

## **SINTESIS ZEOLIT DARI ABU DASAR BATUBARA DAN APLIKASINYA SEBAGAI ADSORBEN LOGAM MERKURI (II)**

### **SYNTHESIS OF ZEOLITE FROM CHARCOAL BOTTOM ASH AND IT'S APPLICATION AS ADSORBENT FOR MERCURY (II)**

**Ma'rifat, Didik Krisdiyanto<sup>\*</sup>, Khamidinal dan Irwan Nugraha**

Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

\*email: didik\_kris@yahoo.com

#### **ABSTRAK**

Telah dilakukan sintesis zeolit dari abu dasar batubara dan aplikasinya sebagai adsorben untuk logam merkuri (II). Zeolit disintesis dengan metode alkali hidrotermal dan dikarakterisasi menggunakan Spektrofotometer FTIR dan Difraktometer Sinar-X (XRD). Kajian adsorpsi zeolit terhadap logam merkuri (II) dilakukan dengan variasi pH, waktu kontak dan konsentrasi merkuri. Karakterisasi FTIR menunjukkan bahwa zeolit telah terbentuk dengan serapan spesifik pada bilangan gelombang  $457,31 \text{ cm}^{-1}$ . Hasil karakterisasi XRD menunjukkan bahwa zeolit hasil sintesis mempunyai struktur material zeolit faujasit yang ditunjukkan dengan difraksi utama pada  $6,29^\circ$ ;  $26,89^\circ$ ; dan  $31,19^\circ$ . Adsorpsi zeolit terhadap logam merkuri (II) optimum terjadi pada pH 6, kesetimbangan adsorpsi cenderung mengikuti pola isoterm Freundlich dengan konstanta yaitu  $1,803 \times 10^{-4}$  mol/gram dan kinetika adsorpsi cenderung mengikuti persamaan pseudo orde dua dengan konstanta laju reaksi (k) yaitu  $8,687 \times 10^{-3}$  (g/mg min).

Kata kunci : Abu dasar batubara, zeolit, adsorpsi, merkuri (II)

#### **ABSTRACT**

Synthesis of zeolite from charcoal bottom ash and its application as adsorbent for mercury (II) has been done. Zeolite was synthesized from charcoal bottom ash using hydrothermal methods and characterized by FTIR and XRD. Adsorption of mercury (II) using synthesized zeolite was performed with pH variation, contact time and mercury concentration. FTIR characterization results showed that charcoal bottom ash has been successfully transformed into zeolite with specific absorption on  $457,31 \text{ cm}^{-1}$ . X-Ray Diffractions characterization results showed that the zeolite type is Faujasites with diffraction peaks on  $6,29^\circ$ ;  $26,89^\circ$ ; dan  $31,19^\circ$ . Adsorption of mercury (II) using the synthesized zeolites showed an optimum pH on 6. The isotherm data can be best described by the Freundlich equation with the constant of  $1,803 \times 10^{-4}$  mole/gram and adsorption kinetic followed the pseudo second order kinetic model with  $8,687 \times 10^{-3}$  (g/mg min) adsorption rate constant.

Keyword: Bottom ash, Zeolites, adsorption, mercury (II)

#### **PENDAHULUAN**

Perkembangan industri yang semakin banyak pada saat ini, menyebabkan bertambahnya limbah yang dihasilkan. Pengolahan limbah industri

yang belum maksimal dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Salah satu sumber pencemaran berasal dari limbah industri yang mengandung logam berat. Logam-logam berat

biasanya berasal dari proses-proses industri seperti industri metalurgi, industri penyamakan kulit, industri pembuatan fungisida, industri cat dan zat warna tekstil (Redhana, 1994). Ion-ion logam berat merupakan racun bagi organisme serta sangat sulit diuraikan secara biologi maupun kimia.

Salah satu logam berat yang dapat mencemari lingkungan adalah logam merkuri. Merkuri dengan jumlah konsentrasi tinggi mempunyai potensi sebagai polutan yang bersifat toksik. Oleh karena itu, *U.S. Food and Administration* (FDA) menentukan pembakuan atau ambang batas kadar merkuri di dalam tubuh badan air sebesar 0,005 ppm. Apabila melebihi ambang batas maka racun yang dimiliki merkuri dapat menyebabkan dampak negatif diantaranya penyempitan pada medan penglihatan, gangguan akomodasi dan keseimbangan otot mata (Sudarmadji, 1997). Salah satu upaya untuk menanggulangi dampak negatif logam merkuri yaitu menggunakan metode yang dapat menyerap logam berat tersebut. Bahan untuk adsorben yang murah dan mudah diperoleh adalah limbah sisa pembakaran batubara. Limbah abu batubara dapat dikonversi menjadi adsorben, salah satunya adalah zeolit (Munawaroh, 2012).

