

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kelapa Sawit

Kelapa sawit (*Elaeis*) adalah tumbuhan industri penting penghasil minyak masak, 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 terbesar di dunia. Di Indonesia penyebarannya di daerah Aceh, pantai timur Sumatra, Jawa, Kalimantan, dan Sulawesi. Dibawah ini contoh gambar kelapa sawit dan olahannya.



Gambar 1. Kelapa Sawit dan Olahannya

Kelapa sawit yang dibudidayakan terdiri dari dua jenis: *E. guineensis* dan *E. oleifera*. Jenis pertama yang terluas dibudidayakan orang. dari kedua species kelapa sawit ini memiliki keunggulan masing-masing. *E. guineensis* memiliki produksi yang sangat tinggi dan *E. oleifera* memiliki tinggi tanaman yang rendah. banyak orang sedang menyilangkan kedua species ini untuk mendapatkan species yang tinggi produksi dan gampang dipanen. *E. oleifera* sekarang mulai dibudidayakan pula untuk menambah keanekaragaman sumber daya genetik.

Penangkar seringkali melihat tipe kelapa sawit berdasarkan ketebalan cangkang, yang terdiri dari Dura, Pisifera, dan Tenera. Dura merupakan sawit yang buahnya memiliki cangkang tebal sehingga dianggap memperpendek umur mesin pengolah namun biasanya tandan buahnya besar-besar dan kandungan

minyak per tandannya berkisar 18%. Pisifera buahnya tidak memiliki cangkang, sehingga tidak memiliki inti (kernel) yang menghasilkan minyak ekonomis dan bunga betinanya steril sehingga sangat jarang menghasilkan buah. Tenera adalah persilangan antara induk Dura dan jantan Pisifera. Jenis ini dianggap bibit unggul sebab melengkapi kekurangan masing-masing induk dengan sifat cangkang buah tipis namun bunga betinanya tetap fertil. Beberapa tenera unggul memiliki persentase daging per buahnya mencapai 90% dan kandungan minyak per tandannya dapat mencapai 28%. Untuk pembibitan massal, sekarang digunakan teknik kultur jaringan.

Kelapa sawit tergolong pada suku *palmae* seperti juga pohon kelapa, pinang, salak dan sejenisnya. Minyak kelapa sawit tersusun atas bermacam komponen. Ada dua kelompok komponen penyusun minyak sawit. Pertama, kelompok ester asam lemak berantai panjang yang berikatan secara ester dan acak membentuk suatu trigliserida yang beraneka ragam. Kelompok kedua, adalah komponen non-trigliserida yang terdiri atas karoten (*karotenoids*), tokoperol (*tocopherols*), sterol (*sterols*), pospatida (*phospatides*), dan alkohol (*alcohols*). Kuantitas kelompok yang kedua begitu kecil dalam minyak sawit.

Minyak kelapa sawit diperoleh dari pengolahan buah kelapa sawit dengan kandungan asam lemak yang bervariasi, baik dalam panjang maupun struktur rantai karbonnya. Panjang rantai karbon dalam minyak kelapa sawit berkisar antara atom karbon C₁₂ – C₂₀. Tabel 1 menyajikan komposisi asam lemak dalam minyak kelapa sawit.

Tabel 1. Komposisi Asam Lemak Minyak Sawit

Asam Lemak (%)	Komposisi (%)
Laurat (C ₁₂)	0,1 – 1
Miristat (C ₁₄)	0,9 – 1,5
Palmitat (C ₁₆)	41,8 – 46,8
Stearat (C ₁₈)	4,2 – 5,1
Oleat (C ₁₈₋₁)	37,3 – 40,8
Linoleat (C ₁₈₋₂)	9,1 – 11,0
Arakiolat (C ₂₀)	0,2 – 0,4

Sumber : Teknologi Bioenergi, Erliza Hambali, 2007

Komposisi asam lemak dalam minyak kelapa sawit sangat menentukan sifat fisik dan kimia minyak kelapa sawit. Beberapa sifat fisik dan kimia minyak kelapa sawit disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik Minyak Kelapa Sawit

Karakteristik	Nilai
Indeksi Refraksi (50 °C)	1,445 – 1,456
Bilangan Iod (meg)	50,6 – 55,1
Bilangan Penyabunan	190,1 – 201,7
Titik leleh (°C)	31,1 – 37,6

Sumber : Teknologi Bioenergi, Erliza Hambali, 2007

2.2 Minyak Nabati

Pengertian ilmiah paling umum dari istilah ‘Biodiesel’ mencakup semua bahan bakar mesin diesel yang terbuat dari sumber daya hayati atau biomassa. Sekalipun demikian, makalah ini akan menganut definisi yang pengertiannya lebih sempit tetapi telah diterima luas di dalam industri, yaitu bahwa “Biodiesel adalah bahan bakar mesin / motor diesel yang terdiri atas ester alkil dari asam-asam lemak” (Soerawidjaja, UGM 2006).

Biodiesel dapat dibuat dari minyak nabati maupun lemak hewan, namun yang paling umum digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel adalah minyak nabati. 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 tri-ester asam-asam lemak dengan gliserol, atau trigliserida, sedangkan biodiesel adalah mono-ester 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 (yaitu ester metil). 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 minyak 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 kamar pembakaran.

3. Molekul minyak nabati relatif lebih bercabang dibanding ester metil asam-asam lemak. Akibatnya, angka setana minyak nabati lebih rendah daripada angka setana ester metil. Angka setana adalah tolak ukur kemudahan menyala / terbakar dari suatu bahan bakar di dalam mesin diesel.

Di luar perbedaan yang memiliki tiga konsekuensi penting di atas, minyak nabati dan biodiesel sama – sama berkomponen penyusun utama (90 %-berat) asam-asam lemak. Pada kenyataannya, proses transesterifikasi minyak nabati menjadi ester metil asam – asam lemak, memang bertujuan memodifikasi minyak nabati menjadi produk (yaitu biodiesel) yang berkekentalan mirip solar, berangka setana lebih tinggi, dan relatif lebih stabil terhadap perengkahan

Semua minyak nabati dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar namun dengan proses-proses pengolahan tertentu. Tabel 3 menunjukkan berbagai macam tanaman penghasil minyak nabati serta produktifitas yang dihasilkannya.

