

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

#### **A. TINJAUAN PUSTAKA**

Limbah pembakaran batu bara dapat berupa abu dasar dan abu layang. Baik abu dasar batu bara maupun abu layang batu bara dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan zeolit. Telah banyak dilakukan berbagai penelitian untuk mengubah abu dasar batu bara maupun abu layang batu bara menjadi zeolit. Berbagai jenis atau tipe zeolit yang berhasil disintesi antara lain zeolit faujasit (Mondargon dkk, 1990), zeolit hidroksil-sodalit (Berkhaut dan Singer, 1995), zeolit Na-A (Querol dkk, 1997), dan zeolit NaP1 (Hoffmann dkk, 1995).

Secara teoritis mengapa abu dasar batu bara maupun abu layang batu bara dapat disintesis menjadi zeolit adalah karena kandungan silikat dan aluminat yang tinggi. Kandungan silikat dan aluminat pada abu layang batu bara berkisar antara 50% sampai dengan 70%, sedangkan kandungan silikat dan aluminat pada abu dasar batu bara berkisar antara 30% sampai dengan 50%. Dua jenis mineral tersebut, yaitu silikat dan aluminat merupakan komponen dasar sebagai bahan pembuatan zeolit. Pemanfaatan abu layang batu bara sebagai bahan dasar pembuatan zeolit lebih banyak dilakukan jika dibandingkan pemanfaatan abu dasar batu

bara sebagai bahan dasar pembuatan zeolit. Hal ini dikarenakan kandungan silikat dan alumina pada abu layang batu bara relatif lebih besar jika dibandingkan dengan kandungan silikat dan alumina pada abu dasar batu bara. Di pihak lain kandungan karbon pada abu batu bara dasar relatif lebih tinggi jika dibandingkan dengan kandungan karbon pada abu layang batu bara. Kandungan karbon pada abu dasar batu bara dapat mengganggu proses sintesis zeolit di laboratorium (Rayalu dkk, 2001).

Beberapa bahan dapat dilakukan mobilisasi dengan bahan lain untuk meningkatkan kemampuan adsorbsinya. Berbagai bahan tersebut di antaranya adalah abu dasar dan silika gel. Silika gel dipilih sebagai padatan pendukung karena sifat silika gel yang relatif stabil. Sifat lain dari silika gel adalah padatan tersebut tidak termampatkan, dan terdapat dalam berbagai ukuran porositas. Pada silika gel terdapat gugus siloksan yang memungkinkan silika gel untuk dimodifikasi (Mahan dan Helcombe, 1992).

Penggunaan abu dasar sebagai sumber silika pada sintesis zeolit telah banyak dilakukan. Antara lain oleh Widiastuti (2011) yang telah melakukan sintesis zeolit A dari bahan pokok abu dasar menggunakan metode peleburan diikuti kristalisasi secara hidrotermal. Pertama dilakukan proses peleburan abu dasar dalam larutan natrium hidroksida

dengan perbandingan massa abu dasar dan natrium hidroksida 1:1,2 yang dipanaskan pada suhu 750 °C. Pemanasan dilakukan dalam waktu satu jam dalam muffle furnace. Setelah itu dibuat suspensi dengan penambahan air deionisasi, dan diikuti pengadukan dan pemeraman. Campuran yang telah diperam tersebut kemudian disaring dan diambil supernatannya. Larutan hasil ini digunakan sebagai sumber silikon dan alumina. Selanjutnya diproses hidrotermal dengan membuat slurry dari supernatan abu dan penambahan natrium alumina oksida dan natrium hidroksida. Campuran kemudian dimasukkan dalam autoklaf stainless steel yang tertutup rapat, dan dipanaskan pada suhu 105 °C selama 12 jam.

Penggunaan hidrotermal

## **B. ABU DASAR**

Abu dasar dan abu layang merupakan residu yang dihasilkan dari pembakaran batu bara. Abu dasar mempunyai kapasitas adsorpsi yang mirip dengan abu layang. Abu dasar dapat digunakan untuk mengadsorb logam-logam dari pencemaran perairan lingkungan. Karena tersedia cukup melimpah dan kemudahan penggunaannya maka abu dasar banyak diteliti penggunaannya sebagai pengadsorb bahan pencemar.

