



## PROSIDING

### SEMINAR NASIONAL KIMIA DAN PENDIDIKAN KIMIA III

"Teori dan Aplikasi Sains dalam Isu Globalisasi Lingkungan, Profesionalisasi Pembelajaran dan Kewirausahaan"

Program Studi Pendidikan Kimia Jurusan PMIPA FKIP UNS

Surakarta, 7 Mei 2011



MAKALAH PENDAMPING

KIMIA ANORGANIK  
(Kode : D-06)

ISBN : 978-979-1533-85-0

## ADSORPSI ION LOGAM Cu(II) DAN Zn(II) SECARA SIMULTAN PADA ZEOLIT-A YANG DISINTESIS DARI ABU DASAR BATUBARA MENGGUNAKAN METODE BATCH

**Munifah, Nurul Widiastuti, Didik Prasetyoko, Fahimah Martak**

Jurusan Kimia, FMIPA, ITS, Surabaya, Indonesia

\* Keperluan korespondensi, tel/fax : 0856-3565951, email: muncye@mhs.chem.its.ac.id

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari adsorpsi ion logam Cu(II) dan Zn(II) secara simultan dalam larutan sintetik pada zeolit-A hasil sintesis dari abu dasar batubara. Beberapa parameter yang mempengaruhi adsorpsi secara simultan dipelajari pada penelitian ini yaitu waktu, konsentrasi, pH dan suhu. Penyerapan ion logam Cu(II) dan Zn(II) secara simultan menggunakan zeolit-A dilakukan pada konsentrasi 50 mg/L selama 6 jam. Kapasitas penyerapan ion logam Cu(II) dan Zn(II) secara simultan menggunakan zeolit A meningkat dengan bertambahnya konsentrasi logam yang diserap dan dengan menurunnya suhu proses adsorpsi. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa zeolit A mampu mengadsorpsi ion logam Cu(II) hingga 9,24 mg/g dan ion logam Zn(II) hingga 9,83 mg/g. Pada penentuan pH optimum diperoleh kondisi optimum penyerapan yaitu pada pH 4. Sedangkan hasil pengolahan data untuk kinetika dan isoterm adsorpsi menunjukkan bahwa kinetika adsorpsi ion logam Cu(II) dan Zn(II) secara simultan keduanya mengikuti model kinetika orde dua semu dan isoterm adsorpsinya secara simultan mengikuti model Langmuir.

**Kata kunci :** Penghilangan ion logam Cu(II) dan Zn(II), Zeolit-A, Abu dasar batubara, Adsorpsi

### PENDAHULUAN

Batubara merupakan salah satu sumber energi terbesar untuk pembangkit listrik. Data menunjukkan bahwa 32,83% dari produksi listrik PLN dihasilkan oleh PLTU berbahan bakar batubara dengan kapasitas terpasang 4.790 MW dan daya lampu 5.910,97 MW [1]. Hal ini karena Indonesia mempunyai cadangan batubara yang sangat besar, yaitu sekitar 64.829 juta ton (pustaka). Peraturan Presiden RI No 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN) menyebutkan bahwa sampai tahun 2025 Indonesia masih akan mengandalkan bahan bakar batubara hingga mencapai diatas 33% [2]. Akan tetapi pemanfaatan batubara ini juga dapat menimbulkan masalah lingkungan. Salah satunya

adalah dihasilkannya limbah padat abu dalam jumlah besar, yaitu 1,66 juta ton abu pada tahun 2000 dan mencapai sekitar 2 juta ton abu pada tahun 2006 [2].

Limbah abu batubara berdasarkan PPRI No.18 th 1999 dengan kode limbah 223 dinyatakan sebagai limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) [3]. Oleh karena itu, perlu dicarikan upaya-upaya untuk mengolah dan memanfaatkannya. Karena abu dasar mengandung  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  yang tinggi (30-50%) [4], maka abu dasar dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan zeolit. Penelitian sebelumnya telah melakukan pembuatan zeolit dengan bahan abu dasar. cara hidrotermal langsung [4], dan hidrotermal dengan peleburan

[5]. Pada penelitian ini, metode pembuatan zeolit yang digunakan adalah hidrotermal dengan peleburan, karena metode ini menghasilkan zeolit dengan kemurnian lebih tinggi dibanding hidrotermal langsung.

