

# SINTESIS ZEOLIT A DARI ABU LAYANG BATUBARA MELALUI MODIFIKASI PROSES HIDROTERMAL

---

**Jumaeri, Pratiwi Dwi Jananti, Ella Kusumastuti**

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang, Email :  
jumaeri.unnes@gmail.com

Abstrak. Abu layang batubara telah digunakan untuk sintesis zeolit A melalui modifikasi proses hidrotermal. Modifikasi dilakukan dengan perlakuan homogenisasi campuran abu layang dan larutan NaOH jenuh. Sintesis zeolit diawali dengan melakukan *reflux* abu layang dengan HCl 1M dan mencucinya kembali hingga netral. Setelah tahap pengeringan sebanyak 10 gram abu layang ditambah dengan larutan jenuh yang mengandung 12 gram NaOH, dan diaduk sampai homogen, kemudian diuapkan. Campuran padat yang diperoleh dilebur dalam krus stainless steel, selama satu jam pada 600°C. Setelah melalui serangkaian tahap hidrotermal selama 4 jam pada temperature 90°C, zeolit hasil sintesis dikarakterisasi dengan menggunakan diffraksi sinar-X, mikroskop elektron, spektroskopi FT-IR, metode BET untuk luas permukaan dan kapasitas tukar kation. Karakteristik zeolit A hasil sintesis menunjukkan kesamaan dengan karakteristik zeolit A komersial dalam hal pola difraksi, spektrum inframerah dan morfologi permukaan. Luas permukaan dan kapasitas tukar kation produk zeolit A menunjukkan kenaikan yang signifikan dibandingkan dengan abu layang yang digunakan.

Kata kunci: zeolite A, abu layang, modifikasi hidrotermal,

## PENDAHULUAN

Batubara merupakan sumber energi yang penting dan banyak digunakan dengan kontribusi sekitar 23% total energi utama dunia (Widarini, , 2009). Penggunaan batubara sebagai bahan bakar akan menghasilkan limbah padat yang berupa abu layang dalam jumlah yang cukup besar, kira-kira mencapai 7,87% dari batubara yang digunakan (Herry, 1993). Pada tahun 2025 diproyeksikan kebutuhan batubara dalam negeri akan mencapai sekitar 191,13 juta ton (Pusat Litbang TMZB, 2008). Berdasarkan batubara yang digunakan tersebut, jumlah abu layang yang dihasilkan di Indonesia diperkirakan mencapai 14,9 juta ton pada tahun 2025. Produksi abu layang dunia mencapai hampir 800 juta ton setiap tahunnya, dan cenderung meningkat di masa yang akan datang (Williams, 2008). Produksi abu batubara total di Amerika Serikat pada 2009 mencapai 134,7 juta, 16,6 juta ton di antaranya abu dasar (Majko, 2011). Pada umumnya

limbah abu batubara ditampung di dalam kolam atau *landfill* kering (Neupane and Donahoe, 2009). Pembuangan abu layang batubara yang efisien merupakan salah satu isu global karena produksi yang besar-besaran dan efeknya yang membahayakan lingkungan (Twardowska and Szczepanska, 2002) Abu layang yang terakumulasi bila tidak dimanfaatkan akan menimbulkan masalah bagi lingkungan sekitarnya dan tidak mempunyai nilai ekonomi. Dengan demikian perlu adanya usaha-usaha nyata untuk mengolah dan memanfaatkan kembali limbah abu layang ini.

Abu layang memiliki kandungan  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  lebih dari 85% dan karena itu dapat digunakan sebagai bahan baku untuk produksi zeolit, menggantikan natrium silikat dan aluminat, yang biasa digunakan secara konvensional (Rayalu, dkk., 2006). Suatu pendekatan baru yang sedang dipromosikan tentang pemanfaatan abu layang adalah mengubahnya menjadi produk yang mempunyai nilai tambah seperti zeolit (Dermata and Meng, 2003, Fansuri, dkk 2008). Sifat abu layang teraktivasi melalui alkali hidrotermal, sejalan dengan sifat abu layang asal (Breck, 1974, Vucinic., dkk., 2002). Berdasarkan kandungan kimiawinya, abu layang mempunyai rasio mol Si/Al yang rendah. Sifat rasio mol Si/Al yang rendah ini, memungkinkan untuk mensintesis zeolit rendah Si, zeolit A misalnya, dengan kapasitas penukar kation yang tinggi.

Zeolit A merupakan salah satu jenis zlit yang mempunyai rasio Si/Al rendah, antara 1-1,5 (Flanigen, 1991). Zeolit A banyak mendapat perhatian dari industri kimia akibat sifat-sifat khusus yang dimilikinya. Karena banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, produksi zeolit ini dilakukan pada skala besar di banyak negara. Terdapat banyak publikasi internasional tentang sintesis zeolit NaA disebabkan karena dorongan dari sektor industri di berbagai negara, khususnya Amerika Serikat, Eropa dan Jepang (Janjira, 2002). Abu layang batubara dapat digunakan untuk sintesis zeolit A fase tunggal melalui proses hidrotermal (Rayalu, dkk., 1999, Udhoji, dkk. 2005, Hui and Chao, 2006).

