

# SINTESIS ZEOLIT DARI FLY ASH BATUBARA OMBILIN DENGAN AIR LAUT PADA TEMPERATUR RENDAH

Widya Yuliani Fatiha, Upita Septiani, SyukriArief

Laboratorium Kimia Material Jurusan Kimia FMIPA, Universitas Andalas.

e-mail: [widyayufi@gmail.com](mailto:widyayufi@gmail.com)  
Jurusan Kimia FMIPA Unand, Kampus Limau Manis, 25163

## Abstract

Zeolite synthesis using Ombilin coal fly ash at low temperature with alkaline hydrothermal process has been carried out. The used Fly ash was melted by NaOH at a temperature of 550°C. Alkaline hydrothermal processes in zeolite synthesis performed with variations of temperature at 35 °C, 45 °C and 60 °C. The zeolite that obtained was characterized by using *Fourier Transform Infra Red* (FT - IR), *X - Ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscopy* (SEM) in combination with EDX. The characterization results showed the formation of zeolite were better when an increasing in temperature processes and the use of sea water as a solvent. On the use of seawater, were obtained sodalite zeolite with the chemical formula  $\text{Na}_8 (\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}) \text{Cl}_2$ .

Keywords : *zeolite, fly ash, alkali hydrothermal, crystallization*

## 1. Pendahuluan

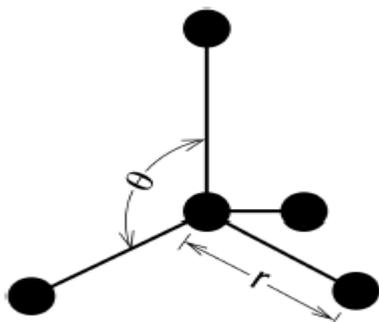
Di Sumatra Barat terdapat pertambangan batubara yaitu tepatnya di Ombilin yang digunakan juga sebagai pembangkit listrik. Hasil pembakaran batubara pada pembangkit listrik di Ombilin ini berupa limbah padat yang berbentuk abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*) serta bahan-bahan volatile seperti  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ , dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Jumlah *fly ash* yang cukup besar yaitu sekitar 4000 ton/hari, sehingga perlu penanganan atau pengolahan agar tidak menimbulkan masalah lingkungan, seperti pencemaran udara, perairan dan penurunan kualitas ekosistem.<sup>1</sup>

*Fly ash* merupakan bagian terbesar dari sisa pembakaran batubara, kira-kira 80% atau lebih. Ukuran butirnya sangat halus lebih kecil dari 200µm. Abu terbang ini mengandung sekitar 80% alumina dan silika yang berbentuk amorf. Kandungan alumina dan silika yang banyak inilah yang menjadi dasar untuk memanfaatkan limbah batubara yang berupa abu terbang sebagai bahan dasar sintesis zeolit.<sup>2</sup>

Zeolit merupakan material kristalin berbasis aluminosilikat yang mempunyai pori dan rangka dalam dimensi molekuler. Zeolit ini ada yang berupa zeolit alam dan zeolit yang disintesis di laboratorium maupun industri. Kemurnian zeolit alam biasanya lebih rendah jika

dibandingkan dengan zeolit sintesis sehingga pemanfaatannya tidak optimal.<sup>3</sup>

