

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Minyak Kelapa Sawit

Kelapa sawit adalah tanaman perkebunan/industri berupa 'pohon batang lurus dari *famili Palmae*. Tanaman tropis ini dikenal sebagai penghasil minyak sayur yang berasal dari Amerika. Taksonomi tumbuhan kelapa sawit menurut (Tjitrosoepomo (1994 : 72)) yaitu :

*Regnum* : *Plantae*  
*Divisio* : *Spermatophyta*  
*Sub Divisio* : *Angiospermae*  
*Classis* : *Dicotyledoneae*  
*Ordo* : *Euphorbiales*  
*Familia* : *Palmaceae*

Minyak kelapa sawit merupakan minyak nabati berwarna jingga kemerah-merahan yang diperoleh dari proses pengempaan (ekstraksi) daging buah tanaman *Elaeis guineensis* (SNI 012901-2006 : 1). Minyak kelapa sawit juga merupakan lemak semi padat yang memiliki komposisi tetap. Seperti minyak nabati lainnya, minyak kelapa sawit merupakan senyawa yang tidak larut dalam air, sedangkan komponen penyusunnya yang utama adalah trigliserida dan nontrigliserida. (Susila, 2008)

#### 2.2 Minyak Goreng Bekas (Minyak Jelantah)

Minyak yang telah dipakai menggoreng biasa disebut minyak jelantah. Kebanyakan minyak jelantah sebenarnya merupakan minyak yang telah rusak. Minyak yang tinggi kandungan LTJ (Lemak Tak Jenuh)-nya memiliki nilai tambah hanya pada gorengan pertama saja, sementara yang tinggi ALJ (Asam Lemak Jenuh)-nya bisa lebih lama lagi, meski pada akhirnya akan rusak juga. Oleh proses penggorengan sebagian ikatan rangkap akan menjadi jenuh. Penggunaan yang lama dan berkali-kali dapat menyebabkan ikatan rangkap teroksidasi, membentuk gugus peroksida dan monomer siklik yang

bias mengakibatkan penyakit kanker, dan dapat mengurangi kecerdasan generasi berikutnya. Untuk itu perlu penanganan yang tepat agar limbah minyak jelantah dapat bermanfaat dan tidak menimbulkan kerugian dari aspek kesehatan manusia dan lingkungan, kegunaan lain dari minyak jelantah adalah sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Minyak goreng bekas mengandung asam lemak bebas (*Free Fatty Acid*, FFA) yang dihasilkan dari reaksi oksidasi dan *hidrolisis* pada saat penggorengan.

Minyak jelantah merupakan salah satu bahan baku yang memiliki peluang untuk produksi biodiesel karena minyak ini masih mengandung trigliserida. Minyak jelantah merupakan limbah yang berpotensi menimbulkan bau busuk akibat *degradasi* biologi. Sementara untuk menekan biaya produksi sebagian pedagang biasanya tidak membuang minyak jelantah tersebut. Minyak jelantah yang digunakan kembali sebagai bahan makanan tidak baik untuk kesehatan karena dapat mengakibatkan kerusakan pada hati, ginjal, jantung dan bersifat karsinogenik (Hanif, 2009). Oleh karena itu perlu dilakukan usaha-usaha lain dalam pemanfaatan minyak jelantah tersebut. Salah satunya adalah sebagai bahan baku dalam produksi biodiesel.

Minyak jelantah juga dapat diproses menjadi minyak yang bermutu, misalnya pembuatan biodiesel dari minyak jelantah. Akan tetapi minyak jelantah yang akan diproses untuk pembuatan biodiesel ini harus melalui proses pemurnian yang menggunakan katalis dalam proses esterifikasi dan transesterifikasi (Gareso, 2010 dalam Maratul, 2017).

Pemanfaatan jelantah dapat dilakukan dengan dua cara. Cara yang pertama dengan melakukan beberapa proses pada jelantah tersebut hingga menjadi seperti solar. Misal dengan proses transesterifikasi. Hasilnya, jelantah tersebut dapat digunakan untuk bahan bakar pada metode pembakaran dalam (*internal combustions*) maupun pembakaran luar (*external combustions*). Tetapi, proses tersebut membutuhkan waktu yang relatif cukup lama karena ada tahapan pengendapan, penyaringan dan pencucian. Selain waktunya lama, proses tersebut juga membutuhkan biaya, yaitu untuk aditif dan katalisatornya. Proses ini juga tidak efisien bila volume jelantah hanya dalam skala kecil. Cara kedua adalah dengan memanfaatkannya secara