Abu dasar dan abu layang sangat berbeda secara fisik maupun secara bentuk kristalnya. Abu dasar berbentuk butiran kasar. Abu layang berbentuk lebih halus.

Tabel 1 Sifat–sifat abu dasar.

Sifat	Abu dasar
Maximum Dry Density kg/m <sup>3</sup> (lb/ft <sup>3</sup> ) <sup>(7)</sup>	1210 - 1620 (75 - 100)
Optimum Moisture Content, % <sup>(7)</sup>	Usually <20 12 - 24 range
Los Angeles Abrasion Loss % <sup>(4)</sup>	30 - 50
Sodium Sulfate Soundness Loss % <sup>(4)</sup>	1.5 - 10
Shear Strength (Friction Angle) <sup>(6)</sup>	38 - 42° 32 - 45° (<9.5 mm size)
California Bearing Ratio (CBR) % <sup>(6)</sup>	40 - 70
Permeability Coefficient cm/sec <sup>(6)</sup>	10 <sup>-2</sup> - 10 <sup>-3</sup>

Batubara adalah mineral organik yang dapat terbakar. Batubara terbentuk dari sisa tumbuhan purba yang mengendap yang selanjutnya berubah bentuk akibat proses fisika dan kimia yang berlangsung selama jutaan tahun. Oleh karena itu batubara termasuk dalam kategori bahan bakar fosil. Adapun proses yang mengubah tumbuhan menjadi batubara disebut dengan pembatubaraan (*coalification*).

Reaksi pembentukan batubara adalah sebagai berikut:



Abu dasar sebagai akibat dari pembakaran batubara, berbentuk granular, kasar, yang terdapat di dasar tempat pembakaran (*furnace*) batubara yang menghasilkan uap (*steam*) yang berguna bagi PLTU. Abu dasar memiliki permukaan yang lebih kasar dibandingkan dengan abu layang. Tipe abu dasar yang dihasilkan dari pembakaran batubara tergantung dari tempat pembakaran (*furnace*) yang digunakan. Menurut hasil penelitian Adhita (2008) menyatakan bahwa komposisi mayor abu dasar batu bara adalah  $\text{SiO}_2$  (kuarsa),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (mullit),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (hematit), dan beberapa oksida lai seperti  $\text{MgO}$  dan  $\text{Na}_2\text{O}$ .

Tabel : Komposisi kimia abu dasar ( Adhita, 2008).

Senyawa	Komposisi (% berat/berat)
$\text{SiO}_2$	49,73
$\text{Al}_2\text{O}_3$	19,51
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	16,18
$\text{CaO}$	5,40
$\text{MgO}$	2,96
$\text{Na}_2\text{O}$	1,23
$\text{K}_2\text{O}$	0,84

Dari sekian penelitian yang ada, abu dasar lebih sedikit pemanfaatannya dibandingkan dengan penelitian pada abu layang. Untuk mengoptimalkan pemanfaatan kedua jenis abu ini maka akan terlebih dahulu perlu diketahui karakteristik dari masing-masing abu, baik dari abu layang maupun abu dasar. Kandungan terbesar dalam abu layang maupun abu dasar adalah mineral-mineral aluminat dan silikat. Sehingga untuk lebih mengoptialkan dari pemanfaatan pembakaran batu bara ini alangkah baiknya jika diarahkan pada sintesis zeolit. Hal ini karena zeolit sintetis dapat dibuat dari

material yang kaya akan aluminat dan silikat. Sehingga abu dasar sebagai hasil samping dari pembakaran batu bara dapat dimanfaatkan untuk hal lain yang lebih bermanfaat.

### C. SINTESIS ZEOLIT DARI ABU DASAR

Proses terbentuknya kristal zeolit diawali dengan melarutnya Si dan Al yang terdapat dalam abu layang, pembentukan gel aluminosilikat dan selanjutnya tahap pembentukan Kristal (Murayama dkk., 2002 dan Ojha dkk., 2004).