Disisi lain, limbah industri pelapisan logam mengandung logam-logam berat yang perlu dilakukan pengolahannya. Berdasarkan penelitian Boricha [6], kandungan logam yang terdapat dalam limbah pelapisan logam yaitu Cu(II) 0,97 mg/l, dan Zn(II) 584 mg/l. Sciban M [7], melaporkan bahwa kandungan logam berat limbah pelapisan logam antara lain Cu 18,9 mg/l; Zn 76,3 mg/l; Cd 8,52 mg/l dan range pH 7,89. Sze,K.F [8] juga melaporkan kandungan logam Cu(II) dan Zn(II) dalam limbah pelapisan logam yang mencapai masing-masing 30 mg/l dan 250 mg/l. Dari data tersebut terlihat bahwa ion logam Cu(II) dan Zn(II) hampir selalu terkandung didalam limbah industri pelapisan logam dan konsentrasi ion logam tersebut cukup tinggi. Disisi lain, ion logam Cu(II) dan Zn(II) berbahaya bagi kesehatan manusia maupun bagi lingkungan. Oleh karena itu, perlu penanganan untuk menurunkan atau menghilangkan ion-ion logam tersebut.

Zeolit adalah bahan yang dapat dimanfaatkan untuk menurunkan kandungan ion logam. Beberapa penelitian sebelumnya telah melaporkan, yaitu Ouki dan Kavannagh [9] yang mempelajari kemampuan zeolit alam (Clinoptilolit dan chabazite) dalam menghilangkan campuran logam ( $Pb^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Ni^{2+}$ , dan  $Co^{2+}$ ) pada konsentrasi 1-30 mg/l. Panayotova dan Velikov [10] menemukan bahwa kinetika reaksi *pseudo-first-order* dapat menjelaskan penghilangan beberapa ion logam seperti  $Pb^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ , dan  $Ni^{2+}$  dengan menggunakan zeolit alam pada konsentrasi 50 mg/l. Alvares-Ayuzo, dkk [11] mempelajari penyerapan ion logam  $Cd^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Cr^{3+}$ , dan  $Ni^{2+}$

menggunakan zeolit alam dan zeolit sintesis (NaP1). Mereka menemukan bahwa kapasitas penyerapan zeolit sintesis 10 kali lebih besar daripada zeolit alam. Hui, dkk [12] mempelajari penghilangan campuran ion logam berat secara simultan menggunakan zeolit 4A pada konsentrasi 50-300 mg/l, pH 3. Ternyata, ion  $Ni^{2+}$  kinetika penyerapannya dapat dijelaskan menggunakan model *pseudo-first-order* sedangkan ion  $Cu^{2+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Zn^{2+}$ , dan  $Co^{2+}$  dapat dijelaskan menggunakan model *pseudo-second-order*. Wang Chunfeng, dkk [13] juga meneliti kemampuan zeolit sintesis (A dan X) sebagai adsorben limbah logam berat ( $Cu^{2+}$  dan  $Zn^{2+}$ ) pada konsentrasi 300 mg/l, pH 3. Mereka menemukan bahwa ternyata zeolit A lebih efektif menghilangkan ion logam  $Cu^{2+}$  dan  $Zn^{2+}$  daripada zeolit X, dan diperoleh kapasitas adsorpsi ion  $Cu^{2+} > Zn^{2+}$ .

Berdasarkan uraian diatas tentang perlunya pemanfaatan abu dasar dan masalah limbah logam berat dari industri pelapisan logam, maka pada penelitian ini diteliti adsorpsi campuran ion logam berat Cu(II) dan Zn(II) secara simultan menggunakan adsorben zeolit A yang disintesis dari abu dasar.

## PROSEDUR PERCOBAAN

Prosedur penelitian meliputi identifikasi sintesis zeolit, adsorpsi terhadap campuran ion logam Cu(II) dan Zn(II) dalam larutan sintesis.