langsung sebagai bahan bakar pembakaran luar. Cara tersebut relatif cukup praktis karena tidak membutuhkan proses yang rumit. Proses yang perlu untuk dilakukan hanyalah penyaringan, sehingga jelantah terbebas dari terak, kotoran ataupun *agregat*. Pemanfaatan dengan cara ini bisa dilakukan untuk berbagai skala volume, dan sangat sesuai terutama bila volumenya dalam skala yang kecil. Ketersediaan jelantah juga relatif terjaga karena pada saat ini, produksi maupun konsumsi minyak goreng di Indonesia terus meningkat (Hutomo, 2013 dalam Maratul, 2017). Komposisi asam lemak yang terdapat pada minyak jelantah hasil pemakaian dari rumah tangga dapat dilihat pada tabel 2.1 Komposisi Asam Lemak Minyak Jelantah.

Tabel 2. 1 Komposisi Asam Lemak Minyak Jelantah Rumah Tangga

Asam Lemak	Komposisi (%)	Berat Molekul (gr/mol)
Asam Laurat (C12:0)	0,3169	200,324
Asam Miristat (C14:0)	0,9158	228,378
Asam Palmitat (C16:0)	39,8943	256,432
Asam Palmitoleiat (C16:1)	0,1612	254,32
Asam Stearat (C18:0)	3,9618	284,486
Asam Oleat (C18:1)	44,4939	282,486
Asam Linoleat (C18:2)	9,5429	280,486
Asam Arakidat (C20:0)	0,3574	312,54
Asam Eikosenoat (C20:1)	0,1392	310,54

Sumber : Titik Purwaningsih, 2012

Minyak Jelantah merupakan salah satu pilihan yang menarik untuk digunakan sebagai bahan bakar karena memiliki beberapa keunggulan antara lain kandungan energi yang dimiliki cukup besar, sehingga dengan bobot atau volume yang tidak besar terdapat potensi kalor yang cukup tinggi, kondisinya relatif masih dalam fase cair sehingga pengaturan dalam operasional pembakaran relatif mudah, tidak gampang meledak sehingga aman dan penyimpanan persediaannya tidak membutuhkan prosedur ataupun persyaratan khusus. (Maratul, 2017)

### 2.3 Asam Lemak Bebas

Asam lemak bebas ini dihasilkan oleh hasil oksidasi dan hidrolisis minyak menjadi asam. Reaksi pembentukan asam semakin besar dengan

pemanasan yang tinggi dan waktu yang lama selama penggorengan makanan. Asam lemak dapat menyumbat filter atau saringan dan menjadi korosi pada mesin diesel. Untuk menghilangkan FFA dari *Waste Cooking Oil*, FFA harus dirubah menjadi ester dengan cara mereaksikan FFA dengan metanol menggunakan katalis asam (bukan basa), karena katalis basa dengan FFA dan methanol akan membentuk sabun (Mahreni, 2010).

Kadar asam lemak bebas dihitung sebagai presentase berat (b/b) dari asam lemak bebas yang terkandung dalam minyak sawit mentah (CPO) dimana berat molekul asam lemak bebas tersebut dianggap sebesar 256 (sebagai asam palmitat). Mutu minyak sawit juga dipengaruhi oleh kadar asam lemak bebasnya, karena jika kadar asam lemaknya bebasnya tinggi, maka akan timbul bau tengik di samping juga dapat merusak peralatan karena mengakibatkan timbulnya korosi (Susila, 2008).

Kadar asam lemak bebas yang terkandung dalam minyak nabati dapat menjadi salah satu parameter penentu kualitas minyak tersebut. Besarnya asam lemak bebas dalam minyak ditunjukkan oleh nilai asam. Angka asam yang tinggi mengindikasikan bahwa asam lemak bebas yang ada di dalam minyak nabati juga tinggi sehingga kualitas minyak justru semakin rendah (Winarno, 2004). Asam lemak bebas di dalam minyak goreng merupakan asam lemak berantai panjang yang tidak teresterifikasi. Asam lemak bebas mengandung asam lemak jenuh yang berantai panjang. Semakin banyak konsumsi asam lemak bebas, akan meningkatkan kadar *Low Density Lipoprotein* (LDL) yang merupakan kolestrol jahat (Adrian, 2005).