Tabel 3. Tanaman penghasil minyak nabati serta produktifitasnya

Nama Indonesia	Nama Inggris	Nama Latin	Kg-/ha/thn
Sawit	<i>Oil palm</i>	<i>Elaeis guineensis</i>	5000
Kelapa	<i>Coconut</i>	<i>Cocos nucifera</i>	2260
Alpokot	<i>Avocado</i>	<i>Persea americana</i>	2217
K. Brazil	<i>Brazil nut</i>	<i>Bertholletia excelsa</i>	2010
K. Makadam	<i>Macadamia nut</i>	<i>Macadamia ternif.</i>	1887
Jarak pagar	<i>Physic nut</i>	<i>Jatropha curcas</i>	1590
Jojoba	<i>Jojoba</i>	<i>Simmondsia califor.</i>	1528
K. pekan	<i>Pecan nut</i>	<i>Carya pecan</i>	1505
Jarak Kaliki	<i>Castor</i>	<i>Ricinus communis</i>	1188
Zaitun	<i>Olive</i>	<i>Olea europea</i>	1019
Kanola	<i>Rapeseed</i>	<i>Brassica napus</i>	1000
Opium	<i>Poppy</i>	<i>Papaver somniferum</i>	978

Sumber : Biodiesel sebagai energi alternatif masa depan, UGM Yogyakarta, Soerawidjaja, 2006.

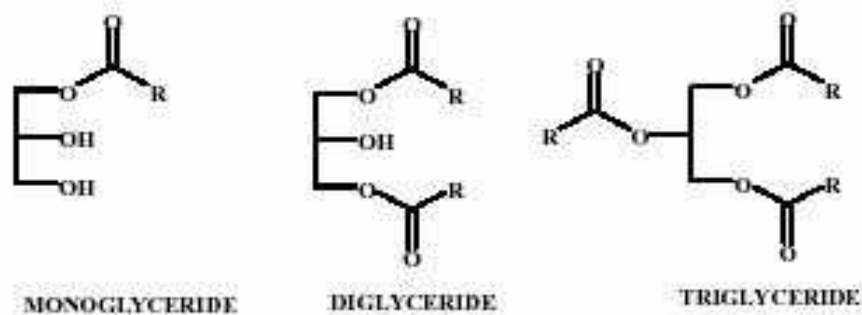
2.2.1 Komposisi dalam Minyak Nabati

Komposisi yang terdapat dalam minyak nabati terdiri dari trigliserida-trigliserida asam lemak (mempunyai kandungan terbanyak dalam minyak nabati, mencapai sekitar 95%-b), asam lemak bebas (Free Fatty Acid atau biasa disingkat dengan FFA), mono- dan digliserida, serta beberapa komponen-komponen lain seperti phosphoglycerides, vitamin, mineral, atau sulfur. Bahan-bahan mentah pembuatan biodiesel adalah :

- Trigliserida-trigliserida, yaitu komponen utama aneka lemak dan minyak-lemak, dan
- asam-asam lemak, yaitu produk samping industri pemulusan (refining) lemak dan minyak-lemak.

2.2.1.1 Trigiliserida

Trigliserida adalah triester dari gliserol dengan asam – asam lemak, yaitu asam – asam karboksilat beratom karbon 6 s/d 30. Trigliserida banyak dikandung dalam minyak dan lemak, merupakan komponen terbesar penyusun minyak nabati. Selain trigliserida, terdapat juga monogliserida dan digliserida. Struktur molekul dari ketiga macam gliserida tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



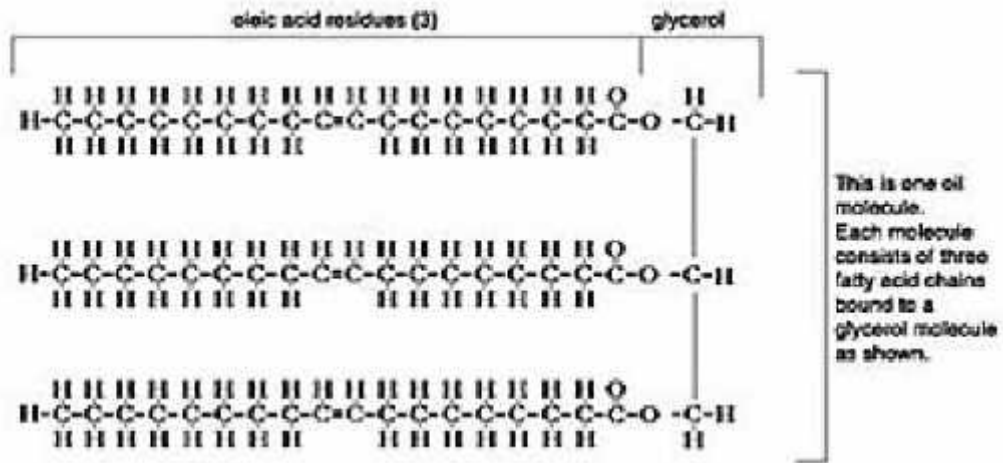
Gambar 2. Struktur molekul monogliserida, digliserida, dan trigliserida

(Sumber : Destiana. M, ITB 2007)

2.2.1.2 Asam Lemak Bebas

Asam lemak bebas adalah asam lemak yang terpisahkan dari trigliserida, digliserida, monogliserida, dan gliserin bebas. Hal ini dapat disebabkan oleh pemanasan dan terdapatnya air sehingga terjadi proses hidrolisis. Oksidasi juga

dapat meningkatkan kadar asam lemak bebas dalam minyak nabati.



Gambar 3. Struktur molekul asam lemak bebas (Sumber : Destiana. M, ITB 2007)

Dalam proses konversi trigliserida menjadi alkil esternya melalui reaksi transesterifikasi dengan katalis basa, asam lemak bebas harus dipisahkan atau dikonversi menjadi alkil ester terlebih dahulu karena asam lemak bebas akan mengkonsumsi katalis. Kandungan asam lemak bebas dalam biodiesel akan mengakibatkan terbentuknya suasana asam yang dapat mengakibatkan korosi pada peralatan injeksi bahan bakar, membuat filter tersumbat dan terjadi sedimentasi pada injektor. Pemisahan atau konversi asam lemak bebas ini dinamakan tahap preesterifikasi.

2.2.2 Minyak Nabati dari Kelapa Sawit

Potensi kelapa sawit di dunia sangat besar, hal ini ditandai dengan perolehan kelapa sawit yang mencapai 5000 kg per hektar per tahun (dapat dilihat pada Tabel 4). Dari kelapa sawit dapat dihasilkan minyak kelapa sawit (biasa disebut dengan *palm oil*) yang sangat potensial untuk digunakan sebagai pengganti bahan bakar diesel. Keunggulan *palm oil* sebagai bahan baku biodiesel adalah kandungan asam lemak jenuh yang tinggi sehingga akan menghasilkan angka setana yang tinggi.