Sintesis zeolit dari abu layang batubara pada umumnya dilakukan melalui tiga cara, yaitu (1) konversi hidrotermal secara langsung dari campuran abu layang dan NaOH atau KOH, (2) dengan proses peleburan abu layang dilanjutkan reaksi hidrotermal dan (3) ekstraksi silikon dari abu layang dilanjutkan reaksi hidrotermal (Fansuri dkk., 2008). Ketiga metode tersebut akan menghasilkan zeolit dengan karakteristik yang berbeda. Kebanyakan sintesis zeolit maupun *zeolitic material* dilakukan melalui metode hidrotermal. Kondisi sintesis tergantung pada komposisi material yang diinginkan, ukuran partikel, morfologi dan sebagainya (Schubert dan Husing, 2000). Proses sintesis adalah sensitif terhadap sejumlah variabel seperti temperatur, pH, sumber silika dan alumina, jenis kation alkali dan waktu reaksi maupun surfaktan. Dalam penelitian ini dipelajari sintesis zeolit A dari abu layang batubara melalui modifikasi proses hidrotermal dan karakterisasinya.

## METODE

Abu layang batubara yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Saralaya Provinsi Banten. Bahan kimia yang digunakan kualitas pro analisis produksi E-Merck. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: (a) seperangkat alat gelas (b) Autoclave stainless-steel (c) Oven pemanas merk Memmert (d) Furnace Tube Thermoline (e) Shaker mekanik (f) pH meter (g) neraca, (h) Spektrofotometer Infra merah merk Perkin Elmer, (i) XRD 6000 merk Shimadzu (j) SEM JEOL.JSM 6063 LA, (k) krus stainless-steel dan alat-alat yang lainnya. Adapun bahan-bahan yang digunakan adalah (a) abu layang batubara (b) HCl, (c) NaOH support granulated, (d) Natrium aluminat, (e) kertas saring Watman 42, (f) indikator universal stik pH 0 – 14 dan (g) aquademineralisasi.

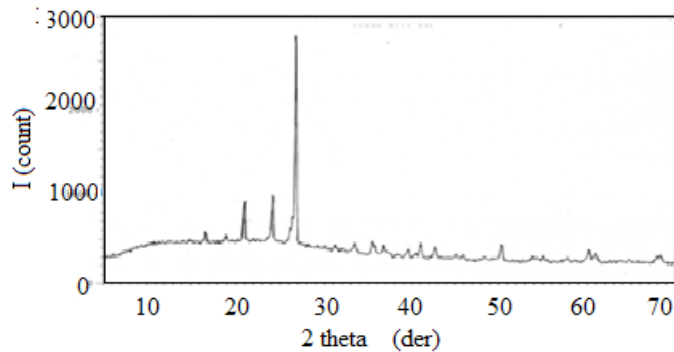
Abu layang yang digunakan sebelumnya diayak pada ukuran 170 mesh dan *direflux* dengan larutan HCl 1 M untuk meningkatkan aktivitasnya dalam pembentukan zeolit. Abu layang yang sudah *direflux* dengan HCl, dicuci menggunakan aquademineralisasi hingga pH netral dan dikeringkan melalui panas sinar matahari. Sebanyak 10 gram abu layang hasil refluks tersebut kemudian ditambah NaOH 12 gram. Adapun modifikasi dilakukan melalui pencampuran awal abu layang dengan larutan jenuh NaOH. Sebanyak 10 gram abu layang ditambah dengan larutan jenuh yang mengandung 12 gram NaOH, dan diaduk sampai homogen, kemudian diuapkan. Padatan dari kedua campuran ini selanjutnya masing-masing dimasukkan dalam krus stainless steel. Campuran dilebur dalam *tube furnace*, pada temperatur 600°C selama satu jam. Hasil peleburan ini didinginkan pada temperatur kamar kemudian digerus sampai halus (100 mesh). Selanjutnya hasil peleburan tersebut dimasukkan dalam beker plastik polietilen yang berisi 100 mL aquademineralisasi, diaduk dan ditambah 5 gram Na-aluminat. *Slurry* yang diperoleh diagitasi secara mekanik selama beberapa 8 jam, selanjutnya dimasukkan dalam *autoclave-stainless steel* yang di dalamnya dilengkapi dengan tabung teflon. *Autoclave* beserta isinya kemudian dimasukkan dalam *oven* temperatur 90°C selama 4 jam untuk proses hidrotermal. Setelah waktu proses hidrotermal, *autoclave* dikeluarkan dari oven dan didinginkan sampai suhu kamar. Produk yang diperoleh kemudian dicuci dengan aquademineralisasi sampai pH 10, disaring dan dikeringkan pada suhu 60°C selama 12 jam.

