

ADSORPSI Cu(II) PADA ZEOLIT A YANG DISINTESIS DARI ABU DASAR BATUBARA PT IPMOMI PAITON

Nurul Faradilah Said* dan Nurul Widiastuti

Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Email: nurul_widiastuti@chem.its.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan abu dasar batubara dengan merubahnya menjadi zeolit A yang digunakan sebagai penyerap ion logam Cu(II). Zeolit A dibuat dari abu dasar menggunakan metode peleburan alkali diikuti dengan proses hidrotermal. Suhu peleburan alkali dilakukan pada 750 °C selama 12 jam dan proses hidrotermal pada 100 °C dengan perbandingan molar SiO₂/Al₂O₃ 1,9. Hasil analisis XRD menunjukkan bahwa zeolit yang terbentuk adalah zeolit A. Zeolit A yang dihasilkan diuji kemampuan adsorpsinya terhadap ion logam Cu(II). Dalam pengujian ini dilakukan variasi beberapa parameter yang mempengaruhi yaitu waktu, konsentrasi, pH dan suhu. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa zeolit A mampu mengadsorpsi Cu(II) hingga 83,35% dengan konsentrasi Cu(II) 50 mg/l pada pH 8 selama 360 menit. Pada penelitian ini, dipelajari beberapa aspek proses adsorpsi yaitu kinetika adsorpsi dan isotherm adsorpsi. Hasil yang diperoleh mengindikasikan bahwa kinetika adsorpsi Cu(II) pada zeolit A mengikuti model orde satu semu, sedangkan adsorpsi isotherm mengikuti model Freundlich.

Kata kunci: Abu dasar, adsorpsi

ABSTRACT

ADSORPTION OF Cu(II) ON ZEOLITE A SYNTHESIZED FROM COAL BOTTOM ASH OF PT. IPMOMI PAITON. The study aimed to utilizing coal bottom-ash into zeolite A that was used as absorber metal ion of Cu(II). Zeolite A is made from bottom-ash using alkali fusion followed by hydrothermal processes. Melting temperature of Alkali conducted at 750°C during 12 h hours and hydrothermal processes at 100°C with molar ratio of SiO₂/Al₂O₃ 1,9. The result XRD showed that zeolite was formed is zeolite A. Product of Zeolite A was examined the ability of adsorption metal ions of Cu (II). In this test conducted several parameter variations that influences are period, concentration, pH, and temperature. The result showed that zeolite A can adsorbing Cu(II) up to 83,35% with the concentration of Cu(II) 50mg/l at pH 8 for 360 minutes. This study was learning some aspects of adsorption process were kinetic adsorption and isothermal adsorption. The result indicate that the kinetics adsorption of Cu(II) at zeolit A was following model of pseudo-first order, while isothermal adsorption is following model of Freundlich.

Keywords: Bottom-ash, adsorption

PENDAHULUAN

Batubara merupakan bahan bakar potensial untuk Indonesia, namun penggunaan batubara sebagai sumber energi ini menghasilkan limbah abu yang bermasalah. Limbah abu tersebut dikenal dengan abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*). Dibandingkan dengan abu terbang, abu dasar ini masih belum banyak dimanfaatkan, salah satu alasannya adalah karena komposisi kimianya. Komponen terbesar dari kandungan abu dasar yaitu oksida-oksida silikon, alumunium, besi dan kalsium. Komponen kimia dari abu dasar sebagian besar berfasa amorf, yaitu sekitar 66% sampai 88% berat. Sementara itu, fasa kristalin utama adalah silika (SiO₂) dan

alumina (Al₂O₃). Dengan komposisi kandungan tersebut, abu dasar memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai dasar pembuatan zeolit yang banyak digunakan sebagai penyaring molekul (*molecular sieve*), penyerap kation serta katalis.

Sintesis zeolit dari beberapa bahan abu yang mengandung Si dan Al telah banyak dilakukan sebelumnya (Hollman dkk, 1999, Hui dan Chao, 2006, Molina dan Poole, 2004, Chandrasekar dkk, 2006). Penelitian terdahulu dari kelompok kami, telah mempelajari beberapa metoda dan variabel yang mempengaruhi pembentukan zeolit (Yanti dkk, 2009, Nikmah dkk, 2009). Salah satu dari metode tersebut yang berhasil

menghasilkan zeolit A dengan kemurnian tinggi adalah metode peleburan alkali yang diikuti dengan hidrotermal. Oleh karena itu, pada penelitian ini dipilihlah metode tersebut untuk mensintesis zeolite A dari abu dasar.

Disisi lain, teknologi pelapisan logam meningkat sangat pesat karena diperlukan untuk melindungi produk perkaratan yang biasanya terjadi sangat cepat didaerah beriklim lembab seperti Indonesia. Namun demikian, teknologi pelapisan logam ini menghasilkan limbah yang memerlukan perhatian serius bila dibuang secara langsung. Limbah pada hasil proses pelapisan logam ini berwarna hijau kebiruan yang mengandung senyawa logam. Alternatif pemanfaatan limbah pelapisan logam ini antara lain dapat dilakukan dengan menyerap logam-logam tersebut menggunakan zeolit.

Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan abu dasar sebagai bahan untuk membuat zeolit A yang akan digunakan sebagai penyerap logam berat Cu(II). Zeolit A dibuat dari abu dasar menggunakan metode peleburan alkali diikuti dengan proses hidrotermal. Dalam pengujian ini dilakukan variasi beberapa parameter yang mempengaruhi yaitu waktu, konsentrasi dan pH.