Terdapat dua jenis minyak sawit yang dapat dibuat dari kelapa sawit, misalnya *Crude Palm Oil* (CPO) yang didapat dari daging buah kelapa sawit, atau

Crude Palm Kernel Oil yang didapat dari inti biji kelapa sawit. Namun CPO mempunyai komposisi asam lemak bebas yang cukup tinggi sehingga apabila digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel, sebelum tahap transesterifikasi perlu dilakukan tahap konversi FFA terlebih dahulu yang dinamakan dengan tahap esterifikasi. Selain dari dua jenis minyak sawit yang telah disebutkan diatas, terdapat juga fraksi minyak sawit turunan CPO yang sudah dimurnikan yaitu *Refined Bleached Deodorized Palm Oil* (RBDPO). Perbedaannya adalah pada RBDPO kandungan asam lemak bebas sudah sangat kecil, sehingga tidak diperlukan lagi tahap pre-esterifikasi. Komposisi asam lemak bebas dari berbagai minyak yang dapat dihasilkan dari kelapa sawit dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kandungan Asam Lemak Bebas dari Berbagai Minyak Kelapa Sawit

Minyak	FFA (<i>Free Fatty Acid</i>)
<i>RBD Palm Oil</i>	< 0,1 %
<i>Crude Palm Oil</i>	1 – 10 %
<i>Palm Fatty Acid Distillate</i>	70 – 90 %
<i>Crude Palm Kernel Oil</i>	1 – 10 %
<i>Crude Palm Stearin</i>	1 – 10 %
<i>Palm Sludge Oil</i>	10 – 80 %

Sumber : Biodiesel sebagai energi alternatif masa depan, UGM Yogyakarta, Soerawidjaja, 2006

2.3 Minyak Goreng Bekas (Minyak Jelantah)

Minyak jelantah adalah minyak yang telah digunakan lebih dari dua atau tiga kali penggorengan, dan dikategorikan sebagai limbah karena dapat merusak lingkungan dan dapat menimbulkan sejumlah penyakit. Sebuah penelitian menyimpulkan bahwa orang-orang yang memasak dan mengonsumsi makanan yang digoreng dengan minyak jelantah lebih berisiko mengidap tekanan darah tinggi dibandingkan dengan mereka yang sering mengganti minyak gorengnya untuk memasak.

Menurut Mahreni (2010), minyak goreng bekas adalah minyak makan nabati yang telah digunakan untuk menggoreng dan biasanya dibuang setelah warna minyak berubah menjadi coklat tua. Proses pemanasan selama minyak digunakan merubah sifat fisika-kimia minyak. Pemanasan dapat mempercepat

hidrolisis trigliserida dan meningkatkan kandungan asam lemak bebas (FFA) di dalam minyak.

Kandungan FFA dan air di dalam minyak bekas berdampak negatif terhadap reaksi transesterifikasi, karena metil ester dan gliserol menjadi susah untuk dipisahkan. Minyak goreng bekas lebih kental dibandingkan dengan minyak segar disebabkan oleh pembentukan dimer dan polimer asam dan gliserid di dalam minyak goreng bekas karena pemanasan sewaktu digunakan. Berat molekul dan angka iodin menurun sementara berat jenis dan angka penyabunan semakin tinggi. Perbedaan komposisi asam di dalam minyak segar dan minyak goreng bekas dapat dilihat pada Tabel 5. Tabel 5 menunjukkan bahwa kandungan hampir semua asam yang ada di dalam minyak goreng bekas lebih tinggi dibandingkan dengan di dalam minyak goreng segar (Mahreni, 2010).

Tabel 5. Komposisi Asam Lemak di Dalam Minyak Bunga Matahari, Minyak Kedelai dan Minyak Bekas

Asam Lemak	Minyak Bunga Matahari	Minyak Kedelai	Minyak Bekas
Lauric	-	-	9,95
Myristic	0,06	0,07	0,19
Palmitic	5,68	10,87	8,9
Palmitoleic	0,14	0,10	0,22
Searic	3,61	3,66	3,85
Oleic	34,27	23,59	30,71
Linoleic	54,79	53,86	54,35
Linonelic	0,07	6,49	0,27
Arachidic	0,25	0,37	0,29
Gidoleic	0,13	0,22	0,18
Bahenic	0,69	0,45	0,61

Tabel 6 menunjukkan mutu dari minyak jelantah yang dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 6. Mutu minyak jelantah

Parameter	Mutu
Kadar Air (%)	1,2412
Kadar Kotoran (%)	3,2779
Bilangan Peroksida (mg O ₂ / 100 g)	0,0168
Bilangan Asam	1,0037

2.4 Biodiesel

2.4.1 Pengertian Biodiesel

Biodiesel adalah bahan bakar mesin diesel yang terdiri dari ester metil (atau etil) asam lemak. Bahan bakar ini dibuat dari minyak-lemak nabati dengan proses metanolisis atau etanolisis melalui transesterifikasi dengan produk sampingnya berupa gliserol atau dari asam lemak bebas melalui proses esterifikasi dengan metanol atau etanol yang produk sampingnya berupa air (Knothe *et al.* 2005).

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif substitusi solar untuk motor diesel. Biodiesel dapat diaplikasikan baik dalam bentuk murni 100 % (B100) atau dicampur dengan bahan bakar diesel minyak bumi dalam berbagai rasio. Campuran 20 % biodiesel dan 80 % bahan bakar diesel minyak bumi disebut dengan B20. Campuran B20 merupakan bahan bakar alternatif yang terkenal di Amerika Serikat terutama untuk bus dan truk (Alam Syah 2006; Hambali *et al.* 2008).

Biodiesel memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan solar, yaitu :

1. Dihasilkan dari bahan baku minyak nabati yang dapat diperbaharui
2. *Biodegradable*
3. Memiliki titik nyala yang tinggi sehingga aman untuk penyimpanan
4. Memiliki sifat pelumasan yang baik
5. Bahan bakar ramah lingkungan karena menghasilkan emisi yang jauh lebih baik (*free sulphur, smoke number*) sesuai dengan isu-isu global (Gerpen *et al.* 2005; Hambali *et al.* 2008).

Biodiesel diproduksi dari bahan baku bervariasi yang terdiri dari minyak nabati (misalnya minyak biji kapas, kedelai, kelapa, kelapa sawit) dan lemak hewani. Minyak nabati memiliki komposisi asam lemak berbeda-beda tergantung dari jenis tanamannya. Kandungan asam lemak bebas (FFA) bahan baku merupakan penentu jenis proses yang digunakan. Bahan baku yang memiliki kadar asam lemak bebas (*free fatty acid*) rendah, maksimal 2 % bisa langsung diproses dengan metode transesterifikasi. Namun bila kadar asam lemak bebas minyak tersebut masih tinggi, maka sebelumnya perlu dilakukan proses

esterifikasi terhadap minyak tersebut dengan menentukan terlebih dahulu kadar FFA (*acid value*/mgKOH/g-minyak). Disamping itu, kandungan air dalam minyak nabati juga harus diperiksa sebelum dilakukan proses transesterifikasi. Kandungan air yang tinggi dapat mendeaktivasi katalis asam dan katalis basa, sehingga dapat menurunkan rendemen biodiesel (Gerpen *et al.* 2004).