### Sintesis zeolit A dari abu dasar

Abu dasar batubara dan NaOH yang sudah digerus dicampurkan dengan perbandingan massa NaOH : Abu dasar = 1:2 ke dalam krusibel *stainles steel*. Campuran kemudian dipanaskan pada suhu 750 °C selama 1 jam dalam *muffle furnace*. Setelah itu, peleburan campuran didinginkan, digerus dan dibuat suspensi serta diperam, diambil ekstrak supernatannya sebagai larutan sumber Si dan Al. Kandungan Si, Al dan

Na terlarut pada ekstrak tersebut dianalisis dengan ICP-AES.

Ekstrak yang telah diketahui kandungan Si, Al dan Na-nya kemudian dibuat *slurry* secara stokiometri antara NaOH, bubuk NaAlO<sub>2</sub> dan air deionisasi hingga terbentuk perbandingan komposisi rasio molar 3,165 Na<sub>2</sub>O : Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : 1,926 SiO<sub>2</sub> : 128 H<sub>2</sub>O kemudian dilakukan reaksi hidrotermal. Selanjutnya larutan disaring dan endapan dicuci dengan air destilat hingga filtrat pH 10. Sampel kemudian dihidrotermal pada kondisi optimum berdasarkan hasil yang dilaporkan oleh Yanti [5].

### Karakterisasi padatan hasil sintesis

Padatan hasil sintesis dikarakterisasi dengan metode difraksi sinar-X (XRD) untuk identifikasi kristalinitasnya. Untuk menentukan struktur mikroskala dan morfologi zeolit sintesis dengan *Scanning Electron Microscopy X-Ray Diffraction* SEM tipe JSM-6360 LA.

### Studi adsorpsi

#### • Kinetika Adsorpsi

0,5 g zeolit dikontakkan dengan 100 ml larutan campuran ion logam Cu(II) dan Zn(II) (50 mg/l) pada pH 4. Larutan diaduk dengan kecepatan 300 rpm pada variasi waktu 15 - 480 menit dan suhu ruang. Larutan kemudian disaring hingga jernih. Filtrat yang diperoleh dibuat menjadi pH 3 dengan penambahan HNO<sub>3</sub> 2% untuk menghindari terjadinya pengendapan. Konsentrasi ion logam Cu(II) dan Zn(II) yang tidak teradsorpsi diukur menggunakan AAS.

#### • Isoterm adsorpsi

Untuk penentuan isoterm adsorpsi dilakukan eksperimen yang sama seperti pada kinetika adsorpsi dengan parameter konsentrasi yang divariasikan pada 50-300 mg/l dan pH 4 selama 360 menit. Kapasitas adsorpsi dihitung menggunakan persamaan:

$$q_e = \frac{C_0 - C_t}{m} \times V \quad (1)$$

C<sub>0</sub> adalah konsentrasi awal larutan (mg/l), C<sub>e</sub> adalah konsentrasi pada saat kesetimbangan (mg/l), m adalah massa adsorben (g), dan V adalah volume larutan (l). Serapan maksimum dapat dihitung dengan persamaan:

$$\% \text{ adsorpsi} = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100\% \quad (2)$$

#### • Penentuan pH Optimum

Untuk menentukan pH optimum larutan terhadap proses adsorpsi campuran ion logam Cu(II) dan Zn(II), maka sebanyak 0,5 g zeolit A ditambahkan kedalam 100 ml larutan dengan masing-masing konsentrasi 50 mg/l dengan variasi pH 3-6. Larutan diaduk dengan kecepatan 300 rpm selama 6 jam pada suhu ruang dan disaring serta dianalisa dengan cara seperti diatas.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakterisasi adsorben

Dari pola XRD pada Gambar 1 diidentifikasi bahwa zeolit yang dihasilkan adalah zeolit A (PDF no 39-0222). Zeolit A ini juga dianalisis menggunakan SEM untuk mengetahui morfologinya dan dapat dilihat pada Gambar 2. Dari gambar tersebut menunjukkan bahwa zeolit hasil sintesis merupakan zeolit A [Na<sub>96</sub>(AlO<sub>2</sub>)<sub>96</sub>(SiO<sub>2</sub>)<sub>96</sub>.216H<sub>2</sub>O] yang berbentuk kubik.

