**TINJAUAN PUSTAKA**

***Crude Palm Oil* (CPO)**

Minyak sawit merupakan salah satu sumber minyak yang penting dalam perdagangan dunia dan selama ini penggunaannya tumbuh dengan cepat (Lawson 1995). Secara garis besar, buah kelapa sawit menghasilkan dua jenis minyak yaitu minyak inti sawit atau *palm kernel oil* (PKO) yang diperoleh dari bagian inti (kernel) sawit dan minyak sawit atau *crude palm oil* (CPO) yang diperoleh dari bagian pulp yang mengandung 50 % minyak (Formo *et al*. 1979).

Produk-produk turunan minyak sawit yang dapat digunakan sebagai bahan baku biodiesel diantaranya adalah CPO, CPO *low grade* (kandungan FFA tinggi), *palm fatty acid distillate* (PFAD) dan *refined, bleached, and deodorized* (RBD) olein. Sebelum diolah menjadi biodiesel, CPO membutuhkan proses pemurnian (*degumming*). *Degumming* bertujuan untuk menghilangkan senyawa-senyawa pengotor yang terdapat dalam minyak seperti gum dan fosfatida (Hambali *et al.* 2008).

CPO merupakan hasil olahan daging buah kelapa sawit (bagian mesokarp) melalui proses sterilisasi tandan buah segar (TBS), perontokan, pengepresan dan penyaringan (Far & Farr 2000). Minyak ini merupakan produk tingkat pertama yang dapat memberikan nilai tambah sekitar 30 % dari nilai tandan buah segar. CPO berupa minyak yang agak kental berwarna kuning jingga kemerah-merahan. CPO mengandung asam lemak bebas (FFA) 5 % dan mengandung banyak karoten (500–700 ppm) (Weiss 1983).

Minyak CPO dan PKO memiliki perbedaan baik dalam komposisi asam lemak yang terkandung maupun sifat fisiko-kimianya. Komponen asam lemak terbesar penyusun CPO adalah asam palmitat sedangkan PKO mengandung paling banyak asam laurat (Formo *et al*. 1979). Komposisi asam lemak CPO dan PKO dapat dilihat pada Tabel 1 dan Karakteristik fisiko kimia CPO dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1 Komposisi asam lemak CPO (*crude palm oil*) dan PKO (*palm kernel oil*)\*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Asam lemak** | **Jumlah (%)** | |
| **CPO** | **PKO** |
| Asam Kaprilat | - | - |
| Asam Kaproat | - | - |
| Asam Laurat | 0.2 | 47–53 |
| Asam Miristat | 1.1 | 15–19 |
| Asam Palmitat | 44.0 | 8–11 |
| Asam Stearat | 4.5 | 1–3 |
| Asam Palmitoleat | - | - |
| Asam Oleat | 39.2 | 12–19 |
| Asam Linoleat | 10.1 | 2–4 |

\*Hui (1996)

Tabel 2 Karakteristik fisiko kimia CPO\*

|  |  |
| --- | --- |
| **Sifat Fisiko Kimia** | **Nilai** |
| Bilangan penyabunan (mg KOH/g minyak) | 190.1–201.7 |
| Bahan tak tersabunkan (%) | 0.15–0.99 |
| Bilangan iod (wijs) | 50.6–55.1 |
| Titik leleh (ºC) | 30.8–37.6 |
| Digliserida (%) | 2–4 |
| Indeks refraksi pada suhu 50ºC | 1.455–1.456 |
| Densitas pada suhu 50ºC | 0.888–0.889 |
| Kadar α dan β-carotene (ppm) | 500–700 |
| Kadar tokoferol dan tokotrienol (ppm) | 600–1000 |

\*Sahidi (2005)

Saat ini pasokan bahan baku sawit di Indonesia cukup melimpah, karena perkebunan kelapa sawit sudah lama diusahakan dalam skala besar dan berkembang dengan baik. Pengembangan tetap perlu dilakukan karena selama ini minyak sawit banyak digunakan sebagai bahan baku industri, baik industri pangan (minyak goreng) maupun non pangan (oleokimia) (Hambali *et al*. 2008). Produksi CPO di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 1.

