

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanaman Kelapa Sawit

Tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) berasal dari Nigeria, Afrika Barat. Meskipun demikian, ada yang menyatakan bahwa kelapa sawit berasal Amerika Selatan yaitu Brazil karena lebih banyak ditemukan spesies kelapa sawit di hutan Brazil dibandingkan dengan Afrika. Pada kenyataannya Kelapa sawit hidup subur di luar daerah asalnya, seperti Malaysia, Indonesia, Thailand, dan Papua Nugini

Tanaman kelapa sawit diklasifikasikan sebagai berikut:

Divisi	: <i>Spermatophyta</i>
Subdivisi	: <i>Angiospermae</i>
Kelas	: <i>Monocotyledonae</i>
Ordo	: <i>Palmales</i>
Famili	: <i>Palmaceae</i>
Genus	: <i>Elaeis</i>
Spesies	: <i>Elaeis guineensis</i> <i>Elaeis odora</i> (tidak ditanam di Indonesia) <i>Elaeis melanococca</i> ( <i>Elaeis oleivera</i> )
Varietas	: <i>Elaeis guineensis dura</i> <i>Elaeis guineensis tenera</i> <i>Elaeis guineensis pisifera</i>



Gambar 1. Tanaman Kelapa Sawit

Kelapa sawit (*Elaeis*) adalah tumbuhan industri penting penghasil minyak makan, minyak industri, maupun bahan bakar (biodiesel). Perkebunannya menghasilkan keuntungan besar sehingga banyak hutan dan perkebunan lama dikonversi menjadi perkebunan kelapa sawit. Indonesia adalah penghasil minyak kelapa sawit kedua dunia setelah Malaysia. Di Indonesia penyebarannya didaerah Aceh, pantai timur Sumatera, Jawa, dan Sulawesi.

Kelapa sawit berbentuk pohon. Tingginya dapat mencapai 24 meter. Akar serabut tanaman kelapa sawit mengarah ke bawah dan samping. Selain itu juga terdapat beberapa akar napas yang tumbuh mengarah kesamping atas untuk mendapatkan tambahan aerasi. Seperti jenis palma lainnya, daunnya tersusun majemuk menyirip. Daun berwarna hijau tua dan pelepah berwarna sedikit lebih muda. Penampilannya agak mirip dengan tanaman salak, hanya saja dengan duri yang tidak terlalu keras dan tajam. Batang tanaman diselimuti pelepah hingga umur 12 tahun. Setelah umur 12 tahun pelepah yang mengering akan terlepas sehingga penampilan menjadi mirip dengan kelapa. (Tambun, 2005)

### **2.1.1 Serabut Kelapa Sawit**

Untuk potensi serat buah kalapa sawit pada tahun 2004, Indonesia menghasilkan Tandan Buah Segar (TBS) sebesar 53,762 juta ton. Menurut Agustina (2004), limbah serat yang dihasilkan sebesar 20% dari setiap tandan buah sawit. Jadi dari 53,762 juta ton TBS yang dihasilkan, menghasilkan limbah serat sebesar 10,752 juta ton.

### **2.1.2 Minyak Sawit**

Minyak kelapa sawit yang dihasilkan dari daging kelapa sawit dinamakan minyak sawit mentah (*Crude Palm Oil*). CPO ini mengandung sekitar 500-700 ppm karoten, dan merupakan bahan pangan terbesar. Minyak yang terdapat di alam dibagi menjadi tiga golongan yaitu minyak nabati (*natural oil*), minyak nabati (*edible oil*), dan minyak atsiri (*volatile oil* atau *essensial oil*). Minyak yang terdapat pada hewani disebut *sterol (kolesterol)* sedangkan pada tumbuhan (*fitosterol*) yang mengandung asam lemak jenuh, sehingga umumnya berbentuk cair.

Sifat-sifat minyak kelapa sawit dipengaruhi oleh ikatan kimia unsur C dan jumlah atom C yang membangun asam lemak tersebut, sedangkan sifat-sifat fisik dipengaruhi oleh sifat-sifat kimianya. Minyak merupakan gliserida yang terdiri dari berbagai asam lemak, sedangkan titik cair gliserida tersebut tergantung pada kejenuhan asam. Semakin jenuh asam lemaknya semakin tinggi titik cair dari minyak sawit tersebut. Minyak sawit murni mempunyai titik cair  $24,4^{\circ}\text{C}$ – $40^{\circ}\text{C}$  dan komposisi CPO dan PKO dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini

Tabel 1. Komposisi minyak sawit mentah (CPO) dan minyak inti sawit (PKO)

As. Lemak	Rumus Kimia	CPO (%)	PKO (%)
<i>As.Kaprilat</i>	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{CO}_2\text{H}$	-	3,0-4,0
<i>As.Kaproat</i>	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{CO}_2\text{H}$	-	3,0-7,0
<i>As.Laurat</i>	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{CO}_2\text{H}$	-	46-52
<i>As.Miristat</i>	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{CO}_2\text{H}$	1,1-2,5	14-17
<i>As.Palmitat</i>	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{CO}_2\text{H}$	40-46	6,5-9,6
<i>As.Stearat</i>	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{CO}_2\text{H}$	3,6-3,7	1,0-2,5
<i>As.Oleat</i>	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{CO}_2\text{H}$	39-45	13-19
<i>As.Linoleat</i>	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{O}_2\text{H}$	7,0-11	0,5-2,0

(Sumber : Ketaren, 1986 )

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan biodiesel ini adalah dari ampas segar kelapa sawit yang masih mengandung minyak sawit mentah, karena kelapa sawit dewasa ini sedang dibudidayakan secara besar-besaran oleh pemerintah. Adapun sifat-sifat kimia dan fisika CPO adalah sebagai berikut :

➤ **Sifat kimia**

- a. Bilangan iodin ( $\text{mgI}_2/1000\text{ gr}$ ) = 52-54
- b. Bilangan penyabunan ( $\text{mg KOH/gr}$ ) = 198-205
- c. Asam lemak bebas (%) = 2,5-4,5
- d. Kelembaban (%) = 0,1
- e. Pengaruh indeks pemutihan (%) = 2,3-2,4
- f. Bersifat hidrolisi

- g. Tidak stabil pada suhu kamar
- h. Mengandung zat warna alfa dan beta karotenoit (0,05-0,2%)
- i. Kandungan karoten 297-313

➤ **Sifat Fisika**

- a. *Specific gravity* ( $25^{\circ}\text{C}/15,5^{\circ}\text{C}$ ) = 0,917-0,919
- b. *Density* (gr/ml) = 0,8910
- c. Massa jenis = 0,9
- d. Indeks bias = 1,4565-1,0445
- e. Berat molekul = 200,31
- f. *Melting point* ( $^{\circ}\text{C}$ ) = 33-39
- g. *Boiling point* ( $^{\circ}\text{C}$ ), P = 10 mmHg = 170

### 2.1.3 Modifikasi Minyak Sawit

Pada umumnya minyak diesel seperti solar dan sejenisnya memiliki komposisi hidrokarbon alkana dengan panjang rantai 13 sampai 18 atom C. Pada awal tahun 1938, kebutuhan untuk perubahan kimia diantisipasi oleh Walton (1983), yang menyatakan bahwa untuk mendapatkan nilai penuh dari minyak sayur sebagai bahan bakar diperlukan secara akademik pemecahan gliserida menyebabkan kelebihan karbon dalam perbandingan reaksinya. Selama perang dunia kedua para ahli Cina mengembangkan prosedur perengkahan secara batch untuk menemukan *vegetable gasoline* dan *vegerable diesel*.