Kristal zeolit hasil sintesis dikarakterisasi, produk zeolit yang diperoleh dinyatakan sebagai ZA. ZA yang diperoleh selanjutnya dikarakterisasi, dengan parameter struktur kristal, dan struktur mikroskopi zeolit sintesis, dan kapasitas tukar kation (KTK). Struktur kristal ditentukan menggunakan XRD-6000 merk Shimadzu, spektrum inframerah menggunakan FTIR Perkin, dan morfologi permukaan menggunakan Scanning Electron Microscopi JEOL JSM 35C. Luas permukaan ditentukan dengan metode BET menggunakan instrument Nova Quantachrome. Penentuan kapasitas tukar kation dilakukan menggunakan metode penggojogan  $\text{NH}_4\text{OAc}$  di Laboratorium Tanah Umum Fakultas Pertanian UGM Yogyakarta.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

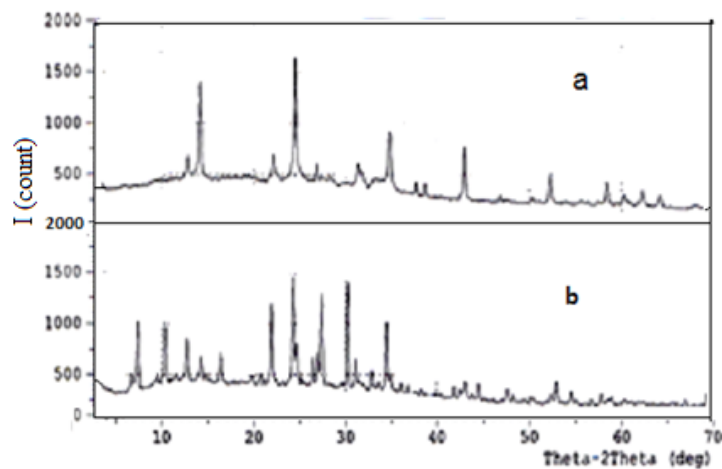
### Pola Difraksi Sampel dan Zeolit hasil Sintesis

Pola difraksi sampel abu layang maupun zeolit hasil sintesis ditentukan menggunakan XRD 6000 Shimadzu, sumber X-ray Cu 40 kV, 30 mA pada rentang 3-70 derajat. Difraktogram abu layang dan zeolit hasil sintesis masing-masing disajikan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



**Gambar 1. Difraktogram abu layang batubara**

Pada Gambar 1 memperlihatkan puncak tajam pada  $2\theta = 26,78^\circ$ , diikuti puncak tajam pada  $2\theta = 24,151^\circ$ ,  $2\theta = 50,27^\circ$  dan  $2\theta = 20,97^\circ$ . Puncak pada  $2\theta = 26,78^\circ$ ,  $2\theta = 20,97^\circ$  dan  $2\theta = 50,27^\circ$  merupakan puncak untuk senyawa kuarsa ( $\text{SiO}_2$ ). Dari difraktogram tersebut dapat dikatakan bahwa abu layang PLTU Suralaya disusun oleh komponen utama mineral kuarsa  $\text{SiO}_2$ .



**Gambar 2. Difraktogram zeolit hasil hidrotermal dengan: (a) metode 1 (b) metode 2.**

Pada gambar 2 (a dan b) tampak bahwa dengan metode peleburan campuran padat-padat menggunakan NaOH support granulated (metode )1 belum menunjukkan perubahan 2 theta

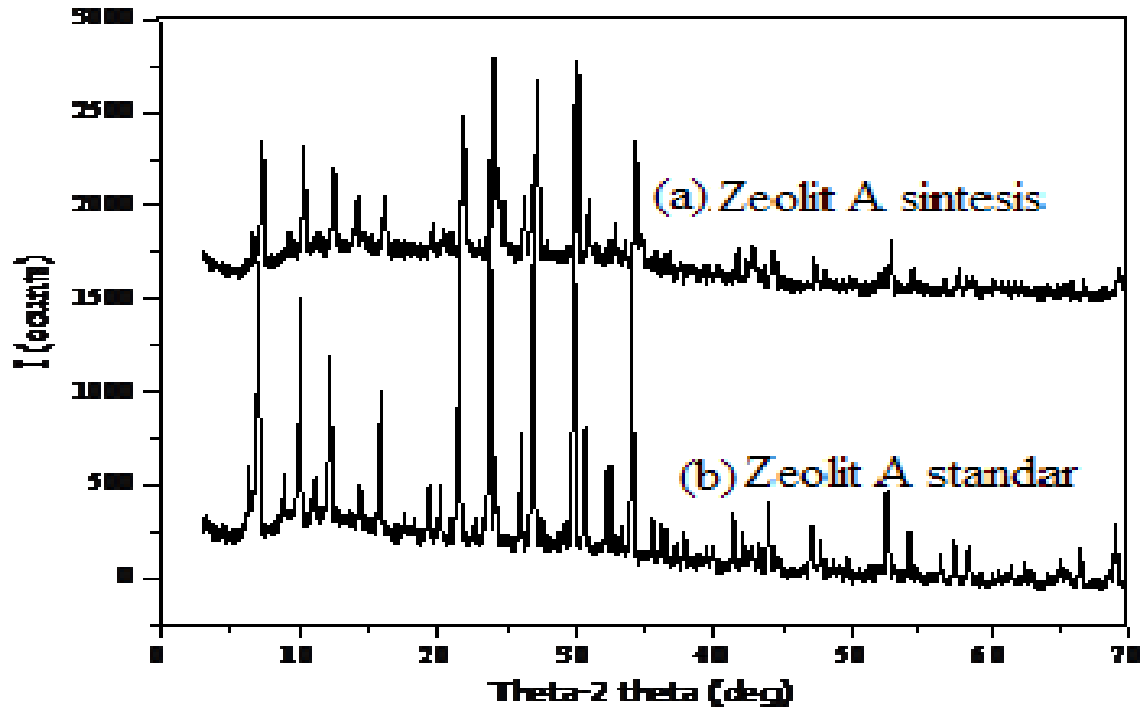
dan intensitas yang berarti dari abu layang asal. Metode (1) dilakukan mencampurkan padatan NaOH support granulated padat dan abu layang, dilebur, ditambah serbuk  $\text{Na}_3\text{AlO}_3$  kemudian dihidrotermal, sedangkan metode (2) dilakukan dengan mencampurkan larutan NaOH support granulated dengan abu layang, kemudian diuapkan, dilebur dalam *furnace*, ditambah  $\text{Na}_3\text{AlO}_3$ (s) dan dihidrotermal.

