

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sejarah Biodiesel

Biodiesel pertama kali dikenalkan di Afrika Selatan sebelum perang dunia II sebagai bahan bakar kendaraan berat. Biodiesel didefinisikan sebagai metil/etil ester yang diproduksi dari minyak tumbuhan atau hewan dan memenuhi kualitas untuk digunakan sebagai bahan bakar didalam mesin diesel. Sedangkan minyak yang didapatkan langsung dari pemerahan atau pengempaan biji sumber minyak (*oilseed*), yang kemudian disaring dan dikeringkan (untuk mengurangi kadar air) kemudian disebut sebagai minyak lemak mentah. Minyak lemak mentah yang diproses lanjut guna menghilangkan kadar fosfor (*degumming*) dan asam-asam lemak bebas (dengan netralisasi dan *steam refining*) disebut dengan *refined fatty oil* atau *straight vegetable oil (SVO)*.

SVO didominasi oleh trigliserida sehingga memiliki viskositas dinamik yang sangat tinggi dibandingkan dengan solar (bisa mencapai 100 kali lipat, misalkan pada *Castor oil*). Oleh karena itu, penggunaan SVO secara langsung didalam mesin diesel umumnya memerlukan modifikasi/tambahan peralatan khusus pada mesin, misalnya penambahan pemanas bahan bakar sebelum sistem pompa dan injektor bahan bakar untuk menurunkan harga viskositas. Viskositas (kekentalan) bahan bakar yang sangat tinggi akan menyulitkan pompa bahan bakar dalam mengalirkan bahan bakar keruang bakar. Aliran bahan bakar yang rendah akan menyulitkan terjadinya atomisasi bahan bakar yang baik. Buruknya atomisasi berkorelasi langsung dengan kualitas pembakaran, daya mesin, dan emisi gas buang.

Pemanasan bahan bakar sebelum memasuki sistem pompa dan injeksi bahan bakar merupakan satu solusi yang paling dominan untuk mengatasi permasalahan yang mungkin timbul pada penggunaan SVO secara langsung pada mesin diesel. Pada umumnya, orang lebih memilih untuk melakukan proses kimiawi pada minyak mentah atau *refined fatty oil/SVO* untuk menghasilkan metil ester asam lemak (*fatty acid metil ester – FAME*) yang memiliki berat molekul lebih kecil dan viskositas setara dengan solar sehingga bisa langsung digunakan dalam mesin

diesel konvensional. Biodiesel umumnya diproduksi dari *refined vegetable oil* menggunakan proses transesterifikasi. Proses ini pada dasarnya bertujuan mengubah (tri, di, mono) gliserida berberat molekul dan berviskositas tinggi yang mendominasi komposisi *refined fatty oil* menjadi asam lemak metil ester (FAME).

Konsep penggunaan minyak tumbuh-tumbuhan sebagai bahan pembuatan bahan bakar sudah dimulai pada tahun 1895 saat Dr. Rudolf Christian Karl Diesel (Jerman, 1858-1913) mengembangkan mesin kompresi pertama yang secara khusus dijalankan sebagai minyak tumbuh-tumbuhan. Mesin diesel atau biasa juga disebut *Compression Ignition Engine* yang ditemukannya itu merupakan suatu mesin motor penyalaan yang mempunyai konsep penyalaan di akibatkan oleh kompresi atau penekanan campuran antara bahan bakar dan oksigen didalam suatu mesin motor, pada suatu kondisi tertentu. Konsepnya adalah bila suatu bahan bakar dicampur dengan oksigen (dari udara) maka pada suhu dan tekanan tertentu bahan bakar tersebut akan menyala dan menimbulkan tenaga atau panas. Pada saat itu, minyak untuk mesin diesel yang dibuat oleh Dr. Rudolf Christian Karl Diesel tersebut berasal dari minyak sayuran. Tetapi karena pada saat itu produksi minyak bumi (*petroleum*) sangat melimpah dan murah, maka minyak untuk mesin diesel tersebut digunakan minyak solar dari minyak bumi. Hal ini menjadi inspirasi terhadap penerus Karl Diesel yang mendesain motor diesel dengan spesifikasi minyak diesel.

2.2 Biodiesel

Biodiesel merupakan monoalkil ester dari asam-asam lemak rantai panjang yang terkandung dalam minyak nabati atau lemak hewan untuk digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel. Biodiesel dapat diperoleh melalui reaksi transesterifikasi trigliserida dan reaksi esterifikasi asam lemak bebas tergantung dari kualitas minyak nabati yang digunakan sebagai bahan baku. Proses esterifikasi dengan katalis asam diperlukan jika minyak nabati mengandung FFA diatas 5%. Jika minyak berkadar FFA tinggi (>5%) langsung di transesterifikasi dengan katalis basa maka FFA akan bereaksi dengan katalis membentuk sabun. Terbentuknya sabun dalam jumlah yang cukup besar dapat menghambat pemisahan gliserol dari metil ester dan berakibat terbentuknya emulsi selama proses pencucian. Jadi esterifikasi digunakan sebagai proses pendahuluan untuk

mengkonversi FFA menjadi metil ester sehingga mengurangi kadar FFA dalam minyak sabun dan selanjutnya ditransesterifikasi dengan katalis basa untuk mengkonversi trigliserida menjadi metil ester. Proses pembuatan biodiesel dari minyak dengan kandungan asam lemak bebas rendah secara keseluruhan terdiri dari reaksi transesterifikasi, pemisahan gliserol dari metil ester, pemurnian metil ester (netralisasi, pemisahan metanol, pencucian dan pengeringan/dehidrasi). Minyak nabati yang dapat digunakan sebagai bahan baku biodiesel dapat berasal dari kacang kedelai, kelapa, kelapa sawit, padi, jagung, jarak, papaya dan banyak lagi melalui proses transesterifikasi (Yuniarti, 2015).

Banyak keuntungan penggunaan biodiesel sebagai bahan bakar alternatif pengganti minyak bumi, antara lain sebagai berikut :

1. Bio-degradable (dapat terurai oleh lingkungan)
2. Meminimalisir emisi gas rumah kaca
3. Mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil
4. Bebas sulfur dan *non toxic*
5. Mengurangi angka partikulat sampai 50%
6. Angka setan (*cetane number*) dan *flash point* yang tinggi
7. Mempertinggi efisiensi mesin
8. Tidak mengandung benzena atau aromatik lain
9. Meningkatkan pengapian dan daya tahan mesin
10. Mudah dan aman untuk disimpan dan digunakan (Ghapur, 2014).