### 2.2 Biodiesel

Menurut SNI-04-7182-2006 biodiesel adalah ester alkil (metil, etil, isopropyl, dan sejenisnya) dari asam-asam lemak. Menurut Tyson K.S (2006) biodiesel adalah bahan bakar pengganti solar yang dibuat dari minyak nabati, minyak bekas hasil penggorengan, atau lemak hewan. Sedangkan untuk pembuatan biodiesel dapat melalui proses transesterifikasi, esterifikasi ataupun proses esterifikasi-transesterifikasi.

Biodiesel dihasilkan dengan mereaksikan minyak tanaman dengan alkohol menggunakan zat basa sebagai katalis pada suhu dan komposisi tertentu, sehingga akan menghasilkan dua zat yang disebut dengan alkil ester dan gliserol. Proses reaksi di atas biasa disebut dengan proses “transesterifikasi”. Produk metil/etil yang dihasilkan perlu dimurnikan untuk mendapatkan biodiesel yang bersih. Sedangkan hasil samping yang berupa gliserin dapat dimanfaatkan dalam pembuatan sabun (Susilo, 2006).

Menurut Muryanto (2011) bahan baku untuk pembuatan biodiesel dapat berupa minyak nabati, lemak hewani, dan alga. Zat utama penyusun minyak lemak (nabati-hewani) adalah trigliserida yaitu triester gliserol dengan asam-asam lemak. Menurut Ketaren (1986) Komposisi atau jenis asam lemak dan sifat kimia-fisika tiap jenis minyak berbeda-beda hal ini dikarenakan oleh perbedaan sumber, iklim, keadaan tempat tumbuh, dan pengolahan.

### **2.2.1 Karakteristik Biodiesel**

Minyak nabati dan biodiesel tergolong ke dalam kelas besar senyawa-senyawa organik yang sama, yaitu kelas ester asam-asam lemak. Akan tetapi, minyak nabati adalah triester asam-asam lemak dengan gliserol, atau trigliserida, sedangkan biodiesel adalah monoester asam-asam lemak dengan metanol. Perbedaan wujud molekuler ini memiliki beberapa konsekuensi penting dalam penilaian keduanya sebagai kandidat bahan bakar mesin diesel.

1. Minyak nabati (yaitu trigliserida) berberat molekul besar, jauh lebih besar dari biodiesel (metil ester). Akibatnya, trigliserida relatif mudah mengalami perengkahan (cracking) menjadi aneka molekul kecil, jika terpanaskan tanpa kontak dengan udara (oksigen).
2. Minyak nabati memiliki kekentalan (viskositas) yang jauh lebih besar dari diesel/solar maupun biodiesel, sehingga pompa penginjeksi bahan bakar di dalam mesin diesel tak mampu menghasilkan pengkabutan (atomization) yang baik ketika minyak nabati disemprotkan ke dalam pembakaran.
3. Molekul minyak nabati relatif lebih bercabang dibanding metil ester asam-asam lemak. Akibatnya, angka setana minyak nabati lebih rendah daripada

angka setana metil ester. Angka setana adalah tolok ukur kemudahan menyala/terbakar dari suatu bahan bakar di dalam mesin diesel.

Di luar perbedaan yang memiliki tiga konsekuensi penting diatas, minyak nabati dan biodiesel sama-sama berkomponen penyusun utama ( $\geq 90$  %-berat) asam-asam lemak. Pada kenyataan, proses transesterifikasi minyak nabati menjadi metil ester asam-asam lemak, memang bertujuan memodifikasi minyak nabati menjadi produk (biodiesel) yang berkentalan mirip solar, berangka setana lebih tinggi, dan relatif lebih stabil terhadap perengkahan. Perbandingan sifat fisik dan kimia biodiesel dengan minyak solar disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Sifat Fisik dan Kimia Biodiesel dan Solar

Sifat Fisik / Kimia	Biodiesel	Solar
Komposisi	Ester Alkil	Hidrokarbon
Densitas, g/ml	0,8624	0,8750
Viskositas, cSt	5,55	4,6
Titik Nyala, °C	172	98
Angka Setana	62,4	53
Energi yang dihasilkan	40,1 MJ/kg	45,3 MJ/kg

(Sumber : Internasional Biodiesel, 2001)

Dibandingkan dengan minyak solar, biodiesel mempunyai beberapa keunggulan. Keunggulan utamanya adalah emisi pembakarannya yang ramah lingkungan karena mudah diserap kembali oleh tumbuhan dan tidak mengandung SOx. Perbandingan emisi pembakaran biodiesel dengan minyak solar disajikan dalam tabel 3.

Tabel 3. Emisi Pembakaran Biodiesel dan Solar

Senyawa Emisi	Biodiesel	Solar
SO <sub>2</sub> , ppm	0	78
NO, ppm	37	64
NO <sub>2</sub> , ppm	1	1
CO, ppm	10	40
Partikulat, mg/Nm <sup>3</sup>	0,25	5,6
Benzen, mg/Nm <sup>3</sup>	0,3	5,01
Toluen, mg/Nm <sup>3</sup>	0,57	2,31

(Sumber : Internasional Biodiesel, 2001)

Selain itu, beberapa keunggulan biodiesel yang lain adalah lebih aman dalam penyimpanan, bahan bakunya terbaharukan, dan memiliki angka setana tinggi.

### **2.2.2 Sumber Biodiesel**

Terdapat berbagai macam minyak yang dapat diproduksi menjadi biodiesel, meliputi :

1. Bahan baku minyak nabati murni : Biji nyamplung, Biji kanola, Biji rambutan, dan minyak sawit.
2. Minyak Jelantah
3. Lemak hewan termasuk produk turunan seperti asam lemak omega-3 dari minyak ikan.
4. Alga juga dapat dipergunakan sebagai bahan baku biodiesel yang dapat dibiakkan dengan menggunakan bahan limbah seperti air selokan tanpa menggantikan lahan untuk tanaman pangan.
5. Lemak hewani sangat terbatas dalam persediaan dan tidak efisien meningkatkan kadar lemak dalam tubuh hewan. Walaupun demikian, produksi biodiesel dengan lemak hewani tidak dapat diacuhkandan dapat dijadikan sebagai pengganti penggunaan petro-diesel dalam jumlah kecil. Hingga sekarang, investasi senilai 5 juta dollar sedang dibuat pabrik di Amerika direncanakan akan memproduksi 11,4 juta liter biodiesel dari perkiraan 1 milyar lemak ayam setiap tahun dari perternakan ayam lokal.

Minyak nabati sebagai sumber utama biodiesel dapat dipenuhi oleh berbagai jenis tumbuhan tergantung pada sumber daya utama yang banyak terdapat di suatu tempat. Negara Indonesia kaya akan sumber daya nabati yang dapat dikonversi menjadi energi alternatif yang disebut sebagai biodiesel. Dimana bahan baku biodiesel, digunakan minyak dari tanaman non – pangan karena harga minyak lemak pangan lebih tinggi. Sumber minyak nabati yang potensial sebagai bahan baku biodiesel disajikan pada tabel 4.