Abu layang memiliki kandungan Si sebesar 56,13% dan Al sebesar 18,49%, sedangkan abu dasar mengandung Si dan Al sebesar 50,58% dan 14,99% (Kula, 2008). Kandungan abu dasar yang relatif sedikit dan adanya senyawa pengotor lain, menyebabkan para peneliti tidak banyak melakukan sintesis zeolit dari abu dasar batubara. Padahal dalam pembakaran batu bara jumlah abu dasar yang dihasilkan umumnya lebih banyak dibandingkan abu layang. Potensi tersebut memungkinkan untuk mengkonversi abu dasar menjadi bahan adsorben dengan kemampuan yang lebih baik seperti zeolit. Zeolit memiliki

kestabilan termal yang tinggi, struktur kristalnya berpori dan luas permukaan yang besar (Karmila, 2006).

Sintesis zeolit dari abu layang atau abu dasar umumnya dilakukan dengan cara ekstraksi. Prosedur ekstraksi dilakukan untuk mengambil komponen silikat dan aluminat dari abu dasar untuk disintesis menjadi zeolit (Chandrasekhar dkk, 2008). Ekstraksi abu dasar batu bara dilakukan menggunakan NaOH dengan massa 1:1,2 pada suhu tinggi yang dikenal dengan peleburan dilanjutkan proses hidrotermal (Yanti, 2009 dan Suci, 2009). Hasil sintesis menunjukkan terbentuk zeolit A yang memiliki kristalinitas dan kemurnian tinggi.

## METODE PENELITIAN

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan antara lain adalah abu dasar, NaOH (E. Merck), HgCl<sub>2</sub>, larutan SnCl<sub>2</sub>, KMnO<sub>4</sub>, HCl pekat (E. Merck), larutan hidrosilamin asetat, akuades, kertas pH dan kertas whatman no.42.

Alat-alat percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah, *hot plate*, pompa vakum, oven, neraca analitik, gelas arloji, cawan penguapan, pipet ukur, *furnace*, *shaker*, lumpang porselen, gelas beker, labu ukur, Ph meter (CyberScan 1000), mikro pipet, *XRD powder* (Philips tipe PW1710), merkuri analizer, *Fourier Transform Infra Red (FT-IR) Thermo Nicolet Avatar 360*.

### Prosedur Penelitian

#### Perlakuan Abu Dasar Batubara

Abu dasar batubara yang masih berbentuk batuan dari Pabrik Spirtus Madukismo dihaluskan dengan cara ditumbuk dan digerus menggunakan lumpang dan mortar porselen. Setelah halus, abu dasar diayak 230 *mesh* dan dikeringkan pada temperatur 105°C selama 2 jam.

## **Sintesis Zeolit dari Abu Dasar Batubara**

Abu dasar di campur dengan NaOH pelet dengan perbandingan massa abu dasar 1:1,2 kemudian digerus hingga tercampur. Campuran dimasukkan dalam *crus nikel* dan dipanaskan pada suhu 550°C selama 60 menit dalam *muffle furnace*. Hasilnya dimasukkan dalam gelas beker, ditambahkan 10 mL akuades kemudian diaduk dengan pengaduk magnet selama 24 jam. Selanjutnya dimasukkan dalam reaktor hidrotermal (*autoclave stainless-steel*) pada temperatur 100°C selama 24 jam. Padatan dipisahkan dengan kertas saring, dinetralkan dengan akuades dan dikeringkan dalam oven pada temperatur 100°C selama 1 jam.

## **Studi Adsorpsi Zeolit Terhadap Larutan Merkuri**

### **a. Variasi pH**

Sejumlah 20 mL larutan merkuri (II) dengan konsentrasi 15 ppm divariasikan pH larutan mulai dari pH 2, 3, 4, 5, 6, 7 dan 8 ditambahkan adsorben zeolit sintesis 0,1 g dan dimasukkan ke dalam gelas beker 25 mL. Kemudian diaduk selama 4 jam pada kecepatan 170 rpm dan pada suhu ruang. Larutan di pisahkan dan filtratnya diambil 10 mL. Kemudian dianalisis menggunakan *mercury analyzer*.

### **b. Variasi konsentrasi awal adsorpsi**

Percobaan ini dilakukan dengan cara mengambil 20 mL larutan merkuri(II) dengan variasi konsentrasi 4, 8, 12 dan 16 ppm, masing - masing larutan ditambahkan adsorben zeolit sintesis 0,1 g. Kemudian di aduk selama 4 jam pada kecepatan 170 rpm. Larutan di pisahkan

dan filtratnya diambil 10 mL. Kemudian dianalisis menggunakan *mercury analyzer*.