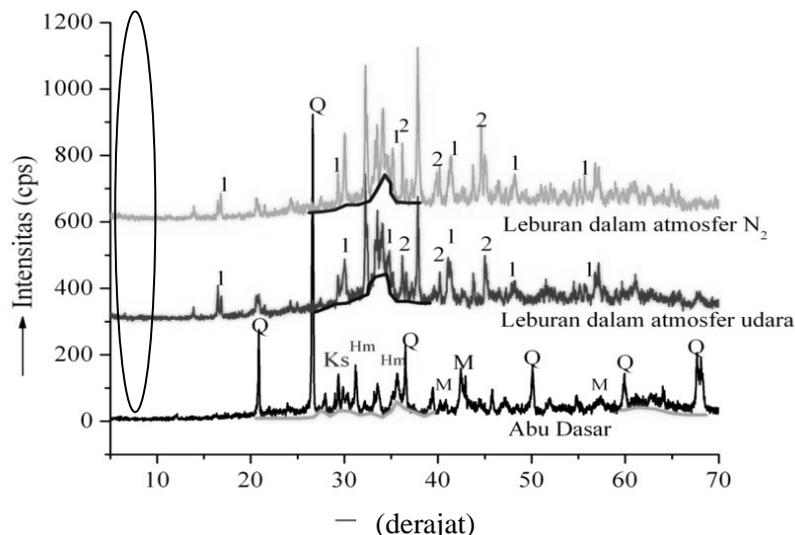
TINJAUAN PUSTAKA

Pembuatan Zeolit A Dari Abu Dasar

Penelitian pembuatan zeolit A dari abu dasar dengan beberapa metoda telah dilakukan sebelumnya. Salah satu metoda yang menghasilkan zeolit A murni adalah metoda peleburan yang diikuti hidrotermal (Yanti, 2009). Pada penelitian tersebut dilakukan dua keadaan yaitu dalam atmosfer udara dan dalam atmosfer N₂. Hasil yang diperoleh dianalisa menggunakan XRD. Gambar 1 merupakan difraktogram bahan awal (abu dasar) dan padatan leburan hasil peleburan dalam atmosfer udara dan dalam atmosfer N₂.

Kedua padatan leburan menunjukkan pola difraksi yang sama yaitu adanya garam natrium silikat dan natrium aluminasilikat. Dengan demikian, peleburan baik dalam atmosfer udara maupun dalam atmosfer N₂ menghasilkan produk yang sama.

Perbedaan padatan yang didapat pada peleburan abu dasar dalam atmosfer udara dan atmosfer N₂ hanyalah pada kandungan karbon yang masih dapat dipertahankan pada



Gambar 1. Difraktogram Padatan Hasil Peleburan Abu Dasar pada Atmosfir Udara dan Atmosfir N₂ (Suhu 750°C selama 1 Jam) (1 = Natrium Silikat, 2= Natrium Alumina Silikat, Q = Kuarsa; M = Mullit; Hm = Hematite ; Ks = Calsite)

peleburan yang dilakukan dalam atmosfer N₂ yaitu 2,31% (Yanti, 2009). Karena pada penelitian ini, zeolit akan dimanfaatkan sebagai bahan adsorben untuk Cu(II), maka dipilihlah metode peleburan dalam atmosfer udara. Dari sisi ekonomis metode ini lebih murah dan untuk aplikasi tersebut, tidak diperlukan adanya kandungan karbon yang harus dipertahankan karena karena adsorpsi Cu(II) pada zeolit mengikuti mekanisme pertukaran ion.

Ekstrak leburan kemudian dipergunakan dalam pembuatan gel. Rasio molar SiO₂/Al₂O₃ gel dikontrol melalui penambahan sumber Al. Penambahan Al diperlukan untuk memperkecil rasio molar gel karena kelarutan Al dalam ekstrak leburan lebih kecil dari kelarutan Si, sehingga ekstrak leburan memiliki rasio molar SiO₂/Al₂O₃ besar yaitu 34,48. Preparasi gel untuk sintesis zeolit A pada penelitian ini diatur pada rasio molar gel SiO₂/Al₂O₃ 1,926 dimana rasio molar 1,926 merupakan kondisi yang sesuai untuk sintesis zeolit A.

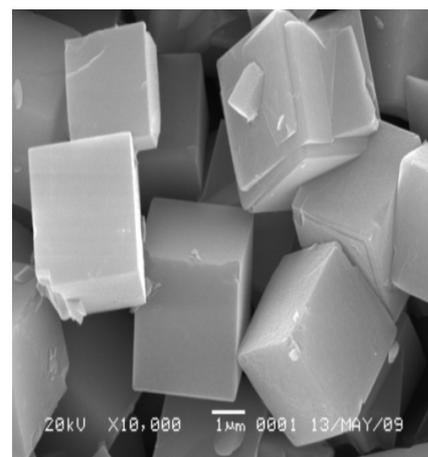
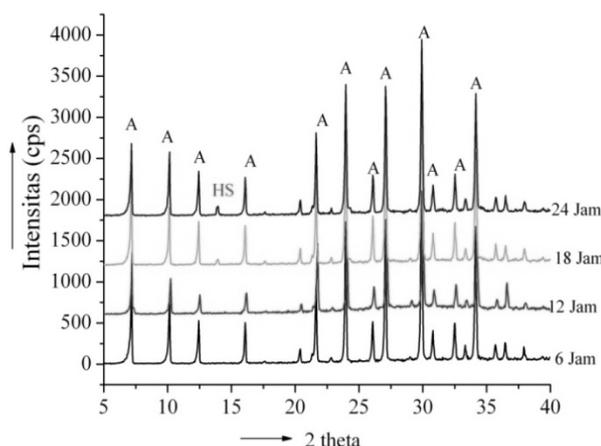
Proses pembentukan zeolit dari prekursor zeolit hasil leburan abu dasar-alkali dilakukan secara hidrotermal dalam otoklaf *stainless steel* pada suhu 100°C. Perlakuan hidrotermal dilakukan pada suhu 100 °C. Menurut Barrer (1982) zeolit dengan rasio Si/Al rendah hanya dapat terbentuk pada

kisaran suhu 100 °C. Yanti (2009) juga melakukan penelitian tentang pengaruh waktu hidrotermal yang divariasi 6, 12, 18 dan 24 jam untuk mempelajari kristalinitas dan KTK zeolit yang terbentuk.