### Kinetika Adsorpsi

Data kinetika dalam penelitian ini dianalisa dengan model orde 1 semu, orde dua semu, Bangham, Difusi intra partikel, dan kinetika Elovich

#### Orde satu semu

Persamaan umum dinyatakan sebagai:

$$\text{Log}(q_e - q_t) = \text{Log}(q_e) - \frac{k_1 t}{2.303} \quad (1)$$

- $q_e$  dan  $q_t$  adalah jumlah ion logam teradsorpsi pada adsorben (mg/l) pada kesetimbangan dan waktu  $t$ .
- $k_1$  adalah orde pertama ( $\text{min}^{-1}$ ).

*Orde dua semu*

Persamaan laju kinetika untuk orde dua semu dinyatakan sebagai berikut:

$$\frac{dq_t}{dt} = k_s (q_e - q_t)^2 \quad (2)$$

- $k_s$  adalah konstanta laju orde dua (g/mg.min).
- jika  $q_e = 0$  pada  $t = 0$  dan  $q_t = q_e$  pada  $t = t$ , maka persamaan liniernya dapat diperoleh sebagai berikut:

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_s q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \quad (3)$$

*Kinetika Adsorpsi Bangham*

Persamaan Bangham digunakan untuk mempelajari tahap waktu terjadinya sistem adsorpsi dan persamaannya digambarkan sebagai berikut

$$\log \log \left[ \frac{C_o}{C_o - q_t} \right] = \log \left[ \frac{k_o m}{2.303V} \right] + \alpha \log t \quad (4)$$

$C_o$  adalah konsentrasi awal adsorbat dalam larutan (mg/L),  $V$  adalah volume larutan (mL),  $m$  adalah berat adsorben per liter larutan (g/L),  $q_t$  (mg/g) adalah jumlah adsorbat yang tertinggal pada waktu  $t$ , dan  $\alpha$  ( $<1$ ) dan  $k_o$  adalah tetap/konstan [14].

*Difusi intra partikel*

Rumus model intra-partikel dinyatakan sebagai berikut

$$q_t = k_{id} t^{1/2} + C \quad (5)$$

dimana  $k_{id}$  adalah konstanta laju difusi intra-partikel. Sebuah plot  $q_t$  versus  $t^{1/2}$  akan didapatkan garis lurus dengan slope  $k_{id}$  dan intersep  $C$  ketika mekanisme adsorpsi mengikuti proses difusi intra-partikel. Nilai intersep

menandakan tentang ketebalan dari batas lapisan yaitu luas intersep terbesar adalah efek batas lapisan.

*Kinetika adsorpsi Elovich*

Model kinetika yang kelima yaitu Elovich. Persamaan Elovich berasumsi bahwa permukaan padat sesungguhnya adalah sepenuhnya heterogen. Persamaan Elovich ini berdasarkan kapasitas adsorpsi dan untuk menentukan kinetika penyerapan secara kimia dari fasa gas pada permukaan heterogen. Persamaan Elovich dapat dinyatakan sebagai

$$\frac{dq_t}{dt} = \alpha e^{-\beta q_t} \quad (6)$$

Integrasi persamaan diatas dan penggunaan kondisi awal  $q_t = 0$  pada  $t = 0$  dan  $q_t = q_t$ , akan kita peroleh model Elovich

$$q_t = (1/\beta) \ln(\alpha\beta) + (1/\beta) \ln t \quad (7)$$

$\alpha$  adalah laju adsorpsi awal (mg/(g min)) dan parameter  $\beta$  berhubungan dengan luas permukaan yang tertutup dan energi aktivasi(g/mg).

Hasil analisa dari beberapa model kinetika adsorpsi dirangkum pada Tabel 1. Dari data Tabel 1 dapat diketahui bahwa adsorpsi ion logam Cu(II) dan Zn(II) secara simultan menggunakan zeolit A mengikuti model orde dua semu. Hal ini disimpulkan berdasarkan nilai  $R^2$  yang mendekati satu, dimana nilai  $R$  ini merupakan nilai koefisien korelasi dari grafik. Nilai  $R$  semakin mendekati satu memiliki data yang linier.

