

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Katalis**

Katalis berfungsi untuk mempercepat reaksi dan menurunkan energi aktivasi sehingga reaksi dapat berlangsung pada suhu kamar sedangkan tanpa katalis reaksi dapat berlangsung pada suhu 250°C, katalis yang biasa digunakan dalam reaksi transesterifikasi adalah katalis basa seperti kalium hidroksida (KOH) dan natrium hidroksida (NaOH). Dalam suatu reaksi kimia, katalis tidak ikut bereaksi secara tetap sehingga dianggap tidak ikut bereaksi. Ketika reaksi selesai, kita akan mendapatkan massa katalis yang sama seperti pada awal ditambahkan.

##### **2.1.1 Katalis Homogen**

Katalis homogen adalah katalis yang mempunyai fase yang sama dengan reaktan dan produk. Penggunaan katalis homogen mempunyai kelemahan, yaitu bersifat korosif, sulit dipisahkan dari produk dan katalis tidak dapat digunakan kembali. Keuntungan dari katalis homogen yaitu memiliki yield yang besar dan reaksi suhu yang rendah.

##### **2.1.2 Katalis Basa Heterogen**

Katalis basa heterogen merupakan suatu zat yang dapat mempercepat terjadinya suatu reaksi dengan cara menurunkan energi aktivasi, mempunyai sifat basa, dan fasa zatnya berbeda dengan fasa reaktannya. Katalis basa heterogen dapat mempercepat reaksi transesterifikasi pembuatan biodiesel. Reaksi transesterifikasi adalah reaksi antara minyak tumbuhan atau lemak hewan dengan alkohol membentuk ester dan gliserol. Jika menggunakan metanol maka ester yang dihasilkan dikenal dengan nama *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME). Reaksi ini digunakan secara luas untuk mengurangi viskositas trigliserida (Murugesan dkk., 2008; Samik dkk, 2011).

Saat ini banyak industri menggunakan katalis heterogen yang mempunyai banyak keuntungan dan sifatnya yang ramah lingkungan yaitu tidak bersifat korosif, mudah dipisahkan dari produk dengan metode filtrasi serta dapat digunakan

berulang kali dalam jangka waktu yang lama. (Widyastuti, 2007). Penyiapan katalis basa yang disangga dengan karbon dapat dilakukan dengan tiga tahapan, yaitu kalsinasi, *wet impregnation* dan aktivasi. Kalsinasi dipengaruhi oleh suhu sesuai dengan jenis bahan baku yang digunakan. Impregnasi basah adalah sebuah perlakuan kimia dengan berbagai variasi campuran logam aktif dalam larutan. Garam logam basa yang kuat dan senyawaan oksida yang dapat digunakan dalam impregnasi (perendaman) antara lain NaOH, KOH dan CaO. Ketika diimpregnasi, garam logam akan terdifusi ke dalam pori katalis penyangga. Akibatnya, bahan yang telah selesai diimpregnasi harus dikalsinasi atau dilakukan aktivasi panas untuk menghilangkan kelembaban dan bahan volatil yang dapat menutup permukaan katalis. Aktivitas katalitik dengan katalis penyangga memiliki kekuatan yang lebih tinggi dibanding dengan katalis yang tidak berpenyangga. (Kaban, 2017).

## 2.2 Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan senyawa *amorf* yang dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau arang yang diperlakukan secara khusus untuk mendapatkan daya adsorpsi yang tinggi. Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Daya serap karbon aktif sangat besar, yaitu 25-100% terhadap berat karbon aktif. Karbon aktif dapat dibuat dari semua bahan yang mengandung karbon baik berasal dari tumbuh-tumbuhan, binatang ataupun bahan tambang. Bahan-bahan tersebut antara lain berbagai jenis kayu, serbuk gergaji, sekam padi, tempurung kelapa, tulang/cangkang binatang, batubara dan lain-lain.

Bahan karbon telah sering digunakan sebagai penyangga katalis. Karbon aktif telah sering digunakan pada beberapa proses katalitik heterogen. Karbon aktif memiliki sifat yang baik sebagai penyangga karena bersifat inert, permukaan yang dapat dimodifikasi dan memiliki pori yang sangat besar (Lazaro M dkk, 2015).

Dari beberapa penyangga katalis heterogen, karbon aktif memiliki banyak keuntungan antara lain ketersediaannya yang mudah. Dimana sebagian besar adalah

limbah pertanian/perkebunan, biaya yang murah dan stabilitasnya pada temperatur rendah (Dejean A, dkk, 2017).