Gambar 1 Produksi CPO di Indonesia Tahun 2004–2008 (Deptan 2010)

Produksi CPO di Indonesia Tahun 2004–2008 pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa perkembangan produksi CPO Indonesia mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Hal ini tentunya menjadi potensi lebih besar di dalam memproduksi biodiesel. Perkembangan perkebunan sawit masih terus berlanjut dan diperkirakan pada tahun 2012 Indonesia akan menjadi produsen CPO terbesar di dunia. Sampai saat ini minyak sawit sebagian besar masih diekspor dalam bentuk CPO, sedangkan didalam negeri sekitar 80 % minyak sawit diolah menjadi produk pangan terutama minyak goreng (Hambali *et al.* 2008).

**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 subtitusi 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 bis 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).

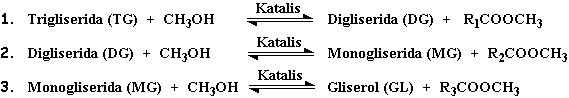
Proses pembuatan biodiesel membutuhkan adanya katalis untuk mempercepat reaksinya. Katalis adalah suatu bahan yang digunakan untuk memulai reaksi dengan bahan lain (Alam Syah 2006). Menurut Mittelbach dan Remschmidt (2006), bahwa jenis katalis yang dapat digunakan pada proses produksi biodiesel terdiri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

**Transesterifikasi**

Transesterifikasi merupakan perubahan bentuk dari satu jenis ester menjadi bentuk ester yang lain (Mittelbach & Remschmidt 2006). Transesterifikasi dengan alkohol juga dikenal dengan nama alkoholisis sehingga reaksi ini disebut juga metanolisis. Reaksi metanolisis mempunyai syarat yaitu minyak harus bersih, tanpa air dan netral. Persamaan stoikiometri reaksi transesterifikasi trigliserida dengan metanol dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2 Stoikiometri reaksi transesterifikasi trigliserida dengan metanol

Dalam suatu transesterifikasi atau reaksi alkoholisis satu mol trigliserida bereaksi dengan tiga mol alkohol untuk membentuk satu mol gliserol dan tiga mol alkil ester asam lemak. Alkohol akan menggantikan gugus alkohol pada struktur ester minyak dengan dibantu katalis. Proses tersebut merupakan suatu rangkaian dari reaksi *reversible* (dapat balik), yang didalamnya molekul trigliserida diubah satu tahap demi tahap menjadi digliserida, monogliserida dan gliserol. Dalam tiap tahap satu mol alkohol dikonsumsi dan satu mol ester dibebaskan (Mittelbach dan Remschmidt 2006). Tahapan reaksi transesterifikasi dapat dilihat Gambar 3.

****

Gambar 3 Tahapan reaksi transesterifikasi dari trigliserida dengan metanol

Beberapa parameter reaksi yang mempengaruhi proses transesterifikasi yaitu rasio molar minyak dan alkohol, suhu, lama reaksi, tingkat kemurnian minyak, adanya air dan asam lemak bebas (FFA). Untuk memperoleh hasil maksimum dalam proses transesterifikasi maka alkohol yang digunakan harus bebas dari air dan kandungan asam lemak bebas (FFA) dalam minyak < 0.5%. Adanya air dalam reaksi transestrifikasi akan menyebabkan terjadinya hidrolisis (Gerpen *et al*. 2004). Secara umumrasio molar metanol dengan trigliserida yang digunakan yaitu 5.25–6:1. Freedman *et al*. (1984), diacu dalam Clements dan Hanna (1998) menyarankan bahwa hasil maksimum FAME diperoleh pada rasio molar 6:1 karena rasio molar di atas 6:1 tidak akan meningkatkan hasil FAME tetapi akan menyulitkan pemisahan FAME dan gliserol serta meningkatkan biaya alkohol. Knothe *et al*. (2005) menyatakan bahwa pada suhu ≥ 60oC dengan perbandingan molar antara metanol dengan minyak minimal 6:1, reaksi akan berlangsung sempurna dalam kurun waktu 1 jam menghasilkan metil, etil atau butyl ester. Walaupun minyak kasar dapat ditransesterifikasi namun ester yang dihasilkan mengalami penurunan karena adanya gum dan kotoran yang ada dalam minyak kasar tersebut. Paramater–parameter seperti suhu reaksi 60oC dan perbandingan molar antara metanol dengan minyak 6:1 menjadi standar untuk transesterifikasi yang menggunakan metanol.