Proses pembuatan biodiesel membutuhkan adanya katalis untuk mempercepat reaksinya. Katalis adalah suatu bahan yang digunakan untuk memulai reaksi dengan bahan lain (Alam Syah 2006). Menurut Mittelbach dan Remschmidt (2006), bahwa jenis katalis yang dapat digunakan pada proses produksi biodiesel terdiri dari katalis alkali, katalis asam, katalis dengan logam transisi, katalis dengan silika dan katalis enzimatik. Katalis alkali dan katalis asam terdiri dari katalis homogen dan heterogen.

Persyaratan mutu biodiesel di Indonesia sudah dibakukan dalam SNI-04-7182-2006, yang telah disahkan dan diterbitkan oleh Badan Standarisasi Nasional (BSN) tanggal 22 Februari 2006 (Soerawidjaja, UGM 2006). Tabel 7 menyajikan persyaratan kualitas biodiesel yang diinginkan.

Tabel 7. Persyaratan Kualitas Biodiesel menurut SNI-04-7182-2006.

Parameter	Batas Nilai
Massa Jenis (40° C, kg/m ³)	850-890
Viskositas Kinematic (40° C). mm ² /s (cSt)	2,3-6,0
Angka setana	Min 51
Titik nyala, ° C	Min 100
Titik kabut, ° C	Max 18
Residu karbon (%-b) :	
- dalam contoh asli	Max 0,05
- dalam 10% ampas distilasi	Max 0,3
Air dan sedimen, %-vol	Max 0,05
Temperatur distilasi 90%, ° C	Max 360
Abu tersulfatkan, %-b	Max 0,02
Belerang, ppm-b (mg/kg)	Max 100
Fosfor, ppm-b (mg/kg)	Max 10
Angka asam. mg-KOH/g	Max 0,8
Gliserol bebas, %-b	Max 0,02
Gliserol total, %-b	Max 0,24
Kadar ester alkil, %-b	Min 96,5
Angka iodium, %-b (g-I ₂ /100g)	Max 115

(Julianus, 2006)

2.4.2 Karakteristik Biodiesel

Untuk keselamatan selama penanganan dan penyimpanan, titik nyala harus cukup tinggi agar terhindar dari bahaya kebakaran pada suhu kamar. Kadar belerang dapat menyebabkan terjadinya keausan pada dinding silinder. Beberapa karakteristik dari Biodiesel (B-100) adalah sebagai berikut :

1. Kandungan sulfur kurang dari 15 ppm.
2. Bebas aromatic.
3. Angka *cetane* yang tinggi (lebih dari 50).
4. Bisa terdegradasi secara alami.
5. Tidak bersifat karsinogen.
6. Flash point yang tinggi (lebih dari 127 °C).
7. Nilai kalor max. 8% lebih rendah dari solar (*Calorific Value* solar : 10803 cal/gr)
8. Diperlukan pemanasan pada tangki penyimpanan bio-diesel pada musim dingin. (Departemen Teknologi Petanian, USU 2005)

Teknologi biodiesel memiliki beberapa kelebihan sebagai berikut:

1. Memperkuat *security of supply* BBD independent dalam negeri.
2. Kemungkinan yang tinggi dapat diekspor.
3. Meningkatkan kesempatan kerja orang Indonesia di dalam negeri.
4. Mengurangi ketimpangan pendapatan antar individu - antar daerah.
5. Meningkatkan kemampuan teknologi pertanian dan industri proses di dalam negeri.
6. Mengurangi pemanasan global dan pencemaran udara dengan 'bahan bakar ramah lingkungan'.
7. Meningkatkan produksi barang modal.
8. Memperbesar basis sumber daya bahan bakar cair.

2.4.3 Manfaat Biodiesel

Beberapa manfaat biodiesel diantaranya adalah :

1. Mengurangi emisi dari mesin.
2. Mempunyai rasio keseimbangan energi yang baik (Minimum 1 – 2,5).

3. Energi lebih rendah 10 – 12% dari bahan bakar diesel minyak bumi, 37 – 38 Mj/Kg. (Menimbulkan peningkatan efisiensi pembakaran biodiesel sebesar 5 – 7%, juga menghasilkan penurunan torsi 5% dan efisiensi bahan bakar).
4. Bahan bakar alternatif pengganti minyak bumi.
5. Produk yang dihasilkan tidak mencemari lingkungan.
6. Jika 0,4 – 5% dicampur dengan bahan bakar diesel minyak bumi otomatis akan meningkatkan daya lumas bahan bakar.
7. Titik nyala tinggi 100 – 150^oC (Meletup tidak spontan atau menyala dalam keadaan normal). (Departemen Teknologi Petanian, USU 2005)

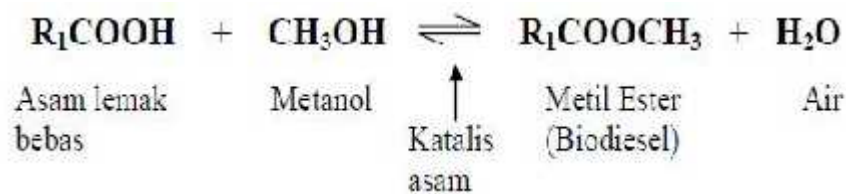
2.5 Proses Pembuatan Biodiesel

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 digunakan. Katalis asam (HCl), minyak nabati biasa dipakai untuk mendorong agar reaksi bisa berlangsung ke konversi yang sempurna pada temperatur rendah (misalnya paling tinggi 120^o C), reaktan metanol harus ditambahkan dalam jumlah yang sangat berlebih (biasanya lebih besar dari 10 kali nisbah stoikiometrik) dan air produk ikutan reaksi harus disingkirkan dari fasa reaksi, yaitu fasa minyak. Melalui kombinasi-kombinasi yang tepat dari kondisi-kondisi reaksi dan metode penyingkiran air, konversi sempurna asam-asam lemak ke ester metilnya dapat dituntaskan dalam waktu 1 sampai beberapa jam. (Destiana. M, ITB 2007).