### 2.3 Natrium Hidroksida

Natrium Hidroksida (NaOH) merupakan sejenis basa logam yang dapat digunakan sebagai katalis. Pada proses transesterifikasi, katalis yang digunakan dapat berupa katalis homogen maupun katalis heterogen. Katalis NaOH merupakan katalis homogen memiliki aktivasi yang tinggi namun kelemahannya yaitu kesulitan dalam penggunaannya kembali, terjadinya reaksi saponifikasi, bersifat korosif dan menghasilkan limbah yang banyak. Hal ini mengakibatkan katalis heterogen basa lebih banyak diperhatikan dengan keuntungannya yang meliputi kemudahan dalam pemisahan, sifat korosif yang kecil dan ramah lingkungan. Namun, pemilihan penyangga katalis untuk menghasilkan katalis heterogen, seperti  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , CaO dan MgO memberi permasalahan yang cukup besar pada biaya produksi biodiesel (Kaban, 2017).

Penyangga katalis yang memiliki biaya rendah dan *ecofriendly* dapat diperoleh dari biomassa yang dikarbonisasi menjadi karbon aktif. Sebagai penyangga katalis, karbon aktif sangat efektif pada reaksi berfasa cair dan gas. Karbon aktif memiliki mikro pori yang tinggi sehingga basa seperti KOH dan NaOH dapat terserap dengan mudah pada permukaan karbon aktif. Kandungan abu yang cukup rendah pada karbon aktif juga mempercepat laju reaksi (Kaban, 2017).

### 2.4 Biodiesel

Biodiesel merupakan campuran metil ester dengan asam lemak rantai panjang yang dihasilkan dari sumber hayati seperti minyak nabati dan lemak hewani atau dari minyak goreng bekas pakai. Minyak nabati merupakan sumber bahan baku yang menjanjikan bagi proses produksi biodiesel karena bersifat terbarukan, dapat diproduksi dalam skala besar dan ramah lingkungan (Wenten, 2010).

Pada umumnya biodiesel disintesis dari ester asam lemak dengan rantai karbon antara  $\text{C}_2 - \text{C}_{22}$ . Minyak kelapa sawit dan minyak jarak pagar yang kaya akan trigliserida merupakan sumber potensial untuk pembuatan biodiesel ini, dimana trigliserida memiliki viskositas dinamik yang sangat tinggi dibandingkan dengan solar. Rantai karbon biodiesel bersifat sederhana, berbentuk lurus dengan dua buah

atom oksigen pada tiap cabangnya (mono alkil ester), sehingga lebih mudah didegradasi oleh bakteri dibandingkan dengan rantai karbon petrodiesel, yang bersifat lebih kompleks, dengan ikatan rangkap dan banyak cabang.

Biodiesel merupakan bahan bakar yang berwarna kekuningan yang viskositasnya tidak jauh berbeda dengan minyak solar, oleh karena itu campuran biodiesel dengan minyak solar dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar kendaraan berbahan bakar minyak solar tanpa merusak atau memodifikasi mesin. Selain itu tenaga dan unjuk kerja mesin diesel dengan bahan bakar minyak solar juga tidak berubah. Biodiesel dapat dihasilkan melalui proses transesterifikasi ataupun esterifikasi minyak nabati dengan alkohol menggunakan katalis asam atau basa.

#### 2.4.1. Pembuatan Biodiesel

##### a. Esterifikasi

Minyak-lemak mentah tak jarang mengandung asam lemak bebas dalam jumlah besar. Asam lemak bebas adalah asam lemak yang berada sebagai asam bebas tidak terikat sebagai trigliserida. Asam lemak bebas dihasilkan oleh proses hidrolisis dan oksidasi biasanya bergabung dengan lemak netral.

Hasil reaksi hidrolisa minyak sawit adalah gliserol dan ALB. Reaksi ini akan dipercepat dengan adanya faktor-faktor panas, air, keasaman, dan katalis (enzim). Semakin lama reaksi ini berlangsung, maka semakin banyak kadar ALB yang terbentuk. Kadar asam lemak bebas dalam minyak kelapa sawit, biasanya hanya dibawah 1%. Lemak dengan kadar asam lemak bebas lebih besar dari 1%, jika dicicipi akan terasa pada permukaan lidah dan tidak berbau tengik, namun intensitasnya tidak bertambah dengan bertambahnya jumlah asam lemak bebas. Asam lemak bebas, walaupun berada dalam jumlah kecil mengakibatkan rasa tidak lezat. Hal ini berlaku pada lemak yang mengandung asam lemak tidak dapat menguap, dengan jumlah atom C lebih besar dari 14.