**Isoterm Adsorpsi**

Isoterm adsorpsi dapat digunakan untuk mengetahui interaksi antara larutan dengan adsorben dan kemampuan optimum yang dapat dicapai oleh adsorben. Isoterm adsorpsi merupakan parameter yang sangat penting dalam adsorpsi karena ikut berperan dalam menentukan

kondisi maksimum untuk menghasilkan adsorpsi yang optimal.

Model isoterm adsorpsi Langmuir mengasumsikan bahwa penyerapan mengambil pada tempat spesifik yang homogen dalam adsorben dan distribusi yang seragam dari tempat adsorpsi energetik. Akibatnya, sekali molekul adsorbat menempati tempat, tidak ada lagi penyerapan yang dapat terjadi pada tempat tersebut [14]. Oleh karena itu, model Langmuir valid untuk adsorpsi monolayer pada permukaan dengan jumlah terbatas pada tempat yang sama. Parameter Langmuir ditentukan dengan rumus berikut

$$q = \frac{q_{\max} K C_e}{1 + K C_e} \quad (8)$$

$q_{\max}$  (mg/L) dan  $K$  (L/mg) adalah kapasitas monolayer yang dicapai pada konsentrasi tinggi dan konstanta kesetimbangan, berturut-turut.  $C_e$  adalah konsentrasi kesetimbangan dalam larutan (mg/L) dan  $q$  menunjukkan jumlah yang diserap pada kesetimbangan (mg/g).

Selanjutnya model Freundlich menganggap permukaan heterogen dengan distribusi panas adsorpsi yang tidak seragam pada permukaan. Parameter Freundlich ditentukan dengan rumus:

$$q = K_F C_e^{\frac{1}{n}} \quad (9)$$

$K_F$  dan  $1/n$  menunjukkan faktor kapasitas Freundlich dan parameter intensitas Freundlich, berturut-turut.  $C_e$  adalah konsentrasi kesetimbangan dalam larutan (mg/L) dan  $q$  menunjukkan jumlah yang diserap pada kesetimbangan (mg/g).

$$\log q = \log K_F + \frac{1}{n} \log C_e \quad (10)$$

Pada penelitian ini model isoterm adsorpsi diperoleh dari pengolahan data variasi konsentrasi awal larutan Cu(II) dan Zn (II) yang diadsorpsi secara simultan menggunakan adsorben

zeolit A yang disintesis dari abu dasar batu bara yang telah disiapkan sebelumnya.

Dari data hasil variasi konsentrasi dan variasi waktu (Gambar 3 dan 4) maka dapat ditentukan data model isoterm adsorpsinya. Hal ini untuk mengetahui model isoterm dan untuk mengetahui jenis adsorpsi yang terjadi. Setelah mengetahui jenis adsorpsi yang terjadi maka dapat diketahui ikatan yang terjadi. Data ini sangat bermanfaat untuk mengetahui apakah adsorben yang digunakan dapat diregenerasi ulang atau tidak. Data isoterm dalam penelitian ini dianalisis dengan model Langmuir dan Freundlich. Nilai parameter adsorpsi isoterm dari dua model dirangkum dalam Tabel 2.

Dari data Tabel 2 dapat diketahui bahwa adsorpsi ion logam Cu(II) dan Zn(II) secara simultan mengikuti model Langmuir Selain itu kapasitas serapan kesetimbangan,  $q_m$ , yang diperoleh untuk Cu(II) sebesar 9,009 mg/g sedangkan untuk Zn(II) sebesar 17,241 mg/g atau Zn(II) > Cu(II). Berbeda dengan hasil yang dilaporkan oleh Hui [12] bahwa kapasitas serapan Cu(II) > Zn(II) dengan adsorben zeolit 4A yang disintesis dari abu layang. Zeolit secara umum merupakan asam lemah yang berada dalam bentuk penukar ion. Oleh karena itu, ion Na selektif terhadap Hidrogen ( $R-Na + H_2O \rightarrow RH + Na^+ + OH^-$ ). Jika proses tukar ion terjadi pada pH tinggi maka akan terjadi pengendapan logam hidroksida. Struktur zeolit A mempunyai diameter pori 4,2 Å [14]. Secara umum, faktor yang menghambat penyerapan ion logam oleh zeolit adalah ukuran ion terhidrat. Jika ukuran ion terhidrat lebih besar dari diameter pori, maka spesies mungkin akan *excluded* atau beberapa air terhidrat harus dihilangkan terlebih dahulu agar dapat masuk kedalam pori. Urutan selektifitas ion terhidrat adalah sebagai berikut:  $Cu^{2+} > Co^{2+} > Zn^{2+}$ . Faktor lain yang menghambat penyerapan adalah energi bebas hidrasi. Logam dengan