Nilai KTK dari zeolit A meningkat dari 53,21 meq/100g pada abu dasar menjadi 347,83 meq/100 g. Nilai KTK zeolit A tidak terlalu berbeda pada waktu reaksi 6 sampai 24 jam yakni pada kisaran 306,91 sampai 347,83 meq/100g, namun KTK tertinggi 347,83 meq/100 g pada waktu reaksi hidrotermal 12 jam karena produk sintetis zeolit A memiliki kristalinitas tertinggi. Oleh karena itu, waktu reaksi hidrotermal selama 12 jam akan dilakukan dalam penelitian ini diambil pada waktu 12 jam yaitu pada hasil zeolit A dengan kristalinitas yang tinggi serta nilai KTK yang besar juga (Yanti, 2009).

Adsorpsi

Pada pengujian kemampuan zeolit A yang disintesis dari abu dasar ini dipelajari beberapa parameter yang mempengaruhi adsorpsi yaitu waktu, konsentrasi, pH. Aspek teoritis dalam adsorpsi juga dipelajari yang meliputi kinetika dan isoterm adsorpsi. Data adsorpsi dilaporkan dalam kapasitas adsorpsi



Gambar 2. Gambar Difraktogram Hasil Sintesis Zeolit A pada Suhu 100 °C selama 6, 12, 18 dan 24 Jam dan Hasil SEM Zeolit A pada Suhu 12 Jam

dan efisiensinya seperti yang ditunjukkan dalam persamaan (1) dan (2).

$$q = \frac{(C_o - C_e)V}{m} \quad (1)$$

$$\text{Efisiensi Penghilangan } (\%) = \frac{(C_o - C_e)}{C_o} \times 100\% \quad (2)$$

dimana, C_o adalah konsentrasi awal (mg/L), C_e konsentrasi kesetimbangan (mg/L), V adalah jumlah volume (L) dan m adalah massa.

Untuk analisa data kinetik digunakan beberapa model yaitu orde 1 semu, orde dua semu, Bangham, dan Elovich. Pertama, orde satu semu adalah persamaan yang biasa digunakan untuk menggambarkan adsorpsi (Englert & Rubio 2005; Panayotova 2001; Wang et al. 2005) dan ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\frac{dq_t}{dt} = k_f (q_e - q_t) \quad (3)$$

Persamaan (3) diintegrasikan pada kondisi batas $q_t = 0$ pada $t = 0$ dan $q_t = q_t$ pada $t = t$, jadi:

$$\ln(q_e - q_t) = \ln q_e - k_1 t \quad (4)$$

dimana q_t (mg/g) adalah jumlah adsorbat yang diserap pada waktu t (min), q_e (mg/g) adalah kapasitas adsorpsi kesetimbangan (mg/g), dan k adalah konstanta laju.

Model orde dua semu dapat dinyatakan dalam bentuk:

$$\frac{dq_t}{dt} = k_s (q_e - q_t)^2 \quad (5)$$

Integrasi pada kondisi batas $q_t = 0$ pada $t = 0$ dan $q_t = q_t$ pada $t = t$, diperoleh

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_s q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \quad (6)$$

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

$$\log \log \left[\frac{C_o}{C_o - q_t m} \right] = \log \left[\frac{k_o m}{2.303 V} \right] + \alpha \log t \quad (8)$$

dimana 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 α (< 1) dan k_o adalah tetap/konstan (Mall et al. 2006). Persamaan Elovich pada persamaan (10) (Thomas & Thomas 1997) berasumsi bahwa permukaan padat sesungguhnya adalah sepenuhnya heterogen.

$$\frac{dq_t}{dt} = \alpha e^{-\beta q_t} \quad (10)$$

Integrasi persamaan (10) pada kondisi awal $q_t = 0$ pada $t = 0$ dan $q_t = q_t$, diperoleh:

$$q_t = (1/\beta) \ln(\alpha\beta) + (1/\beta) \ln t \quad (11)$$

dimana α adalah laju adsorpsi awal (mg/(g min)) dan parameter β berhubungan dengan luas permukaan yang tertutup dan energi aktivasi (g/mg) (Gupta & Bhattacharyya 2006; Ozacar 2006).

Untuk menggambarkan kesetimbangan adsorpsi, beberapa persamaan isotherm seperti Langmuir, Freundlich dan model Tempkin digunakan. Model isotherm adsorpsi Langmuir (12) mengasumsikan bahwa penyerapan mengambil tempat yang homogen dalam adsorben dan distribusi yang seragam. Akibatnya, sesekali molekul adsorbat menempati tempat, tak ada lebih lagi penyerapan dapat mengambil tempat. Oleh karena itu, model Langmuir valid untuk adsorpsi monolayer pada permukaan dengan jumlah terbatas dari tempat yang sama.

$$q = \frac{q_{\max} K C_e}{1 + K C_e} \quad (12)$$

dimana 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) (Dursun et al. 2005; Mall et al. 2006; Zeng et al. 2004).

$$\frac{C_e}{q} = \frac{1}{Kq_{\max}} + \frac{1}{q_{\max}} C_e \quad (13)$$

Selanjutnya model Freundlich menganggap permukaan heterogen dengan distribusi yang tidak seragam dari panas dari adsorpsi diatas permukaan dan tempat ikatan tidak ekivalen dan atau bebas. Parameter Freundlich ditentukan dengan rumus:

$$q = K_F C_e^{\frac{1}{n}} \quad (14)$$

dimana 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).

$$\log q = \log K_F + \frac{1}{n} \log C_e \quad (15)$$

Model isotherm Tempkin menjelaskan tentang interaksi antara adsorben dengan adsorbennya. Model ini menganggap adsorpsi pada semua molekul pada permukaan akan menurun linier dengan jumlah interaksi antara adsorbat dan adsorben dan adsorpsinya dikarakterisasi dengan energi sampai energinya maksimum. Parameter Tempkin ditentukan dengan rumus:

$$q_e = \frac{RT}{b} \ln(K_t C_e) \quad (16)$$

Model liniernya yaitu:

$$q_e = B_1 \ln K_t + B_1 \ln C_e \quad (17)$$

METODE PENELITIAN

Sintesis Zeolit A dari Abu Dasar dengan Cara Peleburan

Proses peleburan dilakukan dengan cara menambahkan abu dasar yang telah bebas air dicampur dengan NaOH yang sudah digerus dengan perbandingan NaOH/abu dasar = 1,2 dalam *stainless steel krusibel* hingga rata dan di diamkan selama 30 menit. Campuran kemudian dipanaskan pada suhu 750°C selama 1 jam dalam *muffle furnace*.