Definisi ilmiah esterifikasi adalah reaksi pembentukan ester dari asam karboksilat dengan alkohol. Asam lemak bebas diubah menjadi ester metil asam lemak melalui pereaksian dengan metanol. Reaksi esterifikasi ini merupakan reaksi kesetimbangan endoterm, sehingga diperlukan pemanasan untuk mempercepat

reaksi ini. Walaupun reaksi ini sudah dipercepat dengan katalis, namun masih merupakan reaksi kesetimbangan yang relatif lambat.

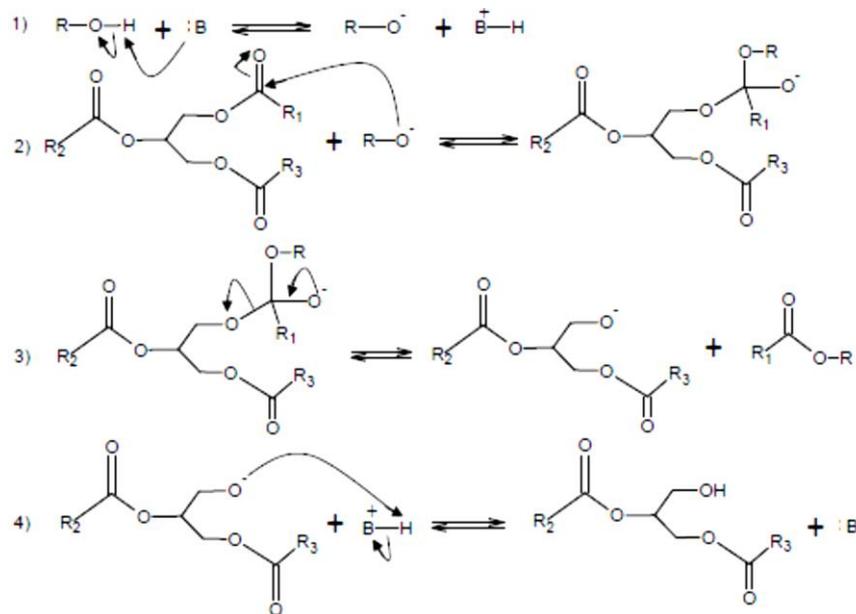
#### b. Transesterifikasi

Salah satu proses pembuatan biodiesel yang paling banyak digunakan dalam industri adalah transesterifikasi minyak nabati. Transesterifikasi adalah reaksi antara trigliserida dan alkohol menghasilkan gliserol bebas dan ester alkil asam lemak, yang pertama kali dilakukan pada tahun 1853 oleh ilmuwan E. Duffy dan J. Patrick. Transesterifikasi adalah penggantian gugus alkohol dari ester dengan alkohol lain. Umumnya katalis yang digunakan adalah NaOH atau KOH. Metanol lebih umum digunakan untuk proses transesterifikasi karena harganya lebih murah dan lebih mudah untuk didaur ulang kembali, walaupun tidak menutup kemungkinan untuk menggunakan jenis alkohol lainnya seperti etanol.

Transesterifikasi merupakan suatu reaksi kesetimbangan untuk mendorong reaksi agar bergerak ke arah hasil reaksi sehingga dihasilkan mestil ester (biodiesel) maka perlu digunakan alkohol dalam jumlah yang berlebih atau salah satu produk yang dihasilkan harus dipisahkan. Faktor utama yang mempengaruhi rendemen ester yang dihasilkan pada reaksi transesterifikasi adalah rasio molar antara trigliserida dan alkohol, jenis katalis yang digunakan, suhu reaksi, waktu reaksi, kandungan air dan kandungan asam lemak bebas pada bahan baku yang dapat menghambat reaksi.

Faktor lain yang mempengaruhi kandungan ester pada biodiesel, diantaranya kandungan gliserol, jenis alkohol yang digunakan pada reaksi transesterifikasi, jumlah katalis sisa dan kandungan sabun. Pada proses transesterifikasi, selain menghasilkan biodiesel, hasil sampingannya adalah gliserin (gliserol). Gliserin dapat dimanfaatkan dalam pembuatan sabun, bahan baku sabun ini berperan sebagai pelembab (*moistourising*).