Namun terdapat beberapa kelemahan biodiesel diantaranya :

1. Biodiesel saat ini sebagian besar diproduksi dari bahan pangan yang dapat menyebabkan kekurangan pangan itu sendiri dan meningkatkannya harga pangan. Hal ini bisa memicu meningkatkannya kelaparan di dunia
2. Biodiesel 20 kali lebih rentan terhadap kontaminasi air dibandingkan dengan diesel konvensional, hal ini bisa menyebabkan korosi, filter rusak, *pitting* di piston, dan lain-lain
3. Biodiesel murni memiliki masalah signifikan terhadap suhu rendah
4. Biodiesel secara signifikan lebih mahal dibandingkan dengan diesel konvensional

5. Biodiesel dapat melepaskan oksida nitrogen yang dapat mengarah pada pembentukan kabut asap
6. Biodiesel, meskipun memancarkan emisi karbon yang secara signifikan lebih aman dibandingkan dengan diesel konvensional, masih berkontribusi terhadap pemanasan global dan perubahan iklim

Adapun Standar Mutu Biodiesel Indonesia (SNI-04-7182-2015) dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Standar Mutu Biodiesel Indonesia (SNI-04-7182-2015)

Parameter	Satuan	Batas Nilai	Metode Uji
Massa jenis pada 40 ⁰ C	Kg/m ³	850-890	ASTM D 1298
Viskositas kinematik pada 40 ⁰ C	Mm ² /s (cSt)	2,3-6	ASTM D 445
Angka setana	-	Min. 51	ASTM D 613
Titik nyala (mangkok tertutup)	⁰ C	Min. 100	ASTM D 93
Titik kabut	⁰ C	Maks.18	ASTM D 2500
Korosi bilah tembaga	⁰ C	Maks. No. 3	ASTM D 130
Residu karbon			
- Dalam contoh asli	%-b	Maks. 0,05	ASTM D 4530
- Dalam 10% ampas distilasi		Maks. 0,03	
Air dan sedimen	5-vol	Maks. 0,05	ASTM D 2709
Temperatur distilasi 90%	⁰ C	Maks. 360	ASTM D 1160
Abu tersulfatkan	%-b	Maks. 0,02	ASTM D 874
Belerang	Ppm-b (mg/kg)	Maks. 100	ASTM D 5453
Fosfor	Ppm-b (mg/kg)	Maks. 10	AOCS Ca 12-55
Angka asam	Mg-KOH/g	Maks. 0,5	ASTM D 664
Gliserol bebas	%-b	Maks. 0,02	ASTM D 6584
Gliserol total	%-b	Maks. 0,24	ASTM D 6584
Kadar ester alkil	%-b	Min. 96,5	ASTM D 6584
Angka iodium	%-b	Maks. 115	AOCS Cd 1-25
Kadar Monogliserida	%-b	Maks. 0,8	ASTM D 6584

(Sumber : Badan Standarisasi Nasional)

Biodiesel dibuat dari minyak nabati diperoleh dari reaksi trigliserida asam lemak bebas dari minyak nabati dengan alkohol. Asam lemak bebas adalah asam lemak yang terpisahkan dari trigliserida, digliserida, monogliserida, dan gliserin bebas. Hal ini dapat disebabkan oleh pemanasan dan terdapatnya air sehingga terjadi proses hidrolisis. Oksidasi juga dapat meningkatkan kadar asam lemak bebas minyak nabati. Dalam proses konversi trigliserida menjadi alkil esternya melalui reaksi transesterifikasi dengan katalis basa ataupun asam. Lemak bebas harus dipisahkan atau dikonversi menjadi alkil ester terlebih dahulu karena asam lemak bebas akan mengkonsumsi katalis. Kandungan asam lemak bebas dalam biodiesel akan mengakibatkan terbentuknya suasana asam yang dapat

mengakibatkan korosi pada peralatan injeksi bahan bakar, membuat filter tersumbat dan akan terjadi sedimentasi pada injektor.

Terdapat beberapa penelitian yang telah dilakukan mengenai pembuatan biodiesel yang dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Penelitian Mengenai Biodiesel

Tahun	Judul	Penulis	Saran
2013	Pembuatan Biodiesel Menggunakan Katalis Basa Heterogen Berbahan Dasar Kulit Telur	1. Hery Santoso 2. Ivan Kristianto 3. Aris Setyadi	Katalis CaO sebaiknya disimpan dalam tempat yang kedap udara sehingga tidak membentuk Ca(OH)_2
2013	Pengaruh Katalis Basa (NaOH) Pada Tahap Transesterifikasi Terhadap Kualitas Biofuel dari Minyak Tepung Ikan Sardin	1. Diah P. Ningtyas 2. Siti Ari Budhiyanti 3. Latif Sahubawa	Perlu adanya penelitian lanjutan mengenai jenis katalis
2014	Sinsetis Biodiesel Menggunakan Katalis CaO Cangkang Kerang Darah : Optimalisasi Temperatur Reaksi dan Kalsinasi Katalis	1. Zardi Asyadiqi 2. Nurhayati 3. Muhdarina	Perlu adanya perbandingan menggunakan katalis basa homogen
2017	Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas Menjadi Biodiesel Dengan Katalis Kalsium Oksida	1. Nurhidayati 2. Tesa Suci Ariyanto 3. Henru Septiawan	Perlu adanya efek kalsinasi pada CaO
2017	Pengaruh Katalis Homogen dan Heterogen Pada Proses Reaksi Transesterifikasi	1. Ardita Elliyanti 2. Nadya Zahiroh 3. Putri Ayu Senja	Perlu adanya penggunaan katalis heterogen lainnya

2.3 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, seperti asam sulfat, asam sulfonat organik atau resin penukar kation. Asam kuat merupakan katalis-katalis yang biasa digunakan dalam praktik industrial. Untuk mendorong agar reaksi bisa

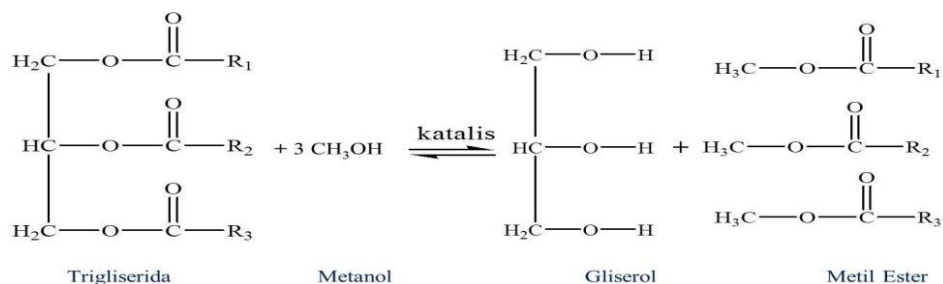
berlangsung ke konversi yang sempurna pada temperatur rendah (misalnya paling tinggi 120⁰C), reaktan metanol harus ditambahkan dalam jumlah yang sangat berlebih biasanya lebih besar 10 kali nisbah stoikiometrik dan air produk ikutan reaksi harus disingkirkan dari fasa reaksi, yaitu fasa minyak. Melalui 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.