Selanjutnya campuran didinginkan, digerus dan dibuat suspensi dengan penambahan 12 air deionisasi mL/g, campuran hasil peleburan diikuti oleh pengadukan dengan laju sekitar 600 rpm dan pemeraman (*aging*) selama 2 jam dalam botol polietilen pada suhu kamar. Selanjutnya, campuran ini disaring dan diambil ekstraknya sebagai supernatan sumber Si dan Al. Kandungan Si, Al, Na, Fe dan Ca terlarut pada ekstrak tersebut dianalisis dengan ICP-AES merk Fison 3410+. Supernatan yang telah diketahui kandungan Si, Al dan Na-nya selanjutnya dibuat *slurry* berkomporsi molar relatif Al₂O₃: 1,926 SiO₂ dengan penambahan larutan NaAlO₂-NaOH sebagai sumber Al untuk mengatur rasio molar Si/Al yang sesuai untuk sintesis zeolit A. Campuran (*slurry*) dan residu dimasukkan dalam autoklaf stainless steel yang tertutup rapat untuk kristalisasi hidrotermal pada suhu 100°C selama 12 jam. Setelah perlakuan hidrotermal, padatan hasil kristalisasi dipisahkan dari filtratnya, dicuci dengan air destilat sampai pH 9-10 dan dikeringkan pada suhu 105°C selama 24 jam kemudian ditimbang. Zeolit hasil sintesis dikarakterisasi dengan difraksi sinar-X (XRD).

Adsorpsi Cu(II) pada Zeolit A Hasil Sintesis

Untuk mempelajari efek waktu kontak dalam kinetik, laju penghilangan logam Cu oleh abu dasar dan zeolit A ditentukan untuk menentukan waktu optimum ketika terjadi kesetimbangan. Penentuan kesetimbangan dilakukan dengan mencampur larutan Cu 50 mg/l dengan zeolit A dengan rasio 0,5 gram/100 ml untuk variasi waktu 45menit- 24 jam pada 25°C. Untuk mempelajari efek dari konsentrasi awal dan adsorpsi isotherm, model batch digunakan dengan variasi konsentrasi 0,5- 50mg/l zeolit A /larutan 0,5 gram/ 100 ml. Efek pH juga dipelajari dengan variasi pH awal larutan dari 4-10 selama 6 jam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi kimia abu dasar yang digunakan dalam penelitian ini dianalisa menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF) dan kandungan fasa mineralnya menggunakan difraksi sinar-X (XRD) , Hasil pada Tabel 1. menunjukkan bahwa komponen kimia utama abu dasar adalah silikon (Si), aluminium (Al), besi (Fe) dan kalsium (Ca), sedangkan rasio berat Si/Al pada material awal sebesar 3,54 atau bila

dikonversi ke dalam rasio mol Si/Al sebesar 3,41.

Hasil XRD ditunjukkan pada Gambar 3. Komponen mineral abu dasar yang utama adalah mineral kuarsa (SiO_2) yang ditunjukkan oleh pola difraksi pada $2\theta = 20,87^\circ; 26,63^\circ; 36,52^\circ; 50,08^\circ; 59,92^\circ; 67,68^\circ; 68,12^\circ; 68,30^\circ$ (PDF 46-1045) dan mulit ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) pada $35,27^\circ; 40,80^\circ; 42,93^\circ; 57,56^\circ$ (PDF 15-0776). Fasa lain yang tampak yaitu *hematite* (Fe_2O_3) yang ditunjukkan oleh pola difraksi pada $31,12^\circ; 35,65^\circ$ (PDF 24-0072) dan kalsit (CaCO_3) dengan PDF(47-1743) pada $29,33^\circ$.

Hasil pencocokan puncak-puncak tersebut sesuai dengan *Powder Diffraction File* (PDF) yang diperoleh dari *Data Base Joint Committee on Powder Diffraction Standards* (JCPDS) 1997 dengan nomor seri PDF 39-0222 sebagai standar terbentuknya zeolit A. Hampir semua puncak-puncak yang muncul pada pola XRD merupakan puncak-puncak

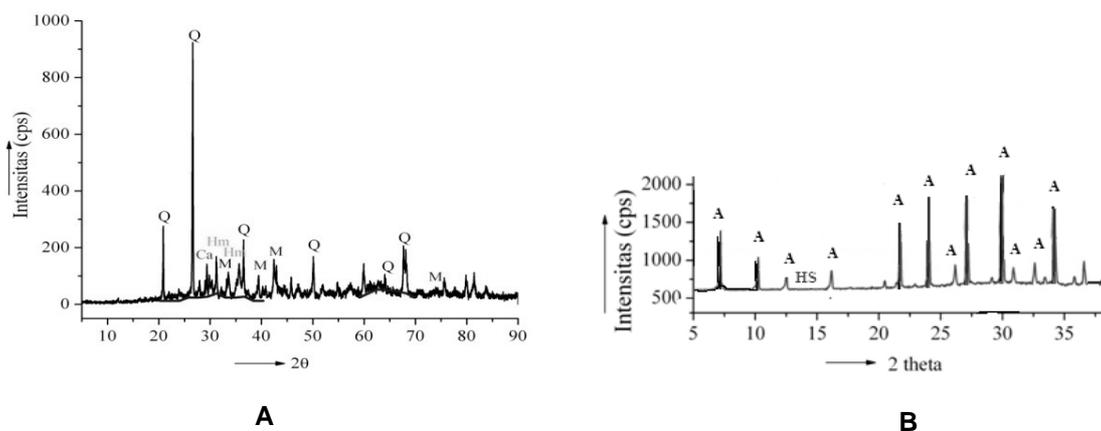
karakteristik zeolit A, walaupun ada puncak zeolit Hidroksi-sodalit yang muncul pada $2\theta = 13,9$ (PDF 31-1271).