Transesterifikasi dengan katalis basa pada umumnya berlangsung lebih cepat dari pada katalis asam karena reaksi beransung searah. Minyak tidak boleh mengandung air agar reaksi berjalan sempurna dengan katalis basa. Mekanisme reaksi transesterifikasi dengan katalis basa ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Mekanisme reaksi transesterifikasi dengan katalis basa  
(Arpiwi, 2015)

Proses yang terjadi selama transesterifikasi dengan katalis basa :

1. Abstraksi proton alkohol oleh katalis basa membentuk anion alkoksida;
2. Penyerangan gugus karbonil trigliserida oleh anion alkoksida membentuk zat antara tetrahedral;
3. Terjadi penataan ulang membentuk ion digliserida dan molekul alkil ester;
4. Ion digliserida tersebut kemudian bereaksi dengan basa terprotonasi membentuk digliserida dan katalis basa.

Tahapan reaksi ini berulang dua kali hingga membentuk gliserol dan alkil ester asam lemak. Kondisi proses produksi biodiesel dengan menggunakan katalis basa adalah:

1. Reaksi berlangsung pada temperatur dan tekanan yang rendah (150°F dan 20 psi);
2. Menghasilkan konversi yang tinggi (98%) dengan waktu reaksi dan terjadinya reaksi samping yang minimal;
3. Konversi langsung menjadi biodiesel tanpa tahap *intermediate*;
4. Tidak memerlukan konstruksi peralatan yang mahal.

Reaksi transesterifikasi minyak nabati menghasilkan biodiesel juga telah dikembangkan dengan memanfaatkan enzim lipase sebagai katalisnya. Penggunaan enzim lipase ini sangat menarik untuk dikembangkan karena gliserol sebagai hasil samping produksi dapat dipisahkan dengan mudah serta pemurnian biodieselnnya juga sangat mudah dilakukan. Namun demikian dikarenakan biaya produksinya cukup tinggi maka perkembangannya kurang begitu cepat. Tetapi dengan menggunakan metode *whole cell biocatalyst* dengan dukungan partikel biomassa telah dapat dilakukan pembuatan biodiesel dengan harga yang jauh lebih murah (Fukuda dkk, 2001).

#### c. Pencucian

Tujuan pemurnian biodiesel (ester metil asam lemak) adalah untuk menghilangkan sisa katalis, sisa gliserol dan ion logam sebagai sabun. Ketiga zat pengotor tadi lazim berada pada fasa ester metil asam lemak ketika pemisahannya dengan fasa gliserol. Sisa katalis sebagai hidroksidanya ataupun metoksida masih tertinggal pada ester metil asam lemak setelah proses pemisahan fasa gliserol dan fasa ester metil asam lemak harus dihilangkan karena akan menyebabkan kerusakan yang berupa korosi basa pada pompa injeksi dan berbagai bagian sistem bahan bakar. Sisa katalis ini mengakibatkan ester metil asam lemak akan bersifat basa yang seharusnya netral atau dengan keasamanan 0,5 mg KOH/gnya.

Gliserol merupakan produk metanolisis trigliserida minyak nabati dan dihasilkan bersama-sama dengan ester metil asam lemak. Sebagian kecil gliserol akan berada pada fasa ester metil asam lemak ketika proses pemisahan fasa sedangkan sebagian besar akan terbawa pada fasa bawahnya. Gliserol yang tertinggal harus dihilangkan sampai kurang dari 0,24% - berat. Kadar gliserol yang tinggi akan mengakibatkan terbentuknya gum pada nosel injeksi bahan bakar di ruang mesin. Sabun merupakan hasil reaksi samping pembuatan ester metil asam lemak yang diakibatkan adanya air dalam kadar kecil sekalipun. Sebagian besar sabun yang terbentuk akan terbawa pada fasa gliserol ketika pemisahannya, tetapi kadar sabun yang tinggi akan mengakibatkan akumulasi sabun padat pada pompa injeksi bahan bakar yang mengakibatkan terganggunya gerak komponen-

komponen pompa injeksi bahan bakar. Monitor dari kadar sabun dapat diketahui dari angka asam yang terlalu rendah.