Pada metode 2, yaitu menggunakan larutan NaOH *support granulated* jenuh, kemudian diuapkan, dilebur dalam *furnace* kemudian dikenai proses hidrotermal, terjadi puncak-puncak baru dengan perbedaan intensitas yang berarti. Hal ini menunjukkan bahwa proses hidrotermal lebih efektif. Dengan mencampur larutan NaOH jenuh dan layang batubara, homogenitas campuran meningkat dan interaksi kedua bahan semakin efektif. Interaksi yang efektif ini akan meningkatkan hasil natrium aluminosilikat amorf, yang merupakan material antara, sehingga mempermudah terbentuknya kristal zeolit melalui proses hidotermal. Berdasarkan Gambar 2 tersebut, ternyata zeolit hasil proses hidrotermal yang diperoleh melalui metode 2 jauh lebih efektif dari pada metode 1. Hal ini terjadi karena pada metode 2 digunakan NaOH support granulated yang dilarutkan terlebih dahulu, sehingga proses zeolitisasi lebih mudah. Prinsip-prinsip reaksi padatan menjelaskan bahwa makin tinggi homogenitas campuran maka makin besar kontak antar muka padatan, sehingga mempermudah terjadinya reaksi padat-padat (Schubert, and Husing, 2000). Selanjutnya, dengan mencermati harga d spacing atau 2 theta dari Gambar 2, tampak bahwa zeolit yang diperoleh dengan menggunakan metode 2 sesuai dengan karakteristik difraktogram dari zeolit A standar komersial Degusa (Bansiwal, dkk., 2007) dan zeolit A Wako maupun dari atlas JCPDS (Joint Committee on Powder Diffraction Standards). Puncak-puncak difraktogram zeolit A hasil sintesis ada pada harga 2 theta: 7,44; 10,42; 12,72; 21,93; 24,27; 26,39; 27,37; 30,22; 32,82; dan 34, 46°. Hasil ini serupa juga dengan yang zeolit A yang diperoleh Janjira (2002). Tabel 1 mencantumkan harga d spacing dari zeolit A hasil sintesis (metode 2d) dan zeolit A standar.

**Tabel 1. Harga d spacing untuk zeolit (A) hasil sintesis dan zeolit A standar**

No	Hasil sintesis	d spacing untuk zeolit A (Å)			$I_{rel}$	
		Komersial <sup>o)</sup> (Degusa)	Zeolit A (Wako)	Atlas (JCPDS)	Sintetis	Atlas
1	11,87	12.20 ± 0.20	12,46	12,305	58	100
2	8,483	8.60 ± 0.20	8,77	8,701	46	51,3
3	6,952	7.05 ± 0.15	7,14	7,104	35	31,8
4	4,049	4.07 ± 0.08	4,11	4,102	71	22,8
5	3,665	3.68 ± 0.07	3,72	3,710	94	44,3
6	3,375	3.38 ± 0.06	3,42	3,413	26	10,1
7	3,256	3.26 ± 0.05	3,29	3,289	81	41,0
8	2,955	2.96 ± 0.05	2,98	2,984	100	19,9
9	2,727	2.73 ± 0.05	2,75	2,752	17	9,8
10	2,600	2.60 ± .05	2,62	2,623	27,1	27,1

Gambar 3 menunjukkan difraktogram zeolit A komersial produksi Wako dan zeolit A hasil sintesis menggunakan abu layang batubara, NaOH support granulated yang dilarutkan dulu dalam keadaan jenuh, ditambah abu layang, diuapkan, dan dilebur serta dilanjutkan dengan proses hidrotermal.

