan bagian terbesar katalis asam yang dikandungnya harus disingkirkan terlebih dahulu.

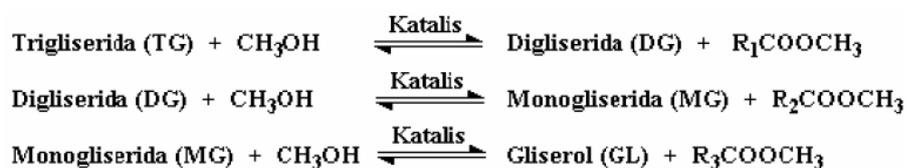
2.2.12. Transesterifikasi

Transesterifikasi (biasa disebut dengan alkoholisis) adalah tahap konversi dari trigliserida (minyak nabati) menjadi alkyl ester, melalui reaksi dengan alkohol, dan menghasilkan produk samping yaitu gliserol. Di antara alkohol-alkohol monohidrik yang menjadi kandidat sumber/pemasok gugus alkil, metanol adalah yang paling umum digunakan, karena harganya murah dan reaktifitasnya paling tinggi (sehingga reaksi disebut metanolisis). Biodiesel praktis identik dengan ester metil asam-asam lemak (*Fatty Acids Metil Ester*, FAME). Reaksi transesterifikasi trigliserida menjadi metil ester adalah :



Gambar 2. 8 Reaksi Transesterifikasi Trigliserida Menjadi Metil Ester (Mittlebach, dkk, 2004)

Transesterifikasi juga menggunakan katalis dalam reaksinya. Tanpa adanya katalis, konversi yang dihasilkan maksimum namun reaksi berjalan dengan lambat (Mittlebach, dkk, 2004). Katalis yang biasa digunakan pada reaksi transesterifikasi adalah katalis basa, karena katalis ini dapat mempercepat reaksi. Reaksi transesterifikasi sebenarnya berlangsung dalam 3 tahap yaitu sebagai berikut:



Gambar 2. 9 Reaksi Transesterifikasi (Mittlebach, dkk, 2004)

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

- a. menambahkan metanol berlebih ke dalam reaksi
- b. memisahkan gliserol
- c. menurunkan temperatur reaksi (transesterifikasi merupakan reaksi eksoterm)

2.2.13. Kelebihan dan Kekurangan Biodiesel

Biodiesel mempunyai banyak keunggulan jika dibandingkan dengan bahan bakar jenis lain. Biodiesel tidak beracun dan tidak menyebabkan efek rumah kaca. Biodiesel dapat terurai (*bio degradable*) dan dapat diperbarui (*renewable*). Biodiesel juga dapat memperpanjang umur mesin kendaraan, jika dibandingkan tingkat emisi CO₂ antara biodiesel dan diesel standar, biodiesel lebih baik dengan menghasilkan sampai 75% lebih sedikit emisi CO₂ dibandingkan dengan diesel standar. Artinya dengan menggunakan lebih banyak biodiesel dari pada diesel standar, kita dapat mengurangi dampak perubahan iklim. Menggunakan biodiesel sebagai pengganti diesel standar tidak

hanya akan membantu lingkungan, tetapi juga akan membantu meningkatkan kemandirian energi dan keamanan energi negara.

Menurut (Firdaus, 2010) biodiesel menghasilkan tingkat emisi hidrokarbon yang lebih kecil dibanding solar yaitu sekitar 30%, emisi CO juga lebih rendah sekitar 18%, emisi *particulate molecule* lebih rendah 17%, sedangkan untuk emisi Nox lebih tinggi sekitar 10%, dapat disimpulkan bahwa tingkat emisi biodiesel lebih rendah dibanding dengan solar, sehingga lebih ramah lingkungan. Kelemahan dari penggunaan biodiesel yaitu biodiesel sebagian besar masih diproduksi dari tanaman pangan yang dalam skenario terburuk menyebabkan peningkatan harga pangan dan bahkan meningkatkan kelaparan di dunia. Inilah alasan utama mengapa para ilmuwan melihat berbagai bahan baku biodiesel potensial lainnya (Inggit, 2016)