Ketiga pengotor ester metil asam lemak tersebut memiliki sifat larut di dalam air dengan baik sebaliknya ester metil asam lemak tidak larut di dalam air, sehingga cara pemisahan ester metil asam lemak dengan pengotornya yang paling sederhana adalah mencucinya dengan air. Pencucian dilakukan menggunakan air hangat pada suhu 50°C sampai air pencucian berwarna jernih dan pHnya 7. Pengadukan dilakukan secara perlahan, air cuci dipisahkan setelah terbentuk dua fasa antara biodiesel dan fasa air.

#### d. Pengerinan

Langkah pemurnian selanjutnya adalah pengerinan yaitu pemisahan ester metil asam lemak dari air dan metanol yang tersisa ketika proses pencucian. Biodiesel (ester metil asam lemak) dipanaskan selama 60°C dan divakum selama 30 menit.

#### 2.4.2. Karakteristik Biodiesel

Biodiesel merupakan bahan bakar berbasis non-petroleum yang diperoleh dari transesterifikasi trigliserida (TGs) maupun esterifikasi asam lemak bebas menggunakan alkohol dengan berat molekul yang rendah (Utomo, 2011). Biodiesel tidak mengandung nitrogen atau senyawa aromatik dan hanya mengandung kurang dari 155 ppm (*part per million*) sulfur. Biodiesel mengandung 11% oksigen dalam persen berat yang keberadaannya mengakibatkan berkurangnya kandungan energi namun menurunkan kadar emisi gas buang yang berupa karbon monoksida (CO), Hidrokarbon (HC), partikulat dan jelaga.

Kandungan energi biodiesel 10% lebih rendah bila dibandingkan dengan solar, sedangkan efisiensi bahan bakar biodiesel lebih kurang dapat dikatakan sama dengan solar, yang berarti daya dan torsi yang dihasilkan proporsional dengan kandungan nilai kalor pembakarannya. Kandungan asam lemak dalam minyak nabati yang merupakan bahan baku dari biodiesel menyebabkan bahan bakar biodiesel sedikit kurang stabil dibandingkan dengan solar, kestabilan yang tidak stabil dapat meningkatkan kandungan asam lemak bebas, menaikkan viskositas,

terbentuknya gums, dan terbentuknya sedimen yang dapat menyumbat saringan bahan bakar.

Biodiesel memiliki sifat melarutkan (*solveny*). Hal ini menyebabkan suatu permasalahan, dimana apabila digunakan pada mesin diesel yang sebelumnya telah lama menggunakan solar dan didalam tankinya telah terbentuk kerak dan sedimen, maka biodiesel akan melarutkan kerak dan sedimen tersebut, sehingga dapat menyumbat saringan dan saluran bahan bakar. Oleh karena itu apabila kandungan sedimen dan kerak didalam tangki bahan bakar cukup tinggi sebaiknya diganti sebelum digunakan biodiesel. Beberapa material seperti kuningan, tembaga, timah, dan seng dapat mengoksidasi biodiesel dan menghasilkan sedimen, untuk mencegah hal ini maka sebaiknya biodiesel terbuat dari bahan *stainless steel* atau aluminium.

#### 2.4.3. Standar Mutu Biodiesel

Dari peraturan pengujian biodiesel tentang spesifikasi bahan bakar minyak dan gas dan standar pengujian SNI (Standart Nasional Indonesia) dapat dianalisa :

a. Angka Setana

Untuk bahan bakar motor diesel digunakan acuan Angka Setana, yaitu dengan bahan referensi normal cetane ( $C_{16}H_{34}$ ) yang tidak memiliki keterlambatan menyala dan aromatis methyl naphthalene ( $C_{10}H_7CH$ ) yang keterlambatannya besar sekali. Angka Setana dari biodiesel sebesar minimal 51 sedangkan standar dari solar sebesar 48. Bilangan setana menunjukkan seberapa cepat bahan bakar mesin diesel yang dapat diinjeksikan keruang bahan bakar agar terbakar secara spontan. Bilangan cetane dari minyak diesel konvensional dipengaruhi oleh struktur hidrokarbon penyusun. Semakin rendah bilangan cetane maka semakin rendah pula kualitas penyalaan karena memerlukan suhu penyalaan yang lebih tinggi (Hendartono, 2005). Semakin tinggi angka setana, maka akan semakin cepat pembakaran dan semakin baik efisiensi termodinamisnya.

Angka setana yang tinggi berpengaruh signifikan terhadap waktu singkat yang diperlukan antara bahan bakar diinjeksikan dengan inisiasi sehingga menyebabkan *start* yang baik dan suara yang halus pada mesin. Angka setana yang lebih tinggi

akan memastikan *start* yang baik dan meminimalkan pembentukan asap putih (Zuhdi, 2002).

b. Viskositas Kinematik

Viskositas 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 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 transesterifikasi untuk menurunkan nilai viskositas minyak nabati itu sampai mendekati viskositas solar.