Tabel 4. Sumber Minyak Nabati yang Potensial sebagai Bahan Bakar Biodiesel

Nama local	Nama latin	Sumber Minyak	Isi % berat kering
Jarak Pagar	<i>Jatropha Curcas</i>	Inti biji	40 – 60
Jarak Kaliki	<i>Ricinus communis</i>	Biji	45 – 50
Kacang Suuk	<i>Arachis hypogea</i>	Biji	35 – 55
Kapok/Randu	<i>Ceiba pantandra</i>	Biji	24 – 40
Karet	<i>Hevea brasiliensis</i>	Biji	40 – 50
Kecipir	<i>Psophocarpus tetrag</i>	Biji	15 – 20
Kelapa	<i>Cocos nucifera</i>	Inti biji	60 – 70
Kelor	<i>Moringa oleifera</i>	Biji	30 – 49
Kemiri	<i>Aleurites moluccana</i>	Inti biji	57 – 69
Kusambi	<i>Sleichera trijuga</i>	Sabut	55 – 70
Nimba	<i>Azadiruchta indica</i>	Inti biji	40 – 50
Saga Utan	<i>Adenantha pavonina</i>	Inti biji	14 – 28
Sawit	<i>Elais suincensis</i>	Sabut dan biji	45 – 70 + 46 – 54
Nyamplung	<i>Callophyllum lanceatum</i>	Inti biji	40 – 73
Randu Alas	<i>Bombax Malabaricum</i>	Biji	18 – 26
Rambutan	<i>Nephelium lappaceum</i>	Inti Biji	37 – 43
Sirsak	<i>Annona muricata</i>	Inti biji	20 – 30
Srikaya	<i>Annona squosa</i>	Biji	15 – 20

(Sumber : Badan Mesin Kejuruan Persatuan Insinyur Indonesia : 2011)

Biodiesel dihasilkan dengan mereaksikan minyak tanaman dengan alcohol dengan menggunakan zat basa sebagai katalis pada suhu dan komposisi tertentu, sehingga akan menghasilkan dua zat yang disebut alkil ester dan gliserin. Etil ester asam lemak memiliki rumus molekul  $C_{n-1}H_{2(n-r)-1}CO-OC_2H_5$  dengan nilai yang umum adalah angka genap antara 8 sampai dengan 24 dan nilai r yang umum 0, 1, 2, atau 3. Beberapa metil ester lemak yang dikenal :

1. Etil Stearat,  $C_{17}H_{35}COOC_2H_5$  [n = 8; r = 0]
2. Etil Palmitat,  $C_{15}H_{31}COOC_2H_5$  [n = 16; r = 0]
3. Etil Laurat,  $C_{11}H_{23}COOC_2H_5$  [n = 12; r = 0]

4. Etil Oleat,  $C_{17}H_{33}COOC_2H_5$  [n = 18; r = 1]
5. Etil Linoleat,  $C_{17}H_{31}COOC_2H_5$  [n = 18; r = 2]
6. Etil Linoleat,  $C_{17}H_{29}COOC_2H_5$  [n = 18; r = 3]

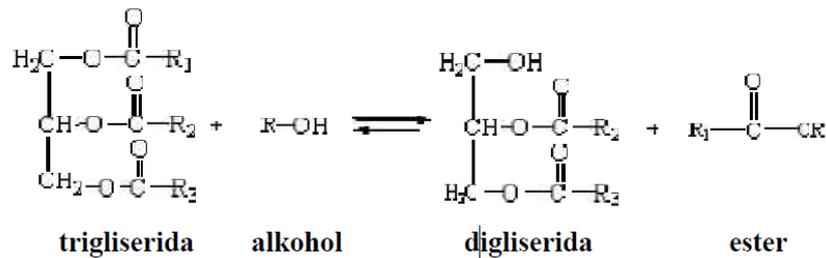
### 2.2.3 Pembuatan Biodiesel

Biodiesel dapat dibuat dari minyak nabati, lemak hewani, dan ganggang. Minyak nabati adalah bahan baku yang umum digunakan di dunia untuk menghasilkan biodiesel, diantara *rapeseed oil* (Eropa), *Soybean oil* (USA), minyak sawit (Asia), dan minyak kelapa (Filipina). (Anonim, 2012).

Biodiesel dibuat melalui suatu proses kimia. Proses ini menghasilkan dua produk yaitu metil ester (biodiesel) / mono-alkil ester dan gliserin yang merupakan produk samping. Bahan baku utama untuk pembuatan biodiesel antara lain minyak nabati, lemak hewani, lemak bekas/lemak daur ulang. Sedangkan sebagai bahan baku penunjang yaitu alkohol. Pada pembuatan biodiesel dibutuhkan katalis. Produk biodiesel tergantung pada minyak nabati yang digunakan sebagai bahan baku pengolahan pendahuluan dari bahan baku tersebut.

Alkohol yang digunakan sebagai pereaksi untuk minyak nabati adalah metanol, namun dapat pula digunakan etanol, isopropanol, atau butyl, tetapi perlu diperhatikan juga kandungan air dalam alkohol tersebut. Bila kandungan air tinggi akan mempengaruhi hasil biodiesel kualitasnya rendah, karena kandungan sabun, ALB dan trigiserida tinggi. Disamping itu hasil biodiesel juga dipengaruhi oleh tingginya suhu operasi proses produksi, lamanya waktu pencampuran atau kecepatan pencampuran alkohol.

Katalisator dibutuhkan pula guna meningkatkan daya larut pada saat reaksi berlangsung, umumnya katalis yang digunakan bersifat basa kuat yaitu NaOH atau KOH atau natrium metoksida. Katalis yang akan dipilih tergantung minyak nabati yang digunakan. Katalis tersebut pada umumnya sangat higroskopis dan bereaksi membentuk larutan kimia yang akan dihancurkan oleh reaktan alkohol.



Gambar 2. Reaksi pada pembuatan Biodiesel

Pada pembuatan biodiesel dikenal proses transesterifikasi minyak nabati, dimana pada proses ini digunakan katalis basa. Dalam reaksi ini, alkohol dalam bentuk metanol dan etanol, ditambahkan ke dalam trigliserida menggunakan katalis basa homogen seperti NaOH, KOH, NaOCH<sub>3</sub>, atau KOCH<sub>3</sub>. Proses ini berjalan cepat dan efisien pada temperatur yang relatif rendah. Meskipun demikian, biaya produksi biodiesel masih mahal menjadi issue penting. Biaya produksi tersebut dapat dikurangi dengan cara melakukan pemilihan bahan baku yang murah, tempat produksi yang tepat, dan efisien proses. Efisiensi produksi juga dapat dilakukan dengan mengganti katalis basa homogen dengan katalis basa heterogen.