Menurut Yanti (2009) Ekstraksi Silika dapat dilakukan dengan dua cara yaitu Ekstraksi Basa dan Ekstraksi Kering, Ekstraksi Basa dengan mereaksikan NaOH dalam bentuk larutan dengan abu dasar batubara sedangkan Ekstraksi Kering dengan cara mereaksikan antara sumber Silika dengan NaOH menggunakan prinsip reaksi fasa padat-padat, kemudian dipanaskan pada suhu  $\pm 500$  °C.

Pada penelitian ini dilakukan sintesis zeolit dengan menggunakan metode peleburan hidrotermal dan menggunakan air laut. Belviso dkk (2009) menyebutkan bahwa zeolit hasil sintesis dari abu dasar batubara menggunakan air laut pada suhu 35 °C – 60 °C selama 96 Jam menghasilkan zeolit yang lebih banyak hal ini dikarenakan jumlah  $\text{Na}^+$  pada air laut membantu pelarutan Si dan Al pada abu dasar batubara. Semakin tinggi konsentrasi  $\text{Na}^+$  maka akan semakin banyak Si dan Al yang terlarut.

Air Laut memiliki berbagai jenis garam dan mineral seperti NaCl. Adanya berbagai jenis senyawa yang terkandung didalamnya memungkinkan air laut akan berinteraksi dengan beberapa oksida yang terkandung dalam abu dasar termasuk karbon yang tak terbakar, sifat karbon yang memiliki luas permukaan besar dan daya serap yang tinggi menjadikannya bermanfaat untuk dijadikan adsorben. Dari hal tersebut, maka jika karbon dilarutkan dalam larutan Basa (NaOH saat peleburan) akan menyerap larutan basa sehingga akan mengurangi konsentrasinya, pengurangan konsentrasi Basa akan mengurangi pelarutan Si dan Al sehingga akan berpengaruh pula pada pembentukan zeolit. Penggunaan air laut akan mampu membantu dalam pembentukan kristal zeolit sintesis dari abu dasar batubara karena karbon yang merupakan salah satu faktor pembentukan kristal telah berkurang jumlahnya dengan adanya reaksi menggunakan pelarut air laut tersebut. Pelarutan merupakan tahap untuk melarutkan fasa amorf yang terdapat pada abu dasar batubara (Querol dkk, 1997).

Banyak faktor yang mempengaruhi dalam pembentukan Kristal zeolit dengan memperhatikan beberapa parameter antara lain (Murayama dkk, 2002 dan Ojha dkk, 2004) :

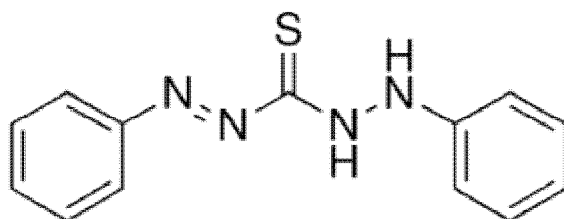
- a. Perbandingan molar Si/Al
- b. Tinggi rendahnya konsentrasi Basa
- c. Tinggi rendahnya suhu hidrotermal
- d. Lamanya waktu hidrotermal

e. Perbandingan masa abu/ basa

Terdapat tiga tahapan dalam proses sintesis zeolit ini, meliputi : preparasi awal abu dasar yang mencakup penggerusan, pengayakan dan pemanasan abu, sintesis zeolit dari abu dasar batu bara, meliputi reaksi peleburan dengan NaOH untuk mengekstrak Si dan Al dalam abu dasar batubara yang dilanjutkan dengan pelarutan menggunakan air laut dan air suling, pelarutan menggunakan air laut difungsikan untuk memaksimalkan dari peleburan yang belum maksimal, sehingga diharapkan zeolit sintesis pada penelitian ini akan memiliki hasil yang maksimal jika dibandingkan tanpa menggunakan air laut seperti yang telah dilakukan oleh Belviso dkk (2009) dan Lee dkk (2001).

#### D. DITIZONE

Dithizone merupakan senyawa kristalin yang berwarna hitam keunguan, mempunyai dua buah tautomer (Prodinger, 1946). Dithizone merupakan asam monoprotik dengan harga  $pK_a = 4,5$ . Dithizone mempunyai rumus struktur sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Bentuk tautomerisasi dithizone.