Zeolit A yang telah terbentuk selanjutnya diuji kapasitas adsorpsinya dengan mempelajari beberapa parameter yaitu waktu, konsentrasi dan pH. Gambar 4 menunjukkan penghilangan ion Cu (II) oleh zeolit A hasil sintesis. Peningkatan penyerapan oleh zeolit sintesis meningkat tajam pada 60 menit pertama dan kesetimbangan penyerapan terjadi setelah 240 menit berikutnya dengan logam teradsorp sebesar 67,18%.

Kecenderungan dari grafik yaitu meningkat tajam pada menit-menit awal dan setelah mengalami waktu kesetimbangan grafik akan datar. Hal ini terjadi karena pada awalnya banyak sisi adsorben yang kosong sehingga kecenderungan larutan untuk terserap ke adsorben semakin tinggi dengan bertambahnya waktu kontak hingga tercapai waktu kesetimbangan.

Tabel 1. Komposisi Kimia Abu Dasar PLTU Paiton

Unit Senyawa	% Berat	Unit Senyawa	% Berat
SiO_2	24,1	BaO	0,42
Al_2O_3	6,8	MnO	0,32
Fe_2O_3	33,59	HgO	0,09
CaO	26,3	CuO	0,076
K_2O	0,58	ZnO	0,21
SO_3	0,76	V_2O_5	0,05
TiO_2	1,21	Cr_2O_3	0,098
In_2O_3	0,86	NiO	0,055

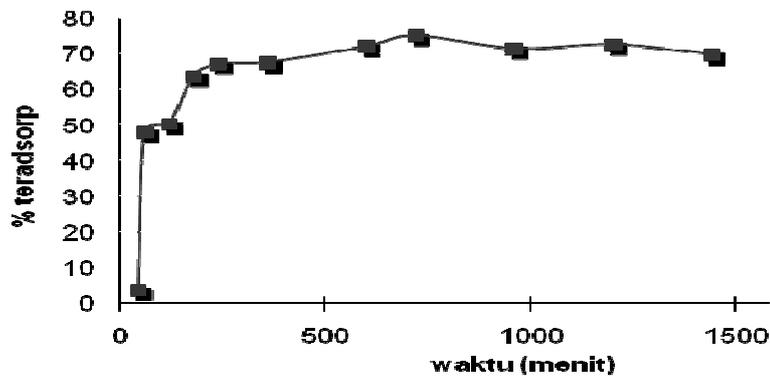


Gambar 3. Difraktogram Sinar-X dari (A) Abu dasar dan (B) Zeolit Hasil Sintesis

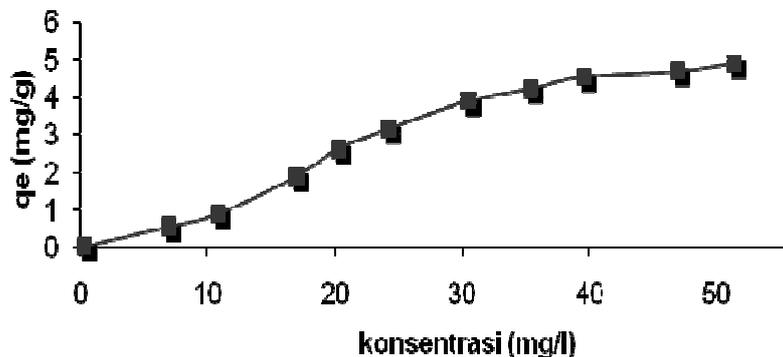
Mekanisme penghilangan logam menggunakan zeolit termasuk reaksi pertukaran ion. Zeolit ini dapat digunakan sebagai adsorben untuk menghilangkan logam dalam larutan karena zeolit mempunyai muatan negatif akibat adanya perbedaan muatan antara Si⁴⁺ dengan Al³⁺. Muatan negatif ini muncul karena atom Al yang bervalensi 3 harus mengikat 4 atom oksigen yang lebih elektronegatif dalam kerangka zeolit. Dengan adanya muatan negatif ini, maka zeolit mampu mengikat kation dengan ikatan yang lemah seperti kation Na dan Ca. Karena lemahnya ikatan inilah, maka zeolit bersifat sebagai penukar kation yaitu kation Na atau Ca akan tergantikan posisinya dengan ion logam Cu(II). Adsorpsi kation logam berat terjadi pada

permukaan dengan grup hidroksil pada zeolit dan kombinasi muatan positif dari kation logam dan muatan negatif pada permukaan zeolit.

Gambar 5 menunjukkan pengaruh konsentrasi awal Cu(II) pada zeolit A. Kemampuan penyerapan logam Cu meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi logam Cu. Hal ini karena meningkatnya konsentrasi awal logam Cu(II) akan memberikan daya dorong yang lebih besar, sehingga logam Cu akan berpindah (migrasi) dari permukaan luar ke dalam pori-pori zeolit A yang berukuran mikro. Logam Cu mampu bertukar kation tidak hanya pada permukaan luar zeolit tapi juga pada permukaan dalam zeolit.