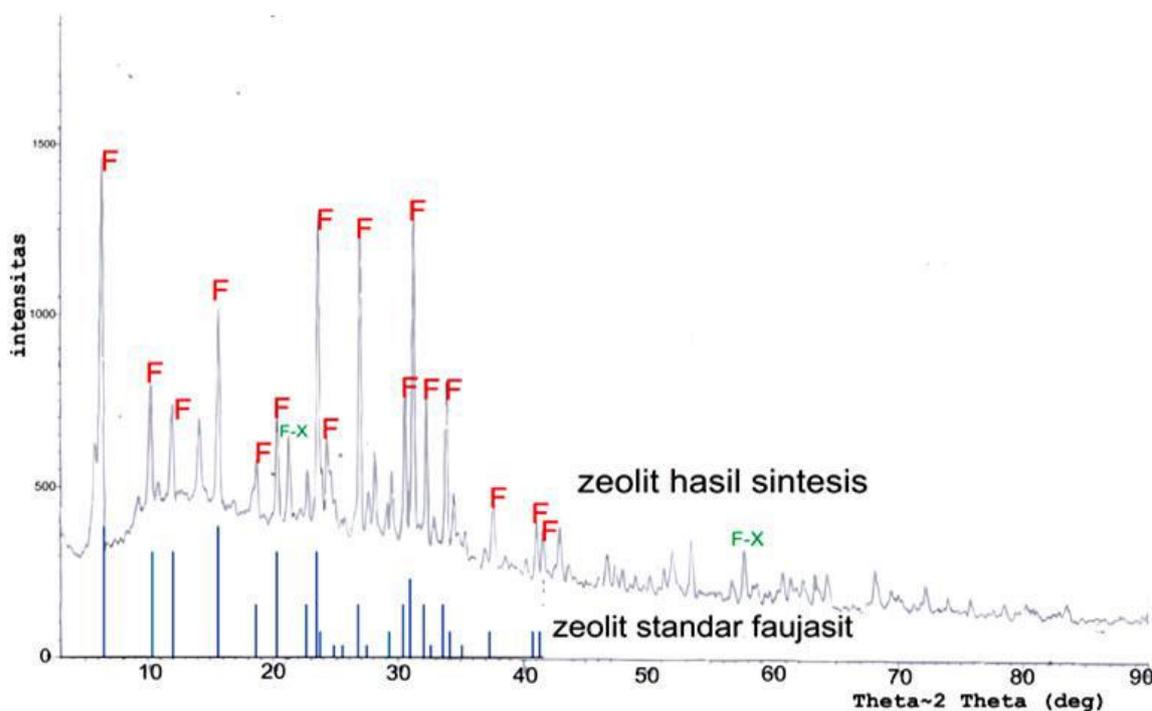
### **c. Variasi waktu kontak adsorpsi**

20 ml larutan merkuri (II) dengan konsentrasi 15 ppm dimasukkan ke dalam erlenmeyer 25 ml, selanjutnya ke dalam masing - masing larutan dimasukkan adsorben zeolit sintesis sebanyak 0,1 g mulai dari 5, 15, 25, 35, 45, 55, 65, 75, 85, 95, 105, 115, 125, 135, 145 dan 155 menit. Larutan dipisahkan dan filtratnya diambil 10 mL. Kemudian dianalisis menggunakan *mercury analyzer*.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Karakterisasi Zeolit Sintesis dengan Difraksi Sinar-X**

Karakterisasi zeolit dilakukan pada rentang sudut  $2\theta$  sebesar 10-90. Berdasarkan informasi *basic data process* XRD difraktogram, diperoleh 15 puncak utama yang memiliki intensitas relatif besar mengindikasikan pola difraksi zeolit seperti ditunjukkan Gambar 1 dan Tabel 1. Pola difraksi dengan intensitas yang tinggi dan tajam mengindikasikan material zeolit hasil sintesis memiliki kristalinitas yang cukup besar atau struktur mineral yang teratur. Zeolit apabila dalam bentuk kristalnya akan memperlihatkan spektrum yang runcing menandakan bahwa susunannya lebih teratur. Sedangkan bila masih dalam bentuk amorfnya spektrum akan terlihat melebar. Sedangkan adanya puncak-puncak kecil yang terlihat dalam spektrum menunjukkan adanya pengotor lainya seperti adanya puncak tinggi dan tajam pada  $2\theta = 20,8^\circ$  dan  $26,54^\circ$  menunjukkan adanya mineral kuarsa.



Gambar 1. Difraktogram sinar X zeolit sintesis dan zeolit faujasit

Tabel 1. Interpretasi Relatif Difraksi sinar-X zeolit sintesis dengan faujasit standar

No.	Faujasit Standar	Zeolit	I
	JCDS	sintesis	
	2θ	2θ	
1.	6,181°	6,2946°	Zeo
2.	26,845°	26,8954°	Zeo
3.	31,196°	31,1903°	Zeo
4.	10,109°	10,1825°	Zeo
5.	15,518°	15,6424°	Zeo
6.	20,228°	20,3065°	Zeo
7.	22,619°	22,7047°	Zeo
8.	23,752°	23,8800°	Zeo
9.	24,870°	24,8600°	Zeo
10.	29,439°	29,4621°	Zeo
11.	32,258°	32,2407°	Zeo
12.	32,817°	32,8565°	Zeo
13.	33,824°	33,8454°	Zeo
14.	53,377°	53,4397°	Zeo
15.	21,238°	21,2369°	Zeo