Jika dithizone berada dalam bentuk keto bereaksi dengan ion logam maka atom hidrogen pada gugus amida akan digantikan oleh logam. Sedangkan jika dithizone berada dalam bentuk enol maka logam akan menggantikan atom hidrogen pada gugus sulpidril. Sebagai konsekuensinya dalam bentuk enol dapat terisi dua atom logam.

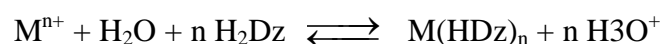
Bentuk keto untuk logam dithizonat banyak diketahui, tetapi beberapa bentuk enolnya belum banyak diketahui. Struktur keto terbentuk dalam larutan yang bersifat asam atau netral. Sebaliknya modifikasi enol akan terbentuk dalam keadaan larutan bersifat basa atau dalam keadaan kekurangan dithizone. Fischer dan Leopoldi (Welcher, 1946) menyebutkan bahwa ion logam yang dapat bereaksi dengan dithizone bergantung pada konsisi larutan. Tabel 1 berikut menjelaskan jenis-jenis ion logam yang dapat bereaksi dengan dithizone pada kondisi larutan tertentu.

Tabel 2 Kondisi dan jenis ion logam yang dapat bereaksi dengan dithizone.

No	Kondisi Larutan	Jenis ion logam
1	Asam	Cu, Ag, Hg, Au, dan Pd.
2	Sedikit basa yang berisi sianida	Sn, Pb, Bi, dan Ti.
3	Basa kuat yang berisi tartrat	Co, Ni, dan Cd.
4	Larutan NaOH	Ag, Hg, Cu, Au, Pd, Co, Ni, Cd, dan Zn.

Dithizone yang mempunyai rumus molekul  $C_{13}H_{12}SN_4$  dan massa molekul relatif 256,32 g/mol dapat bereaksi dengan berbagai ion logam membentuk garam dithizonat. Dithizone bersifat tidak larut dalam air dan larutan asam, tetapi mudah larut dalam kloroform dan karbon tetraklorida. Bila ada zat pengoksidasi dalam larutan, dithizone akan membentuk difenitiokarbadiazon.

Dithizone dapat bereaksi dengan beberapa logam membentuk kompleks dithizonat primer  $M(HDz)_n$ , dimana M adalah kation logam bermuatan  $n+$ , serta memberikan warna yang intensif dan karakteristik. Pembentukan kompleks logam dithizonat terjadi menurut reaksi:



Penentuan secara strukturan dengan sinar-X menjelaskan bahwa sebuah proton dilepaskan dari ikatannya dalam bentuk tiol oleh masing-masing ion logam dithizone dan ikatan koordinasi terjadi melalui atom nitrogen.

Beberapa logam dithizonat yang dapat membentuk kompleks logam dithizonat antara lain Ag, Au, Bi, Cd, Cu, Co, Fe, Hg, Ni, Pb, Pd, Te, dan Zn (Christian dan Reily, 1986). Kompleks logam dithizonat yang terbentuk adalah tak bermuatan sehingga memungkinkan untuk terekstrak ke fasa organik pada proses ekstraksi pelarut. Untuk memperbaiki selektivitas reaksi dithizone dilakukan dengan jalan mengatur pH larutan yang akan diekstraksi, menambahkan zat penopang untuk mengurangi gangguan serta mengoksidasi atau mereduksi logam-logam pengganggu.

Beberapa logam bereaksi dengan dithizone pada harga pH optimum yang berbeda-beda. Kondisi tersebut memungkinkan ekstraksi logam tertentu dengan

mengatur pH pada saat ekstraksi. Kemampuan logam-logam dithizonat yang dapat terekstrak adalah sebagai berikut:  $\text{Hg(II)} > \text{Ag} > \text{Cu} > \text{Bi} > \text{Sn(II)} > \text{Pb(II)} > \text{Zn} > \text{Ti(I)} > \text{Cd}$  (Christian dan Reily, 1986). Dengan demikian Cd dan Pb dapat terekstrak oleh dithizone dalam kloroform pada kondisi alkalis.