Gambar 4. Hubungan Waktu Kontak (Menit) dengan q_e (mg/g). Kondisi Proses: Jumlah Adsorben 0,5 gram, Volume 100 ml, Konsentrasi Awal 50 mg/l, T=25°C dan pH 6

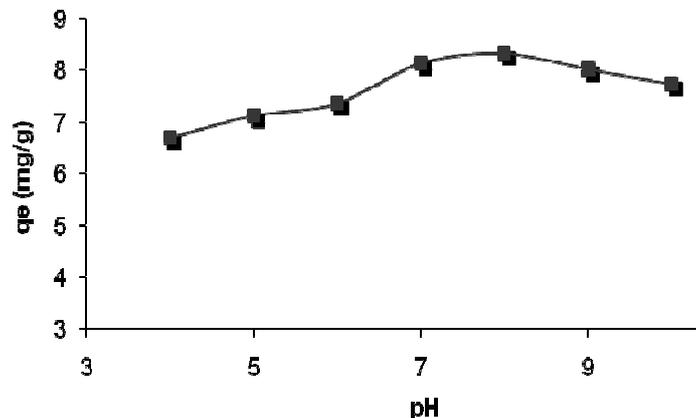


Gambar 5. Hubungan Konsentrasi Awal (mg/l) dengan q_e (mg/g). Kondisi Proses: Jumlah Adsorben 0,5 gram, Volume 100 ml, Konsentrasi Awal 50 mg/l, T=25°C dan pH 6

Kesetimbangan tercapai ketika semua pertukaran logam Cu(II) dan kation pada permukaan luar dan dalam zeolit A telah tercapai.

Secara umum besarnya logam yang teradsorp akan naik pada pH lebih besar dari 6. Pada pH yang rendah dan bersifat asam akan menyebabkan konsentrasi ion H⁺ akan naik dan akan terjadi kompetisi antara ion H⁺ dan ion logam untuk bertukar tempat dengan kation lain pada adsorben zeolit (Chunfeng, 2009). Adanya kompetisi antara ion H⁺ dengan ion logam ini dapat menyebabkan rusaknya struktur zeolit karena adanya kompetisi pertukaran ion sehingga menyebabkan penurunan kapasitas adsorpsi terhadap ion logam (Chunfeng, 2009).

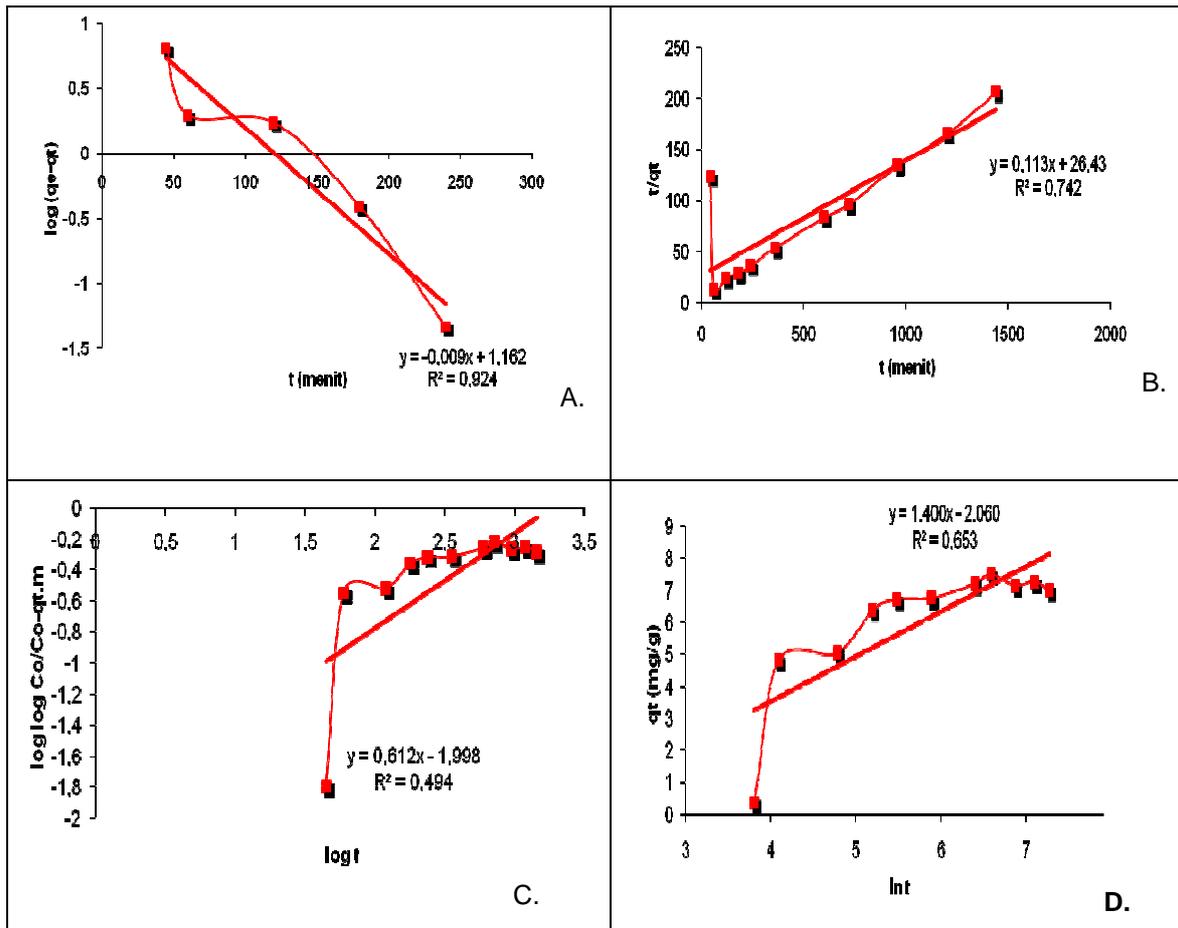
Sedangkan, pH yang tinggi dapat menyebabkan semakin banyaknya logam hidroksida yang mengendap dan mengurangi ion logam dari larutan (Chunfeng, 2009). Pada pH yang tinggi ini, kompetisi ion H⁺ sebagai kompetitor ion logam akan menurun karena larutan bersifat basa. Dengan menurunnya ion H⁺ ini maka ion logam dapat teradsorp secara maksimal (Wang, 2008). Peneliti lain juga melaporkan bahwa penyerapan logam Cu naik seiring dengan naiknya pH. Hal ini dikarenakan pada pH rendah menyebabkan meningkatnya konsentrasi ion H⁺ sehingga terjadi kompetisi antara logam Cu dengan ion H⁺ yang terikat pada abu dasar maupun zeolit (Hui *et al*, 2006).