**Karakterisasi Zeolit Sintesis dengan Spektrofotometer Inframerah**

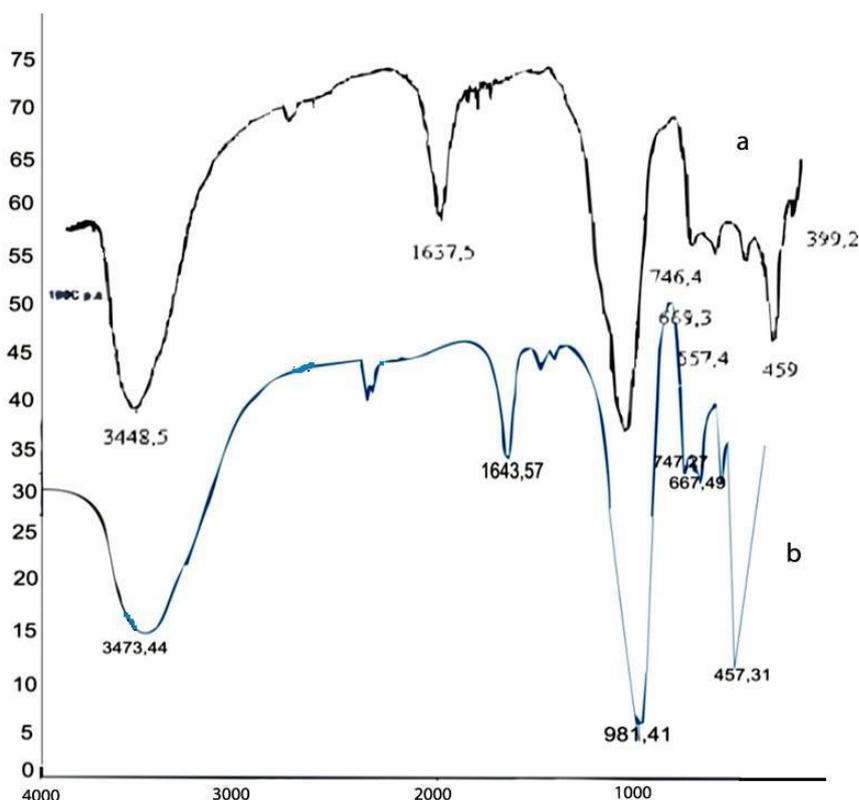
Berdasarkan data spektra inframerah zeolit sintesis memperlihatkan pita serapan pada bilangan gelombang 3473,44; 1643,67; 981,41; 747,27; 667,49; dan 457,31  $\text{cm}^{-1}$ . Bilangan gelombang 3700-3400  $\text{cm}^{-1}$  berhubungan dengan gugus hidroksil (-OH) dari molekul  $\text{H}_2\text{O}$  yang merupakan vibrasi rentang (ulur) dari gugus silanol (Si-OH). Gugus ini dimungkinkan merupakan suatu air hidrat yang berasal dari kristal (Hamdan, 2007) yang terdapat pada permukaan padatan dimana dalam zeolit sintesis muncul pada bilangan gelombang 3473,44  $\text{cm}^{-1}$ .

Pita serapan pada bilangan gelombang 1643,67  $\text{cm}^{-1}$  - 1641,81  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya vibrasi bengkokan (tekuk) O-H dari gugus silanol (Si-OH) dimana dalam zeolit sintesis muncul pada bilangan gelombang 1643,67  $\text{cm}^{-1}$ . Kemunculan pita serapan pada bilangan gelombang ini terjadi karena adanya

penyerapan air dari udara oleh sifat zeolit yang cukup higroskopis.

Bilangan gelombang yang muncul lebih sempit dengan puncak 981,4  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya vibrasi asimetris internal Si-O atau Al-O dalam Si-O<sub>4</sub> atau TO<sub>4</sub> tetrahedral. Penyempitan pita serapan berhubungan dengan bertambah homogenya jenis spesies Si dan Al setelah proses sintesis (Sunardi, 2007). Pita serapan pada daerah 850-650

$\text{cm}^{-1}$  merupakan hasil vibrasi rentangan simetris, yaitu suatu vibrasi internal pada 720-650  $\text{cm}^{-1}$  dan vibrasi eksternal pada 780-720  $\text{cm}^{-1}$ . Pita serapan kecil dan tajam pada zeolit sintesis terdapat dalam bilangan gelombang 747,27  $\text{cm}^{-1}$  dan 667,49  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan vibrasi eksternal dan internal rentangan simetris T-O, dimana pita tajam tersebut menunjukkan adanya kristalinitas yang cukup tinggi.



**Gambar 2.** Pola Spektra FTIR (a) zeolit faujasit dan (b) zeolit sintesis

Sedangkan, serapan bilangan gelombang 457,31  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan vibrasi bengkokan (tekuk) ikatan Si-O/Al-O. Dari difraksi sinar X yang dikuatkan dengan hasil FTIR maka dapat diperkirakan bahwa zeolit yang terbentuk adalah tipe faujasit. Hal tersebut diperkuat dengan adanya serapan vibrasi bengkokan (tekuk) T-O (Si-O/Al-O) antara daerah panjang gelombang 475-450  $\text{cm}^{-1}$  sesuai dengan vibrasi tekuk T-O milik zeolit tipe faujasit.