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

2.4 Transesterifikasi

Produksi metil ester dapat dilakukan melalui transesterifikasi minyak nabati dengan metanol ataupun esterifikasi langsung asam lemak hasil hidrolisis minyak nabati dengan metanol. Namun transesterifikasi lebih intensif dikembangkan, karena proses ini lebih efisien dan ekonomis. Transesterifikasi adalah reaksi ester untuk menghasilkan ester baru yang mengalami penukaran posisi asam lemak. Untuk mendorong reaksi ke arah kanan, perlu digunakan banyak alkohol atau memindahkan salah satu produk dari campuran reaksi. Tujuan dari transesterifikasi adalah untuk memecah dan menghilangkan gliserida, serta menurunkan boiling, pour, flash point, dan viskositas minyak (Asthasari, 2008).

Reaksi transesterifikasi secara umum merupakan reaksi alkohol dengan trigliserida menghasilkan metil ester dan gliserol dengan bantuan katalis basa. Adapun reaksi transesterifikasi dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Reaksi Transesterifikasi

Alkohol yang umumnya digunakan adalah metanol dan etanol (Renata, 2016). Reaksi transesterifikasi dipengaruhi oleh faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal adalah kondisi yang berasal dari minyak, misalnya kandungan air, asam lemak bebas, dan zat terlarut/tak terlarut. Faktor eksternal adalah kondisi yang bukan berasal dari minyak dan dapat mempengaruhi reaksi, di antaranya :

1. Rasio molar antara trigliserida dan alkohol

Agar reaksi dapat bergeser ke arah produk, alkohol yang ditambahkan harus berlebih dari kebutuhan stokiometrinya. Peningkatan alkohol terhadap trigliserida akan meningkatkan konversi tetapi menyulitkan pemisahan gliserol.

2. Jenis katalis yang digunakan

Penggunaan katalisator berguna untuk menurunkan energi aktivasi sehingga reaksi berjalan dengan mudah. Bila energi aktivasi kecil maka harga konstanta kecepatan reaksi akan bertambah besar. Ada tiga golongan katalis yang dapat digunakan yaitu asam, basa, dan enzim.

3. Suhu reaksi

Transesterifikasi dapat dilakukan pada berbagai suhu, tergantung dari jenis trigliserida yang digunakan. Jika suhu semakin tinggi, laju reaksi akan semakin cepat. Suhu selama reaksi transesterifikasi dapat dilakukan pada rentang suhu 30-65⁰C. Dalam proses transesterifikasi, perubahan suhu reaksi menyebabkan gerakan molekul semakin cepat (tumbukan antara molekul pereaksi meningkat). Suhu mempengaruhi viskositas dan densitas, karena viskositas dan densitas merupakan dua parameter fisis penting yang mempengaruhi pemanfaatan biodiesel sebagai bahan bakar.

4. Kandungan air dan asam lemak bebas

Terdapatnya air dalam trigliserida menyebabkan terjadinya reaksi saponifikasi yang dapat menurunkan tingkat efisiensi katalis. Jika kandungan asam lemak bebasnya tinggi maka akan dibutuhkan banyak basa.

5. Kecepatan pengadukan

Setiap reaksi dipengaruhi oleh tumbukan antar molekul yang larut dalam reaksi dengan memperbesar kecepatan pengadukan maka jumlah tumbukan antar molekul zat pereaksi akan semakin besar sehingga kecepatan reaksi akan bertambah besar.

Ada tiga tipe reaksi transesterifikasi yaitu :

1. Reaksi ester dengan alkohol disebut alkoholisis
2. Reaksi ester dengan suatu asam disebut asidolisis
3. Reaksi ester dengan ester disebut interesterifikasi

Dari ketiga reaksi transesterifikasi tersebut, maka reaksi yang terjadi pada proses transesterifikasi minyak jelantah ini termasuk tipe alkoholisis. Biodiesel dihasilkan melalui proses pemecahan molekul trigliserida yaitu dengan melepaskan tiga buah asam lemak dari rantainya. Pemecahan itu dilakukan dengan metanol dan dibantu katalisator. Tiga buah asam lemak itu bereaksi dengan metanol menjadi etil ester atau etil asam lemak yang sifat dan ukuran komponen-komponennya hampir sama dengan bahan bakar diesel.

Proses transesterifikasi akan dihasilkan metil ester dibagian atas dan gliserol dibagian bawah. Setelah dipisahkan dari gliserol, metil ester tersebut selanjutnya dimurnikan, yakni dicuci menggunakan air hangat dan dikeringkan untuk menguapkan kandungan air yang ada dalam metil ester. Metil ester yang telah dimurnikan selanjutnya bisa digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel.

Transesterifikasi menggunakan katalis dalam reaksinya. Tanpa adanya katalis, konversi yang dihasilkan maksimum namun reaksi berjalan dengan lambat. Katalis yang biasa digunakan pada reaksi transesterifikasi adalah katalis basa, karena katalis ini dapat mempercepat reaksi. Penggunaan katalis asam atau basa masih memiliki beberapa kelemahan. Penggunaan katalis asam diketahui membutuhkan waktu reaksi yang cukup lama dan pemisahan katalis dan produk sangat sulit sehingga di butuhkan perlakuan khusus untuk memisahkannya. Di samping itu, reaksi harus dilangsungkan tanpa air karena adanya air akan meningkatkan pembentukan asam karboksilat sehingga mengurangi rendemen reaksi. Dibanding dengan asam, katalis basa menghasilkan reaksi dengan laju yang lebih tinggi. Namun demikian, penggunaan katalis ini dapat menghasilkan air dari reaksi antara hidoksida dan alkohol. Pembentukan air ini akan mengakibatkan terjadinya reaksi hidrolisis ester yang sudah terbentuk, menghasilkan sabun yang tidak hanya mengurangi rendemen reaksi akan tetapi juga menyulitkan pemisahan gliserol akibat pembentukan emulsi.