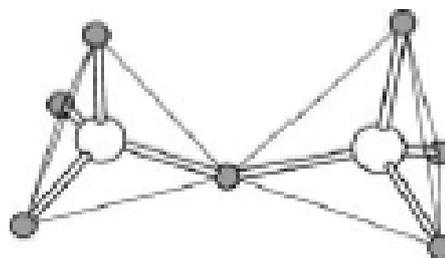
Zeolit memiliki struktur terbuka yang dapat berikatan dengan kation-kation seperti  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , dan yang lainnya. Ion yang berikatan kurang kuat akan dapat dengan mudah digantikan oleh ion lain saat adanya interaksi di dalam larutan. Rumus kimia dari zeolit adalah  $\text{M}_{x/n}[\text{Si}_{1-x}\text{Al}_x\text{O}_2]m\text{H}_2\text{O}$ , dimana M merupakan kation logam dengan valensi  $n$ . Kation dan molekul air yang terserap berada di dalam rongga. Kristal zeolit yang terdiri dari  $\text{SiO}_4$  dan  $[\text{AlO}_4]^-$  membentuk struktur tetrahedral dimana  $[\text{AlO}_4]^-$  yang bermuatan negatif dikompensasi oleh kation untuk menjaga elctroneutrality zeolit. Jika muatan negatif tersebut ditambahkan dengan  $\text{H}^+$  maka akan membuat zeolit menjadi sangat asam yang berguna untuk banyak aplikasi katalitik.<sup>4,5,6</sup>



**Gambar 1** . struktur tetrahedron zeolit,  $\theta$  sudut T-T-T ;  $r$  jarak antara T-T

Tetrahedral dapat diatur untuk membentuk struktur kristal berpori yang berbeda. Setiap oksigen dibagi antara dua tetangga tetrahedral atau unit bangunan utama yang berupa cincin dengan berbagai ukuran, yang saling berikatan membentuk suatu

unit yang kompleks dapat dilihat pada gambar 2.



**Gambar 2**. Oksigen yang berada diantara dua tetangga tetrahedral

Suatu senyawa kimia yang mempunyai sifat fisik dan kimia yang sama dengan zeolit alam disebut dengan zeolit sintesis. Pada dasarnya zeolit merupakan material yang memiliki banyak kegunaan, biasanya zeolit ini dimanfaatkan sebagai adsorben, penukar ion, dan sebagai katalis, karena adanya kandungan alumina dan silika yang berbentuk kristal berpori dengan struktur kerangka tiga dimensi pada zeolit.<sup>7</sup>

Lebih dari beberapa dekade terakhir sintesis zeolit dari *fly ash* ini telah meningkat dan beberapa metode sintesis telah dilakukan, sehingga menghasilkan tipe zolit yang berbeda-beda. Misalnya sintesis zeolit faujasit dari *fly ash* yang dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu, pertama *fly ash* direfluks dengan  $\text{HCl}$ , kemudian dilakukan peleburan dengan padatan  $\text{NaOH}$  dan terakhir dilakukan reaksi hidrotermal dengan menggunakan air destilasi. Metoda lain yang digunakan untuk sintesis zeolit yaitu secara alkali hidrotermal, metoda ini dilakukan oleh Jumaeri, W.Astuti, W.T.P lestari yang mengacu pada proses alkali hidrotermal yang dilakukan Mimura,2001 dengan beberapa modifikasi. Tahapan yang dilakukan

adalah Larutan NaOH dengan konsentrasi tertentu dicampur dengan *fly ash* batubara, kemudian dipanaskan pada suhu 100°C dan 160°C selama 3 hari.<sup>8,9</sup>

## 2. Metodologi Penelitian

### 2.1. Bahan kimia, peralatan dan instrumentasi

Peralatan yang digunakan diantaranya adalah beberapa peralatan gelas, *autoclave*, ayakan, timbangan, oven, *sentrifuge*, lumpang, XRD (Philip X'pert Powder Type PW4030/60), SEM-EDX (Phenom Pro X), FT-IR (Perkin Elmer 1600 series).

Bahan yang digunakan antara lain adalah *Fly ash* batubara pembangkit listrik Ombilin, NaOH, air laut pantai Padang dan air destilasi dari laboratorium kimia Unand.

### 2.2. Prosedur penelitian

#### 2.2.1. Perlakuan untuk air laut

Air laut yang digunakan diambil dari air laut pantai Padang. Air laut ini diambil pada bagian tepi pantai, kemudian dilakukan penyaringan untuk memisahkan pengotor seperti pasir dan kotoran lainnya. Setelah dilakukan penyaringan air laut disimpan di dalam wadah tertutup.