energi bebas hidrasi tinggi akan tetap tinggal dalam larutan. Jadi menurut energi hidrasi, urutan selektifitas adalah  $Zn^{2+} > Ni^{2+} > Cu^{2+}$ . Akan tetapi keduanya, ukuran ion terhidrat dan energi bebas hidrasi, tidak dapat menjelaskan dengan baik selektifitas serapan ion.

Beberapa urutan selektifitas yang telah dilaporkan untuk adsorpsi ion logam secara simultan menggunakan zeolit alam:

$Pb^{2+} > Cu^{2+} > Cd^{2+} > Zn^{2+} > Cr^{3+} > Co^{2+} > Ni^{2+}$  [9],  
 $Pb^{2+} > Cr^{3+} > Fe^{3+} > Cu^{2+}$  [16],  $Pb^{2+} > Fe^{3+} > Cu^{2+} > Cr^{3+}$  [17].

Zeolit NaP1:  $Ba^{2+} > Cu^{2+} > Cd^{2+} \approx Zn^{2+} > Co^{2+} > Ni^{2+}$  [18] dan  $Cr^{3+} > Cu^{2+} > Zn^{2+} > Cd^{2+} > Ni^{2+}$  [19].

Perbedaan yang ditemukan dianggap terjadi akibat adanya sifat spesifik dari adsorben dan teknik eksperimen yang berbeda.

### Pengaruh pH

pH larutan merupakan faktor penting yang dapat mempengaruhi adsorpsi dan proses pertukaran ion. Pada umumnya penghilangan logam meningkat dengan naiknya pH. Gambar 5 menunjukkan pengaruh pH terhadap kinerja zeolit A pada pH 3-6 dengan konsentrasi awal Cu(II) dan Zn(II) 50 mg/L. Efisiensi penghilangan Cu(II) dan Zn(II) dengan menggunakan zeolit A dari pH 3-6, ternyata yang paling efektif pada pH 4. Hal ini serupa dengan yang diteliti oleh Hui [18] yang menggunakan zeolit hasil sintesis dari abu dasar. Jadi pH 4 ditetapkan sebagai pH optimum untuk adsorpsi logam Cu(II) dan Zn(II) oleh adsorben zeolit A dengan kapasitas adsorpsi untuk ion Cu(II) sebesar 9,92 mg/g dan ion logam Zn(II) sebesar 9,83 mg/g.

Hasil pengolahan data untuk kinetika dan isoterm adsorpsi menunjukkan bahwa kinetika adsorpsi ion Cu(II) dan Zn(II) secara simultan pada zeolit A mengikuti model orde dua semu,

sedangkan adsorpsi isotermnya mengikuti model Langmuir.

## KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa zeolit A yang disintesis dari abu dasar batubara adalah adsorben yang efektif dalam menghilangkan campuran ion logam Cu(II) dan Zn(II). Urutan selektivitas dari ion logam oleh adsorben bergantung pada sistem kerja, dan terutama bergantung pada konsentrasi awal ion logam dan pH awal larutan. Kinetika adsorpsinya baik dijelaskan dengan model orde dua semu, dan isoterm adsorpsinya oleh model langmuir.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada DIKTI yang telah mendukung penelitian dalam program Hibah Pasca, Laboratorium Energi dan Rekayasa Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya atas dukungan fasilitas yang diperlukan dalam penelitian ini, serta PT IPMOMI Paiton sebagai penyedia abu dasar batubara. .