2.5 Katalis

Dalam reaksi pembuatan biodiesel diperlukan katalis karena reaksi cenderung berjalan lambat. Katalis berfungsi menurunkan energi aktivasi reaksi sehingga reaksi dapat berlangsung lebih cepat. Katalis yang digunakan dalam pembuatan biodiesel dapat berupa katalis basa maupun katalis asam. Dengan katalis basa reaksi berlangsung pada suhu kamar sedangkan dengan katalis asam reaksi baru berjalan baik pada suhu sekitar 100°C. Bila tanpa katalis, reaksi membutuhkan suhu minimal 250°C (Santoso, Kristianto, & Setyadi, 2013).

Pengelompokan katalis berdasarkan fasa katalis, reaktan dan produk reaksi adalah :

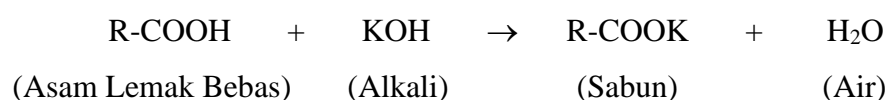
a. Katalis homogen merupakan katalis yang mempunyai fasa sama dengan reaktan dan produk. Katalis homogen yang banyak digunakan pada reaksi transesterifikasi adalah katalis basa/alkali seperti kalium hidroksida (KOH) dan natrium hidroksida (NaOH). Penggunaan katalis homogen ini mempunyai kelemahan yaitu bersifat korosif, berbahaya karena dapat merusak kulit, mata, paru-paru bila tertelan, sulit dipisahkan dari produk sehingga terbuang pada saat pencucian, mencemari lingkungan, tidak dapat digunakan kembali. Keuntungan dari katalis homogen adalah tidak dibutuhkannya suhu dan tekanan yang tinggi dalam reaksi.

b. Katalis heterogen merupakan katalis yang mempunyai fasa yang tidak sama dengan reaktan dan produksi. Jenis katalis heterogen yang dapat digunakan pada reaksi transesterifikasi adalah CaO dan MgO. Keuntungan menggunakan katalis ini adalah mempunyai aktivitas yang tinggi, kondisi reaksi yang ringan, masa hidup katalis yang panjang, biaya katalis yang rendah, tidak korosif, ramah lingkungan dan menghasilkan sedikit masalah pembuangan, kemudian dapat dipisahkan dari larutan produksi sehingga dapat digunakan kembali.

(Contohnya, katalis padat pada campuran reaktan cair) dan katalis homogen yang memiliki fase yang sama dengan reaktannya. Katalis heterogen menyediakan permukaan luas untuk tempat reaksi kimia terjadi. Agar reaksi terjadi, satu atau lebih reaktan harus tersebar pada permukaan katalis dan teradsorb ke dalamnya. Setelah reaksi selesai, produk harus mengabsorb dari permukaan dan menjauh dari permukaan katalis padat. Seringkali, perpindahan reaktan dan produk dari

satu fase ke fase lainnya ini berperan dalam menurunkan energi aktivasi. Katalis basa homogen seperti NaOH (natrium hidroksida) dan KOH (kalium hidroksida) merupakan katalis yang paling umum digunakan dalam proses pembuatan biodiesel karena dapat digunakan pada temperatur dan tekanan operasi yang relatif rendah serta memiliki kemampuan katalisator yang tinggi. Akan tetapi, katalis basa homogen sangat sulit dipisahkan dari campuran reaksi sehingga tidak dapat digunakan kembali dan pada akhirnya akan ikut terbuang sebagai limbah yang dapat mencemarkan lingkungan. Di sisi lain, katalis basa heterogen seperti CaO, meskipun memiliki kemampuan katalisator yang sedikit lebih rendah dibandingkan dengan katalis basa homogen, dapat menjadi alternatif yang baik dalam proses pembuatan biodiesel.

Katalis basa heterogen dapat dengan mudah dipisahkan dari campuran reaksi sehingga dapat digunakan kembali, mengurangi biaya pengadaan dan pengoperasian peralatan pemisahan yang mahal serta meminimalisir persoalan limbah yang dapat berdampak negatif terhadap lingkungan. Meskipun katalis basa memiliki kemampuan katalisator yang tinggi serta harganya yang relatif lebih murah dibandingkan dengan katalis asam, untuk mendapatkan performa proses yang baik, penggunaan katalis basa dalam reaksi transesterifikasi memiliki beberapa persyaratan penting, diantaranya alkohol yang digunakan harus dalam keadaan anhidrous dengan kandungan air < 0.1 - 0.5 %-berat serta minyak yang digunakan harus memiliki kandungan asam lemak bebas < 0.5%. Keberadaan air dalam reaksi transesterifikasi sangat penting untuk diperhatikan karena dengan adanya air, alkil ester yang terbentuk akan terhidrolisis menjadi asam lemak bebas. Lebih lanjut, kehadiran asam lemak bebas dalam sistem reaksi dapat menyebabkan reaksi penyabunan yang sangat mengganggu dalam proses pembuatan biodiesel.



Akibat reaksi samping ini, katalis basa harus terus ditambahkan karena sebagian katalis basa akan habis bereaksi membentuk produk samping berupa sabun. Kehadiran sabun dapat menyebabkan meningkatnya pembentukan gel dan viskositas pada produk biodiesel serta menjadi penghambat dalam pemisahan

produk biodiesel dari campuran reaksi karena menyebabkan terjadinya pembentukan emulsi. Hal ini secara signifikan akan menurunkan keekonomisan proses pembuatan biodiesel dengan menggunakan katalis basa.

Adapun sifat fisik dan kimia katalis yang bisa digunakan untuk menghasilkan biodiesel, antara lain :

1. Asam Sulfat (H_2SO_4)
 - a. Sifat fisik Asam Sulfat
 - 1) Berupa cairan yang tidak berwarna
 - 2) Berat jenis : 1,838 gr/mol
 - 3) Titik didih : $338^{\circ}C$
 - b. Sifat kimia Asam Sulfat
 - 1) Bersifat korosif
 - 2) Bersifat higroskopis
 - 3) Mudah larut dalam air
 - 4) Bersifat eksoterm
 - 5) Bila ditambah basa akan menjadi netral
2. Natrium Hidroksida (NaOH)

Natrium Hidroksida (NaOH) juga dikenal sebagai soda kaustik atau sodium hidroksida, adalah sejenis basa logam kaustik berbentuk padatan berwarna putih yang jika ditambah asam akan bersifat netral dan bersifat korosif. Natrium hidroksida terbentuk dari oksida basa yang dilarutkan dalam air. NaOH membentuk larutan alkali yang kuat ketika dilarutkan kedalam air. NaOH digunakan diberbagai macam bidang industri, kebanyakan digunakan sebagai basa dalam proses produksi bubur kayu dan kertas, tekstil, air minum, sabun, dan deterjen.