## Adsorpsi pada zeolit sintesis

### Variasi pH

Pengaruh pH terhadap absorpsi merkuri (II) oleh zeolit dilakukan pada pH 2, 3, 4, 5, 6, 7 dan 8 dengan hasil ditunjukkan gambar 3. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kondisi pH pada saat interaksi dengan adsorbendalam menyerap adsorbat secara optimum. Kajian interaksi merkuri (II) dengan situs

aktif pada sintesis zeolit dilakukan dengan mengevaluasi data pengamatan pengaruh pH larutan terhadap jumlah merkuri (II) yang teradsorpsi.

Pada Gambar .3 tersebut diketahui bahwa kapasitas adsorpsi pada pHasam lebih kecil, apabila pH semakin basa kapasitas adsorpsi semakin besar dan optimum pada pH 6. Hal tersebut karena situs tepi zeolit merupakan situs yang muatannya bervariasi tergantung pada harga pH larutan, bermuatan positif pada pH asam (rendah) dan bermuatan negatif pada pH basa (tinggi) sebagai akibat protonasi dan deprotonasi gugus hidroksil permukaan (SOH) (Widjajanti, 2011). Reaksi protonasi dan deprotonasi SOH dapat dinyatakan oleh persamaan berikut :

Pada pH rendah:



Pada pH tinggi:



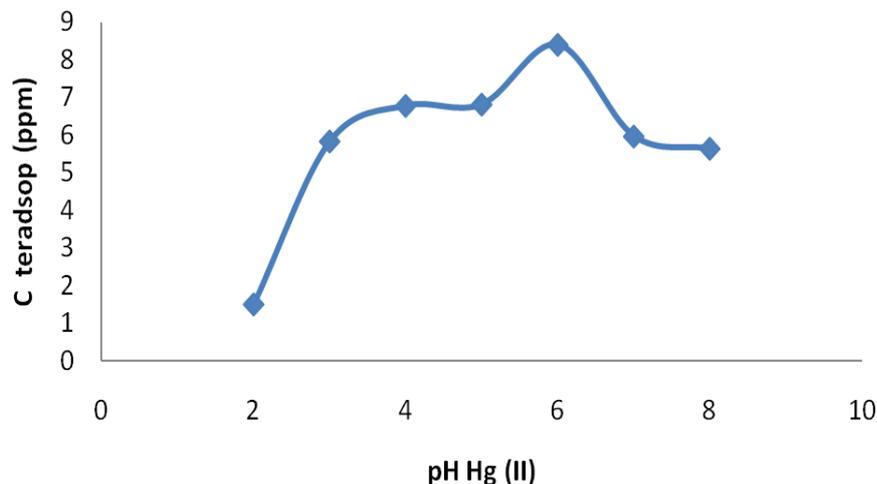
Keasaman permukaan zeolit (asam Bronsted Lowry atau asam Lewis) sangat berperan dalam pembentukan ikatan antar muka. Berarti permukaan zeolit mengalami reaksi protonasi atau permukaan zeolit memiliki situs aktif  $\text{SOH}_2^+$ . Hal ini disebabkan pada lapisan adsorben cenderung bermuatan positif sehingga dapat menurunkan kapasitas adsorpsi (Pratiwi dkk., 2010).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa  $\text{Hg}^{2+}$  dari senyawa  $\text{HgCl}_2$  tetap larut dan stabil hingga mencapai pH optimum adsorpsi yaitu pH 6. Adsorpsi optimum pada pH 6 karena pada pH ini belum terjadi pengendapan, selain itu situs tepi zeolit sedang mengalami peningkatan deprotonasi sehingga terjadi adsorpsi secara optimum. Pada pH rendah kurang dari pH 6, merkuri (II) adalah dalam bentuk ion bebas dari  $\text{Hg}^{2+}$ , dan adanya ion hidrogen bermuatan positif, hal ini dapat mengakibatkan terjadinya gangguan terhadap adsorpsi  $\text{Hg}^{2+}$  untuk mengikat situs di permukaan adsorben zeolit. Setelah permukaan adsorben terprotonasi, interaksi elektrostatik menurun, sehingga kapasitas adsorpsi lebih rendah pada pH rendah. Penurunan adsorpsi juga bisa terjadi karena struktur zeolit yang mudah rusak apabila terjadi adsorpsi pada suasana asam.