*Viscositas* kinematik dapat diukur dengan alat *Viscometer Oswald*. Persamaan untuk menentukan viscositas kinematik dengan menggunakan *Viscometer Oswald*

$$\mu = K \times t \quad (2.2)$$

dimana :

$\mu$  = viskositas kinematik (*centi stokes* atau cSt)

K = konstanta *viscometer Oswald*

t = waktu mengalir fluida didalam pipa *viscometer* (detik)

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. Standar *Kinematic viscosity* dari biodiesel adalah sebesar 2,3 cSt sampai 6 cSt. Jika harga viskositas terlalu tinggi maka akan besar kerugian gesekan di dalam pipa, kerja pompa akan berat, penyaringannya sulit dan kemungkinan kotoran ikut terendap besar, serta sulit mengabutkan bahan bakar. Sebaliknya jika viskositas terlalu rendah berakibat pelumasan yang tipis, jika dibiarkan terus menerus akan mengakibatkan keausan.

c. Massa Jenis (Densitas)

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

sebagai massa per satuan volume. Massa jenis dapat dihitung dengan menggunakan rumus yang diformulasikan oleh ilmuwan bernama Archimedes seperti dibawah ini:

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

Dimana :

$\rho$  = rapat massa (kg/m<sup>3</sup>)

m = massa (kg)

v = volume (m<sup>3</sup>)

d. Nilai Kalor

Nilai kalor adalah suatu angka yang menyatakan jumlah panas /kalori yg dihasilkan dari proses pembakaran sejumlah tertentu bahan bakar dengan udara /oksigen.

e. Titik Nyala (*Flash Point*)

Titik nyala adalah titik temperatur terendah dimana bahan bakar dapat menyala ketika bereaksi dengan udara. Bila nyala terus terjadi secara menerus maka suhu tersebut dinamakan titik bakar (*fire point*). Titik nyala yang terlampau tinggi dapat menyebabkan keterlambatan penyalaan sementara apabila titik nyala terlampau rendah akan menyebabkan timbulnya denotasi yaitu ledakan kecil yang terjadi sebelum bahan bakar masuk ruang bakar. Hal ini juga dapat meningkatkan resiko bahaya saat penyimpanan. Semakin tinggi titik nyala dari suatu bahan bakar semakin aman penanganan dan penyimpanannya (Widyastuti, 2007)

f. Titik Kabut (*Cloud Point*)

Titik kabut adalah temperatur pada saat bahan bakar mulai tampak “berawan” (*cloudy*), hal ini timbul karena munculnya kristal-kristal (padatan) di dalam bahan bakar. Walaupun bahan bakar masih bisa mengalir pada titik ini keberadaan kristal di dalam bahan bakar dapat mempengaruhi kelancaran aliran bahan bakar di dalam filter, pompa, dan *injector*. Sedangkan titik tuang (*pour point*) adalah temperatur terendah yang masih memungkinkan terjadinya aliran bahan bakar di bawah *pour point* bahan bakar tidak lagi bisa mengalir karena terbentuknya Kristal yang menyumbat aliran bahan bakar dan pada *cloud point* terjadi pada temperatur yang lebih tinggi dibandingkan dengan *pour point*.

Pada umumnya permasalahan pada aliran bahan bakar terjadi pada temperatur diantara *cloud point* dan *pour point* pada saat keberadaan kristal mulai mengganggu proses filtrasi bahan bakar. Oleh karena itu digunakan metode pengukuran yang lain untuk mengukur performansi bahan bakar pada temperatur rendah yakni *Cold Filter Plugging Point* (CFPP) dan *Low Temperatur Flow Test* (LTFT) dengan standart ASTM D 4539. Pada umumnya *pour* dan *cloud point* biodiesel lebih tinggi dibandingkan dengan solar. Untuk mengatasi hal itu dapat dipergunakan pencampuran biodiesel dengan solar, atau menambahkan adatif tertentu pada biodiesel, untuk mencegah terjadinya kristal- kristal yang terbentuk pada biodiesel (Indartono, 2006).

g. Kadar Air (*Water Contain*)