## DAFTAR RUJUKAN

- [1] Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara. [www.tekmira.esdm.go.id](http://www.tekmira.esdm.go.id)
- [2] PPRI No. 5 .2006.KEBIJAKAN ENERGI NASIONAL. <http://www.bpkp.go.id>
- [3] Peraturan Pemerintah No. 85. 1999. Presiden Republik Indonesia, Jakarta
- [4] Nikmah, Syukuri. 2009. Tesis Jurusan Kimia ITS
- [5] Yanti, Yuli. 2009. Tesis Jurusan Kimia ITS
- [6] Boricha, Alka G. 2008. J. of Separation and Purification Technology, hal .8
- [7] Sciban, Marina, Bogdanka. 2006. Journal of Bioresource Technology, hal 402-409
- [8] Sze,K.F, Y.J. Lu, P.K. Wong . 1996. Journal of resources, conservation recycling, hal.175-193

[9] Ouki, S.K., dan Kavannagh. M. 1997. Waste management and research. Vol. 15, hal 383-394

[10] Panayatova, M., dan Velikov, B. 2003. Journal Environment Science Health. Vol. 38, hal 545-554

[11] Alfarez-ayuzo, E., Garcia-sanches, A., Geurol, A. 2003. Water research. Vol. 37, hal 4855-4862

[12] Hui, K.S., Chao, C.Y.H., Kot, S.C. 2005. J. of hazardous. Vol. 127, hal 89-101

[13] Wang, C.F., Li, J.S., Wang, L.J. dan Sun, X.Y. 2008. J. of Environmental Sciences. Vol 21, hal 127–136

[14] Widiastuti, N., Wu, H., Ang, H.M., Zhang, D. 2008. J. Desalination 218 : 271–280.

[15] Wang, C.F., Li, J.S., Wang, L.J. dan Sun, X.Y. 2008. J. of Environmental Sciences. Vol 21, hal 127–136

[16] Inglezakis, V.J., Loizidou, M.D et all. 2002. Water. Vol. 36, hal 2784-2792

[17] Inglezakis, V.J., Loizidou, M.D et all. 2003. J. Colloid Interface Sci. Vol. 261, hal 49-54

**Nama Penanya** : J.S. Sukarjo

**Nama Pemakalah** : Munifah

**Pertanyaan :**

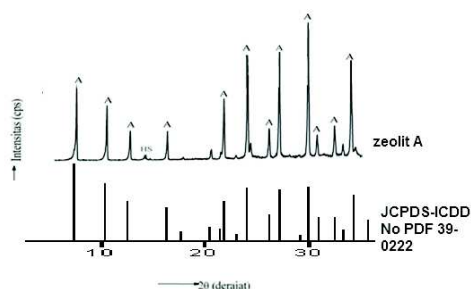
1. Pembuatan zeolit A, Mengapa harus membuat zeolit A padahal di dalam ada?
2. Ditinjau dari biaya mahal, bagaimana pendapat anda?

**Jawaban :**

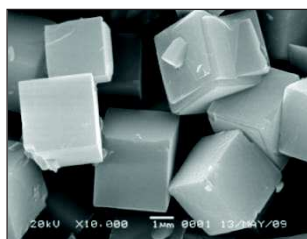
1. Hal ini didasarkan pada bagaimana mencari pemecah masalah limbah abu dasar yang lebih efisien dan efektif, karena abu dasar jika dibiarkan akan semakin menumpuk dan ini bahaya bagi lingkungan dan manusia, dikuatkan oleh PPRI No.18 1990 limbah abu dasar termasuk dalam limbah B3.
2. Pembuatan zeolit A dari abu dasar tidak memerlukan biaya yang cukup besar/mahal dan metode yang digunakan juga relative mudah. Sehingga jika ditinjau dari biaya dan waktu tidak ada masalah.