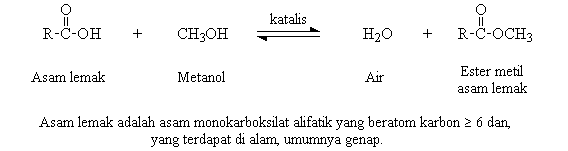
Reaksi transesterifikasi bertujuan untuk menurunkan viskositas (kekentalan) minyak, sehingga mendekati nilai viskositas solar. Nilai viskositas yang tinggi akan menyulitkan pemasukkan bahan bakar dari tangki ke ruang bahan bakar mesin dan menyebabkan atomisasi lebih sukar terjadi. Hal ini mengakibatkan pembakaran kurang sempurna dan menimbulkan endapan pada nozel (Hambali *et al*. 2008).

Transesterifikasi minyak menjadi metil ester dilakukan baik dengan satu atau dua tahap proses, tergantung pada mutu awal minyak. Minyak yang mengandung asam lemak bebas tinggi dapat dengan efisien dikonversi menjadi esternya melalui beberapa tahap reaksi yang melibatkan katalis asam untuk mengesterifikasi asam lemak bebas yang dilanjutkan dengan transesterifikasi berkatalis basa yang mengkonversi sisa trigliserida (Canaki & Gerpen 2001, diacu dalam Widyawati 2007). Jika minyak mengandung asam lemak bebas yang rendah, transesterifikasi dapat dilakukan dengan satu tahap.

**Esterifikasi**

Jika bahan baku yang digunakan adalah minyak mentah yang memiliki kadar FFA tinggi ( > 5%), seperti minyak jelantah, PFAD, CPO mutu rendah dan minyak jarak. Proses transesterifikasi yang dilakukan untuk mengonversi minyak menjadi biodiesel tidak akan berjalan efisien karena FFA akan tersaponifikasi membentuk sabun yang mempersulit pemisahan biodiesel dari gliserol sebagai produk sampingnya. Bahan-bahan diatas, perlu melalui proses pra esterifikasi untuk menurunkan kadar FFA hingga di bawah 5 %. (Hambali *et al.* 2008). *Pretreatment* menggunakan katalis asam diikuti dengan katalis alkali adalah metode yang efektif untuk mengkonversi asam lemak bebas menjadi biodiesel. *Pretreatment* ini bertujuan untuk menurunkan kandungan asam lemak bebas bahan baku. Teknik untuk menurunkan kadar asam lemak bebas bahan baku adalah reaksi yang menggunakan katalis asam untuk mengesterifikasi asam lemak bebas sebelum transesterifikasi trigliserida.

Berlawanan dengan reaksi transesterifikasi trigliserida, esterifikasi merupakan reaksi antara asam lemak dengan alkohol menghasilkan ester. Reaksi esterifikasi dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Reaksi esterifikasi asam lemak

Reaksi esterifikasi dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah asam lemak bebas dan jumlah pereaksi metanol, waktu reaksi, suhu, konsentrasi katalis dan kandungan air pada minyak (Ozgul & Turkey 2002, diacu dalam Widyawati 2007). Semakin tinggi jumlah metanol yang digunakan dan kandungan asam lemak bebas pada minyak, maka semakin tinggi rendemen metil ester serta semakin kecil kandungan asam lemak bebas di akhir reaksi. Ozgul dan Turkey (2002), diacu dalam Widyawati (2007) juga menyatakan bahwa semakin lama waktu reaksi maka rendemen metil ester yang didapat besar. Suhu 60oC sudah memberi rendemen metil ester yang memadai. Tetapi jumlah katalis berlebihan tidak meningkatkan dengan nyata rendemen metil ester.

Reaksi esterifikasi merupakan reaksi kesetimbangan yang lambat, sekalipun sudah dipercepat dengan kehadiran katalis yang baik dan berjumlah cukup. Katalis-katalis yang cocok adalah zat berkarakter asam kuat, seperti asam sulfat, asam sulfonat organik (dalam jumlah 1 sampai 3 % dari asam lemak yang diolah), atau resin penukar kation asam kuat merupakan katalis-katalis yang biasa terpilih dalam praktek industrial (Hambali *et al*. 2008).