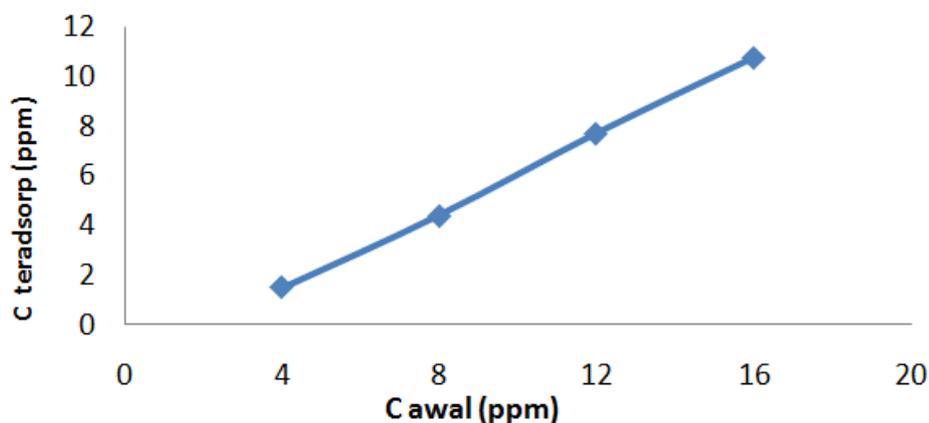
Pada pH yang lebih tinggi logam  $\text{Hg}^{2+}$  akan mengendap menjadi  $\text{HgO}$  dengan reaksi :



Sehingga semakin besar penambahan pH pada adsorben maka akan terjadi pengendapan  $\text{HgO}$ , pengendapan yang terjadi ditandai dengan terbentuknya larutan berwarna kekuningan pada larutan air (Cay, 2001)



**Gambar 3.** Adsorpsi merkuri (II) dengan zeolit sintesis dengan variasi pH



**Gambar 4.** Adsorpsi merkuri (II) dengan zeolit sintesis dengan variasi konsentrasi merkuri (II) mula-mula

### Kesetimbangan adsorpsi

Pada Gambar 4 memperlihatkan bahwa semakin besar variasi konsentrasi logam merkuri (II) maka akan semakin besar adsorpsi yang terjadi dalam larutan. Peningkatan konsentrasi ini terjadi karena meningkatnya adsorbat dalam larutan yang dapat menempel pada permukaan zeolit. Hal ini menandakan bahwa lapisan luar permukaan zeolit belum mengalami kejenuhan karena masih terdapat banyak situs aktif dalam zeolit hasil sintesis yang dapat digunakan untuk mengadsorpsi logam merkuri (II), sehingga dari variasi konsentrasi 4-16 ppm terus mengalami peningkatan. Hal ini juga disebabkan karena semakin meningkatnya

konsentrasi logam merkuri (II) maka akan memberikan daya dorong terhadap logam merkuri (II) untuk teradsorpsi (Minmin liu dkk., 2013).

Isoterm adsorpsi ini digunakan untuk menggambarkan hubungan antara adsorben dan zat yang teradsorpsi dalam suatu kesetimbangan. Biasanya ada dua model yang digunakan untuk menentukan isoterm adsorpsi yaitu menggunakan model isoterm Langmuir dan Freundlich. Data hasil isoterm adsorpsi pada Tabel 2 dapat diperoleh keterangan bahwa adsorpsi logam merkuri (II) menggunakan adsorben zeolit sintesis cenderung mengikuti persamaan Freundlich.

**Tabel 2.** Isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich logam merkuri (II) pada zeolit sintesis

Isoterm	$R^2$	Konstanta
Langmuir	0,755	$B = -0,0335 \text{ mol/gram}$ $K = -2,760 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$
Freundlich	0,915	$1/n = 1,227 \quad n = 2,392 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ $K = 1,803 \times 10^{-4} \text{ mol/gram}$

Pola isoterm Freundlich mengamsusikan bahwa adsorpsi interaksi yang terjadi adalah secara fisika. Interaksi itu terjadi jika adanya gaya

intermolekular yang lebih besar dari gaya tarik antar molekul atau gaya tarik-menarik yang relatif lemah antara adsorben dan adsorbat (Nurdiani, 2005).

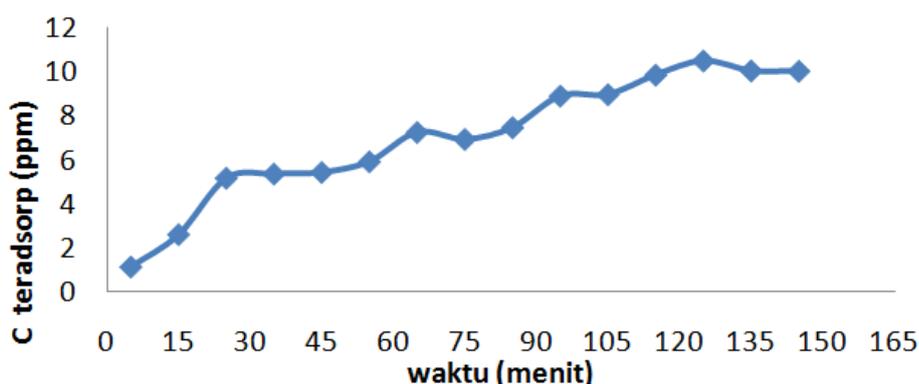
Adsorpsi fisika ini melibatkan gaya antar molekul yang relatif lemah, yaitu gaya Van der Waals dan dapat bereaksi balik (*reversible*). Gaya Van der Waals merupakan gaya dimana adsorbat dapat bergerak dari satu bagian permukaan ke bagian permukaan lain dari adsorben (Nur'aini, 2012).