Proses yang homogen sebenarnya memiliki beberapa keuntungan, namun ada sejumlah nilai efisiensi yang hilang. Selain biodiesel, proses transesterifikasi dalam kondisi homogen menghasilkan produk samping diantaranya katalis, gliserol, dan kelebihan alkohol yang kesemuanya memerlukan pencucian tambahan dan tahap pengeringan untuk mendapatkan produk biodiesel yang murni. Pada proses homogen, katalis basa akan hilang oleh pencucian. Hal ini menyebabkan berkurangnya efisiensi bertambah biaya produksi. Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi adalah dengan menggunakan katalis heterogen. Pada prinsipnya dengan katalis heterogen, maka material katalis dapat diambil kembali (tidak hilang) dan dapat digunakan kembali sebagai katalis sehingga proses pembuatan biodiesel menjadi lebih sederhana (Biodiesel.html, 2012).

### 2.2.4 Syarat Mutu Biodiesel

Suatu teknik pembuatan biodiesel hanya akan berguna apabila produk yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi (syarat mutu) yang telah ditetapkan dan berlaku di daerah pemasaran biodiesel tersebut. Di Indonesia, biodiesel yang dihasilkan harus disesuaikan dengan Standar Nasional Indonesia (SNI). SNI disusun untuk melindungi produsen dan konsumen dari segi mutu dan juga mendukung perkembangan industri biodiesel di Indonesia. Syarat mutu biodiesel ester alkil dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 5. Hasil uji karakteristik Biodiesel dari CPO

Parameter uji	Bahan bakar		Metode Uji
	Biodiesel	Satuan	
Berat Jenis	0.865		D-1288
Viskositas	5.74	CSt	D-445
Titik Nyala	210	°C	D-92
Titik Tuang	12	°C	D-92
Bilangan asam	12.0	mgKOH/gr	D-974
Kandungan air	0.910	% Vol.	D-1744
Nilai Kalor	40.552	kJ/kg	D-240

(Sumber : Penelitian Aguk Zuhdi, 2005)

Tabel 6. Syarat Mutu Biodiesel Ester Alkil

No	Parameter	Satuan	Nilai
1	Massa jenis pada 40°C	Kg/m <sup>3</sup>	850 – 890
2	Viskositas kinematik pd 40°C	mm <sup>2</sup> /s (cSt)	2,3 – 6,0
3	Angka setana		Min. 51
4	Titik nyala (mangkok tertutup)	°C	Min. 100
5	Titik kabut	°C	Maks.18
6	Korosi lempeng tembaga Residu karbon		Maks. No 3
7	- Dalam contoh asli - Dalam 10% ampas distilasi	% massa	Maks 0,05 Maks 0,3
8	Air dan sedimen	% vol	Maks 0,05*
9	Temperatur distilasi 90%	°C	Maks. 360
10	Abu tersulfatkan	% massa	Maks. 0,02
11	Belerang	ppm-m (mg/kg)	Maks. 100
13	Angka Asam	Mg-KOH/g	Maks. 0,8

(Sumber : SNI-Biodiesel.doc, 2006)

### 2.3 Pelarut

Sebagian besar reaksi kimia secara luas dilakukan di dalam larutan. Larutan terdiri dari pelarut (*solvent*) dan zat terlarut (*solute*). Pelarut (*solvent*) pada umumnya adalah zat yang berada pada larutan dalam jumlah yang besar, sedangkan zat lainnya dianggap sebagai zat terlarut (*solute*). Pelarut memenuhi beberapa fungsi dalam reaksi kimia, dimana pelarut melarutkan reaktan dan reagen agar keduanya bercampur, sehingga hal ini akan memudahkan penggabungan antara reaktan dan reagen yang seharusnya terjadi agar dapat merubah reaktan menjadi produk. Pelarut juga bertindak sebagai control suhu, salah satunya untuk meningkatkan energi dan tubrukan partikel sehingga partikel-partikel tersebut dapat bereaksi lebih cepat, atau untuk menyerap panas yang dihasilkan selama reaksi eksotermik. Pada umumnya pelarut yang baik mempunyai kriteria sebagai berikut :

1. Pelarut harus tidak reaktif (inert) terhadap kondisi reaksi
2. Pelarut harus dapat melarutkan reaktan dan reagen
3. Pelarut harus memiliki titik didih yang tepat
4. Pelarut harus mudah dihilangkan pada saat akhir reaksi

Kriteria kedua adalah dengan menggunakan prinsip *like dissolves like*, dimana reaktan yang nonpolar akan larut dalam pelarut nonpolar sedangkan reaktan yang polar akan larut pada pelarut polar. Dalam hal ini juga terdapat tiga ukuran yang dapat menunjukkan kepolaran dari suatu pelarut yaitu :

1. Momen dipole
2. Konstanta dielektrik
3. Kelarutannya dengan air

Molekul dari pelarut dengan momen dipole yang besar dan konstanta dielektrik yang tinggi termasuk polar. Sedangkan molekul dari pelarut yang memiliki momen dipole yang kecil dan konstanta dielektrik rendah diklasifikasikan sebagai nonpolar. Sedangkan secara operasional, pelarut yang larut dengan air termasuk polar, sedangkan pelarut yang tidak larut dalam air

termasuk nonpolar. Berdasarkan kepolaran pelarut, maka para ahli kimia mengklasifikasikan pelarut ke dalam tiga kategori yaitu :

1. Pelarut Protik Polar

Protik menunjukkan atom hidrogen yang menyerang atom elektronegatif yang dalam hal ini adalah oksigen. Dengan kata lain pelarut protik polar adalah senyawa yang memiliki rumus umum ROH. Contoh dari pelarut protik polar ini adalah air ( $H_2O$ ), methanol ( $CH_3OH$ ), dan Asam asetat ( $CH_3COOH$ ).

2. Pelarut Aprotik Dipolar

Aprotik menunjukkan molekul yang tidak mengandung ikatan O-H. Pelarut dalam kategori ini, semuanya memiliki ikatan yang memiliki ikatan dipole besar. Biasanya ikatannya merupakan ikatan ganda antara karbon dengan oksigen atau nitrogen. Contoh dari pelarut yang termasuk kategori ini adalah aseton [ $(CH_3)_2C=O$ ] dan etil asetat ( $CH_3CO_2CH_2CH_3$ ).

3. Pelarut Nonpolar

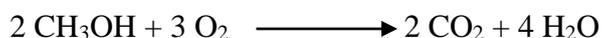
Pelarut nonpolar merupakan senyawa yang memiliki konstanta dielektrik yang rendah dan tidak larut dalam air. Contoh pelarut dari kategori ini adalah benzene ( $C_6H_6$ ), karbon tetraklorida ( $CCl_4$ ), dan dietil eter ( $CH_3CH_2OCH_2CH_3$ ).

### 2.3.1 Metanol

Metanol juga dikenal sebagai metil alkohol, *wood alcohol* atau spiritus, adalah senyawa kimia dengan rumus kimia  $CH_3OH$ . 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). Ia digunakan sebagai bahan pendingin anti beku, bahan bakar dan sebagai bahan aditif bagi etanol industri (Wikipedia, 2014).

Metanol diproduksi secara alami oleh metabolisme anaerobik oleh bakteri. Hasil proses tersebut adalah uap metanol (dalam jumlah kecil) di udara. Setelah beberapa hari, uap metanol tersebut akan teroksidasi oleh oksigen dengan bantuan

sinar matahari menjadi karbon dioksida dan air. Reaksi kimia metanol yang terbakar di udara dan membentuk karbon dioksida dan air adalah sebagai berikut :



Api dari metanol biasanya tidak berwarna. Oleh karena itu, kita harus berhati-hati bila berada dekat metanol yang terbakar untuk mencegah cedera akibat api yang tak terlihat.