Menurut Andika (2007) esterifikasi merupakan reaksi antara asam lemak bebas dengan alkohol sehingga membentuk ester dan melepaskan molekul air. Reaksi esterifikasi dapat terjadi dengan bantuan katalis asam, seperti H₂SO₄ atau HCl. Katalis yang umum digunakan dalam tahap ini adalah H₂SO₄ pekat (95 %), dimana reaksi esterifikasi akan berlangsung baik dalam kondisi asam. Penggunaan

katalis asam yang mengandung sulfat seperti H_2SO_4 dapat mengundang pertanyaan tentang kandungan sulfat dalam produk biodiesel. Akan tetapi hal ini tidak akan terjadi, karena ion sulfat tersebut akan berikatan dengan ion sodium dalam larutan basa selama reaksi transesterifikasi berlangsung membentuk sodium sulfat. Sodium sulfat ini merupakan garam larut dalam air dan akan hilang pada proses pencucian (Julianus, 2006). Lebih lanjut Julianus (2006) mengatakan bahwa pada tahap esterifikasi membutuhkan pengadukan dan pemanasan pada temperatur 30-40 °C, selama 1-2 jam guna untuk mempercepat laju reaksi. Proses yang terjadi dalam reaksi esterifikasi dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4. Reaksi Esterifikasi Dari Asam Lemak Menjadi Metil Ester

(Sumber : Destiana. M, ITB 2007)

Esterifikasi biasa dilakukan untuk membuat biodiesel dari minyak berkadar asam lemak bebas tinggi (%*Free Fatty Acid* 5 %). Pada tahap ini, asam lemak bebas akan dikonversikan menjadi metil ester. Tahap esterifikasi biasa diikuti dengan tahap transesterifikasi. Namun sebelum produk esterifikasi diumpankan ke tahap transesterifikasi, air dan bagian terbesar katalis asam yang dikandungnya harus disingkirkan terlebih dahulu.

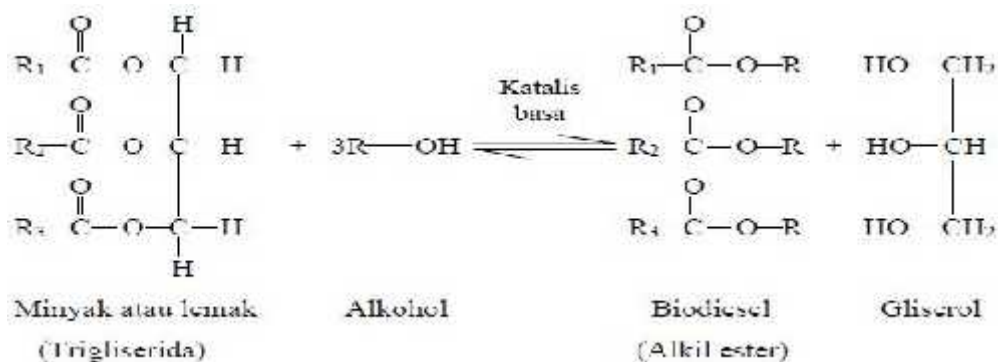
2.5.2 Transesterifikasi

Secara kimia, transesterifikasi (juga disebut alkoholisis) berarti mengambil molekul trigliserida atau kompleks asam lemak, menetralsir asam lemak bebas, menghilangkan gliserol, dan membentuk alkil ester. Reaksi ini dapat dilihat pada Gambar 5. Katalis biasanya digunakan untuk memperbesar laju reaksi dan rendemen. Secara teoritis, reaksi transesterifikasi adalah reaksi kesetimbangan. Dalam reaksi ini sejumlah besar alkohol digunakan untuk mengarahkan reaksi ekuilibrium ke kanan dan memproduksi metil ester, produk

akhir yang diinginkan, dalam jumlah tinggi (Mahreni, 2010).

Reaksi transesterifikasi dengan katalis basa biasanya menggunakan logam alkali alkoksida, NaOH, KOH, dan NaHCO₃ sebagai katalis. Menurut Julianus (2006) mengatakan bahwa, agar reaksi berjalan cepat tahap transesterifikasi memerlukan pengadukan dan pemanasan (50-60 °C) atau di bawah titik didih methanol (64,7°C). Sedangkan reaksi transesterifikasi membutuhkan temperatur sekitar 40 °C untuk memisahkan gliserin dan metil ester (biodiesel).

Pada reaksi transesterifikasi ini, sebagai reaktan dapat digunakan metanol atau etanol. Pada proses ini dipilih metanol sebagai reaktan karena merupakan alkohol yang paling reaktif. Reaksi transesterifikasi merupakan reaksi yang bersifat *reversible*. Karena sifatnya yang *reversible*, maka pergeseran reaksi ke kanan (ke arah produk) biasanya dilakukan dengan menggunakan alkohol secara berlebih dari kesetimbangan stoikhiometri (Julianus, 2006).



Gambar 5. Reaksi Transesterifikasi dari Trigliserida menjadi ester metil

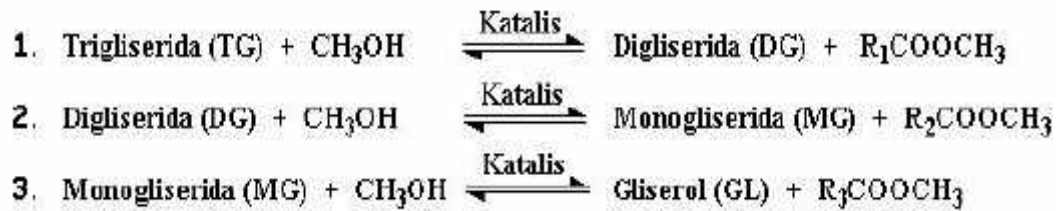
(Sumber : Destiana. M, ITB 2007)

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.

Alkali katalis (katalis basa) akan mempercepat reaksi transesterifikasi bila dibandingkan dengan katalis asam. Katalis basa yang paling populer untuk reaksi transesterifikasi adalah natrium hidroksida (NaOH), kalium hidroksida (KOH), natrium metoksida (NaOCH₃), dan kalium metoksida (KOCH₃). Katalis sejati

bagi reaksi sebenarnya adalah ion metilat (metoksida). Reaksi transesterifikasi akan menghasilkan konversi yang maksimum dengan jumlah katalis basa (NaOH) 0,5 % - 1%-b minyak nabati. (Destiana. M, ITB 2007)

Reaksi transesterifikasi sebenarnya berlangsung dalam 3 tahap, yang dapat dilihat pada gambar 6 :



Gambar 6. Tahapan reaksi transesterifikasi

(Sumber: Destiana. M, ITB2007)

Produk yang diinginkan dari reaksi transesterifikasi adalah ester metil asam-asam lemak.