Minyak goreng bekas dapat digunakan sebagai sumber dalam pembuatan biodiesel karena adanya komponen trigliserida dan asam lemak bebas. Minyak goreng bekas yang jumlahnya melimpah, murah, dan mudah didapat merupakan sumber potensial untuk digunakan sebagai bahan baku sintesis biodiesel. Minyak goreng bekas tanpa perlakuan awal esterifikasi bila langsung digunakan pada reaksi transesterifikasi biodiesel yang dihasilkan kurang memenuhi standar bahan bakar diesel pada ASTM D 6751 dan SNI dari Dirjen Migas dan rendeman yang dihasilkan sedikit karena asam lemak bebas yang ada akan bereaksi dengan NaOH membentuk sabun

sehingga menghambat proses transesterifikasi. Oleh karena itu, dilakukan dua tahap reaksi pembuatan biodiesel, yaitu reaksi esterifikasi dan reaksi transesterifikasi (Syifa'uz, 2009).

## 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 C<sub>6</sub>- C<sub>22</sub>. Minyak kelapa sawit dan minyak jarak pagar yang kaya akan trigliserida merupakan sumber potensial untuk pembuatan biodiesel ini, dimana trigliseridanya 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 merupakan nama yang diberikan untuk bahan bakar yang terdiri dari *mono-alkyl ester* yang dapat terbakar dengan bersih. Nama biodiesel telah disetujui oleh *Departemen of Energy (DOE)*, *the Environmental Protection Agency (EPA)* dan *American Society of Testing Material (ASTM)* sebagai industri energi alternatif. Berasal dari asam lemak yang sumbernya *renewable* limit, dikenal sebagai bahan bakar yang ramah

lingkungan dan menghasilkan emisi gas buang yang relatif lebih bersih dibandingkan bahan bakar konvensional. Biodiesel tidak beracun, bebas dari belerang, aplikasinya sederhana dan berbau harum.

Menurut Haryono (2010) Biodiesel merupakan metil ester yang diperoleh dari reaksi esterifikasi terhadap asam lemak atau trans-esterifikasi terhadap minyak atau lemak. Pembuatan biodiesel dari minyak goreng dilakukan dalam dua tahap reaksi, yakni reaksi esterifikasi dan reaksi transesterifikasi. Pertimbangan perlunya reaksi esterifikasi diselenggarakan sebelum reaksi transesterifikasi adalah karena minyak goreng bekas mengandung asam lemak bebas cukup tinggi, sekitar 3%. Reaksi transesterifikasi berkatalis basa secara langsung, berakibat asam lemak bebas yang terdapat di dalamnya akan terkonversi menjadi sabun yang menyebabkan konversi trigliserida menjadi biodiesel tidak efektif karena sejumlah katalis dikonsumsi oleh reaksi penyabunan. Biodiesel yang terbentuk pun akan hilang dalam jumlah yang cukup signifikan akibat ketidakefektifan proses.

Kelebihan biodiesel dibandingkan dengan solar adalah biodiesel merupakan bahan bakar ramah lingkungan karena menghasilkan emisi yang jauh lebih baik (*free sulphur, smoke number*), angka setana lebih tinggi (>57) sehingga efisiensi pembakaran lebih baik dibandingkan dengan minyak kasar, memiliki sifat pelumasan terhadap piston mesin dan dapat terurai, merupakan *renewable energy* karena terbuat dari bahan alam yang dapat diperbarui dan meningkatkan independensi suplai bahan bakar karena dapat diproduksi secara lokal (Rahayu, 2005). Selain itu, lebih dari 90 % biodiesel dapat terurai dalam 21 hari (Speidel et dkk., 2000).

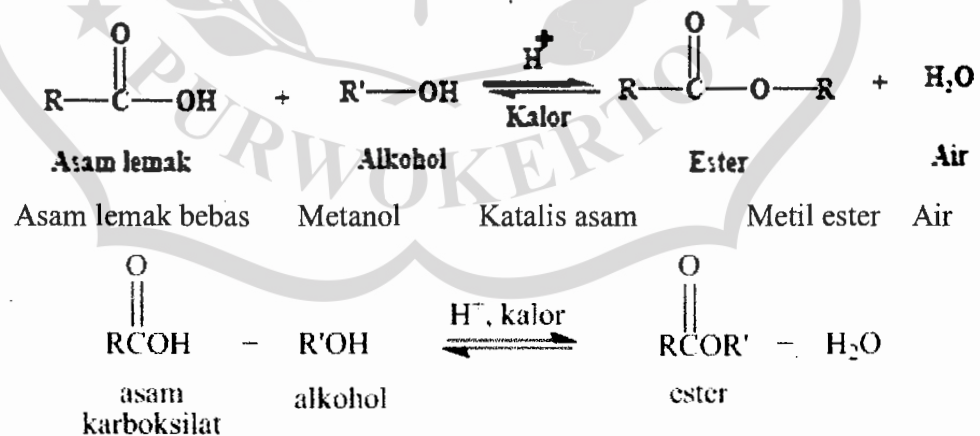
#### 2.4.1 Pembuatan Biodiesel

Kandungan *Free Fatty Acid* (FFA) atau asam lemak bebas merupakan faktor penentu dari jenis proses pembuatan biodiesel yang akan dilakukan. Baidawi (2008) mengatakan bahwa jika minyak berkadar FFA tinggi (>2%) langsung ditransesterifikasi 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. Maka perlu dilakukan proses pendahuluan yaitu esterifikasi untuk mengkonversikan FFA menjadi metil ester sehingga mengurangi kadar FFA dalam minyak nabati dan selanjutnya ditransesterifikasi dengan katalis basa untuk mengkonversikan trigliserida menjadi metil ester.