Pada negara yang mempunyai musim dingin kandungan air yang terkandung dalam bahan bakar dapat membentuk kristal yang dapat menyumbat aliran bahan bakar. Selain itu keberadaan air dapat menyebabkan korosi dan pertumbuhan mikro organisme yang juga dapat menyumbat aliran bahan bakar. Sedimen dapat menyebabkan penyumbatan juga dan kerusakan mesin (Indartono, 2006).

h. Bilangan Iodin (*Number iodine*)

Bilangan iodin pada biodiesel menunjukkan tingkat ketidakjenuhan senyawa penyusun biodiesel, padahal disisi lain keberadaan senyawa tak jenuh meningkatkan performansi biodiesel pada temperatur rendah karena senyawa ini memiliki titik leleh (*melting point*) yang lebih rendah sehingga berkorelasi pada *cloud* dan *pour point* yang juga rendah. Namun di sisi lain banyak senyawa lemak tak jenuh di dalam biodiesel memudahkan senyawa itu bereaksi dengan oksigen di atmosfer dan bisa terpolimerisasi membentuk material serupa plastik. Oleh karena itu terdapat batasan maksimal harga iodin yang diperbolehkan untuk biodiesel yaitu 115 berdasarkan standard SNI Biodiesel.

Pengaruh naiknya ketidakjenuhan metil ester dapat menyebabkan gas CO<sub>2</sub> bertambah besarnya derajat ketidakjenuhan berhubungan dengan bilangan iod. Semakin panjang rantai karbon semakin rendah emisi gas buang CO<sub>2</sub> dan semakin tinggi bilangan iodine semakin rendah emisi gas buang CO<sub>2</sub> yang dihasilkan (Indartono, 2006).

Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk Biodiesel dikeluarkan oleh BSN (Badan Standarisasi Nasional) pada tahun 2006 dengan nomor SNI 04-7182-2006. Adapun syarat mutu biodiesel tersebut dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini :

Tabel 2. Persyaratan Mutu Biodiesel Ester Alkil Menurut SNI 04-7182-2006

Parameter dan satuannya	Batas nilai	Metode uji	Metode setara
Massa jenis pada 40°C, kg/m <sup>3</sup>	850 – 890	ASTM D 1298	ISO 3675
Viskositas kinematik pada 40°C, mm <sup>2</sup> /s (cSt)	2,3 – 6,0	ASTM D 445	ISO 3104
Angka setana	min. 51	ASTMD 613	ISO 5165
Titik nyala (mangkok tertutup), °C	min. 100	ASTM D 93	ISO 2710
Titik kabut, °C	maks. 18	ASTM D 2500	-
Korosi bilah tembaga ( 3 jam, 50°C)	maks. no. 3	ASTM D 130	ISO 2160
Residu karbon, %-berat, - dalam contoh asli - dalam 10% ampas distilasi	Maks. 0,05 (maks 0,03)	ASTM D 4530	ISO 10370
Air dan sedimen, %-vol.	maks. 0,05	ASTM D 2709	-
Temperatur distilasi 90%, °C	maks. 360	ASTM D 1160	-
Abu tersulfatkan, %-berat	maks. 0,02	ASTM D 874	ISO 3987
Belerang, ppm-b (mg/kg)	maks. 100	ASTM D 5453	Pr EN ISO 20884
Fosfor, ppm-b (mg/kg)	maks. 10	AOCS Ca 12-55	FBI-A05-03
Angka asam, mg-KOH/g	maks. 0,8	AOCS Cd 3-63	FBI-A01-03
Gliserol bebas, %-berat	maks. 0,02	AOCS Ca 14-56	FBI-A02-03
Gliserol total, %-berat	maks. 0,24	AOCS Ca 14-56	FBI-A02-03
Kadar ester alkil, %-berat	Min. 96,5	Dihitung *)	FBI-A03-03
Angka iodium, g-I <sub>2</sub> /(100 g)	maks. 115	AOCS Cd 1-25	FBI-A04-03
Uji Halphen	Negative	AOCS Cb 1-25	FBI-A06-03

(Badan Standarisasi Nasional,2006)