Posisi kesetimbangan reaksi esterifikasi juga tidak sangat berpihak kepada pembentukan ester metil, sehingga untuk mendorong agar reaksi bisa berlangsung sampai ke konversi sempurna pada temperatur relatif rendah (misalnya paling tinggi 120oC), reaktan metanol harus ada/dipasok dalam jumlah sangat berlebih (biasanya lebih besar dari 10 x nisbah stoikiometrik) dan air produk ikutan reaksi harus disingkirkan dari fase reaksi, yaitu fase minyak (Hambali *et al.* 2008).

Penggunaan katalis homogen asam pada reaksi esterifikasi menyebabkan kontaminasi sulfur pada produk akhir dari biodiesel. Katalis ini juga membutuhkan netralisasi dengan alkali. Umumnya efisiensi proses berkurang dari 96 % dan tahap netralisasi menyebabkan permasalahan dalam penanganan limbah hasil pencucian dengan air (Lim *et al*. 2009). Katalis homogen asam ini bersifat korosif, sehingga memerlukan penanganan khusus. Dalam pembuatan ester dengan katalis asam tersebut diperlukan sistem pemisahan air untuk menggeser kesetimbangan reaksi ke arah pembentukan ester sehingga tahapan proses menjadi lebih panjang (Haerudin *et al.* 2007).

Katalis heterogen asam banyak dikembangkan untuk mengatasi permasalahan yang dihadapi dengan menggunakan katalis homogen. Katalis heterogen adalah katalis yang mempunyai fase yang berbeda dengan fase reaktannya (Jumari *et* *al*. 2009). Penggunaan katalis heterogen asam pada reaksi esterifikasi dapat menghilangkan kontaminasi pada produk ester, proses pembuatan ester menjadi lebih sederhana, pemisahan sisa asam karboksilat, sisa katalis dan produk sampingnya dapat menjadi lebih mudah dan sederhana (Haerudin *et al*. 2007; Lim *et al*. 2009). Beberapa katalis hetogen asam yang digunakan dalam esterifikasi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Jenis katalis heterogen yang digunakan pada reaksi esterifikasi

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tipe katalis** | **Kondisi reaksi esterifikasi** | **Konversi**  **FFA** |
| Zeolit sintetik  Contoh: Nay dan Vox\* | Etanol : asam oleat = 6.13:1; T : 55oC;  t : 150 menit; katalis : 2.6 % | < 30 % |
| Zeolit sintetik  Contoh: ZSM-5 (HMFI) dan modernit (HMOR)\*\* | Metanol : minyak kedelai dan oleat = 30:1; T : 60oC; t : 3 jam; katalis : 1 g | 60.6–80.9% |
| AL-MCM 41\*\*\* | Metanol : minyak sawit = 60 : 1;  T : 130oC; t : 2 jam; katalis : 0.6 % | 79 % |
| Resin penukar ion  Contoh:  Amberlyst15, Amberlyst-35, Amberlyst-16 dan dowex  HCR-W2\*\*\*\* | Metanol = 20 % (v/v); minyak jelantah;  T : 50–60oC; t : 150 menit;  katalis : 1-2 % (b/b) | ≤ 45.7 % |

\*Marchetti dan Errazu (2008a); \*\* Chung *et al*.(2008);\*\*\*Carmo *et al*. (2009); \*\*\*\*Ozbay *et al*. (2008)

**Struktur dan Karakteristik 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 300oC sampai dengan 400oC. 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 :

Mx/n{(AlO2)x(SiO2)y}.pH2O

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 dibeberapa 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 silika tinggi, dengan perbandingan kadar Si/Al antara 10 sampai 100 bahkan lebih, contohnya adalah ZSM-5 (Ulfah *et al*. 2006).

Tabel 4 Sifat fisik beberapa zeolit alam\*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Zeolit | Kation Dominan | Stabilitas panas | Kapasitas tukar ion (meq/g) | *Spesific gravity* (g/cm3) | Porositas (%) |
| Analsim | Na | Tinggi | 4.54 | 2.24–2.29 | 18 |
| Kabasit | 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)

**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 > 477oC) (Oudujans 1984, diacu dalam Handoko 2003).

Gambar 5 Sisi asam Broensted dan Lewis

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

1. Komposisi kerangka dan strukur 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 adsopsi 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).