Terdapat beberapa cara agar kesetimbangan lebih ke arah produk, yaitu:

- a. Menambahkan metanol berlebih ke dalam reaksi.
- b. Memisahkan gliserol.

Menurunkan temperatur reaksi (transesterifikasi merupakan reaksi eksoterm).

Untuk meningkatkan produk terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi, antara lain :

- a. **Waktu Reaksi** : Makin panjang waktu reaksi, maka kesempatan zat –zat beraksi makin banyak, sehingga konversi lebih besar. Jika keseimbangan reaksi telah tercapai, bertambahnya waktu reaksi tidak akan memperbesar produk hasil.
- b. **Konsentrasi** : kecepatan reaksi sebanding dengan konsentrasi reaktan. Makin tinggi konsentrasi reaktan maka makin tinggi pula kecepatan reaksinya.
- c. **Katalisator** : katalis berfungsi mempercepat reaksi dengan cara menurunkan energi aktivasi reaksi, namun tidak mempengaruhi letak keseimbangan.
- d. **Suhu** : semakin tinggi suhu, kecepatan reaksi makin meningkat. Pada proses alkoholis pengaruh suhu terhadap kecepatan reaksi dipengaruhi

oleh katalisator yang dipakai. Dengan katalis basa reaksi terjadi pada suhu kamar, dengan katalisator asam suhu reaksi mendekati 100°C .

- e. **Pengadukan** : agar reaksi berjalan dengan baik diperlukan pencampuran sebaik – baiknya dengan cara pengadukan. Pencampuran dengan baik dapat menurunkan tahanan perpindahan massa, makin banyak molekul – molekul reaktan yang dapat mencapai fase reaksi, sehingga meningkatkan kemungkinan terjadinya reaksi.
- f. **Perbandingan pereaksi** : Reaksi alkoholis pada umumnya memerlukan alkohol yang berlebihan agar reaksi berjalan sempurna. (Pardila. Y, 2005)

2.6 Katalis

Katalis pertama kali diperkenalkan oleh Joris Jacob Berzelius pada tahun 1835, yang menerangkan suatu fenomena yaitu adanya sejumlah zat asing yang ditambahkan pada suatu campuran reaksi membuat reaksi berjalan dengan cepat. Katalis adalah zat yang ditambahkan pada reaksi kimia dengan tujuan untuk mempercepat reaksi tersebut.

Katalis mempunyai beberapa sifat, yaitu :

1. Katalis tidak berubah selama reaksi. Ada kemungkinan katalis ikut dalam reaksi tetapi setelah reaksi berakhir katalis tersebut diperoleh kembali (kembali seperti semula).
2. Katalis tidak mempengaruhi kesetimbangan reaksi. Katalis hanya mempercepat reaksi dalam mencapai kesetimbangan sebab semua reaksi berakhir dengan kesetimbangan.
3. Katalis tidak mengawali suatu reaksi. Reaksi yang dikataliser harus sudah berjalan walaupun sangat lambat. (Subagjo, 1992)

2.6.1 Pengelompokkan Katalis

Berdasarkan fasa katalis, reaktan dan produk reaksinya, katalis dapat dikelompokkan dalam katalis homogen, yaitu katalis yang berfasa sama dengan fasa campuran reaksinya, dan katalis heterogen, yaitu katalis yang berbeda fasa

dengan reaktan dan produk reaksinya.

Katalis homogen pada umumnya memiliki aktifitas dan selektivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan katalis heterogen, karena setiap molekul katalis aktif sebagai katalis, katalis heterogen, yang biasanya berupa padatan, memiliki pusat aktif yang tidak seragam.

Tabel 8. Keunggulan masing – masing golongan katalis

Katalis Homogen	Katalis Heterogen
1. Aktivitas dan selektivitas tinggi.	Mudah dipisahkan dari campuran reaksi.
2. Tidak mudah teracuni oleh adanya sedikit kotoran.	Stabil pada temperatur tinggi.
3. Mudah dioperasikan.	
4. Mudah dimodifikasi.	
5. Mudah untuk dipelajari.	

Adapun sifat fisik dan kimia katalis yang biasa digunakan untuk menghasilkan biodiesel, yaitu :

1. Asam Klorida (HCl)
 - a. Cairan yang tidak berwarna
 - b. Berat molekul : 36,45 gr/mol
 - c. Titik didih : 108,58 °C
 - d. Mudah larut dalam air dingin, air panas,
 - e. Sangat reaktif dengan logam
 - f. Sangat korosif pada alumunium, tembaga.
 - g. Bereaksi dengan oksidasi melepaskan klorin
 - h. Eksoterm
2. Kalium Hidroksida (KOH)
 - a. Padatan berwarna putih
 - b. Berat molekul : 56,1 gr/mol
 - c. Titik didih : 1320 °C
 - d. Titik lebur : 360 °C
 - e. Bereaksi dengan asam membentuk garam
 - f. Bereaksi dengan trigliserida membentuk sabun dan gliserol

2.7 Alkohol

Alkohol adalah suatu senyawa organik yang tersusun dari unsur – unsur karbon, hidrogen dan oksigen. Terdapat di alam terutama dalam bentuk ester. Merupakan senyawa yang penggunaannya, terutama sebagai pelarut senyawa oraganik disamping untuk pembuat senyawa – senyawa organik yang lain.

Ditinjau dari rumus umumnya alkohol dapat dibedakan menjadi :

1. Monohidroksi alkohol, yaitu alkohol yang mengandung satu gugus hidroksida.
2. Polihidroksi alkohol, yaitu alkohol yang mengandung lebih dari satu gugus hidroksi.

Ditinjau dari tempat terikatnya gugus fungsi OH dapat dibedakan menjadi:

1. Alkohol Primer
2. Alkohol Sekunder
3. Alkohol Tersier (Riawan J, 1990) .

Sifat – sifat alkohol antara lain berbentuk cairan, tidak berwarna dan bersifat polar alkohol dapat bercampur dengan air secara sempurna dan memiliki titik didih lebih tinggi dari alkyl halida / eter. Semakin panjang rantai C-nya maka titik didihnya semakin tinggi, alkohol suku rendah berbentuk zat cair, suku sedang berbentuk zat cair kental dan suku tinggi berupa padatan. Sifat – sifat kimia alkohol antara lain alkohol bereaksi membentuk ester, dapat bereaksi dengan asam sulfat pekat, alkohol primer dioksidasi akan menghasilkan aldehid dan alkohol sekunder dioksidasi akan menghasilkan keton sedangkan alkohol tersier tidak dapat dioksidasi.