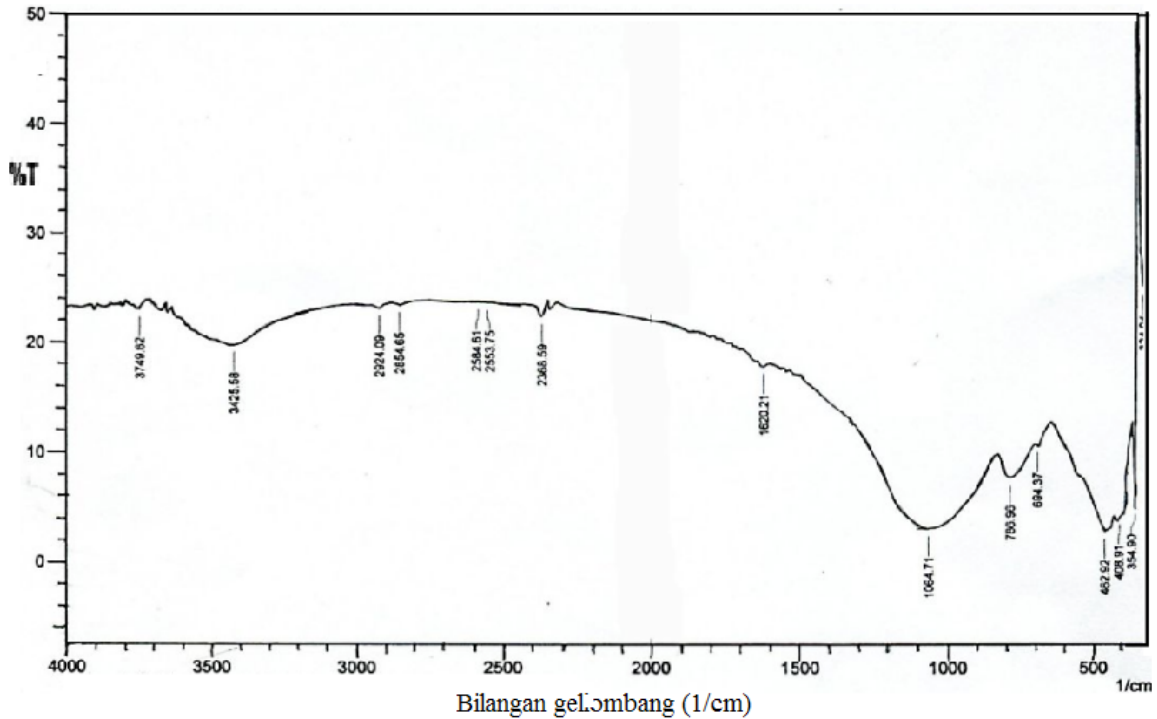


Gambar 3. Difraktogram zeolit A dari : (a) standar dan (b) hasil sintesis metode 2

Dari hasil di atas tampak bahwa dengan metode hidrotermal yang dikembangkan, yaitu melalui pelarutan NaOH terlebih dahulu, dapat diperoleh produk zeolit A yang selektif (metode 2) Difraktogram zeolit A hasil sintesis (Gambar 3b) mirip dengan standar zeolit A produk Wako (Gambar 3a). Demikian juga halnya dengan harga *d spacing* zeolit A hasil sintesis sangat mirip dengan zeolit A komersial maupun atlas zeolit (JCPDS).

### Spektra Inframerah (IR) Sampel dan Zeolit Hasil Sintesis

Spektra inframerah ditentukan menggunakan FTIR Shimadzu, metode pellet KBr pada bilangan gelombang 4000-300  $\text{cm}^{-1}$ . Hasil pengukuran spektra abu layang dan zeolit hasil sintesis (metode 2) masing-masing disajikan pada Gambar 4 dan 5.