Natrium Hidroksida adalah basa yang paling umum digunakan dalam laboratorium kimia. NaOH murni terbentuk putih padat dan tersedia dalam bentuk Pellet, serpihan, butiran ataupun larutan jenuh 50%. NaOH bersifat lembab cair dan secara spontan menyerap karbon dioksida dari udara bebas. NaOH sangat larut dalam air dan akan melepaskan panas ketika dilarutkan. NaOH juga larut dalam etanol dan metanol, walaupun kelarutan NaOH dalam kedua cairan ini lebih kecil daripada kelarutan KOH. NaOH tidak larut dalam dietil eter dan

pelarut non-polar lainnya. Larutan natrium hidroksida akan meninggalkan noda kuning pada kain dan kertas.

Karakteristik Natrium Hidroksida dapat dilihat pada Gambar 2 dan Tabel 3 berikut.



Gambar 2. Natrium Hidroksida (NaOH)

Tabel 3. Karakteristik Natrium Hidroksida

Parameter	Keterangan
Rumus molekul	NaOH
Massa molar	39,9971 g/mol
Penampilan	Zat padat putih
Densitas	2,1 g/cm ³ , padat
Titik lebur	318 ⁰ C (519 K)
Titik didih	1390 ⁰ C (1663 K)
Kelarutan dalam air	111 g/100 ml (20 ⁰ C)
Kebasaan (pKb)	-2,43

(Sumber : Perry, 1984)

3. Kalsium Oksida (CaO)



Gambar 3. Kalsium Oksida (CaO)

Nama lain dari kalsium oksida adalah *lime*, *caustic*, *quicklime*. Kalsium oksida (CaO) merupakan oksida basa yang bisa didapat dari cangkang kerang darah. Pada suhu dibawah 650⁰C tekanan keseimbangan CO₂ hasil dekomposisi

cukup rendah. Akan tetapi suhu antara 650⁰C sampai 1000⁰C tekanan dekomposisi itu cukup meningkat. Kalsinasi CaCO₃ pada suhu 1000⁰C reaksinya adalah :



CaO memiliki sisi-sisi yang bersifat basa dan CaO telah diteliti sebagai katalis basa yang kuat dimana untuk menghasilkan biodiesel menggunakan CaO sebagai katalis basa mempunyai banyak manfaat, misalnya aktivitas yang tinggi, kondisi reaksi yang rendah, masa katalis yang lama, serta biaya katalis yang rendah.

2.6 Methanol

Methanol yang dikenal sebagai metil alkohol, *wood alcohol*, atau spiritus adalah senyawa kimia dengan rumus kimia CH₃OH. Methanol merupakan bentuk alkohol paling sederhana. Pada keadaan atmosfer terbentuk cairan yang ringan, mudah menguap, tidak berwarna, mudah terbakar, dan beracun dengan bau yang khas (berbau lebih ringan daripada etanol). Methanol digunakan sebagai bahan pendingin anti beku, bahan bakar dan sebagai bahan aditif bagi etanol industri.

Methanol merupakan jenis alkohol yang paling disukai dalam pembuatan biodiesel karena methanol (CH₃OH) mempunyai keuntungan lebih mudah bereaksi atau lebih stabil dibandingkan dengan etanol (C₂H₅OH) karena methanol memiliki satu ikatan carbon sedangkan etanol memiliki dua ikatan carbon, sehingga lebih mudah memperoleh pemisahan gliserol dibanding dengan etanol. Kerugian dari methanol adalah methanol merupakan zat beracun dan berbahaya bagi kulit, mata, paru-paru dan pencernaan dan dapat merusak plastik dan karet terbuat dari batu bara methanol berwarna bening seperti air, mudah menguap, mudah terbakar dan mudah bercampur dengan air. Ethanol lebih aman, tidak beracun dan terbuat dari hasil pertanian, etanol memiliki sifat yang sama dengan methanol yaitu berwarna bening seperti air, mudah menguap, mudah terbakar dan mudah bercampur dengan air. Methanol dan etanol yang dapat digunakan hanya yang murni 99%. Methanol memiliki massa jenis 0,7915 g/m³, sedangkan etanol memiliki massa jenis 0,79 g/m³.

Karakteristik Methanol dapat dilihat pada Gambar 4 dan Tabel 4 berikut.



Gambar 4. Methanol

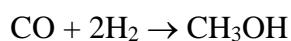
Tabel 4. Sifat-Sifat Fisika dan Kimia Methanol

Parameter	Keterangan
Rumus molekul	CH ₃ OH
Massa molar	32,04 g/mol
Wujud cairan	Tidak berwarna
Spesific gravity	0,7918
Titik leleh	-97 ⁰ C, -142,9 ⁰ F (176 K)
Titik didih	64,7 ⁰ C, 148,4 ⁰ F (337,8 K)
Kelarutan dalam air	Sangat larut
Keasaman	(pKa ~ 15,5)

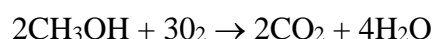
(Sumber : Perry, 1984)

Methanol kadang juga disebut sebagai *wood alcohol* karena dahulu merupakan produk samping dari distilasi kayu. Saat ini metanol dihasilkan melalui proses multi tahap. Secara singkat, gas alam dan uap air dibakar dalam tungku untuk membentuk gas hidrogen dan karbon monoksida, kemudian gas hidrogen dan karbon monoksida ini bereaksi dalam tekanan tinggi dengan bantuan katalis untuk menghasilkan methanol.