#### a. Reaksi Esterifikasi

Reaksi esterifikasi adalah reaksi asam lemak bebas dengan alkohol membentuk ester dan air. Turunan asam karboksilat membentuk ester asam karboksilat. Ester asam karboksilat ialah suatu senyawa yang mengandung gugus  $-CO R$  dengan R dapat berupa alkil maupun aril. Esterifikasi dikatalisis asam dan bersifat dapat balik (Fessenden, 1981). Reaksi esterifikasi mengkonversi asam lemak bebas yang terkandung di dalam trigliserida menjadi metil ester. Reaksi ini dapat dilakukan sebelum atau sesudah transesterifikasi. Esterifikasi biasanya dilakukan sebelum transesterifikasi jika minyak yang diumpankan mengandung asam lemak bebas tinggi ( $>1\%$ ). Dengan esterifikasi, kandungan asam lemak bebas dapat dihilangkan dan diperoleh tambahan ester. Dalam proses esterifikasi, pereaksinya bukan berasal dari senyawa ester melainkan dari senyawa asam lemak, namun membentuk campuran metil ester dan trigliserida reaksinya (Fessenden 1995:126) seperti ditampilkan pada gambar 2.1

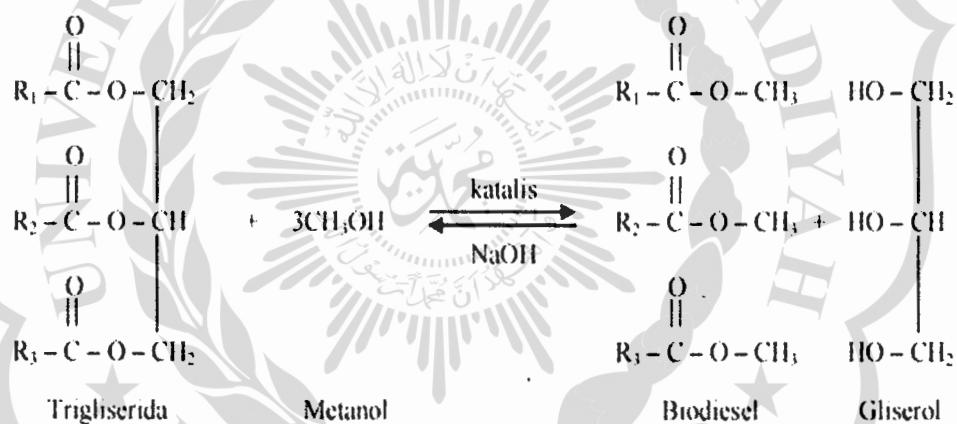


(Sumber : A Javidialesaadi, 2013)

Gambar 2. 1 Reaksi Esterifikasi

### b. Reaksi Transesterifikasi

Menurut Susila (2008) Reaksi transesterifikasi secara umum merupakan reaksi alkohol dengan trigliserida menghasilkan metil ester dan gliserol dengan bantuan katalis basa. Alkohol yang umumnya digunakan adalah metanol dan etanol. Reaksi ini cenderung lebih cepat membentuk metil ester dari pada reaksi esterifikasi yang menggunakan katalis asam. Namun, bahan baku yang akan digunakan pada reaksi transesterifikasi harus memiliki asam lemak bebas yang kecil (<1%) untuk menghindari pembentukan sabun. Menurut Abdul Raqeeb (2015) Transesterifikasi adalah suatu reaksi yang menghasilkan ester dimana salah satu pereaksinya juga merupakan senyawa ester. Jadi disini terjadi pemecahan senyawa trigliserida dan migrasi gugus alkil antara senyawa ester. Ester yang dihasilkan dari reaksi transesterifikasi ini disebut biodiesel. Reaksinya dapat dilihat berdasarkan gambar 2.2.