#### 2.2.1. Prosedur Sintesis Zeolit

*Fly ash* batubara diambil dari sisa pembakaran batubara pada pembangkit listrik Ombilin. Sebelum digunakan sebagai bahan dasar untuk sintesis zeolit *fly ash* dikarakterisasi terlebih dahulu dengan XRF (*X-ray Fluorescence*) untuk mengetahui senyawa yang terkandung didalam *fly Ash*. Pada penelitian ini dilakukan beberapa tahapan yaitu peleburan *fly ash* dengan padatan NaOH dan

dilanjutkan dengan proses alkali hidrotermal menggunakan pelarut berupa air laut dan air destilasi.

Peleburan *fly ash* dilakukan dengan cara mengambil sebanyak 10 gram *fly ash* dan 12 gram NaOH dihaluskan menggunakan lumpang selama beberapa menit. Bubuknya yang telah bercampur dipanaskan pada 550°C selama 1 jam. Hasilnya didinginkan dan digiling kembali. Bubuk yang didapatkan ditambah dengan 43 ml air destilasi. Larutan diinkubasi selama 4 hari menggunakan *autoclave* masing-masing pada suhu 35, 45 dan 60°C, bagian padat dipisahkan dengan sentrifugasi, dikeringkan 12 jam pada suhu 80°C setelah dicuci dengan air destilasi. Zeolit yang didapatkan dikarakterisasi dengan XRD, SEM-EDX dan FT-IR.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. karakterisasi *fly ash* dengan XRF

Zeolit ini disintesis dari *fly ash* yang didapatkan dari PLTU Ombilin yang sebelumnya sudah dikarakterisasi dengan XRF. Hasil XRF dapat dilihat pada table 1.

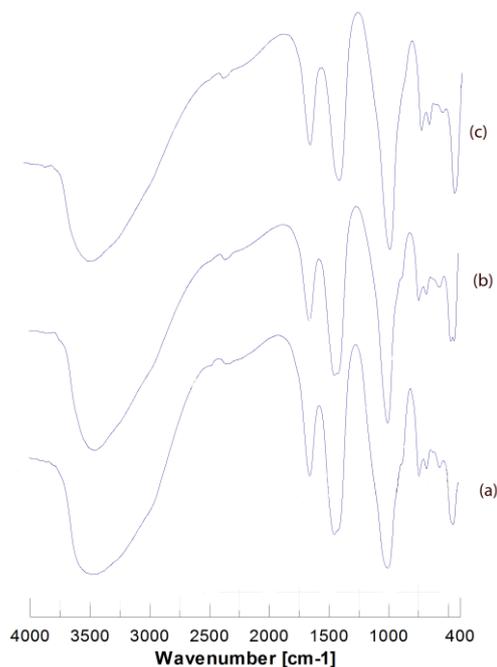
Tabel1. Data hasil karak terisasi *fly ash* dengan XRF

Senyawa	% berat
SiO <sub>2</sub>	51,8
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	26,85
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,08
CaO	1,95
MgO	0,72
Free lime	± 11,28

Berdasarkan data yang didapatkan dari hasil karakterisasi *fly ash* dengan menggunakan XRF dapat terlihat bahwa *fly ash* dari batubara pembangkit listrik Ombilin ini memiliki komponen utama  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dimana hal ini menunjukkan adanya kemiripan komponen kimia antara *fly ash* dan zeolit, sehingga kita dapat menggunakan *fly ash* batubara pembangkit listrik Ombilin sebagai bahan dasar dalam sintesis zeolit yang dilakukan.

### 3.2 Analisis FTIR

FT-IR bertujuan untuk mengidentifikasi gugus fungsi struktur kimia dari suatu senyawa. Setelah dilakukan sintesis zeolit maka kita melihat hasil FT-IR pada zeolit yang disintesis air destilasi dalam proses alkali hidrotermal. FT-IR menunjukkan transformasi dari aluminosilikat pada fasa padat melalui temperature inkubasi yang berbeda. Dimana temperature inkubasi yang digunakan adalah  $35^\circ\text{C}$ ,  $45^\circ\text{C}$  dan  $60^\circ\text{C}$ .