Tahap pembentukannya adalah endotermik dan tahap sintesisnya adalah eksotermik. Methanol diproduksi secara alami oleh metabolisme anaerobik oleh bakteri. Hasil proses tersebut adalah uap metanol (dalam jumlah kecil) diudara. Setelah beberapa hari, uap metanol tersebut akan teroksidasi oleh oksigen dengan bantuan sinar matahari menjadi karbon dioksida dan air. Sekarang methanol dibuat dengan cara hidrogenasi gas CO pada temperatur 400⁰C dan tekanan 200 atm dengan katalis Cr₂O₃ atau ZnO. Adapun reaksi pembentukan methanol dengan cara hidrogenasi gas CO yaitu :

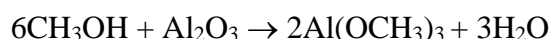


Kemudian reaksi kimia methanol yang terbakar diudara dan membentuk karbon dioksida dan air adalah sebagai berikut :



Api dari methanol biasanya tidak berwarna. Oleh karena itu, berhati-hatilah bila berada dekat methanol yang terbakar untuk mencegah cedera akibat api yang tak terlihat. Karena sifatnya yang beracun, methanol sering digunakan sebagai bahan aditif bagi pembuatan alkohol untuk penggunaan industri. Penambahan racun ini akan menghindarkan industri dari pajak yang dapat dikenakan karena metanol merupakan bahan utama untuk minuman keras (minuman beralkohol).

Methanol digunakan secara terbatas dalam mesin pembakaran dalam, dikarenakan methanol tidak mudah terbakar dibandingkan dengan bensin. Salah satu kelemahan metanol sebagai bahan bakar adalah sifat korosi terhadap beberapa logam, termasuk aluminium. Methanol merupakan asam lemah, menyerang lapisan oksida yang biasanya melindungi aluminium dari korosi :



Ketika diproduksi dari kayu atau bahan organik lainnya, methanol organik tersebut merupakan bahan bakar terbarui yang dapat menggantikan hidrokarbon. Namun mobil modern pun masih tidak bisa menggunakan BA100 (100% bioalkohol) sebagai bahan bakar tanpa modifikasi. Methanol juga digunakan sebagai *solvent* dan sebagai anti beku, dan fluida pencuci kaca depan mobil.

Penggunaan methanol terbanyak adalah sebagai bahan pembuat bahan kimia lainnya. Sekitar 40% metanol diubah menjadi *formaldehyde*, dan dari sana menjadi berbagai macam produk seperti plastik, *plywood*, cat, peledak, dan tekstil. Dalam beberapa pabrik pengolahan air limbah, sejumlah kecil metanol digunakan ke air limbah sebagai bahan makanan karbon untuk denitrifikasi bakteri, yang mengubah nitrat menjadi nitrogen. Bahan bakar *direct-methanol* unik karena suhunya yang rendah dan beroperasi pada tekanan atmosfer, ditambah lagi dengan penyimpanan dan penanganan yang mudah dan aman membuat methanol dapat digunakan dalam perlengkapan elektronik.

2.7 Minyak Jelantah



Gambar 5. Minyak Jelantah

Minyak jelantah (*waste cooking oil*) adalah minyak limbah yang bisa berasal dari jenis-jenis minyak goreng seperti halnya minyak jagung, minyak sayur, minyak samin dan sebagainya. Minyak ini merupakan minyak bekas pemakaian kebutuhan rumah tangga, umumnya dapat digunakan kembali untuk keperluan kuliner akan tetapi bila ditinjau dari komposisi kimianya, minyak jelantah mengandung senyawa-senyawa yang bersifat karsinogenik yang terjadi selama proses penggorengan. Jadi jelas bahwa pemakaian minyak jelantah yang berkelanjutan dapat merusak kesehatan manusia, menimbulkan penyakit kanker, dan akibat selanjutnya dapat mengurangi kecerdasan generasi berikutnya. Untuk itu perlu penanganan yang tepat agar limbah minyak jelantah ini dapat bermanfaat dan menimbulkan kerugian dari aspek kesehatan manusia dan lingkungan (Yozanna, 2016).

Kelihatannya sangat disayangkan membuang minyak goreng yang baru beberapa kali dipakai atau minyak goreng yang tampak bagus meski bekas pakai. Di satu sisi masyarakat ingin berhemat dan sisi lainnya masyarakat juga ingin menjaga kesehatan keluarganya. Sebenarnya pemakaian ulang pada minyak goreng boleh saja dilakukan, hanya saja jumlah maksimalnya adalah tiga kali pakai. Maksudnya dari tiga kali pemakaian adalah minyak goreng telah melalui tiga kali proses pemanasan dan pendinginan. Karena setelah tiga kali kandungan nutrisi pada minyak hampir hilang atau sudah tidak layak konsumsi. Minyak goreng bekas ini merupakan minyak yang kadar asam lemak bebasnya meningkat akibat dari proses pemanasan yang terus menerus, sehingga proses pembuatan

biodiesel dari minyak goreng bekas biasanya dilakukan melalui dua tahap proses yaitu esterifikasi dan transesterifikasi (Hadrah, Kasman, & Sari, 2018).

Secara Nasional Data Survey Sosial Ekonomi Nasional (SUSENAS) mengenai konsumsi minyak goreng rumah tangga di Indonesia pada tahun 2011 sampai 2016 dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Konsumsi Minyak Goreng Rumah Tangga di Indonesia

Tahun	Konsumsi (liter/kapita/tahun)
2011	8.239
2012	9.334
2013	8.916
2014	9.212
2015	9.436
2016	9.660

Sumber : SUSENAS, (Badan Pusat Statistik, 2018)

Limbah minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel dapat dikumpulkan dari beberapa sumber yaitu rumah tangga, restoran, hotel, dan industri pengolahan makanan. Jumlah limbah minyak jelantah yang dihasilkan rumah tangga sebanyak 305 ribu ton, jumlah limbah minyak jelantah yang dihasilkan dari industri pengolahan makanan adalah sebanyak 2 juta ton dan jumlah limbah minyak jelantah yang dihasilkan oleh hotel dan restoran adalah sebanyak 1,5 juta ton. Total jumlah limbah minyak yang tersedia dari berbagai sektor yang menggunakan minyak goreng adalah sebanyak 3,8 juta ton per tahun.

2.7.1 Kandungan Kimia Minyak Jelantah

Bahan dasar minyak goreng bisa bermacam-macam seperti kelapa, sawit, kedelai, jagung dan lain-lain. Meski beragam secara kimia isi kandungannya sebetulnya tak jauh beda, yakni terdiri dari beraneka asam lemak jenuh (AL) dan asam lemak tidak jenuh (ALT). Dalam jumlah kecil kemungkinan terdapat juga lesitin, cephalin, fosfatida lain, sterol, asam lemak bebas, lilin, pigmen larut lemak, dan hidrokarbon, termasuk karbohidrat dan protein. Hal yang kemungkinan berbeda adalah komposisinya.