(Sumber : Utami, A. R. , 2011)

Gambar 2. 2 Reaksi Transesterifikasi

#### 2.4.2 Karakteristik Biodiesel

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 energy 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 (*solvency*). 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 :

##### 1. 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* ( $C_{10}H_7CH_3$ ) 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 setana dari minyak diesel konvensional dipengaruhi oleh struktur hidrokarbon penyusun. Semakin rendah bilangan setana maka semakin rendah pula kualitas penyalaan karena memerlukan. Suhu penyalaan yang lebih tinggi (Hendartono, T., 2005). Semakin tinggi angka 'setana, semakin cepat pembakaran 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 (Mittelbach dan Remschmidt, 2004). Angka setana yang lebih tinggi akan memastikan *start* yang baik dan meminimalkan pembentukan asap putih (Zuhdi, 2002).

## 2. Kinematic Viscosity

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 8 sampai mendekati viskositas 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. Standar *Kinematik 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.

### 3. 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.

### 4. Nilai Kalor

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

### 5. 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 terlampaui tinggi dapat menyebabkan keterlambatan penyalaan sementara apabila titik nyala terlampaui 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, L.,2007)

### 6. 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, Y. S., 2006)

#### 7. 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 (Indantono, Y. S., 2006)

#### 8. Bilangan Iodine (*Number iodine*)

Angka iodine 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 iodine 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 (Indantono, Y. S., 2006). Standar mutu biodiesel sesuai SNI 7182-2015 dapat dilihat pada tabel 2. 2.

Tabel 2. 2 Standar mutu Biodiesel SNI 7182-2015

Parameter Uji	Satuan, min/maks	Persyaratan
Massa jenis pada 40°C	kg/m <sup>3</sup>	850 – 890
Viskositas kinematik pada 40°C	mm <sup>2</sup> /s (CSt)	2,3 – 6,0
Angka setana		min. 51
Titik nyala (mangkok tertutup)	°C	min. 100
Titik kabut	°C	maks. 18
Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50°C)		maks no.3
Residu karbon - Dalam contoh asli atau - Dalam 10% ampas distilasi	%-massa	maks. 0,05 maks 0,30
Air dan sedimen	%-vol	maks 0,05*
Temperatur distilasi 90 %	°C	maks. 360
Abu tersulfatkan	%-massa	maks. 0,02
Belerang	ppm-m (mg/kg)	maks. 100
Fosfor	ppm-m (mg/kg)	maks. 10
Angka asani	mg-KOH/g	maks. 0,8
Gliserol bebas	%-massa	maks. 0,02
Gliserol total	%-massa	maks. 0,24
Kadar ester alkil	%-massa	min. 96,5
Angka iodium	%-massa	maks. 115

(Sumber : Badan Standarisasi Nasional, 2015)

#### 2.4.4 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi pada Pembuatan Biodiesel

Menurut Iskandar (2012), ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi jalannya reaksi pembuatan biodiesel. Faktor tersebut dapat berasal dari kandungan dalam bahan baku dan dari mekanisme prosedur reaksi. Adapun faktor-faktor tersebut dapat dipaparkan sebagai berikut.

1) Kandungan air dan asam lemak bebas bahan baku

Besarnya kandungan air yang ikut dalam reaksi pembuatan biodiesel akan mempengaruhi performa katalis, sebab katalis akan bereaksi dengan air. Akibatnya jumlah katalis untuk reaksi pembuatan biodiesel menjadi berkurang (Herry Santoso, 2013). Sementara, banyaknya kandungan asam lemak bebas akan menentukan tahapan reaksi pembuatan biodiesel, di mana kandungan asam lemak bebas yang tinggi perlu melalui tahapan reaksi esterifikasi sebelum digunakan pada reaksi transesterifikasi.

2) Rasio bahan baku dengan metanol

Rasio metanol dengan bahan baku atau trigliserida yang semakin besar umumnya akan meningkatkan laju reaksi sampai batas tertentu. Hal ini disebabkan metanol cepat menjadi ion metoksi kemudian bereaksi dengan trigliserida membentuk metil ester (Herry Santoso, 2013).

3) Temperatur

Reaksi transesterifikasi dapat berlangsung pada temperatur ruang sedangkan reaksi esterifikasi membutuhkan temperatur tinggi. Temperatur tinggi akan mempercepat laju reaksi. Akan tetapi reaksi esterifikasi dan transesterifikasi yang menggunakan metanol berlebih, temperatur reaksi tidak lebih dari 65°C. Hal ini disebabkan proses *refluks* yang akan mengembunkan kembali metanol yang menguap. Sementara metanol memiliki titik didih antara 64°C – 65°C.