**Gambar 3.** Hasil FTIR zeolit sintesis (a) dengan air laut suhu  $35^\circ\text{C}$ , (b) dengan air laut suhu  $45^\circ\text{C}$ , (c) dengan air laut suhu  $60^\circ\text{C}$

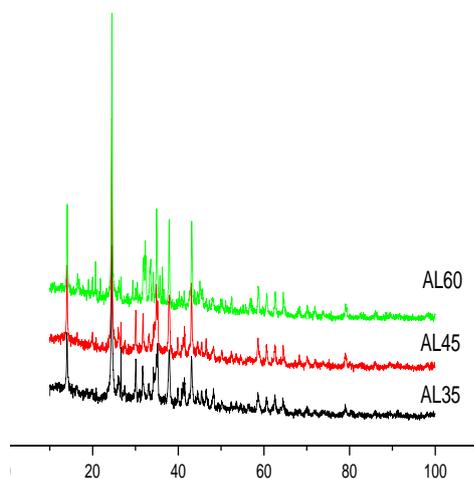
Jika diamati dari gambar 3 maka dapat dilihat masing-masing memiliki pita serapan pada angka gelombang  $3200\text{-}2550\text{ cm}^{-1}$  yang berhubungan dengan gugus hidroksil ( $-\text{OH}$ ) bonded, gugus ini dimungkinkan berasal dari air hidrat pada kristal.

Pita adsorban antara angkagelombang  $980\text{-}1320\text{ cm}^{-1}$  menyatakan adanya atom Al tersubstitusi dalam bentuk tetrahedral dari kerangka silika. Pada angka gelombang tersebut menunjukkan adanya vibrasi rentangan Si-O atau Al-O dalam  $\text{SiO}_4$  atau  $\text{AlO}_4$  tetrahedral.

Untuk angka gelombang antara  $650\text{-}750\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan pita serapan untuk Na-X (x untuk ikatan Si-O dan Al-O) zeolit. Pada gambar 3a, 3b dan 3c terlihat terlihat masing-masing 2 pita serapan yaitu antara  $730\text{ cm}^{-1}\text{-}667\text{ cm}^{-1}$ .

### 3.2 Analisis XRD

Analisis XRD dilakukan untuk mengetahui senyawa atau kristal yang terbentuk dalam suatu material kristalin sehingga akan diketahui struktur, orientasi, dan ukuran kristal. Dari pola difraksi sinar-X pada gambar dapat dilihat bahwa hasil sintesis menunjukkan terbentuknya sodalit pada kristalisasi



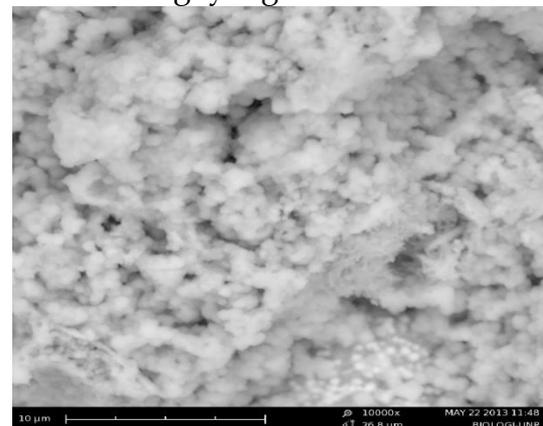
Gambar 4. Hasil XRD zeolit sintesis dengan air laut, AL=Air Laut

Dari pola difraksi yang terlihat pada gambar 4 di atas kita dapat melihat bahwa pada saat peningkatan suhu dalam proses alkali hidrotermal terjadi juga peningkatan intensitas puncaknya yang menandakan bahwa Kristal zeolit juga semakin baik saat suhu proses alkali hidrotermal ditingkatkan. Lebih lanjut, jika diamati terlihat intensitas semakin baik dan semakin tinggi jika menggunakan air laut, dimana pada penggunaan air laut dalam proses alkali hidrotermal ini memperlihatkan terbentuknya sodalit yang merupakan kerangka dari zeolit tipe X.