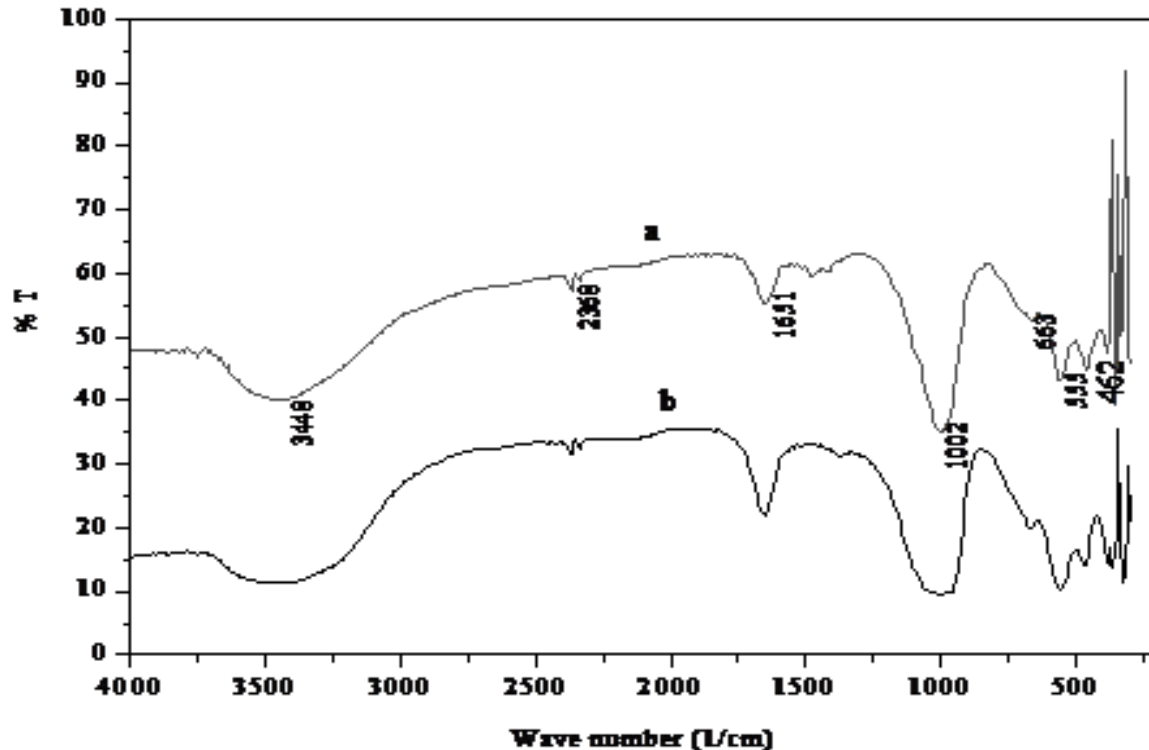


**Gambar 4. Spektra inframerah abu layang batubara**

Pada Gambar 4 tampak adanya pita serapan abu layang pada bilangan gelombang 3425,58  $\text{cm}^{-1}$ , yang menunjukkan adanya vibrasi ikatan O-H. Adanya gugus yang mengandung unsur S ditunjukkan oleh pita serapan pada bilangan gelombang 2368 – 1620,21  $\text{cm}^{-1}$ . Gugus Si-O dalam abu layang diperlihatkan oleh kenampakan spektra pada bilangan gelombang 1064,71, 786,96,  $\text{cm}^{-1}$ , berupa vibrasi rentangan Si-O-Si dan 462,92 vibrasi tekuk Si-O. Pembukaan pori pada serapan 354,76 – 324,04  $\text{cm}^{-1}$ .

Pada Gambar 5a menunjukkan adanya pembentukan puncak serapan baru dari zeolit hasil sintesis, yaitu pada bilangan gelombang 3448,72; 1651,07, 1002,96; 555,50 dan 462,92  $\text{cm}^{-1}$ . Adapun spektra IR dari Zeolit A standar merk Wako (Gambar 5b), puncak serapan ada pada bilangan gelombang 3448,72; 1651,07; 1002,98; 663,51; 555,50; 462,92 dan 324,04  $\text{cm}^{-1}$ . Dari kedua hasil spektra tersebut (Gambar 5a dan 5b) tampak bahwa zeolit A hasil sintesis mempunyai puncak-puncak serapan yang praktis sama dengan zeolit A standar (Wako). Hasil ini serupa dengan spektra Zeolit A Degusa, yaitu puncak karakteristik pada bilangan gelombang 3402, 1651, 1004, 559, dan 464  $\text{cm}^{-1}$  (Bansiwal, dkk, 2007).





Gambar 5. Spektra IR sampel dari: (a) Zeolit A hasil sintesis (b) Zeolit A standar

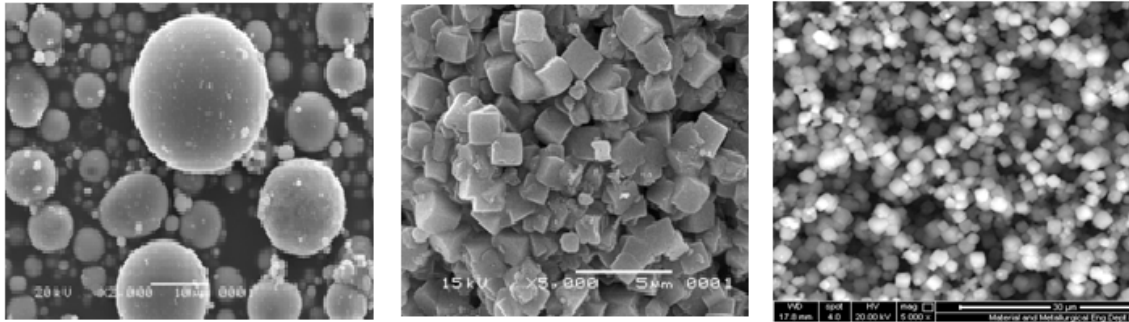
Munculnya spektra pada sekitar  $3448\text{ cm}^{-1}$  dan  $1651\text{ cm}^{-1}$ , yang menunjukkan vibrasi rentang dan vibrasi tekuk molekul air dalam zeolit, merupakan bukti terbentuknya zeolit melalui proses alkali hidrotermal. Hal ini sejalan yang diperoleh Vucinic, dkk (2003). Pita serapan karakteristik yang menunjukkan adanya zeolit ditandai dengan linkage internal dan eksternal tetrahedral yang teramati pada daerah  $400 - 1200\text{ cm}^{-1}$  (Mimura, dkk 2001).

Secara umum spektra IR dapat dibagi menjadi dua kelompok vibrasi, yaitu (i) vibrasi internal framework  $\text{TO}_4$ , yang intense terhadap vibrasi struktural dan (ii) vibrasi yang berhubungan dengan linkage eksternal unit  $\text{TO}_4$ . Untuk material zeolit pita yang paling intense terjadi pada daerah  $860 - 1230\text{ cm}^{-1}$  dan  $420 - 500\text{ cm}^{-1}$  (Ojha dkk, 2004). Pita absorbans antara bilangan gelombang  $980 - 1320\text{ cm}^{-1}$ , menyatakan adanya atom Al tersubstitusi dalam bentuk tetrahedral dari framework silika. Pada  $440\text{ cm}^{-1}$  merupakan mode bending Si(Al)-O dan  $380 - 403$  merupakan pembukaan pori (Mimura, 2001).