4) Kecepatan pengadukan

Kecepatan pengadukan akan turut mempengaruhi jalannya reaksi pembentukan biodiesel. Menurut Herry Santoso (2013) yang meneliti kecepatan pengadukan pada pembuatan biodiesel dari minyak sawit, meningkatnya kecepatan pengadukan akan meningkatkan konversi

reaksi. Selain itu, kecepatan pengadukan yang semakin cepat membentuk biodiesel dengan karakteristik fisik semakin menyerupai solar.

5) Katalis

Katalis digunakan untuk mempercepat jalannya reaksi. Pada reaksi esterifikasi, katalis yang biasanya digunakan adalah asam kuat misalnya asam sulfat. Sebaliknya pada reaksi transesterifikasi, katalis yang biasanya digunakan adalah basa kuat misalnya Kalium Hidroksida. Menurut Herry Santoso (2013), pada reaksi transesterifikasi, banyaknya katalis basa yang digunakan adalah 0,5 – 1,5% berat minyak nabati. Berdasarkan penelitian yang dilakukan.

6) Waktu reaksi

Semakin lama waktu reaksi, maka konversi akan semakin besar. Hal ini disebabkan waktu yang panjang memungkinkan molekul reaktan saling bertumbukkan. Akan tetapi, waktu reaksi yang terlalu lama juga dapat menyebabkan berkurangnya konversi karena reaksi balik (*reversible*) (Sutapa, 2014).

#### 2.4.5 Pencucian Biodiesel

Pencucian merupakan proses lanjutan dalam pembuatan biodiesel setelah proses transesterifikasi. Pencucian ini bertujuan untuk menghilangkan pengotor yang masih terdapat dalam biodiesel. Pengotor ini termasuk sisa katalis dan gliserol serta sisa alkohol yang tidak bereaksi. Penambahan air yang dilakukan pada umumnya sebesar 50 % dari total minyak yang akan dicuci. Pencucian yang dilakukan pertama kali akan menimbulkan warna pada air pencuci menjadi putih seperti air susu. Untuk mendapatkan hasil yang terbaik diperlukan 3 – 4 kali pencucian hingga air pencuci menjadi lebih jernih setelah terpisah. Air yang digunakan pada proses pencucian dengan suhu minimal 30°C. Pencucian dengan air hangat ini akan meningkatkan nilai kelarutan dari pengotor. Dalam proses pencucian, penambahkan asam bertujuan untuk menetralisasi katalis basa yang digunakan dalam proses trans-esterifikasi. Akan tetapi asam yang

digunakan dalam proses netralisasi ini juga menimbulkan reaksi balik dimana sabun yang terbentuk akan diubah kembali menjadi asam lemak bebas (*free fatty acid*) dimana asam lemak bebas ini tidak diinginkan keberadaannya dalam bahan bakar.

## 2.5 Katalis

Katalis merupakan zat yang dapat mempercepat reaksi tanpa ikut terkonsumsi oleh keseluruhan reaksi. Pada dasarnya, katalis justru harus ikut bereaksi dengan reaktan untuk membentuk suatu zat antara yang aktif. Zat antara ini kemudian bereaksi dengan molekul reaktan yang lain menghasilkan produk. Pada akhirnya, produk kemudian terlepas dari permukaan katalis (Wahyu Hidayat dan Michael Hutagalung 2007 : 1). Reaksi antara trigliserida dan alkohol dengan katalis asam pada pembuatan biodiesel kerap disebut sebagai reaksi esterifikasi. Sedangkan, jika menggunakan katalis basa, disebut sebagai reaksi transesterifikasi. Reaksi transesterifikasi berjalan lambat, maka diperlukan katalis untuk menurunkan energi aktivasi dan mempercepat reaksi. Katalis dapat berupa asam, basa, atau enzim (Groggins 1958:1; Ming et al. 1999:83; Kose dan Tuter 2002:1).

Katalis basa memiliki keunggulan dibandingkan dengan katalis asam dari segi kecepatan, kesempurnaan reaksi, dan tidak memerlukan suhu operasi yang tinggi untuk menjalankan reaksi. Suhu operasi yang relatif rendah memberikan keuntungan berupa kebutuhan energi untuk proses yang rendah pula sehingga akan menurunkan biaya operasi (Swern 1982:1). Pada penelitian ini dipilih katalis basa berupa KOH dengan pertimbangan bahwa katalis ini bersifat stabil dan menghasilkan biodiesel dengan karakteristik yang baik (Ardiyanti dkk. 2003:2). Katalis homogen adalah katalis yang mempunyai fase yang sama dengan reaktan dan produk. Katalis homogen yang banyak digunakan adalah KOH dan NaOH dalam alkohol. 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.