Karena sifatnya yang beracun, metanol 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).

Metanol kadang juga disebut sebagai *wood alcohol* karena ia 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 metanol. Tahap pembentukannya adalah endotermik dan tahap sintesisnya adalah eksotermik. Sifat-sifat fisika dan kimia metanol dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Sifat – sifat Fisika dan Kimia Metanol

Massa molar	32,04 g/mol
Wujud cairan	Tidak berwarna
Specific gravity	0,7918
Titik leleh	-97°C, -142,9°F (176 K)
Titik didih	64,7°C, 148,4°F (337,8 k)
Kelarutan dalam air	Sangat larut
Keasaman	(pKa ~ 15,5)
Viskositas	0,59 mPa pada 20°C
Momen dipole	1,69 D (gas)

(Sumber : Perry, 1984)

### 2.3.2 Etanol

Etanol disebut juga etil alkohol, alkohol murni, alkohol absolut, atau alkohol saja, adalah sejenis cairan yang mudah menguap, mudah terbakar, tak berwarna, dan merupakan alkohol yang paling sering digunakan dalam sehari-hari. Senyawa ini merupakan obat psikoaktif yang dapat ditemukan pada minuman beralkohol dan termometer modern. Etanol adalah salah satu obat rekreasi yang paling tua. Etanol termasuk ke dalam alkohol rantai tunggal, dengan rumus kimia  $C_2H_5OH$  dan rumus empiris  $C_2H_6O$ . Ia merupakan isomer konstitusional dari dimetil eter. Etanol sering disingkat menjadi EtOH, dengan "Et" merupakan singkatan dari gugus etil ( $C_2H_5$ ). Fermentasi gula menjadi etanol merupakan salah satu reaksi organik paling awal yang pernah dilakukan manusia. Efek dari konsumsi etanol yang memabukkan juga telah diketahui sejak dulu. Pada zaman modern, etanol yang ditujukan untuk kegunaan industri dihasilkan dari produk sampingan pengilangan minyak bumi. Etanol banyak digunakan sebagai pelarut berbagai bahan-bahan kimia yang ditujukan untuk konsumsi dan kegunaan manusia. Contohnya adalah pada parfum, perasa, pewarna makanan, dan obat-obatan. Dalam kimia, etanol adalah pelarut yang penting sekaligus sebagai stol umpan untuk sintesis senyawa kimia lainnya. Dalam sejarahnya etanol telah lama digunakan sebagai bahan bakar.

Etanol telah digunakan manusia sejak zaman prasejarah sebagai bahan pemabuk dalam minuman beralkohol. Residu yang ditemukan pada peninggalan keramik yang berumur 9000 tahun dari Cina bagian utara menunjukkan bahwa minuman beralkohol telah digunakan oleh manusia prasejarah dari masa neolitik.

Etanol membentuk larutan azeotrop. Karena itu pemurnian etanol yang mengandung air dengan cara penyulingan biasa hanya mampu menghasilkan etanol dengan kemurnian 96%. Etanol murni (absolut) dihasilkan pertama kali pada tahun 1796 oleh Johan Tobias Lowitz yaitu dengan cara menyaring alkohol hasil distilasi melalui arang.

Lavoisier menggambarkan bahwa etanol adalah senyawa yang terbentuk dari karbon, hidrogen, dan oksigen. Pada tahun 1808 Saussure berhasil menentukan rumus kimia etanol. Lima puluh tahun kemudian (1858), Couper

mempublikasikan rumus kimia etanol. Dengan demikian etanol adalah salah satu senyawa kimia yang pertama kali ditemukan rumus kimianya.

Etanol pertama kali dibuat secara sintetik pada tahun 1826 secara terpisah oleh Henry Hennel dari Britania Raya dan S.G. Serullas dari Perancis. Pada tahun 1828, Michael berhasil membuat etanol dari hidrasi etilena yang dikatalis oleh asam. Proses ini mirip dengan proses sintesis etanol industri modern.

Etanol telah digunakan sebagai bahan bakar lampu di Amerika Serikat sejak tahun 1840, namun pajak yang dikenakan pada alkohol industri semasa Perang Saudara Amerika membuat penggunaannya tidak ekonomis.

Tabel 8. Sifat – sifat Fisika dan Kimia Etanol

Rumus Molekul	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH
Massa molar	46,07 g/mol
Wujud cairan	Tidak berwarna
Densitas	0,789 g/cm <sup>3</sup>
Titik leleh	-114,3°C
Titik didih	78,4°C
Kelarutan dalam air	Tercampur Penuh
Keasaman	(pKa ~ 15,9)
Viskositas	0,59 mPa pada 20°C
Momen dipole	1,69 D (gas)

(Sumber : Perry, 1984)

## 2.4 Katalis

Katalis memegang peranan yang sangat penting pada perkembangan industri kimia. Dewasa ini hampir setiap produk industri kimia dihasilkan melalui proses yang memanfaatkan jasa katalis (Biodiesel, html)

Katalis dapat didefinisikan sebagai zat yang dapat mempercepat dan mengendalikan reaksi. Dengan katalis, reaksi dapat berjalan pada kondisi yang lebih lunak (temperatur dan tekanan rendah) dengan laju dan aktivitas yang tinggi. Kemampuan inilah yang kini menjadi tumpuna harapan manusia untuk memenuhi tuntutan efisiensi waktu, bahan baku, energi dan upaya pelestarian lingkungan.

Berdasarkan fase katalis, reaktan dan produk reaksinya, katalis dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu sebagai berikut :

1. Katalis homogen adalah katalis yang berfase sama dengan fase campuran reaksinya.
2. Katalis heterogen adalah katalis yang berbeda fase reaktan dan produk reaksinya.

Katalis homogen pada umumnya memiliki aktivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan katalis heterogen karena setiap molekul katalis aktif sebagai katalis. Katalis heterogen, biasanya berupa padatan memiliki pusat aktif yang tidak seragam. Tidak semua bagian permukaan padatan dapat berfungsi sebagai pusat aktif dan tidak semua pusat aktif memiliki keaktifan yang sama. Bahkan pada keadaan yang terburuk, bagian permukaan yang satu dapat meracuni bagian yang lainnya.

Heterogen permukaan ini menyebabkan katalis heterogen menjadi kurang efektif dibandingkan dengan katalis homogen. Walaupun demikian, katalis heterogen tetap digunakan dalam industri karena mudah dipisahkan dari campuran reaksinya. Selain itu, katalis heterogen lebih stabil terhadap perlakuan panas sehingga reaksi dan regenerasi katalis dapat dilakukan pada temperatur tinggi (Subagio, 1992).