Gambar 6. Hubungan pH dengan q_e (mg/g). Kondisi Proses: Jumlah Adsorben 0,5 gram, volume 100 ml, konsentrasi awal 50 mg/l, $T=25^{\circ}\text{C}$ dan pH 6

Tabel 2. Ringkasan dari perhitungan kapasitas adsorpsi dari beberapa model

Model kinetika	Parameter		Model kinetika	Parameter	
	Orde satu semu			Bangham	
k_f (min^{-1})	q_e (mg/g)	R^2	k_o (mL/(g/L))	α	R^2
0.0223	14,546	0,9241	0,4623	0,6126	0.4941
	Orde dua semu		Elovich		
h (mg/g min)	q_e (mg/g)	R^2	α (mg/(g min))	β (g/mg)	R^2
0,0378	8,8417	0.7426	0,3217	0,7138	0.6539



Gambar 7. Analisa Beberapa Model Kinetik, (a.) Model Orde Satu Semu, (b.) Model Orde Dua Semu, (c.) Model Bangham dan (d.) Model Elovich, Kondisi Proses: Jumlah Adsorben 0,5 gram, Konsentrasi Awal 50mg/L, Volume 100 ml, Suhu 25°C , t = 6 Jam dan pH 6

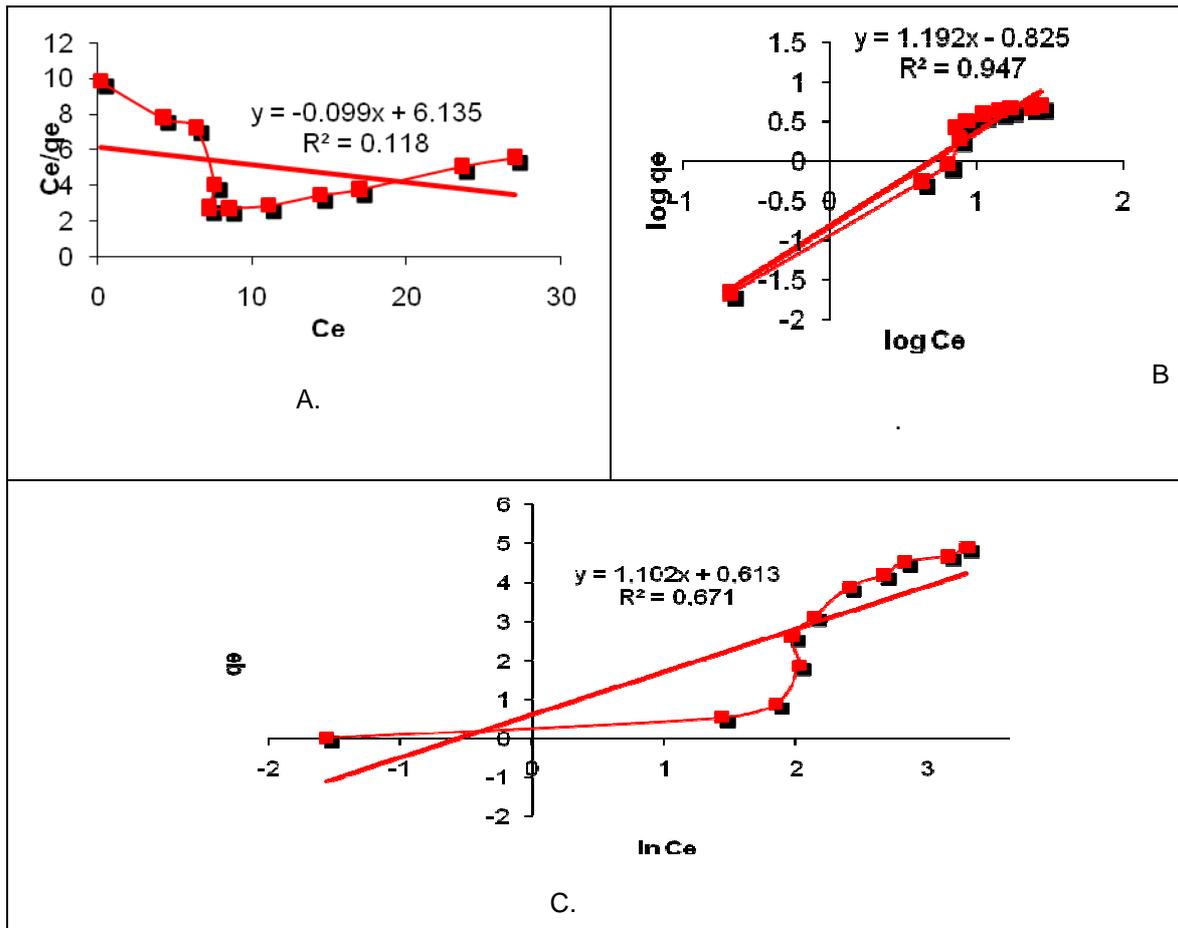
Kinetika Adsorpsi Penghilangan Logam Cu

Kinetika dianalisa dengan beberapa model. Hasil dapat dilihat di Gambar 7. Nilai parameter adsorpsi kinetik dari lima model dirangkum dalam Tabel 2. Dari data tersebut diketahui bahwa adsorpsi logam Cu menggunakan zeolit A mengikuti model orde satu semu.