## E. KARAKTERISASI ZEOLIT

### a. Spektroskopi FTIR

Analisis dengan alat spektroskopi FTIR bertujuan untuk mengetahui susunan gugus-gugus fungsional yang terdapat dalam zeolit. Spektroskopi ini merupakan alat untuk mendeteksi gugus fungsional, mengidentifikasi senyawa dan menganalisis campuran.

Prinsip dasar dari inframerah adalah gugus fungsi molekul yang mengalami vibrasi tereksitasi. Berdasarkan penelitian terdahulu yang telah dilakukan oleh Ojha dkk (2004). Ciri khas data hasil analisis inframerah untuk Zeolit-X seperti yang tercantum pada tabel berikut :

Tabel : Zeolite IR Assignments (common for all zeolites)

Internal tetrahedral :	
Asymmetric stretch	1250 - 950
Symmetric stretch	720 – 650
T-O bend	420 – 500
Eksternal linkage :	
Double ring	650 – 500

Pore opening	300 – 420
Symmetric stretch	750 – 820
Asymmetric stretch	1050 – 1150

Tabel : Infrared data of X type Zeolite

Parameter	Wavenumber (cm )
Double Ring	560 m
Asymmetric stretching	1060 msh 971 s 746 m
Symmetric stretching	668 m 690 wsh
T-O bending	458 ms
Pore Opening	406 365 m

#### b. Difraktometer Sinar X

Difraksi Sinar X merupakan teknik yang ideal untuk menentukan struktur. Kegunaan metode ini antara lain untuk penentuan bentuk dan ukuran sel suatu kristal, identifikasi kristal, penentuan kemurnian hasil analisis dan deteksi senyawa baru.

Analisis metode difraksi Sinar X biasanya dimaksudkan untuk mengidentifikasi jarak antar lapis (basal spacing). Hasil analisis biasanya dalam bentuk nilai  $2\theta$  yang dapat dikonversikan ke satuan d. Apabila berkas sinar mencapai sudut paralel yang sesuai maka bidang kristal akan mendifraksi Sinar X sesuai dengan hukum Bragg ( $n\lambda = 2d \sin\theta$ ) dengan sudut  $\lambda$  adalah panjang gelombang radiasi (Á), d adalah jarak antara

bidang ( $\text{Å}$ ),  $\theta$  adalah sudut difraksi ( $^\circ$ ) dan  $n$  adalah tingkat difraksi (bilangan bulat) (Atkins, 1999).

Prinsip dasar penggunaan Sinar X pada analisis zeolit adalah susunan sistemik atom-atom atau ion-ion dalam bidang kristal. Setiap spesies mineral memiliki susunan atom yang spesifik berupa atom penciri yang dapat mendifraksi Sinar X dan menghasilkan pola-pola yang khas (Kim, 2004). Pola difraksi ini digunakan sebagai sidik jari dalam identifikasi spesies mineral.

Secara umum prinsip dasar penggunaan difraksi Sinar X dapat diamati. Sinar X dihasilkan dalam suatu tabung Sinar X oleh elektron-elektron yang bergerak cepat ke suatu target logam. Atom-atom yang mengalami eksitasi dalam target dan memancarkan radiasi dengan panjang gelombang antara 0,01 dan 100 $\text{Å}$ . Untuk memperoleh suatu difraksi, harus terjadi penguatan pada Sinar X yang terpencarkan pada suatu arah tertentu. Penguatan Sinar X yang terpencarkan menjadi kuantitatif jika hukum Bragg dipatuhi.

Aplikasi Sinar X pada zeolit dapat ditentukan dengan membandingkan pada pola difraksi standar. Pola difraksi standar umumnya dikenal dengan File Joint Committee On Powder Diffraction

Standart (JCPDS). Pola difraksi standar JCPDS No. 39-0218 untuk Zeolit-X dapat dilihat pada Tabel berikut :

Tabel : JCPDS untuk Zeolit-X

Jenis Zeolit	d(Å) = degree	Intensitas	h	k	l
Zeolit-X	14.450	999*	1	1	1
	8.8490	104	2	2	0
	7.5460	32	3	2	1
	5.7420	61	3	3	1
	4.8170	15	5	1	1
	4.4240	21	4	4	0
	3.9570	14	6	2	0
	3.8170	63	5	3	3
	3.3450	58	6	4	2
	3.0580	13	7	3	3
	2.9500	29	8	2	2
	2.8900	70	1	5	7
	2.7980	38	8	4	0
	2.6680	36	6	6	4
	2.6240	12	9	3	1
	2.4080	14	10	2	2
	2.2120	12	8	8	0
	2.1870	11	11	3	1
	1.7700	12	14	2	0

Dapat juga dilakukan dengan “Search and Match”

dari Difraktogram hasil JCPDS Standar.