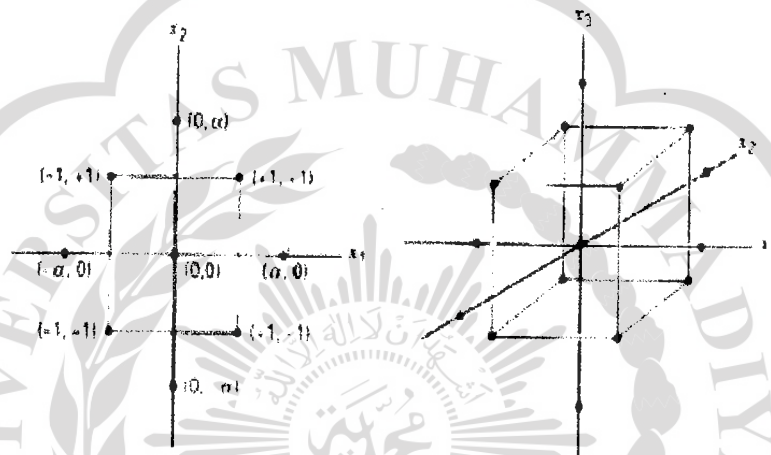
## 2.6 Response Surface Methodology (RSM)

Menurut Radojkovic et al. (2012), RSM adalah kumpulan statistik dan matematika teknik yang berguna untuk mengembangkan, meningkatkan, dan mengoptimalkan proses, di mana respon dipengaruhi oleh beberapa faktor (variabel *independen*). *Response Surface Methodology* (RSM) tidak hanya mendefinisikan pengaruh variabel *independen*, tetapi juga menghasilkan model matematis, yang menjelaskan proses kimia atau biokimia. Gagasan utama dari metode ini adalah mengetahui pengaruh variabel bebas terhadap respon, mendapatkan model hubungan antara variabel bebas dan respon serta mendapatkan kondisi proses yang menghasilkan respon terbaik. Metode permukaan respons merupakan metode yang efisien digunakan untuk menentukan taraf-taraf peubah bebas yang dapat mengoptimalkan respon untuk peubah bebas yang bertaraf kuantitatif. (Ade Kusuma Dewi, 2013). Di samping itu, keunggulan metode RSM ini di antaranya tidak memerlukan data-data percobaan dalam jumlah yang besar dan tidak membutuhkan waktu lama (Iriawan & Astuti, 2006). Dalam penggunaan metoda permukaan respon terdapat dua jenis desain yang dapat digunakan, yaitu (Kristiyanto, 2009):

### 1) *Central Composite Design*

Merupakan *design* yang direkomendasikan untuk desain eksperimen yang sekuensial (*sequential experiment*) atau perencanaan desain yang dilakukan secara berulang-ulang. Untuk desain dengan jumlah faktor yang sama, jumlah eksperimen yang dilaksanakan lebih banyak dibanding dengan *Box-Behken Design*. Dalam RSM, *Central Composite Design* (CCD) adalah desain eksperimen yang paling sering digunakan karena mempunyai prediksi yang sama ke semua titik dari pusat (Liu, dkk., 1998). CCD mengoptimalkan desain untuk model kuadratik dan jumlah titik eksperimen dalam CCD cukup untuk memvalidasi model yang cocok dan kekurangan dari model (Arteaga, dkk., 1994). Desain *eksperimen* terdiri dari F sebagai poin *factorial*, 2k sebagai poin *aksial* ( $\pm\alpha$ ) dan nc sebagai poin pusat (*center point*) (T. J. Robinson dan S. S. Wuff, 2006).

Penggunaan *central composite design* sebagian besar digunakan pada percobaan sekuensial, dimana  $2k$  digunakan pada orde satu dan menunjukkan poin *lack of fit* serta poin aksial pada aturan kuadratik di dalam permodelan. Metode ini sangat efisien untuk pemodelan orde dua. Terdapat dua parameter yang ditetapkan pada permodelan menggunakan *central composite design*, jarak  $\alpha$  terhadap pusat desain dan jumlah dari poin pusat  $n_c$  (Montgomery, 2001)



Gambar 2. 3. *Central Composite Design* untuk  $k=2$  dan  $k=3$

## 2) *Box-Behken Design*

Merupakan perencanaan desain yang digunakan untuk desain eksperimen yang tidak sekuensial yang hanya merencanakan untuk satu kali eksperimen. Untuk desain dengan jumlah faktor yang sama, jumlah eksperimen yang dilaksanakan lebih sedikit dibanding dengan *Central Composite Design*.