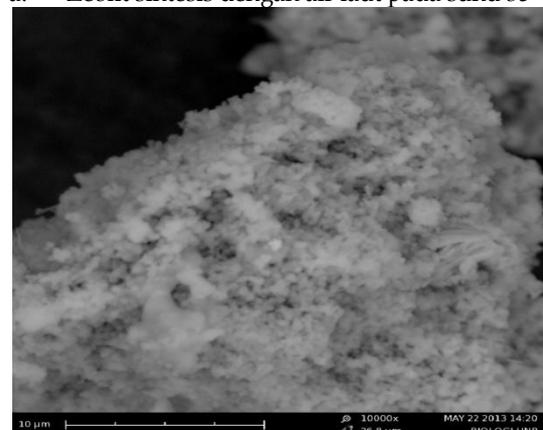
Dapat dilihat penggunaan air laut dalam proses alkali hidrotermal pada suhu rendah memperlihatkan bahwa pada penggunaan air laut terdapat puncak tertinggi yaitu pada  $2\theta$  24,43 yang merupakan puncak untuk Sodalit (JCPDS 01-074-3647).

### 3.2 Analisis SEM-EDX

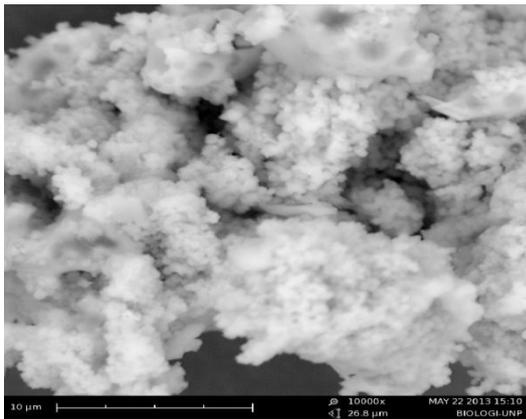
Analisis mikrostruktur dilakukan dengan menggunakan SEM yang bertujuan untuk melihat morfologi permukaan. Pada prinsipnya, analisis permukaan melibatkan radiasi permukaan dengan sumber energi yang cukup untuk menembus dan menimbulkan beberapa transisi yang menghasilkan emisi dari permukaan berkas energi yang bias dianalisis.



a. Zeolit sintesis dengan air laut pada suhu 35 °C



b. Zeolit sintesis dengan air laut pada suhu 45 °C



c. Zeolit sintesis dengan air laut pada suhu 60 °C

**Gambar 5.** Hasil Karakterisasi SEM sampel zeolit pada perbesaran 10.000x

Dari gambar hasil SEM dapat dilihat penggunaan air laut saat adanya peningkatan suhu yang digunakan maka bentuk partikel dan morfologi kristalnya semakin jelas. Ini membuktikan bahwa bentuk partikelnya semakin baik sehingga agregasi yang dihasilkan juga meningkat.

Sementara itu, untuk mengetahui komposisi dari unsur-unsur yang ada di dalamnya dapat digunakan EDX. Pada prinsipnya SEM-EDX merupakan system analisis yang menggabungkan SEM dan EDX kedalam satu unit yang dirancang pada konsep pengembangan produk sehingga memungkinkan analisis untuk mencapai pengamatan cepat, jelas dan akurat. Data EDX dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat dilihat dari tabel 2 untuk air destilasi.