Isoterm Adsorpsi dari Penghilangan Logam Cu

Isoterm dianalisa dengan beberapa model. Hasil dapat dilihat di Gambar 8. Isoterm

adsorpsi dari Cu(II) sangat penting diolah untuk mengetahui jenis adsorpsi yang terjadi. Isoterm adsorpsi terkarakterisasi oleh nilai konstanta tertentu yang menggambarkan karakteristik permukaan, afinitas dari adsorben dan kapasitas adsorpsi dari adsorben. Untuk menggambarkan kesetimbangan adsorpsi, persamaan isotherm yang bermacam-macam telah digunakan seperti Langmuir, Freundlich dan model Tempkin. Nilai parameter adsorpsi isotherm dari tiga model dirangkum dalam Tabel 3. Dari data tersebut diketahui bahwa adsorpsi logam Cu menggunakan abu dasar maupun zeolit A mengikuti model Freundlich.



Gambar 8. Analisa Beberapa Model Isotherm, (a.) Model Langmuir, (b.) Model Freundlich, (c.) Model Tempkin. Kondisi Proses: Jumlah Adsorben 0,5 gram, Konsentrasi Awal 50mg/L, Volume 100 ml, Suhu 25°C , t = 6 Jam dan pH 6

Tabel 3. Ringkasan dari Perhitungan Isotherm Adsorpsi dari Beberapa Model

Model isotherm		Parameter	
Langmuir			
Adsorben	K		R^2
Zeolit A	-0.016		0,1186
Freundlich			
Adsorben	K	1/n	R^2
Zeolit A	0,149	1,192	0,947
Tempkin			
Adsorben	K	B	R^2
Zeolit A	1,74449	1,1025	0,6714

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa zeolit A berhasil disintesis dari abu dasar dengan menggunakan metode peleburan alkali diikuti proses reaksi hidrotermal. Kondisi sintesis zeolit ini yaitu suhu peleburan alkali pada 750 °C selama 12 jam dan proses

reaksi hidrotermal 100 °C dan perbandingan rasio molar SiO₂/Al₂O₃ 1,926. Adsorpsi logam Cu menggunakan zeolit A mengikuti model kinetik orde satu semu dan model isotherm Freundlich.

DAFTAR PUSTAKA

1. Hollman, G.G. Steenbruggen, G. dan Jurkovicova, M.J., 1999, "A Two-Step Process for the Synthesis of Zeolites from Coal Fly ash", *Fuel*, Vol. 78, hal. 1225–1230.
2. Hui, K. S., Chao, C. Y. H., 2006, "Pure, Single Phase, High Crystalline, Chamfered-Edge Zeolit 4A Synthesized from Coal Fly Ash for Use as a Builder in Detergent", *J. Hazardous Material B* 137, 401-409.
3. Molina, A. dan Poole, C., 2004, "A Comparative Study Using Two Methods To Produce Zeolites from Fly Ash", *Minerals Engineering*, 17, p. 167–173.
4. Chandrasekhar, G., et al., 2007, "Synthesis of hexagonal and cubic mesoporous silica using power plant bottom ash", *Microporous and Mesoporous Materials* 111, hal. 455–462.
5. Yanti, Yuli, 2009, "Sintesis zeolit A dan zeolit A-karbon dari abu dasar PT.IPMOMI PAITON dengan metode fusi", *Kimia FMIPA ITS, Surabaya*.
6. Nikmah, Syukuri R. A., 2009, "Sintesis Zeolit A dari abu dasar bebas sisa karbon dari PLTU PT. IPMOMI dengan metode hidrotermal langsung", *Kimia FMIPA ITS, Surabaya*.
7. Barrer, R. M., 1982, "*Hydrothermal Chemistry of Zeolites*", Academic Press Inc, London.
8. Englert, A. H. & Rubio, J., 2005, 'Characterization and environmental application of a Chilean natural zeolite', *International Journal of Mineral Processing*, vol. 75, no. 1-2, pp. 21-29.
9. Panayotova, M. I., 2001, 'Kinetics and thermodynamics of copper ions removal from wastewater by use of zeolite', *Waste Management*, vol. 21, pp. 671-676.
10. Wang, S., Li, L., Wu, H. & Zhu, Z. H., 2005, 'Unburned carbon as low-cost adsorbent for treatment of methylene blue-containing wastewater', *Journal of colloid and interface science*, vol. 292, no. 2, pp. 336-343.
11. Mall, I. D., Srivastava, V. C. & Agarwal, N.K., 2006, 'Removal of orange-G and methyl violet dyes by adsorption onto bagasse fly ash-kinetic study and equilibrium isotherm analysis', *Dyes and Pigments*, vol. 69, pp. 210-223.
12. Thomas, J. M. & Thomas, W. J., 1997, *Principles and Practice of Heterogeneous Catalysis*, VCH, Weinheim.
13. Gupta, S. S. & Bhattacharyya, K. G., 2006, 'Adsorption of Ni(II) on clay', *Journal of Colloid and Interface Science*, vol. 295, pp. 21-32.
14. Ozacar, M., 2006, 'Contact time optimization of two-stage batch adsorber design using second-order kinetic model for the adsorption of phosphate onto alunite', *Journal of Hazardous Materials*, vol. 137, no. 2, pp. 1197-1205.
15. Dursun, G., Cicek, H. & Dursun, A. Y., 2005, 'Adsorption of phenol from aqueous solution by using carbonised beet pulp', *Journal of Hazardous Materials*, vol. 125, no. 1-3, pp. 175-182.
16. Zeng, L., Li, X. & Liu, J., 2004, 'Adsorptive removal of phosphate from aqueous solutions using iron oxide tailings', *Water Research*, vol. 38, no. 5, pp. 1318-1326.
17. Chunfeng, Wang, 2009, "Evaluation of zeolites synthesized from fly ash potential adsorbents for wastewater containing heavy metals", *Journal of environmental sciences*, P.127-136.
18. Wang, C F., Li, J. S., Wang, L. J., Sun, X. Y., 2008, "Influence of NaOH concentrations on synthesis of pure-form zeolite A from fly ash using two-stage method", *Journal of Hazardous Materials*, 155, 58–64.