## F. LANDASAN TEORI

Zeolit pada dasarnya merupakan padatan aluminium silikat yang memiliki struktur yang berpori. Zeolit alam biasanya terbentuk dari batu dan abu gunung yang bereaksi dengan logam alkali pada air tanah. Zeolit murni hampir tidak dapat ditemukan di alam. Biasanya terdapat pengotor seperti logam natrium dan kalsium. Abu dasar batu bara memiliki potensi dikonversi menjadi zeolit jika memiliki kandungan aluminium silika yang cukup tinggi dan kandungan karbon rendah.

Zeolit berasal dari bahasa Yunani yaitu “*zein*” yang berarti membuih dan “*Lithos*” yang berarti batu. Nama ini menggambarkan perilaku mineral ini yang dengan cepat melepaskan air bila dipanaskan sehingga kelihatan seolah-olah mendidih. Zeolit merupakan mineral hasil tambang yang bersifat lunak dan bersifat kering. Warna dari zeolit adalah putih keabu-abuan, putih kehijau-hijauan, atau putih kekuning-kuningan. Ukuran kristal zeolit kebanyakan tidak lebih dari 10-15 mikron. Zeolit didefinisikan sebagai material kristal silika alumina yang memiliki struktur penataan polimer tiga dimensi yang terdiri atas unit-unit tetrahedral  $[\text{SiO}_4]^{4-}$  dan  $[\text{AlO}_4]^{5-}$  yang bergabung dengan pemakaian bersama atom oksigen.

Zeolit memiliki muatan parsial negatif sehingga memerlukan kation-kation untuk menetralkan muatan tersebut. Kation-kation yang dapat menetralkan muatan tersebut misalnya ion natrium ( $\text{Na}^+$ ), ion kalium ( $\text{K}^+$ ), ion amonium ( $\text{NH}_4^+$ ), ion kalsium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), dan lain-lainnya. Dengan sifat seperti ini maka zeolit memiliki beberapa potensi untuk dimanfaatkan dalam mengolah air

limbah yang tercemar kation-kation logam. Hal ini karena zeolit mampu berfungsi sebagai penukar ion, adsorben, penyaring molekul, katalis, dan lain-lain. Mineral zeolit adalah kelompok mineral aluminosilikat terhidrasi  $L_mAl_xSi_yO_z \cdot nH_2O$  dari logam alkali dan alkali tanah (terutama logam kalsium dan natrium). Pada rumus molekul tersebut L adalah logam, nilai variabel m, x, y, dan z merupakan bilangan 2 hingga 10, sedangkan n adalah koefisien dari melekul air.

Berdasarkan proses pembentukannya zeolit dapat digolongkan menjadi dua kelompok yaitu :

1. Zeolit alam.

Zeolit alam merupakan bahan mineral yang berwarna hijau keputihan dan banyak ditemukan di alam dalam bentuk sedimentasi. Terbentuk oleh alteri dari debu vulkanis oleh air. Pada proses pembentukan mineral galian zeolit, maka jenis mineral klinoptilonit dan filipsit akan terbentuk lebih dahulu karena kedua mineral ini merupakan mineral pendahulu bagi mineral-mineral jenis zeolit yang lain. Misalnya mineral analism, laumondit, dan modernit.

2. Zeolit sintetis.

Selain zeolit alam terdapat pula jenis zeolit lain yaitu zeolit sintesis. Jenis zeolit ini merupakan zeolit yang sengaja dibuat dengan rekayasa sedemikian rupa sehingga mendapatkan karakter yang sama dengan zeolit alam. Zeolit sintesis sangat bergantung pada jumlah Al dan Si dari bahan penyusunnya.