### Morfologi permukaan sampel abu layang batubara

Hasil *image Scanning Electron Microscopic* (SEM) dari sampel abu layang dan Zeolit A hasil sintesis tercantum pada Gambar 6.





**Gambar 6. Image SEM dari (kiri) abu layang (tengah) Zeolit A hasil sintesis dan (kanan) Zeolit A standar**

Dari hasil pengukuran menggunakan SEM, tampak bahwa abu layang batubara terdiri dari sejumlah partikel halus dan bulat (spherical), yang diselingi dengan suatu bagian kecil agregat senyawa kristalin (Gambar 6a). Partikel-partikel bola halus dengan diameter kurang dari 20 µm menunjukkan fase glass dan aluminium silikat amorf. Agregat-agregat kecil mungkin merupakan kristal mullit (3Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·2SiO<sub>2</sub>) dan α-quartz (SiO<sub>2</sub>). Sedangkan pada gambar 6b, tampak partikel kristalin berbentuk kubik yang teratur yang hampir seragam ukurannya, yaitu kira-kira 1,6 µm. Hasil ini mirip dengan SEM dari zeolit A standar merk Wako (Gambar 6c).

### Kapasitas Tukar Kation

Salah sifat yang penting dari suatu adsorben yang bersifat sebagai penukar ion adalah kapasitas tukar ion. Jika ion yang dipertukarkan merupakan kation, maka dinyatakan sebagai kapasitas tukar kation, dan untuk anion menyesuaikan. Kapasitas tukar kation (KTK) merupakan ukuran suatu penukar kation yang biasanya dinyatakan dalam me/100 g kation. Harga KTK menggambarkan jumlah kation yang dapat dipertukarkan untuk setiap berat tertentu suatu kation. Untuk zeolit, total permukaannya bermuatan negatif, makin besar muatan negatif zeolit, maka makin besar jumlah kation penyeimbang, sehingga makin banyak kation yang dapat dipertukarkan. Secara umum proses pertukaran ion yang terjadi dalam zeolit berlangsung sebagai berikut:



M<sup>n+</sup>(aq) menyatakan spesi kation dalam larutan, dan Na--Z menyatakan menyatakan mineral natrium zeolit.

Hasil pengukuran KTK menunjukkan bahwa harga KTK abu layang adalah paling rendah (1,41 me/100 g), sedangkan KTK untuk zeolit A hasil sintesis adalah 128,80 me/100g dan zeolit A standar 101 me/100 g. Harga KTK abu layang yang rendah, menunjukkan bahwa kemampuan

abu layang sebagai penukar kation sangat kecil. Sebaliknya zeolit A hasil sintesis maupun zeolit A standar mempunyai KTK yang hampir sama, namun keduanya jauh lebih besar dibandingkan KTK abu layang, yaitu sekitar 90 kali lebih besar. Hal ini sesuai dengan karakter zeolit A, yaitu mempunyai rasio Si/Al yang rendah (1 – 1,5).

Kenaikan kapasitas tukar kation yang besar ini mengindikasikan bahwa transformasi abu layang menjadi zeolit A berlangsung efektif. Dalam hal ini terjadi perubahan dari material abu layang yang tidak mempunyai sifat tukar kation, menjadi material baru yang mempunyai permukaan bermuatan negatif yang diimbangi oleh kation yang bermuatan positif. Makin besar KTK bertati muatan negatif permukaan zeolit makin besar dan makin kecil rasio Si/Al. Makin banyak jumlah Al yang mensubstitusi Si dalam jaringan aluminosilikat, makin besar muatan negatif total zeolit dan makin banyak jumlah kation penyeimbang. Akibat dari bertambahnya kation penyeimbang adalah meningkatnya jumlah kation yang dapat dipertukarkan, sehingga kapasitas tukar kation makin besar. Hal ini sejalan dengan sifat zeolit A, yaitu sebagai penukar kation yang baik.

## **Luas Permukaan**

Salah satu sifat yang penting dari material berpori, seperti zeolit, adalah luas permukaan. Sifat ini menggambarkan luasan/area yang dapat diakses (dideteksi) dari permukaan padatan per unit massa material. Dalam penelitian ini luas permukaan zeolit ditentukan dengan menggunakan metode BET (Brunauer, Emmett dan Teller). Hasil pengukuran luas permukaan untuk sampel Zeolit A hasil sintesis dan Zeolit A standar masing-masing adalah 18,998 dan 3,063 m<sup>2</sup>/g. Terdapat perbedaan luas permukaan yang berarti dari kedua zeolit tersebut. Dari hasil tersebut tampak bahwa kemampuan adsorpsi zeolit A hasil sintesis lebih besar dari pada Zeolit A standar.

## **SIMPULAN DAN SARAN**

### **Simpulan**

Berdasarkan hasil penelitian dan uraian sebelumnya, dapat disimpulkan sebagai berikut: (1) Sintesis zeolit A dari abu layang dapat diperoleh secara selektif melalui modifikasi proses hidrotermal menggunakan NaOH support granulated 2) Zeolit A hasil sintesis dari abu layang dengan menggunakan larutan jenuh NaOH support granulated menghasilkan Zeolit A spesifik (single kristal) dilihat dari parameter struktur kristal, spektra inframerah (IR) maupun morfologi permukaan, dan (3) Homogenitas campuran padatan merupakan faktor yang penting dalam sintesis zeolit A dari abu layang batubara.