Berikut adalah kandungan asam lemak dari minyak jelantah yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Kandungan Asam Lemak dari Minyak Jelantah

No.	Asam Lemak Jenuh	Asam Lemak Tak Jenuh
1.	Asam Stearat	Palmitat
2.	-	Lenoleat

Tampilan minyak goreng bisa berbeda juga ada yang jernih dan ada yang keruh. Supaya tidak mudah teroksidasi, beberapa produsen kerap menambahkan antioksidan kedalam produknya. Perbedaan tersebut bisa berpengaruh terhadap kesehatan pengkonsumsinya. Akan tetapi ceritanya jadi lain manakala minyak tersebut dimanfaatkan sebagai media penggorengan bukan minyak makan seperti bumbu salad atau bahan dasar mayonaise. Semua minyak sama sehatnya untuk orang yang tidak sensitif terhadap asam lemak darah. Alasannya pada suhu penggorengan 200⁰C rantai kimia minyak akan terurai. Dengan demikian, penggunaan minyak nabati yang diklaim tinggi asam lemak tak jenuhnya seperti minyak jagung, minyak bunga matahari, dan minyak kedelai sebenarnya tidak memberikan banyak manfaat. Demikian juga dengan minyak yang disaring dua kali yang tampilannya jernih atau yang telah ditambahkan antioksidan. Jadi jika ingin merasakan manfaat maksimal bagi kesehatan dari perbedaan minyak goreng, minyak tersebut sebaiknya diminum langsung atau tidak digunakan sebagai media penggorengan.

2.7.2 Efek Negatif Mengonsumsi Minyak Jelantah

Penggunaan minyak sebagai media penggorengan bisa menjadi makanan gurih dan renyah, namun pada bahan makanan tertentu perlakuan tersebut justru dapat merugikan. Beberapa zat gizi yang dikandungnya bisa rusak karena tidak tahan terhadap panasnya. Bahan makanan yang kaya akan omega 3 yang diketahui dapat menurunkan kadar kolestrol darah akan tidak berkhasiat bila digoreng sebab komposisi ikatan rangkapnya dapat rusak. Disisi lain, rupanya tidak semua orang bisa menikmati kegurihan dan kerenyahan itu dalam jangka panjang karena akan menimbulkan berbagai penyakit yang dapat merugikan tubuh pengkonsumsinya itu sendiri apabila dikonsumsi dengan jumlah yang banyak dan masa penggorengan yang lebih dari 3 kali.

Terutama oleh pedagang goreng-gorengan pinggir jalan, minyak goreng sering dipakai berulang kali tak peduli apakah warnanya sudah berubah menjadi coklat tua sampai hitam atau belum. Alasan yang ditemukan simpel saja, demi mengirit biaya produksi. Minyak yang telah dipakai menggoreng disebut dengan minyak jelantah. Penggunaan yang lama dapat mengakibatkan ikatan rangkap teroksidasi, membentuk gugus peroksida dan monomer siklik. Penelitian pada

binatang menunjukkan gugus peroksida dalam jumlah besar dapat merangsang terjadinya kanker, tetapi kerusakan tidak hanya terjadi karena dipakai menggoreng. Penyimpanan yang salah dalam jangka waktu tertentu dapat menyebabkannya pula pecahnya ikatan trigliserida menjadi gliserol dan asam lemak bebas (*free fatty acid*/FFA). Selain menyebabkan tengik, FFA juga bisa menaikkan kolestrol darah. Kerusakan minyak tidak bisa dicegah, namun dapat diperlambat dengan memperhatikan beberapa faktor yang mempengaruhinya.

1. Oksigen, semakin banyak oksigen semakin cepat teroksidasi.
2. Ikatan rangkap, semakin banyak asam lemak tak jenuhnya semakin mudah teroksidasi.
3. Suhu, penggorengan dan penyimpanan yang tinggi akan mempercepat reaksi.
4. Cahaya serta ion logam tembaga (Cu^{2+}) dan besi (Fe^{2+}) yang merupakan faktor katalis proses oksidasi.
5. Antioksidan, semakin tinggi antioksidan yang ditambahkan maka semakin tahan terhadap oksidasi.

2.7.3 Manfaat Minyak Jelantah

Minyak goreng bekas atau minyak jelantah sangat bermanfaat dalam hal pemanfaatan suatu limbah. Penggunaannya yang beragam dapat membuahkan hasil yang berbeda. Minyak bekas menggoreng ini dapat menjadi sangat berbahaya bagi tubuh. Sebaliknya, jelantah dapat menjadi penyelamat lingkungan apabila digunakan dengan tepat. Minyak bekas penggorengan yang dibuang begitu saja dapat mencemari lingkungan. Jenis formulasi yang terkandung di dalam jelantah tersebut tidak dapat larut di dalam air sehingga limbahnya mencemari air dan tanah. Lebih berbahaya lagi jika minyak jelantah dipakai ulang hingga 3 atau 4 kali penggorengan. Kandungan asam lemak jenuh yang sangat tinggi pada minyak ini dapat menyebabkan kolestrol, hipertensi, penyumbatan peredaran darah, serta memicu kanker.

Apabila dipandang dari sisi lain minyak jelantah sebagai bahan bakar alternatif untuk kompor yang ramah lingkungan, maka ia termasuk dalam kelompok sumber energi nabati yang disebut biodiesel. Sumber energi ini dapat dimanfaatkan ditengah kelangkaan minyak dan elpiji yang kadang terjadi, harga

minyak tanah yang melambung, serta tidak tersedianya minyak jarak (seperti yang telah dipromosikan oleh pemerintah). Limbah minyak goreng (*waste of vegetable oil*) berpotensi menjadi alternatif energi bahan bakar nabati yang ramah lingkungan dan mampu menurunkan 100% emisi gas buangan sulfur dan CO₂ serta CO sampai dengan 50%. Biodiesel ini mampu mengurangi pencemaran lingkungan sehingga mendukung program pemerintah tentang pemanfaatan bahan bakar nabati sebagai bahan bakar ramah lingkungan, sesuai dengan Inpres No.1/2006. Kompor berbahan bakar minyak jelantah memiliki keseimbangan karbondioksida netral sehingga meminimalkan resiko kompor meledak. Minyak jelantah hanya akan terbakar/meledak jika suhunya diatas 300⁰C.