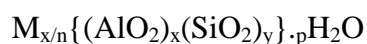
Metanol digunakan untuk pembuatan formaldehid sebagai pelarut dan vernis, dan juga sebagai zat anti pendingin pada mesin mobil. Namun metanol ini merupakan zat yang sangat beracun bila mengenai mata pada kadar yang sangat rendah dapat menyebabkan buta.

2.8 Zeolit

2.8.1 Pengertian Zeolit

Zeolit merupakan senyawa kristal aluminosilikat terhidrasi yang mempunyai struktur kerangka yang berpori. Zeolit umumnya mengandung silika, alumium dan oksigen dalam kerangka serta kation-kation, air dan molekul lainnya yang terdapat dalam pori zeolit (Bell 2001). Atom aluminium memiliki elektron yang lebih sedikit daripada silika yang menyebabkan ketidakseimbangan elektron dalam zeolit sehingga membutuhkan kation seperti ion alkali dan alkali tanah untuk menyeimbangkan muatan dalam zeolit (Kamarudin *et al.* 2003). Kation-kation tersebut seperti sodium, potassium, magnesium dan kalsium umumnya dapat dipertukarkan dengan kation lain tanpa merusak struktur zeolit dan dapat menyerap air secara *reversible* (Las 2010). Air yang terkandung dalam pori dapat dilepas dengan pemanasan pada temperatur 300°C sampai dengan 400°C. Dengan pemanasan pada temperatur tersebut air dapat keluar, sehingga zeolit dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan (Handoko 2002).

Untuk menggambarkan hubungan antara komposisi dan struktur zeolit, Hamdan (1992), diacu dalam Handoko (2002) menuliskan rumus umum zeolit sebagai berikut :



Dimana 'M' adalah kation bermuatan positif n yang dapat dipertukarkan, 'X' adalah jumlah Al, 'y' adalah jumlah Si, 'p' adalah jumlah air kristal, 'y/x' = 1– 6, 'p/x' = 1–4, '{ }' merupakan bentuk kerangka dasar struktur alumina-silika.

Zeolit dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok besar yaitu zeolit alam dan zeolit sintetik. Zeolit alam yaitu zeolit yang diperoleh dari endapan di alam, sedangkan zeolit sintetik adalah zeolit yang direkayasa dari bahan berkemurnian tinggi, mempunyai jenis kation tunggal, mempunyai ukuran pori, saluran dan rongga tertentu (Csicsery 1986). Peningkatan kualitas zeolit alam dapat dilakukan dengan mengaktivasi zeolit alam menjadi zeolit aktif.

Zeolit alam biasanya masih tercampur dengan mineral lainnya seperti kalsit, gipsum, feldspar dan kuarsa yang ditemukan di daerah sekitar gunung berapi atau mengendap pada daerah sumber air panas (*hot spring*). Komposisi

kimia zeolit alam tergantung pada kondisi hidrotermal lingkungan lokal, seperti suhu, tekanan uap air setempat dan komposisi air tanah lokasi kejadiannya. Hal itu menjadikan zeolit dengan warna dan tekstur yang sama mungkin berbeda komposisi kimianya bila diambil dari lokasi yang berbeda, disebabkan karena kombinasi mineral yang berupa partikel halus dengan kotoran lainnya. Zeolit alam di Indonesia ditemukan pada tahun 1985 oleh PPTM Bandung dalam jumlah besar tersebar di beberapa daerah pulau Sumatera dan Jawa antara lain di Bayah, Banten, Cikalong, Tasikmalaya, Cikembar, Sukabumi, Nanggung, Bogor dan Lampung (Las 2010).

Beberapa jenis zeolit berdasarkan rasio Si/Al antara lain, zeolit silika rendah dengan perbandingan Si/Al : 1–1.5 memiliki konsentrasi kation paling tinggi, dan mempunyai adsorpsi yang optimum, contoh silika rendah adalah zeolit A dan X; zeolit silika sedang yang mempunyai perbandingan Si/Al adalah 2–5, contoh jenis zeolit ini adalah modernit, erionit, klinoptilolit, zeolit Y, zeolit silik tinggi, dengan perbandingan kadar Si/Al antara 10 sampai 100 bahkan lebih, contohnya adalah ZSM-5 (Ulfah *et al.* 2006).

Tabel 9. Sifat fisik beberapa zeolit alam*

Zeolit	Kation Dominan	Stabilitas panas	Kapasitas tukar ion (meq/g)	Specific gravity (g/cm³)	Porositas (%)
Analsim	Na	Tinggi	4.54	2.24–2.29	18
Kabazit	Na,K,Ca	Tinggi	3.84	2.05–2.10	47
Klinoptilolit	K,Na,Ca	Tinggi	2.16	2.15–2.25	34
Erionit	Na,K,Ca	Tinggi	3.12	2.02–2.08	35
Heulandit	-	Rendah	2.91	2.18–2.20	39
Mordenit	Na,Ca	Tinggi	4.29	2.12–2.15	28

*Polat (2004)

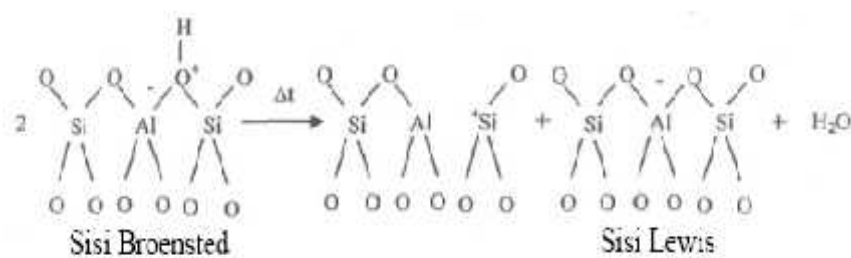
2.8.2 Zeolit sebagai Katalis

Pemanfaatan zeolit sangat luas seperti sebagai adsorben, penukar ion dan katalis. Sifat katalitik zeolit pertama kali ditemukan oleh Weisz dan Frilette pada tahun 1960 dan dua tahun kemudian mulai diperkenalkan penggunaan zeolit Y

sebagai katalis perengkah (Augustine 1996, diacu dalam Handoko 2002). Sifat sebagai katalis didasarkan pada adanya ruang kosong yang dapat digunakan sebagai katalis ataupun sebagai penyangga katalis untuk reaksi katalitik. Bila zeolit digunakan pada proses katalitik maka akan terjadi difusi molekul ke dalam ruang kosong antar kristal dan reaksi kimia juga terjadi di permukaan saluran tersebut (Handoko 2002).