Tipe isoterm Freundlich mengasumsikan adsorben mempunyai permukaan yang heterogen dan tiap molekul mempunyai potensi penyerapan yang berbeda-beda (Setyoningsih, 2010). Isoterm Freundlich juga menjelaskan bahwa proses adsorpsi pada bagian permukaan bersifat heterogen dimana tidak semua permukaan adsorben mempunyai daya adsorpsi yang sama (Bahri, 2011). Sehingga dapat digambarkan bahwa adsorpsi yang terjadi

antara merkuri (II) pada permukaan zeolit sintesis memiliki ikatan fisika yang lemah dan heterogen yang dimungkinkan karena permukaan zeolit yang kurang seragam.

### Kinetika adsorpsi

Data hasil pengamatan yang didapatkan dari Gambar 5 menunjukkan bahwa jumlah adsorbat yang terserap oleh adsorben dari 5 menit pertama sampai 135 menit menunjukkan peningkatan. Hal ini terjadi, karena awalnya banyak sisi adsorben yang belum berikatan sehingga kecenderungan larutan untuk terserap ke adsorben semakin tinggi dan seiring bertambahnya waktu maka adsorbat akan semakin mendekati pada adsorpsi optimum.



**Gambar 5.** Adsorpsi merkuri (II) dengan zeolit sintesis dengan variasi waktu

**Tabel 3.** Kinetika adsorpsi merkuri (II) pada zeolite sintesis

Pseudo orde satu			Pseudo orde dua		
$k_1$ (menit <sup>-1</sup> )	$q_e$ (mg/g)	$R^2$	$k_2$ (g/mg min)	$q_e$ (mg/g)	$R^2$
0,018	2,155	0,779	$8,687 \times 10^{-3}$	2,551	0,909

Penurunan adsorpsi pada adsorbat dengan adsorben terjadi setelah menit ke-135. Semakin lama waktu kontak, situs aktif pada adsorben akan mengalami kejenuhan. Penambahan waktu tidak akan memberikan perubahan jumlah adsorbat

yang terserap (Zakaria, 2011). Berkurangnya kemampuan penyerapan terjadi karena semakin lemah ikatan dan dimungkinkan adanya logam merkuri (II) yang kembali terlepas dari adsorben. Setelah waktu optimum adsorpsi tercapai,

kapasitas adsorpsi (Q) cenderung menurun karena jumlah adsorben yang berikatan dengan adsorbat sudah dalam keadaan jenuhnya. Apabila ditambahkan waktu adsorpsi yang berlebih akan menyebabkan terjadinya proses desorpsi atau pelepasan kembali antara adsorben dan adsorbat (Fahrizal 2008).

Data yang telah didapatkan menunjukkan bahwa zeolit hasil sintesis dari abu dasar batubara ini dapat menyerap logam merkuri (II). Adanya variasi waktu interaksi antara adsorbat dengan adsorben, maka dapat dipelajari kinetika adsorpsi yang berlangsung dengan menggunakan beberapa model kinetika. Kinetika adsorpsi merupakan salah satu faktor penting dalam proses adsorpsi karena menunjukkan laju penyerapan adsorben terhadap adsorbatnya. Model yang sering digunakan adalah model kinetika pseudo orde satu dan pseudo orde dua. Interaksi zeolit dengan logam merkuri (II) pada variasi waktu dapat ditentukan dari nilai orde reaksinya. Berdasarkan data pada Tabel 3 diperoleh bahwa adsorpsi logam merkuri (II) pada zeolite sintesis mengikuti kinetika adsorpsi pseudo orde dua.

#### KESIMPULAN

1. Hasil karakterisasi XRD menunjukkan bahwa zeolit hasil sintesis memiliki difraksi  $6,29^\circ$ ;  $26,89^\circ$ ; dan  $31,19^\circ$  yang bersesuaian dengan zeolit faujasit. Hasil karakterisasi FT-IR menunjukkan serapan pada daerah bilangan gelombang  $457,31 \text{ cm}^{-1}$  sesuai dengan vibrasi tekuk T-O milik zeolit tipe faujasit.
2. Adsorpsi logam merkuri (II) oleh zeolit dari abu dasar batubara optimum pada pH 6.
3. Kesetimbangan adsorpsi cenderung mengikuti pola isoterm Freundlich

dengan konstanta(K) yaitu  $1,803 \times 10^{-4} \text{ mol/g}$ .

4. Kinetika adsorpsi cenderung mengikuti pseudo orde dua dengan nilai konstanta laju reaksi (k) yaitu  $8,687 \times 10^{-3} (\text{g/mg min})$ .