Katalisator yang digunakan biasa berupa asam, garam atau permukaan ion (Groggins, 1958). Katalisator asam yang biasa digunakan untuk proses alkoholisis diantaranya adalah asam sulfat, asam fosfat dan asam klorida. Sedangkan untuk basa digunakan natrium hidroksida dan kalium hidroksida. Dalam penelitian ini digunakan katalis natrium hidroksida. Pada reaksi alkoholisis, pemilihan katalis berhubungan pula dengan suhu reaksinya. Katalis basa tidak memerlukan suhu yang tinggi, sementara katalis asam umum digunakan untuk suhu sekitar suhu 100°C (Kirk & Othmer).

#### **2.4.1 Asam Klorida (HCl)**

Asam klorida adalah larutan akuatik dari gas hidrogen klorida (HCl). Ia adalah asam kuat dan digunakan secara luas dalam industri. Asam klorida harus

ditangani dengan keselamatan yang tepat karena merupakan cairan yang sangat korosif. Asam klorida adalah larutan gas hidrogen klorida (HCl) dalam air. Warnanya bervariasi dari tidak berwarna hingga kuning mudah. Perbedaan warna ini tergantung pada kemurnian. Pada konsentrasi diatas 10%, asam klorida menghasilkan bau yang sangat menyengat. Asam klorida bersifat sangat korotif dan bias merusak logam-logam seperti besi dan baja (Wikipedia, 2012)

Tabel 9. Sifat – sifat fisik dan kimia Asam Klorida

Karakteristik	Asam Klorida
Nama lain	Asam hidroklorit, Anhidrous hydrogen klorida, Asam muriatic
Rumus molekul	HCl
Titik didih	-85°C (HCl gas)
Titik Leleh	-114°C (Hcl gas)
Densitas pada 25°C	1,49 g/l

(Sumber : CRC, 1994)

Uap larutan asam yang sangat pekat dapat menyebabkan iritasi pada mata, sedangkan kontak secara langsung dapat menyebabkan luka pada mata dan bisa mengakibatkan kebutaan. Jika kontak dengan kulit akan menyebabkan terbakar. HCl bersifat higroskopis, zat ini pada umumnya ada dalam bentuk aerosol di atmosfer (NRC,2000). Menurut Revilla (1998), HCl dapat menyebabkan hidrolisa parsial antosianin dari anggur merah.

Menurut Maga and Tu (1994) HCl diijinkan sebagai pengasam makanan oleh FAO pada tahun 1974. HCl juga digunakan untuk proses yang membutuhkan hidrolisa pada bahan seperti protein dan pati. HCL juga bisa digunakan untuk produksi “corn Syrup” (Maga and Tu, 1994).

#### 2.4.2 Natrium Hidroksida (NaOH)

Natrium hidroksida (NaOH) juga dikenal sebagai soda kaustik atau sodium hidroksida, adalah sejenis basa logam kaustik. Natrium Hidroksida terbentuk dari oksida basa Natrium oksida dilarutkan dalam air. NaOH membentuk larutan alkalin yang kuat ketika dilarutkan ke dalam air. Ia digunakan di berbagai macam bidang industri, kebanyakan digunakan sebagai basa dalam

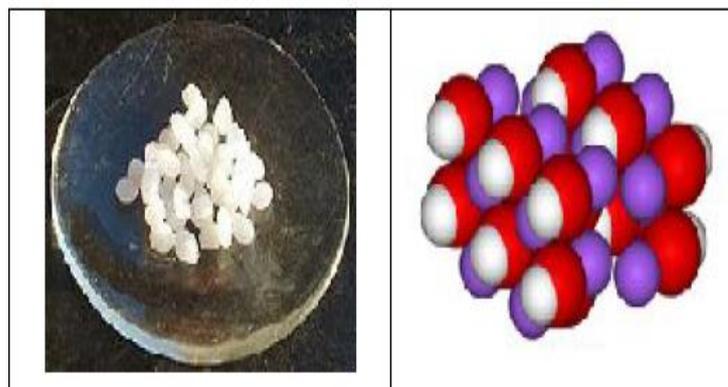
proses produksi bubur kayu dan kertas, tekstil, air minum, sabun, dan deterjen. Natrium Hidroksida adalah basa yang paling umum digunakan dalam laboratorium kimia.

NaOH murni berbentuk putih padat dan tersedia dalam bentuk pellet, serpihan, butiran ataupun larutan jenuh 50%. Ia bersifat lembap cair dan secara spontan menyerap karbon dioksida dari udara bebas. Ia sangat larut dalam air dan akan melepaskan panas ketika dilarutkan. Ia juga larut dalam etanol dan metanol, walaupun kelarutan NaOH dalam kedua cairan ini lebih kecil daripada kelarutan KOH. Ia tidak larut dalam dietil eter dan pelarut non-polar lainnya. Larutan natrium hidroksida akan meninggalkan noda kuning pada kain dan kertas. Karakteristik sodium Hidroksida adalah seperti berikut.

Tabel 10. Karakteristik Sodium Hidroksida

Sifat	
Rumus molekul	NaOH
Massa molar	39,9971 g/mol
Penampilan	Zat padat putih
Densitas	2,1 g/cm <sup>3</sup> , padat
Titik lebur	318°C (519 K)
Titik didih	1390°C (1663 K)
Kelarutan dalam air	111 g/100 ml (20 °C)
Kebasaan (pKb)	-2,43
Titik Nyala	Tidak Mudah Terbakar

(Sumber : Perry, 1984)

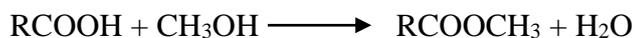


Gambar 3. Molekul Natrium Hidroksida

## 2.5 Proses Pembuatan Biodiesel

### 2.5.1 Esterifikasi

Esterifikasi adalah tahap konversi dari asam lemak bebas menjadi ester. Esterifikasi mereaksikan minyak lemak dengan alkohol. Katalis-katalis yang cocok adalah zat berkarakter asam kuat dan, karena ini, asam sulfat, asam sulfonat organik atau resin penukar kation asam kuat merupakan katalis-katalis yang biasa terpilih dalam praktek industrial. Untuk mendorong agar reaksi bisa berlangsung ke konversi yang sempurna pada temperatur rendah (misalnya paling tinggi 120°C), reaktan metanol harus ditambahkan dalam jumlah yang sangat berlebih (biasanya lebih besar dari 10 kali nisbah stoikhiometrik) dan air produk ikutan reaksi harus disingkirkan dari fase reaksi, yaitu fase 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 1 sampai beberapa jam.



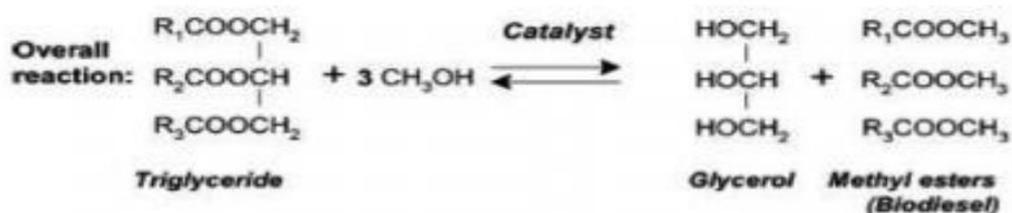
Reaksi esterifikasi dari asam lemak menjadi metil ester

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

### 2.5.2 Transesterifikasi

Transesterifikasi (biasa disebut dengan alkoholisis) adalah tahap konversi dari trigliserida (minyak nabati) menjadi alkil ester, melalui reaksi dengan alkohol, dan menghasilkan produk samping yaitu gliserol. Di antara alkohol-alkohol monohidrik yang menjadi kandidat sumber / pemasok gugus alkil, metanol adalah yang paling umum digunakan, karena harganya murah dan reaktifitasnya paling tinggi (sehingga reaksi disebut metanolisis). Jadi, di sebagian

besar dunia ini, biodiesel praktis identik dengan ester metil asam-asam lemak (*Fatty Acids Metil Ester, FAME*). Reaksi transesterifikasi dari trigliserida menjadi ester metil asam-asam lemak :



Gambar 4. Reaksi yang Terjadi pada proses Transesterifikasi

Transesterifikasi juga 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.