Menurut jumlah komponen Si dan Al sebagai penyusun zeolit, maka zeolit dapat dikelompokkan menjadi 3 yaitu:

1. Zeolit sintesis dengan kadar Si rendah.

Zeolit sintesis jenis ini banyak mengandung Al, berpori, mempunyai nilai ekonomi yang tinggi karena efektif untuk pemisahan dengan kapasitas besar. Volume pori-porinya dapat mencapai  $0,5 \text{ cm}^3$  setiap  $1 \text{ cm}^3$  volume zeolit.

2. Zeolit sintesis dengan kadar Si sedang.

Jenis zeolit modernit mempunyai perbandingan Si/Al = 5, sangat stabil, maka diusahakan membuat zeolit Y dengan perbandingan Si/Al 1-3. Contoh zeolit sintesis jenis ini adalah zeolit omega.

3. Zeolit sintesis dengan kadar Si tinggi.

Zeolit jenis ini sangat higroskopis dan menyerap molekul non polar sehingga baik untuk digunakan sebagai katalisator asam untuk hidrokarbon. Zeolit sintesis jenis ini misalnya ZSM-5, ZSM-11, ZSM-21, dan ZSM-24.

Selain dari asal pembentukannya, secara umum zeoliti dapat dibedakan dalam tipe kalsik dan alkali dengan komposisi yang berbeda. Faujasit adalah salah satu dari beberapa zeolit yang disintesis dari bahan alam. Rumus umum zeolit faujasit adalah  $\text{Na}_j[(\text{Al}_2\text{O})_j(\text{SiO}_2)_{192-j}]\cdot z\text{H}_2\text{O}$ . Terdapat dua jenis faujasit yaitu zeolit faujasit kaya silikon (Zeolit-Y) yang mempunyai rasio Si/Al 1,5-3 dan zeolit faujasit yang tidak kaya silikon (Zeolit-X) yang mempunyai rasio Si/Al antara 1-1,5. Zeolit-X merupakan kristal aluminosilikat sintesis yang

terdiri dari kesatuan mata rantai sangkar sodalit yang berikatan membentuk cincin ganda beranggota enam yang dihubungkan dengan atom oksigen. Ketika dilakukan penyusunan sangkar-sangkar sodalit tersebut, masing-masing sangkar dihubungkan dengan cincin beranggota duabelas yang disebut jendela (*window*) dan membentuk pori besar (*cavity/supercage*) yang merupakan sangkar  $\alpha$  (*alpha*).

Zeolit-X biasanya membentuk Na-X zeolit dengan rumus kimia  $[\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2,5\text{SiO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ . Zeolit-X merupakan zeolit yang memiliki luas pori yang cukup besar dibandingkan zeolit lainnya sehingga banyak terobosan baru untuk membuat zeolit-X. Zeolit-X banyak dibuat karena dapat digunakan untuk berbagai macam manfaat seperti adsorben, katalis, atau bahkan *molecular sieve*.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, terdapat berbagai cara yang dapat dilakukan untuk melakukan sintesis zeolit (Fansuri dkk, 2010). Ada tiga cara yang dapat dilakukan untuk melakukan sintesis zeolit, yaitu:

1. Metode hidrotermal langsung, yaitu dengan cara mencampur abu dasar dengan larutan alkali. Kelemahan metode ini adalah hanya sebagian atau 50% dari abu dasar yang berubah menjadi zeolit.
2. Metode peleburan hidrotemal. Pada metode reaksi peleburan, abu dasar dicampurkan dengan NaOH dan dilebur pada temperatur 550 °C untuk mengubah abu dasar menjadi natrium silikat dan natrium aluminat. Kemudian setelah itu baru dilakukan proses hidrotermal.

3. Ekstraksi peleburan hidrotermal. Pada metode ini dilakukan ekstraksi terhadap kandungan Si yang ada pada abu dasar dan diikuti dengan metode hidrotermal dengan menambahkan kandungan aluminat untuk membentuk kerangka zeolit.

Abu dasar pertama kali harus dilakukan dekomposisi dengan natrium hidroksida. Kristalisasi material zeolit dari abu dasar batu bara agak berbeda dari sintesis normal karena sumber Si dan Al relatif kurang aktif.