2.8 Karakteristik Produk Biodiesel

1. Viskositas (*Viscosity*)

Viskositas adalah kekentalan zat cair yang dimiliki suatu fluida yang dialirkan dalam pipa kapiler terhadap gaya gravitasi, biasanya dinyatakan dalam waktu yang diperlukan untuk mengalir pada jarak tertentu. Jika viskositas semakin tinggi, maka tahanan untuk mengalir akan semakin tinggi. Karakteristik ini sangat penting karena mempengaruhi kinerja injektor pada mesin diesel. Atomisasi bahan bakar sangat bergantung pada viskositas, tekanan injeksi serta ukuran lubang injektor. Pada umumnya, bahan bakar harus mempunyai viskositas yang relatif rendah agar dan mudah mengalir dan teratomisasi. Hal ini dikarenakan putaran mesin yang cepat membutuhkan injeksi bahan bakar yang cepat pula. Namun tetap ada batas minimal karena diperlukan sifat pelumasan yang cukup baik untuk mencegah terjadinya keausan akibat gerakan piston yang cepat.

Selain itu viskositas (kekentalan) juga merupakan sifat intrinsik fluida yang menunjukkan resistensi fluida terhadap alirannya, karena gesekan di dalam bagian cairan yang berpindah dari suatu tempat ke tempat yang lain mempengaruhi pengatoman bahan bakar dengan injeksi kepada ruang pembakaran, akibatnya terbentuk pengendapan pada mesin. Viskositas yang tinggi atau fluida yang masih lebih kental akan mengakibatkan kecepatan aliran akan lebih lambat sehingga proses derajat atomisasi bahan bakar akan terlambat pada ruang bakar. Untuk mengatasi hal ini perlu dilakukan proses kimia yaitu proses transesterifikasi untuk

menurunkan nilai viskositas minyak nabati itu sampai mendekati viskositas biodiesel Standar Nasional Indonesia (SNI) dan standar Solar. Pada umumnya viskositas minyak nabati jauh lebih tinggi dibandingkan viskositas solar, sehingga biodiesel turunan minyak nabati masih mempunyai hambatan untuk dijadikan sebagai bahan bakar pengganti solar. Viskositas dapat dibedakan atas viskositas dinamik (μ) dan viskositas kinematik (ν). Viskositas kinematik merupakan perbandingan antara viskositas dinamik (absolute) dengan densitas (rapat massa) fluida.

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

Keterangan :

ν = Viskositas kinematik (St)

μ = Viskositas dinamik (poise)

ρ = Rapat massa (kg/m^3)

Viskositas kinematik dapat diukur dengan alat Viscometer Oswald. Persamaan untuk menentukan viskositas kinematik dengan menggunakan Viscometer Oswald

$$\mu = k \times t$$

Keterangan:

μ = viskositas kinematik (centi Stokes atau cSt)

k = konstanta viscometer Oswald

t = waktu mengalir fluida didalam pipa viskometer (detik).

2. Bilangan Asam

Analisa ini dilakukan untuk mendapatkan nilai bilangan asam sampel minyak nabati. Bilangan asam didefinisikan sebagai jumlah milligram KOH yang dibutuhkan untuk menetralkan asam-asam lemak bebas dari satu gram minyak. Bilangan asam dipergunakan untuk mengukur jumlah asam lemak bebas yang terdapat dalam sampel minyak. Kandungan asam yang besar pada minyak bahan bakar akan berakibat buruk pada kinerja mesin pembakar. Asam akan menyebabkan korosi pada mesin sehingga menghambat proses pembakaran. Penentuan bilangan asam dilakukan dengan metode titrasi asam basa. Sejumlah minyak dilarutkan dalam alkohol dan diberi indikator phenolphthalein. Kemudian dititrasi dengan larutan KOH sampai terjadi perubahan warna merah jambu yang

tetap. Senyawa KOH akan bereaksi dengan asam lemak yang berada pada sampel minyak nabati. Titrasi dilakukan untuk mengetahui keadaan dimana semua KOH telah bereaksi dengan asam lemak pada minyak dan kelebihan KOH ditandai dengan perubahan warna pada sampel akibat ditambahi dengan indikator phenolphthalein.

3. Berat Jenis (*Density*)

Massa jenis menunjukkan perbandingan massa persatuan volume, karakteristik ini berkaitan dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh mesin diesel/biodiesel persatuan volume bahan bakar. Kerapatan suatu fluida (ρ) dapat didefinisikan sebagai massa per satuan volume.

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Keterangan :

ρ = rapat massa (kg/m^3)

m = massa (kg)

v = volume (m^3)

4. Kadar Air (*Water Content*)

Kadar air dalam minyak merupakan salah satu tolak ukur mutu minyak. Makin kecil kadar air dalam minyak maka mutunya makin baik, hal ini dapat memperkecil kemungkinan terjadinya reaksi hidrolisis yang dapat menyebabkan kenaikan kadar asam lemak bebas, kandungan air dalam bahan bakar dapat juga menyebabkan turunnya panas pembakaran, berbuisa dan bersifat korosif jika bereaksi dengan sulfur karena akan membentuk asam.

5. Titik Nyala (*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 tersebut didekatkan pada nyala api. Titik nyala diperlukan sehubungan adanya pertimbangan-pertimbangan mengenai keamanan dari penimbunan minyak dan pengangkutan bahan bakar minyak terhadap bahaya kebakaran, titik nyala ini tidak mempunyai pengaruh besar dalam persyaratan pemakaian bahan bakar minyak untuk mesin diesel. Untuk keselamatan selama penanganan dan

penyimpanan, titik nyala harus cukup tinggi agar terhindar dari bahaya kebakaran pada suhu kamar.

6. Nilai Kalori (*Calorific Value*)

Nilai kalori adalah suatu angka yang menyatakan jumlah panas atau kalori yang dihasilkan pada proses pembakaran sejumlah bahan bakar tertentu dengan udara/oksigen. Nilai kalor berbanding terhadap berat jenis. Pada volume yang sama, semakin besar berat jenis suatu minyak akan semakin rendah nilai kalor, demikian sebaliknya semakin rendah berat jenis suatu minyak maka akan semakin besar nilai kalornya. Sebagai contoh berat jenis solar lebih rendah daripada premium akan tetapi nilai kalor minyak solar lebih tinggi dari premium. Nilai kalor diperlukan karena dapat digunakan untuk menghitung jumlah konsumsi bahan bakar minyak yang dibutuhkan untuk suatu mesin dalam suatu periode.