Reaksi transesterifikasi sebenarnya berlangsung dalam 3 tahap yaitu sebagai berikut :

- Trigliserida (TG) + CH<sub>3</sub>OH  $\rightleftharpoons$  Digliserida (DG) + R<sub>1</sub>COOCH<sub>3</sub>
- Digliserida (DG) + CH<sub>3</sub>OH  $\rightleftharpoons$  Monogliserida (MG) + R<sub>2</sub>COOCH<sub>3</sub>
- Monogliserida (MG) + CH<sub>3</sub>OH  $\rightleftharpoons$  gliserol (GL) + R<sub>3</sub>COOCH<sub>3</sub>

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

- Menambahkan metanol berlebih ke dalam reaksi
- Memisahkan gliserol
- Menurunkan temperatur reaksi (transesterifikasi merupakan reaksi eksoterm)

Transesterifikasi juga menggunakan katalis dalam reaksinya. Selain mempercepat reaksi katalis juga berfungsi sebagai penetral dari asam lemak yang terkandung dalam minyak nabati. Katalis basa yang dapat digunakan untuk reaksi biodiesel adalah NaOH dan KOH. Biodiesel adalah senyawa mono alkil yang diproduksi melalui reaksi transesterifikasi antara trigliserida (minyak nabati,

seperti minyak sawit, minyak jarak, dll) dengan methanol menjadi metil ester dan gliserol dengan bantuan katalis basa. Biodiesel mempunyai rantai karbon antara 12 sampai dengan 20 serta mengandung Oksigen. Adanya oksigen pada biodiesel membedakannya dengan petroleum diesel (solar) yang komponen utamanya hanya terdiri dari hidrokarbon. Jadi komposisi biodiesel dan petroleum diesel sangat berbeda.

### 2.5.3 Transesterifikasi *In Situ*

Proses transesterifikasi yang selama ini dilakukan di industri-industri besar adalah transesterifikasi konvensional. Pada pembuatan biodiesel secara konvensional, transesterifikasi dilakukan setelah proses ekstraksi dan pemurnian minyak. Transesterifikasi konvensional memerlukan waktu yang lama dan proses yang panjang. Transesterifikasi *in situ* merupakan langkah sederhana dalam menghasilkan biodiesel yaitu dengan cara mengeliminasi proses ekstraksi dan pemurnian minyak sehingga dapat menghemat biaya produksi (Haas *et al.*, 2004). Trigliserida yang digunakan dalam proses transesterifikasi *in situ* adalah trigliserida yang berasal dari sumber bahan baku dan bukan dari minyak hasil ekstraksi dan pemurnian. Mekanisme proses transesterifikasi *in situ* adalah kontak langsung antara bahan baku sumber minyak dengan larutan alkohol dan katalis asam atau basa. Fungsi dari alkohol adalah untuk menghancurkan sel-sel yang mengandung minyak dan melarutkan minyak tersebut. Selain itu transesterifikasi *in situ* menggunakan alkohol yang dapat berperan ganda yaitu sebagai pelarut pada proses ekstraksi minyak dan sebagai reaktan pada proses transesterifikasi. (Georgogianni *et al.*, 2008)

Transesterifikasi *In Situ* biasa dilakukan untuk membuat biodiesel dari minyak berkadar asam lemak bebas rendah (<5%). Sánchez *et al.*, (2012) melakukan penelitian terhadap minyak biji bunga matahari menggunakan metode transesterifikasi *in situ* dengan menambahkan n-heksana. Dengan cara mencampurkan 250 gram minyak biji bunga matahari dengan 300 ml n-heksana, dengan perbandingan molar rasio methanol:oil adalah 6:1, dengan berat

katalis 1% dari berat minyak biji bunga matahari selama 2 jam didapatkan FAME sebesar 86%.

Boocock *et al.*, (1998), melakukan penelitian dengan bahan baku SBO (*Soy Bean Oil*) dan CPO (*Coconut Palm Oil*) melalui variasi molar minyak:methanol tanpa penambahan *co-solvent* (minyak:methanol = 1:25, 1:27, 1:28, 1:35, 1:40), berat katalis NaOH 1/1,1/1,1,3/1,4 dan 2%-w dan untuk waktu reaksi 3,5,10,20,30,60,120 menit. Dan hasil penelitiannya didapat kadar metil ester hingga 99,4% pada rasio molar adalah minyak:methanol 1:27 dalam waktu 7 menit. Kemudian dengan molar rasio minyak :methanol 1:6 dengan penambahan *co-solvent* THF menggunakan 1% dan 1,3% berat NaOH didapatkan kadar yang terbentuk pada SBO adalah sebanyak 78% untuk NaOH 1%-w, 88% untuk NaOH 1,3 %-w, dan 99% untuk CPO dengan NaOH 1%-w semua dalam waktu 2 menit.

Rizal dan Rahmadhani (2012) melakukan penelitian dengan judul “ Studi Perubahan Variabel Waktu dan Volume Metanol terhadap Konversi Biodiesel dengan Bahan Baku Biji Pepaya Menggunakan Metode Transesterifikasi In situ” dengan variabel proses rasio waktu dan volume methanol. Rasio volume methanol yang dipakai (1 : 200,1:300 ,1: 400 mL ) dan waktu transesterifikasi In Situ (30, 60, 90, 120, 150 menit). Reaksi dilakukan pada suhu 60°C pada 600 rpm, menggunakan pelarut methanol dengan 2% NaOH dari jumlah minyak pada 20 gram bahan baku. Didapatkan konsentrasi FAME tertinggi pada proses transesterifikasi in situ biji pepaya terjadi di waktu 120 menit dan dengan 400 mL volume alkohol, yaitu mencapai 77,68%.

Handani dan Yamega (2012) melakukan penelitian dengan judul “ Peningkatan Metil Ester dari Minyak Jarak Pagar dengan Penambahan *Co-Solvent* THF” dengan variabel proses molar rasio THF:methanol (0:1, 1:1, 2:1) dan waktu reaksi (2, 4, 6, 8 menit). Reaksi dilakukan pada suhu 30 °C dan tekanan atmosferik dengan molar rasio minyak:methanol 1:6, jumlah katalis NaOH 1,3%-berat. Setelah pengambilan sampel, sampel dicuci. Dari percobaannya didapatkan kadar metil ester tertinggi 94,79% dicapai pada perbandingan THF:methanol=2:1 v/v dengan waktu 10 menit, jauh lebih besar

dibandingkan dengan transesterifikasi konvensional hanya menghasilkan 84% metil ester dengan waktu yang sama yaitu 10 menit.