Keberadaan zeolit dalam reaksi katalitik heterogen menjadi relatif penting karena struktur zeolit yang berpori dan sifat alami dari $Al(3+)$, $Si(4+)$, $O(2-)$ yang saling terikat dengan pola tertentu. Keasaman zeolit merupakan salah satu faktor yang penting dalam penggunaan zeolit sebagai pengemban dan sebagai katalis. Zeolit yang digunakan secara luas sebagai katalis didasarkan pada produksi situs asam Bronsted dan adanya situs asam Lewis yang terdapat dalam pori zeolit (Smith 1992, diacu dalam Handoko 2002).

Kemampuan zeolit untuk mengkatalisis suatu reaksi kimia terutama berhubungan dengan sifatnya sebagai padatan asam karena adanya sisi-sisi asam baik sisi asam Bronsted maupun Lewis. Sisi asam Bronsted dapat dihasilkan dengan beberapa cara diantaranya perlakuan pemanasan terhadap bentuk amonium zeolit untuk menghilangkan ammonia sehingga diperoleh bentuk H-zeolit, perlakuan dehidrasi terhadap kation multivalen pada zeolit yang diikuti terdisosiasinya air yang terkoordinasi dalam bentuk molekul sehingga membentuk ion H^+ pada permukaan zeolit dan perlakuan asam terhadap zeolit yang stabil terhadap asam akan dapat secara langsung menukar kation dengan proton. Sisi asam Lewis dapat diperoleh dari dehidroksilasi dua gugus hidroksil yang berdekatan dengan perlakuan panas ($T > 477^{\circ}C$) (Oudujans 1984, diacu dalam Handoko 2003).



Gambar 7. Sisi Asam Bronsted and Lewis

Sifat lain dari zeolit yang juga berpengaruh terhadap peranannya dalam katalisis adalah :

1. Komposisi kerangka dan struktur pori zeolit; Komposisi kerangka mengatur muatan kerangka dan mempengaruhi stabilitas termal dan asam dari zeolit.
2. Kenaikan rasio Si/Al akan berpengaruh pada stabilitas zeolit terhadap temperatur tinggi dan lingkungan yang reaktif seperti naiknya keasaman.
3. Medan elektrostatis zeolit; keadaan ini menyebabkan interaksi adsorbsinya dengan molekul lain berubah-ubah.
4. Kekuatan asam dari sisi Bronsted akan bertambah dengan naiknya rasio Si/Al, penurunan konsentrasi kation dalam zeolit.
5. Perubahan struktur bangun zeolit. Peran struktur pori zeolit sangat penting dalam proses katalisis karena pori inilah yang berperan sebagai mikroreaktor dan darinya dimungkinkan untuk mendapatkan reaksi katalitik yang diinginkan menurut aturan selektivitas (Handoko 2003).

Zeolit alam pada umumnya memiliki aktivitas katalitik yang rendah, kristalinitas rendah dan ukuran porinya tidak seragam. Oleh karena itu perlu diaktivasi terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai katalis (Handoko 2002). Aktivitasi merupakan proses untuk menaikkan kapasitas adsorpsi sehingga diperoleh sifat yang diinginkan sesuai dengan penggunaannya. Tujuan aktivasi zeolit adalah untuk menghasilkan luas permukaan yang lebih luas melalui pembentukan struktur berpori dan juga untuk menghilangkan senyawa-senyawa pengotor. Proses aktivasi dapat dilakukan dengan berbagai cara yaitu secara fisika atau cara kimia. Aktivasi cara fisika antara lain dengan cara pemanasan, sementara cara kimia dilakukan dengan cara asam ataupun basa. Umumnya asam yang digunakan adalah asam sulfat dan asam klorida, sedangkan basa yang digunakan adalah natrium hidroksida (Rosita *et al.* 2004).

2.9 Karakteristik Bahan Bakar Minyak Diesel

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.(Fasya. A, UNSRI 1998)

Secara umum karakteristik bahan minyak khususnya minyak solar yang perlu diketahui sebagai berikut :

1. Berat Jenis (*Density*)

Berat jenis adalah suatu angka yang menyatakan perbandingan berat dari bahan bakar minyak terhadap volume pada temperatur yang sama. 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. 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 akan makin kental dan lebih sulit mengalir begitu juga sebaliknya. Viskositas ini sangat penting artinya terutama bagi mesin – mesin diesel maupun ketel – ketel uap, karena viskositas minyak sangat berkaitan dengan suplai konsumsi bahan bakar kedalam ruang bakar dan juga sangat berpengaruh terhadap kesempurnaan proses pengkabutan bahan bakar melalui injektor.

3. Titik Nyala (*Flash Point*)

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

4. Kandungan Air (*Water Content*)

Kandungan air adalah jumlah air yang terkandung dalam minyak dimana

kandungan air ini berpengaruh terhadap nilai bakar.

5. pH

Adalah ukuran konsentrasi ion – ion hidrogen bebas. pH menunjukkan kadar asam atau basa dalam suatu larutan melalui konsentrasi ion hidrogen H^+ . Air murni dipakai sebagai standar bagi definisi nilai pH. Pengukuran yang teliti menunjukkan bahwa air murni berdisosiasi dalam jumlah yang amat kecil menjadi ion – ion hidrogen larutan dengan pH 7 disebut netral. Bila $pH < 7$ maka larutan bersifat asam dan $pH > 7$ maka larutan bersifat basa.

6. Angka Asam

Angka asam adalah jumlah mg KOH yang dibutuhkan untuk menetralkan asam – asam lemak bebas dari 1 gram minyak. Angka asam yang tinggi merupakan indikator biodiesel yang masih mengandung asam lemak bebas. Berarti, biodiesel bersifat korosif dan dapat menimbulkan kerak di injektor mesin diesel. Asam lemak bebas dinilai sebagai penyebab salah satu masalah pada biodiesel.

7. Nilai Kalori (*Calorific Value*)

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

8. Angka Setana (*Cetane Number*)

Cetane number adalah ukuran dari kinerja pembakaran *diesel fuel* dibandingkan dengan *reference fuel* yang telah diketahui *cetane number*-nya

dengan mesin standar. Pemeriksaan cetane number ini juga bertujuan untuk menentukan kualitas penyalaan atau untuk mengetahui mudah tidaknya mesin di start pada suhu rendah, tekanan mesin yang rendah dan operasi mesin yang halus. Metode ini digunakan untuk menentukan nilai atau skala *cetane number* dari *diesel fuel* dengan menggunakan diesel standar satu silinder empat langkah dengan perbandingan kompresi yang diubah – ubah. Skala *cetane number* ini dimulai dari 0 sampai 100 tetapi testnya dimulai dari range 30 sampai 65 *cetane number*.