Tabel 2. Data EDX sintesis zeolit menggunakan air destilasi

Unsur	zeolit sintesis dengan air laut		
	Suhu 35°C	Suhu 45°C	Suhu 60°C
O	49,8%	41,5%	50,1%

Na	26,8%	28,1%	24,3%
Si	6,9%	11,6%	7,6%
Al	5,6%	10,5%	6,9%
N	4,7%	3,6%	5,0%
C	2,5%	2,6%	3,4%
K	2,0%	-	-
Cl	1,6%	2,0%	2,7%

Dari data EDX di atas dapat melihat jumlah unsur yang terkandung dalam senyawa yang dihasilkan, jumlah unurnya dinyatakan dalam persen berat. Dari tabel 2 dapat terlihat bahwa komposisi dari senyawa yang terbentuk dan distribusi dari unsur-unsur yang ada dalam sampel yang telah disintesis. Berdasarkan dari tabel diatas terlihat terdapat unsur Cl yang merupakan bagian unsur yang menyusun senyawa sodalit dimana rumus kimia dari sodalit itu sendiri adalah  $\text{Na}_8(\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}) \text{Cl}_2$ .

#### 4. Kesimpulan

Zeolit dapat disintesis dari *fly ash* batubara Ombilin yang dilebur dengan NaOH pada suhu 550°C menggunakan air laut untuk kristalisasi pada suhu rendah yaitu pada suhu 35°C, 45 °C, dan 60 °C. Hasil zeolit yang terbentuk dari sintesis zeolit menggunakan air laut dalam proses alkali hidrotermal dan untuk kristalisasi cukup baik, karena tidak terdapat lagi  $\text{SiO}_2$  (quartz). Suhu terbentuknya zeolit dengan struktur kristal yang lebih baik terjadi pada suhu 60°C. Sintesis zeolit pada suhu rendah dengan menggunakan air laut menghasilkan tipe zeolit berupa sodalit yang merupakan kerangka dari zeolit tipe X.

#### 5. Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penelitian ini.

### Referensi

1. Sunardi, Abdullah (2007) "Conversion of Coal Fly Ash Into Zeolite and its Application for Mercury(II) Adsorbent" *Sains dan Terapan Kimia*, vol.1, no.1, hal 1-10
2. Prijatama, Herry. Eko Tri Sumarnadi. (1996). "Pemanfaatan Limbah Abu Batubara PLTU." *Prosiding Pemaparan Hasil Litbang Ilmu Pengetahuan Teknik*
3. Wustoni, Shofarul. Rino.R. Mukti, dkk. (2011). "Sintesis Zeolit Mordenit dengan Bantuan Benih Mineral Alam Indonesia." *Jurnal Matematika & Sains*, Desember 2011, Vol. 16 Nomor 3
4. Fuoco, Domenico.,(2012). "A New Method for Characterization of Natural Zeolites and Organic Nanostructure Using Atomic Force Microscopy." *Journal Nanomaterials* ,2,79-91;doi:10.3390/nano2010079
5. Xu, Ruren., Wenqin Pang., Jihong yu., Qisheng Huo., Jiesheng Chen.(2007). "Chemistry of Zeolites and Related Porous Materials: Synthesis and Structure." *John Wiley and Sons Asia Singapore*
6. Taarning ,Esben., Christian M. Osmundsen., Xiaobo Yang., Bodil Voss., Simon I. Andersen., and Claus H. Christensen. (2010). "Zeolite-catalyzed biomass conversion to fuels and chemicals" *Energy and Environmental Science* Accepted 1st October 2010
7. Saputra, Rodhie. (2006). "Pemanfaatan Zeolit Sintesis sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Industri.
8. Yuanita Lestari, Dewi. (2010). "Kajian Modifikasi dan Karakterisasi Zeolit Alam dari Berbagai Negara." *Juridik Kimia UNY*.
9. Sutarno. Yaterman Arryanto, dkk. (2004). "Sintesis Faujasit dari Abu Layang Batubara: Pengaruh Refluks dan Penggerusan Abu layang Batubara terhadap Kirtalinitas Faujasit". *Jurnal Matematika dan Sains* Vol. 9 No. 3, September 2004, hal 285-290
10. characterization of Hydroxyapatite Nanorods Under Hydrothermal Condition. *Journal of Materials Scienc .* **2009**, 27, 961-971.
11. B. Liu and H.C. Zeng, Hydrothermal Synthesis of ZnONanorods in Diameter Regime of 50 nm. *Journal of the American Chemical Society*, **2003**, 125, 4430-4431.