## 2.5 Minyak Jelantah

Minyak goreng adalah minyak yang berasal dari lemak tumbuhan atau hewan yang dimurnikan dan berbentuk cair dalam suhu kamar dan biasanya digunakan untuk menggoreng bahan makanan. Minyak goreng yang telah dipakai untuk memasak sudah dapat dikatakan sebagai minyak jelantah. Penggorengan pada suhu tinggi dan pemakaian berulang akan merusak ikatan rangkap pada asam lemak. Perubahan fisik yang terjadi selama pemanasan menyebabkan perubahan indeks bias, viskositas, warna dan penurunan titik bakar. Keadaan tersebut menyebabkan penerimaan panas oleh minyak menjadi lebih cepat sehingga waktu yang dibutuhkan saat minyak mulai dipanaskan hingga mencapai titik bakar menjadi lebih cepat pada frekuensi menggoreng berikutnya. Akibat reaksi kompleks pada

minyak, ikatan asam lemak tak jenuh berubah menjadi jenuh. Semakin tinggi kandungan asam lemak jenuh pada minyak menandakan semakin menurunnya mutu dari minyak tersebut.

Jika kandungan asam lemak bebas terlalu tinggi (lebih dari 0,5- 1 %), atau jika terdapat air dalam reaksi, sabun akan terbentuk dengan terlebih dahulu membentuk emulsi dengan metanol dan minyak, sehingga reaksi metanolisis tidak dapat terjadi. Karena itu minyak yang digunakan harus diolah sedemikian rupa untuk membuang asam lemak bebas dan semua laju umpan masuk dijaga agar bebas air. Biasanya dalam pembuatan biodiesel digunakan metanol berlebih supaya minyak ataupun lemak yang digunakan terkonversi secara total membentuk ester. Kelebihan metanol dapat dipisahkan dengan proses destilasi.

Bertambah tingginya kadar asam lemak jenuh dan suhu penggorengan menyebabkan semakin tinggi nilai kalor karena jumlah atom karbonnya bertambah. Minyak Jelantah mempunyai *catalytic cracking*. Namun perengkahan non kandungan asam lemak bebas yang cukup katalis berlangsung pada suhu dan tekanan tinggi. Kelemahan proses ini adalah terjadinya *blocking* reaksi pembentukan biodiesel, yaitu methanol yang seharusnya bereaksi dengan trigliserida terhalang oleh reaksi pembentukan sabun, sehingga konsumsi methanol naik 2 (dua) kali lipat, katalis diperlukan dalam jumlah besar, sulitnya memisahkan biodiesel dengan gliserol akibat terbentuknya sabun sehingga rendemen yang dihasilkan menurun. Hal ini mengurangi kualitas biodiesel berupa kerusakan minyak yang dihasilkan.

## 2.6 Metanol

Metanol juga dikenal sebagai metil alkohol, *wood alcohol* atau spiritus, adalah senyawa kimia dengan rumus kimia  $\text{CH}_3\text{OH}$ . Ia merupakan bentuk alkohol paling sederhana. Pada "keadaan atmosfer" ia 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 aditif bagi etanol industri.

Secara fisika metanol mempunyai afinitas khusus terhadap karbon dioksida dan hidrogen sulfida. Titik didih metanol berada pada  $64,7^\circ\text{C}$  dengan panas

pembentukan (cairan)  $-239,03$  kJ/mol pada suhu  $25^{\circ}\text{C}$ . Metanol mempunyai panas fusi  $103$  J/g dan panas pembakaran pada  $25^{\circ}\text{C}$  sebesar  $22,662$  J/g. Tegangan permukaan metanol adalah  $22,1$  dyne/cm sedangkan panas jenis uapnya pada  $25^{\circ}\text{C}$  sebesar  $1,370$  J/(gK) dan panas jenis cairannya pada suhu yang sama adalah  $2,533$  J/(gK). Sebagai alkohol alifatik yang paling sederhana dengan rumus kimia  $\text{CH}_3\text{OH}$ , reaktifitas metanol ditentukan oleh group hidroksil fungsional. Metanol bereaksi melalui pemutusan ikatan C-O atau O-H yang dikarakterisasi dengan penggantian grup  $-\text{H}$  atau  $-\text{OH}$ .

#### Sifat Fisika dan Kimia Methanol

Sifat fisik Metanol :

- a. *Freezing point/melting point* :  $-98^{\circ}\text{C}$
- b. *Boiling point* (760mmHg) :  $64,7^{\circ}\text{C}$
- c. *Flash point* :  $11^{\circ}\text{C}$
- d. *Viscosity* ( $20^{\circ}\text{C}$ ) :  $0,55$  cP

Sifat Kimia Metanol :

- a. Rumus molekul :  $\text{CH}_3\text{OH}$
- b. Berat molekul :  $32,04$  gr/mol
- c. *Solubility* : *miscible*
- d. Bersifat polar