Zeng *et al.*, (2009) melakukan penelitian tentang proses transesterifikasi in situ minyak biji bunga matahari dengan metanol dibantu oleh cosolvent diethoxymethane (DEM). DEM bertugas sebagai ekstraksi pelarut dan promotorreaksi dalam proses. Dari percobaan yang dilakukan dengan variasi variabel yang random, kemudian melalui perhitungan model empiris dari laju dalam proses transesterifikasi in situ di dapatkan kondisi yang optimal, yaitu rasio molar katalis/minyak 0.5:1, rasio molar methanol/minyak 101.39:1, rasio molar DEM/minyak 57.85:1, kelajuan agitasi 150 rpm dan suhu reaksi 20°C. Produk yang dihasilkan mengandung 97.7% FAME dan 0.74% FFA diperoleh dalam 13min. Disebutkan juga bahwa *Tetrahidrofuran* (THF) dan DEM telah terbukti menjadi *co-solvents* baik untuk metanol dan minyak dan, selanjutnya, bisa meningkatkan perpindahan massa minyak dan metanol dan mengintensifkan transesterifikasi minyak dan alkohol.

## **2.6 Karakterisasi Produk Biodiesel**

Karakteristik bahan bakar minyak yang akan dipakai pada suatu penggunaan tertentu untuk mesin atau peralatan lainnya perlu diketahui terlebih dahulu dengan maksud agar hasil pembakaran dapat tercapai secara optimal. Secara umum karakteristik bahan bakar minyak khususnya minyak solar yang perlu diketahui adalah sebagai berikut :

### **2.6.1 Berat Jenis (Density)**

Berat jenis adalah suatu angka yang menyatakan perbandingan berat dari suatu volume sampel pada suhu 25°C dengan berat air pada volume dan suhu yang sama. Cara ini dapat digunakan untuk semua minyak dan lemak yang dicairkan (Taufik, M., Jaksen M.Amin, 2011). Bahan bakar minyak pada umumnya mempunyai densitas antara 0,86 – 0,90 gr/ml dengan kata lain bahan bakar minyak lebih ringan dari pada air. Selain itu minyak juga tidak dapat larut dalam air pada semua perbandingan.

### **2.6.2 Viskositas (Viscosity)**

Viskositas adalah suatu angka yang menyatakan besarnya hambatan dari suatu bahan cair untuk mengalir atau ukuran besarnya tahanan geser dari bahan cair. Makin tinggi viskositas minyak maka akan semakin kental dan lebih sulit mengalir begitu juga sebaliknya. Viskositas bahan bakar minyak diesel berada diantara 3,5-5 cP. Viskositas ini sangat penting artinya terutama bagi mesin-mesin diesel maupun ketel-ketel uap karena viskositas minyak sangat berkaitan dengan suplai konsumsi bahan bakar dalam ruang bakar dan juga sangat berpengaruh terhadap kesempurnaan proses pengkabutan bahan bakar melalui injector (Pertamina, 1079)

### **2.6.3 Kandungan air (Water Content)**

Kandungan air adalah jumlah air yang terkandung dalam minyak dimana kandungan air ini berpengaruh terhadap nilai bakar. Terdapat 3 cara untuk menentukan kandungan (kadar) air dalam suatu sampel, yaitu cara hot plate, cara oven terbuka, dan cara oven hampa udara (Taufik, M., Jaksen M.Amin, 2011).

### **2.6.4 pH**

Power of Hydrogen adalah konsentrasi ion – ion hidrogen bebas, pH menunjukkan kadar asam atau basa dalam suatu larutan melalui konsentrasi ion hidrogen  $H^+$  . Air murni dipakai sebagai zat patokan bagi definisi nilai pH. Pengukuran yang teliti menunjukkan bahwa air murni memiliki pH 7 atau netral. Bila  $pH < 7$  maka larutan bersifat asam dan pada  $pH > 7$  maka larutan bersifat basa.

### **2.6.5 Bilangan Asam**

Angka asam dinyatakan sebagai jumlah milligram basa yang diperlukan untuk menetralkan asam lemak bebas yang terdapat dalam satu gram minyak atau lemak. Angka asam yang besar menunjukkan jumlah asam lemak bebas yang besar pula. Asam lemak ini berasal dari hidrolisa minyak ataupun karena proses

pengolahan yang kurang baik. Semakin tinggi angka asam, semakin rendah kualitas minyak atau lemak tersebut.

Bilangan asam dinyatakan sebagai jumlah milligram KOH yang dibutuhkan untuk menetralkan asam lemak bebas yang terdapat dalam 1 gram minyak atau lemak. Makin tinggi bilangan asam makin rendah kualitas minyak atau lemak (Sudarmadji, 2003).

### **2.6.6 Nilai Kalor**

Nilai kalor biodiesel adalah ukuran energi yang terdapat dalam biodiesel tiap satuan mol atau berat. Daya yang dihasilkan mesin oleh bahan bakar solar lebih tinggi dari pada biodiesel karena solar memiliki kalor yang lebih tinggi yaitu 10800 kal/gram. Adanya ikatan kimia oksigen pada biodiesel menurunkan nilai kalornya sebanyak 10% (Widyastuti, 2007). Kalor adalah energi mekanik akibat gerakan partikel materi dan dapat berpindah dari satu tempat ke tempat lain. Alat yang dapat digunakan untuk mengukur kalor adalah bom calorimeter adiabatik. Reaksi kimia yang terjadi dalam wadah bervolume tetap yang disebut bom menimbulkan sebuah perubahan keadaan. Kalor dalam biodiesel dipengaruhi oleh senyawa penyusun yang tergantung pada bahan dasarnya dan densitas biodiesel.

### **2.6.7 Titik Nyala (Flash Point)**

Titik nyala adalah suatu angka yang menyatakan suhu terendah dari suatu bahan bakar minyak dimana akan timbul penyalaan api sesaat, apabila pada permukaan minyak tersebut didekatkan dengan sumber api. Titik nyala diperlukan sehubungan adanya pertimbangan-pertimbangan mengenai keamanan dari penimbunan minyak dan pengangkutan bahan bakar minyak terhadap bahaya kebakaran (Ismail, 1998)

## **2.7 Keuntungan Penggunaan Biodiesel**

Dari berbagai penelitian yang telah dilakukan, berbagai keuntungan yang dapat diperoleh dari penggunaan biodiesel. Antaranya adalah :

1. Dihasilkan dari sumber daya energi terbarukan dan tersediaan bahan bakunya terjamin.

2. Angka satuan tinggi (Bilangan yang menunjukkan ukuran baik tidaknya kualitas solar berdasarkan kecepatan bakar dalam ruang bakar mesin).
3. Viskositas tinggi sehingga mempunyai sifat pelumasan yang lebih baik daripada solar sehingga dapat memperpanjang umur pakai mesin.
4. Dapat diproduksi secara lokal.
5. Mempunyai kandungan sulfur rendah.
6. Menurunkan emisi gas buang.
7. Pencampuran biodiesel dengan petroleum diesel dapat meningkatkan *biodegradability* petroleum diesel samapi 500%.
8. Dapat diperbaharui