RSM digunakan untuk mengkaji hasil produksi biodiesel pada dua variable bebas kondisi reaksi yaitu rasio reaktan dan waktu reaksi. Komposisi dari kedua variable telah didisain menggunakan pendekatan *Central Composite Design* (CCD). Model persamaan matematika dari CCD dengan 2 faktor adalah sebagai berikut.

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^2 \beta_i X_i + \sum_{i=1}^2 \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i < j=1}^2 \sum_{j=1}^2 \beta_{ij} X_i X_j$$

Dalam hal ini Y adalah respon (hasil),  $\beta_0$  adalah konstanta,  $\beta_i$ ,  $\beta_{ii}$ ,  $\beta_{ij}$  adalah koefisien dari variabel bebas (X), X adalah variabel bebas dengan tanpa kode (untuk variabel Rasio reaktan (X1) level 3:1, 4:1, 5:1, waktu ekstraksi (X2) level 50, 60, 70 menit dan  $\epsilon$  adalah random error (Muhammad Assagaf, 2012)

## 2.7 Penelitian Terdahulu

Sri Wahyuni, Sri Kadarwati, Latifah (2011) melakukan penelitian untuk mengkaji hasil optimum dari variasi rasio jelantah/metanol dengan katalis KOH pada reaksi transesterifikasi. Kandungan asam lemak bebas dalam minyak jelantah dapat dikurangi dengan reaksi esterifikasi sebagai reaksi pendahuluan sebelum transesterifikasi, yaitu mereaksikan minyak jelantah hasil preparasi dan metanol dengan bantuan katalis  $H_2SO_4$  98%. Hasil menunjukkan bahwa pada penelitian ini, didapatkan konversi metil ester optimum pada rasio volume jelantah/metanol 4:1 dan konsentrasi katalis KOH adalah 1 %. Pada penelitian yang dilakukan Isalmi Aziz, Siti Nurbayti, Badrul Ulum Azis (2011), melakukan penelitian pembuatan produk biodiesel dari minyak goreng bekas dengan cara esterifikasi dan transesterifikasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terhadap transesterifikasi minyak jelantah dengan menggunakan katalis KOH didapatkan hasil konversi metil ester optimum pada konsentrasi katalis 1% dengan suhu reaksi 60°C.

Pada penelitian yang dilakukan Setyawardhani (2003) penambahan katalis KOH berfungsi untuk mempercepat reaksi. Secara umum, kenaikan konsentrasi katalis akan menurunkan energi aktivasi untuk terjadinya reaksi kimia, sehingga meningkatkan jumlah molekul yang teraktifkan dan bereaksi membentuk metil ester. Sedangkan Yelmira Zalfiatri, Fajar Restuhadi, Rizky Zulhardi (2019) melakukan penelitian bertujuan untuk

memperoleh penambahan metanol terbaik pada pembuatan biodiesel dari minyak jelantah dengan variasi penambahan metanol. Hasil menunjukkan bahwa pada penelitian ini penambahan metanol memberikan pengaruh yang nyata ( $P \leq 0,05$ ) terhadap nilai bilangan asam, kadar gliserol total, titik nyala, bilangan penyabunan dan metil ester. Perlakuan terbaik yang diperoleh pada penelitian ini adalah dengan penambahan metanol sebanyak 95 ml dengan karakteristik kadar metil ester sebesar 99,4%, kadar gliserol total 0,08%, titik nyala sebesar 227°C, bilangan penyabunan 123,46 mg KOH/g dan bilangan asam sebesar 0,42 mg KOH/g telah memenuhi standar SNI biodiesel.

Pada tahun 2019 Alfi Hasan Universitas Muhammadiyah Purwokerto melakukan penelitian dengan judul “ Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas menjadi Biodiesel dengan Katalis Kalsium Oksida (CaO) Hasil Kalsinasi”. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan katalis heterogen CaO dengan variasi jumlah katalis berpengaruh terhadap *yield* mempunyai nilai *P-Value* lebih kecil dari 0.05. Penggunaan mol reaktan 15:1 menghasilkan *yield* optimum sebesar 71,598%.

Baryadi, 2020 Universtas Muhammadiyah Purwokerto melakukan penelitian “ Pemurnian dan Karakterisasi Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas Menggunakan Metode *Dry-Wash* dengan Adsorben  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  Anhidrat. Hasil penelitian menunjukkan variasi variabel yang berpengaruh dalam penambahan adsorben natrium sulfat adalah 3% dari volume dengan waktu kontak reaksi 30 menit dan kecepatan pengadukan 150 rpm. Variasi variabel yang dihasilkan juga menghasilkan karakteristik biodiesel yang sesuai dengan spesifikasi biodiesel dalam SNI 7182:2015.