## Saran

Untuk efisiensi dalam sintesis zeolit A dari abu layang batubara perlu dilakukan optimasi kondisi yang tepat dengan menggunakan NaOH pellet atau NaOH teknis. Hal ini dilakukan dengan maksud untuk mengurangi ongkos produksi sehingga memenuhi kelayakan dari segi ekonomi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Pusat Litbang Teknologi Mineral dan Batubara, 2008, *Batubara Indonesia*, Tim Kajian Batubara Nasional, Kelompok Kajian Kebijakan Mineral dan Batubara, Pusat Litbang Teknologi Mineral dan Batubara.
- Bansiwal, A. K., Rayalu, S.S., Labhasetwar, N.T., Juwarkar, A.A , dan Devotta, S., 2007, Surfactant-Modified Zeolite as a Slow Release Fertilizer for Phosphorus . *J. Agric. Food Chem.* 2006, **54**, 4773- 4779.
- Breck, D.W., 1974, *Zeolites Molecular Sieves: Structure, Chemistry, and Use*, John Wiley & Sons, New York.
- Dermata, D., and X.Meng, 2003, Utilization of Fly Ash for Stabilization/solidification of Heavy Metal contaminated Soils, *Eng. Geol.*, 70. 377 – 394
- Fansuri, H., Pritcahard, D., and Zhang, D., 2008, Manufacture of Low-Grade Zeolites from Fly Ash for Fertilizer Application, *Research Report 91*, QCAT Technology Transfer Centre, Technology Court Pullenvale, Australia
- Flanigen, E.M, 1991, *Zeolites and Molecular Sieves- an Historical Perspective*, Editor: Bekkum, V.H., Flanigen, E.M., and Jansen, J.C., *Introduction to Zeolite Science and Practice*, Elsevier, Amsterdam
- Herry, P., 1993, Abu Terbang dan Pemanfaatannya, *Makalah Seminar Nasional Batubara Indonesia, UGM Yogyakarta 7 – 8 September 1993*.
- Hui, K.S and Chao, C.Y.H, 2006, Pure, Single Phase, High Crystalline, Chamfered-edge Zeolite 4A Synthesized from Coal Fly Ash for Use as a Builder in detergents, *J. Hazard. Mater.*, 137, 401–409.
- Janjira, W., 2002. Synthesis and Kinetic Study of Zeolite Na-A from Thai Kaolin. *A Thesis for Degree of Master of Science in Chemistry*, Suranaree University of Technology.
- Majko, R., 2011, *Coal Combustion Products* <http://www.rmajko.com/flyash.html>) (Diakses 14/12/2011 jam 21.00).
- Mimura H, Kenji Y, Kenichi A and Yoshio O,. 2001. Alkali Hydrothermal Synthesis of Zeolites from Coal Fly Ash and Their Uptake Properties of Cesium Ion. *Journal of Nuclear Science and Technology*, Vol. 38, No. 9, p. 766-772
- Neupane, G. And Donahoe, R.J., 2009, Potential Use of Surfactan-Modified Zeolite for Attenuation of Trace Element in Fly Ash Leachate, *World of Coal Ash (WOCA) Conference* , May 2-7, Lexington, KY, USA.
- Ojha, K., Narayan C.P, dan Amar N.S., 2004, Zeolite from Fly Ash : Synthesis and Characterization, *Bull. Mater. Sci.*, vol 27 No 6, Deemebr 2004. 555 – 564

- Rayalu, S., Bansawal, A. K., Meshram, S.U., Labhsetwar, N., and Devotta S., 2006, Fly Ash-based Zeolite Analogues: Versatile Materials for Energy and Environment Conservation, *Catal. Surv. Asia*, Vol.10, No 2, 74-88.
- Rayalu, S., Labhsetwar, N., and Khanna, P. 1999, Process for the Synthesis of Fly Ash Based Zeolite-A, *US Patent, Patent Number 5965105*
- Schubert, U., and Husing, N., 2000, *Synthesis of Inorganic Materials*, Federal Republic of Germany. WILEY-VCH.
- Twardowska, I. and Szczepanska J., 2002, Solid Waste: Terminological and Longterm Environmental Risk Assessment Problems Exemplified in a Power Plant Fly ash Study, *Sci. Total Environ.*, 285, 29-51.
- Udhoji, J.S., Bansawal, A.K., Meshram, S.U and Rayalu, S.S., 2005, Improvement in Optical Brightness of Fly Ash Based Zeolite-A for Use as Detergent Builder, *J. Scientific Ind. Res.*, 64, 367-371.
- Vucinic, D., Miljavonic, I., Rosic, A., and Lazic, P., 2002, Effect of  $\text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2$  Mole Ratio on the Crystal Type of Zeolite Synthesized from Coal Fly Ash, *J. Serb. Chem. Soc.*, 68, 6, 471-478.
- Widarini, W.M., 2009, Industri Research-Sektor Batubara 2010, Asia Securities, 30 November 2009.
- Williams, L., 2008, *From Coal Dust to Carbon Credits*, in The University of New South Wales News.