## TANYA JAWAB

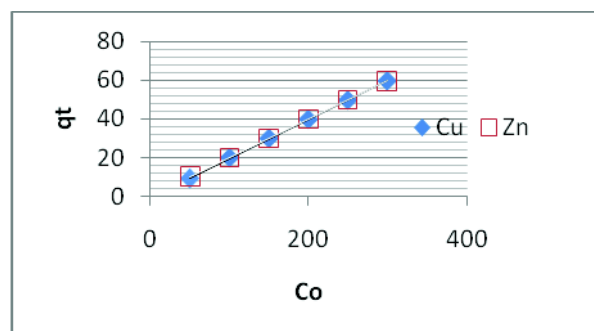
## LAMPIRAN



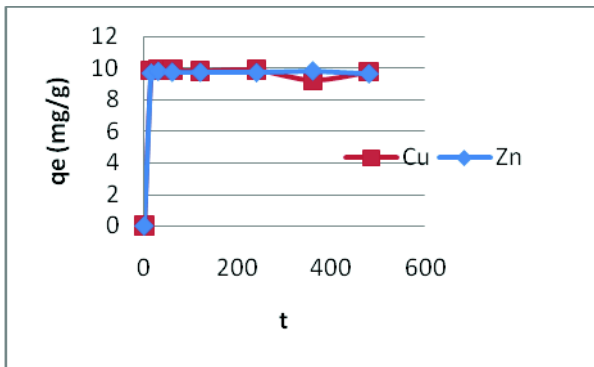
**Gambar 1** Difraktogram XRD dari Zeolit A hasil sintesis dari abu dasar batubara PT IPMOMI Paiton dengan data PDF no 39-0222



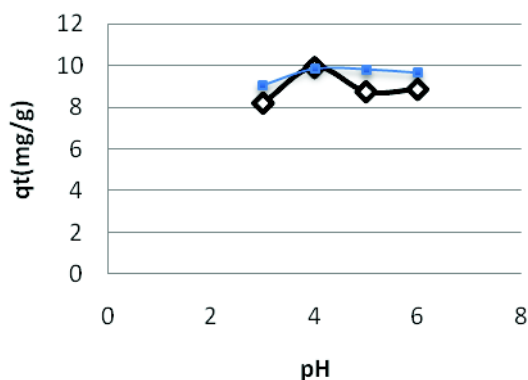
**Gambar 2** Mikrograf SEM hasil sintesis zeolit A (suhu 100 °C selama 12 jam hidrotermal).



**Gambar 3** Hubungan konsentrasi awal (mg/l) dengan kapasitas adsorpsi,  $q_e$  (mg/g) dengan jumlah adsorben 0,5 gram, volume 100 ml, waktu 6 jam, suhu 25°C dan pH 6



**Gambar 4** Hubungan waktu (menit) dengan kapasitas adsorpsi,  $q_e$  (mg/g) dengan jumlah adsorben 0,5 gram, volume 100 ml, waktu 6 jam, suhu  $25^{\circ}\text{C}$  dan pH 6



**Gambar 5** Hubungan pH dengan kapasitas adsorpsi,  $q_e$  (mg/g) dengan jumlah adsorben 0,5 gram, volume 100 ml, waktu 6 jam, suhu  $27^{\circ}\text{C}$  dan konsentrasi awal 50 mg/l

**Tabel 1.** Ringkasan dari perhitungan kinetika adsorpsi

Orde satu semu			
Ion Logam	$k_f$ ( $\text{min}^{-1}$ )	$q_e$ (mg/g)	$R^2$
Cu(II)	0,001	2,927	0,460

Zn(II)	0,007	20,989	0,006	
Orde dua semu				
Ion Logam	$h$ (mg/g min)	$q_e$ (mg/g)	$R^2$	$K_s$ (g/(mg min))
Cu(II)	14,92537	9,8039	0,999	0,155284
Zn(II)	18,51852	9,7087	0,999	0,196463
Bangham				
Ion Logam	$k_0$	$\alpha$	$R^2$	
Cu(II)				
Zn(II)				
Difusi intra partikel				
Ion Logam	$k_{id}$	$C$	$R^2$	
Cu(II)	0,030	10,07	0,518	
Zn(II)	0,003	9,716	0,177	
Elovich				
Ion Logam	$\alpha$	$\beta$	$R^2$	
Cu(II)	14,719	8,064	0,368	
Zn(II)	8959,3	62,5	0,154	

**Tabel 2.** Ringkasan dari perhitungan isoterm adsorpsi

Model isotherm		Parameter	
Langmuir			
Ion Logam	$K$	$q_m$	$R^2$
Cu(II)	-1,40506	9,009	0,970
Zn(II)	-0,42647	17,241	0,973
Freundlich			
Ion Logam	$K$	$1/n$	$R^2$
Cu(II)	0,75343	3,480	0,963
Zn(II)	0,41447	2,003	0,880