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Jurusan Kimia UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta karena makalah ini merupakan bagian dari penelitian untuk memenuhi tugas akhir di Jurusan kimia.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Bahri, S., Muhdarina, Nurhayati, dan Fitri A., 2011, Isoterma dan Termodinamika Adsorpsi Kation  $\text{Cu}^{2+}$  Fasa Berair pada Lempung Cengar Terpilar, *Jurnal Jurusan Teknik*, Pekanbaru : FMIPA Universitas Riau.
- Cay. Y., 2001, *Mercury Contaminated Material Determination methods : investigation and assessment*, U. S. Departement of energy : Miami. Pp.9
- Chandrasekar, G., Kwang-Seok You Ji-Whan Ahn, Wha-Seung Ahn, 2008, synthesis of Hexagonal and Cubic Mesoporous Silica Using Power Plant Bottom Ash, *microporous and mesoporous Materials Vol 111 (1-3) 455-465*
- Fahrizal, 2008, Pemanfaatan Tongkol Jagung Sebagai Biosorben Zat Warna Biru Metilena, *Skripsi kimia*, Bogor : Fakultas MIPA IPB.
- Karmila, Y., 2006, Sintesis dan Karakterisasi  $\text{TiO}_2$  – Zeolit Serta Aplikasi Bahan Tersebut Untuk Mendegradasi Zat Warna Methyl Orange dalam Media Air, *Skripsi*, Yogyakarta : FMIPA UGM.

- Kula O., 2000, "Effects of Colemanite Waste, Coal Bottom Ash and Fly Ash on The properties of cement", *Journal of cement and concrete research*, p.491-494.
- Minmin Liu, Li-an Hou., Beidou Xi, Ying Zhao, and Xunfeng Xia, 2013, *Synthesis, characterization, and mercury adsorption properties of hybridmesoporous aluminosilicate sieve prepared with fly ash*, US National Library of Medicine National Institutes of Health
- Munawaroh, I. 2012. Pemanfaatan Bonggol Jagung Sebagai Adsorben Rhodamin B dan Metanil Yellow, *Skripsi*, Yogyakarta : Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga
- Nur'aini, A., 2012, Sintesis Silika Gel Dari Abu Dasar Batubara Dan Uji Adsorpsi Terhadap Rhodamin, *Skripsi Jurusan Kimia*, Yogyakarta : F.Sains dan Teknologi. UIN Sunan Kalijaga.
- Nurdiani, D., 2005, Adsorpsi Logam Cu (II) dan Cr (VI) pada Kitosan Bentuk Serpihan dan Butiran, *Skripsi S-1 Jurusan Kimia*, Bogor : Fakultas MIPA IPB.
- Pratiwi, L., Ita Ulfin, dan Nurul W., 2010, Adsorpsi Metilen Biru dengan Abu Dasar PT. Ipmomi Probolinggo Jawa Timur dengan Metode Kolom, *Prosiding Skripsi Semester Genap 2009/2010*, Surabaya : Fak. MIPA Institut Teknologi Sepuluh
- Redhana, I. W. 1994. Penentuan isoterm adsorpsi amonia dalam larutan air oleh karbon aktif pada suhu kamar. Bandung: *Program Pra-S2 Kimia Pasca Sarjana*. ITB.
- Setyoningsih, 2010, Penggunaan Serat Daun Nanas Sebagai Adsorben Zat Warna Procion Red MX 8B, *Skripsi*, Surakarta : Fakultas MIPA Universitas Sebelas Maret
- Suci W. dan Nurul W., 2010. Adsorpsi ion logam  $Zn^{2+}$  dengan zeolit A dengan metode batch. Zeolit A disintesis dari abu dasar dengan metode peleburan alkali diikuti proses hidrotermal. *Prosiding Tugas Akhir Semester*, Surabaya : Fakultas MIPA Institut Teknologi Sepuluh November.
- Sudarmadji, S., Bambang H., dan Suhardi, 1997, *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*, Jakarta : Liberty
- Sunardi dan Abdulah, 2007, Konversi Abu Layang Batubara Menjadi Zeolit dan Pemanfaatannya sebagai Adsorben Logam Merkuri (II), *Jurnal Sains dan Terapan Kimia*, Vol. 1, No.1, Jurusan Kimia, Banjarbaru : FMIPA UNLAM.
- Wijayanti, R., 2009, Arang Aktif Dari Ampas Tebu Sebagai Adsorben Pada Pemurnian Minyak Goreng Bekas, *Jurnal Kimia*, Bandung : FMIPA IPB
- Yanti, Y., 2009, Sintesis Zeolit A dari Abu Dasar Batubara PT IPMOMI Paiton, *Seminar Nasional Kimia*, Jurusan Kimia, Surabaya : FMIPA ITS
- Zakaria, A., 2011, Adsorpsi Cu (II) Menggunakan Zeolit Sintesis dari Abu Terbang Batubara, *Tesis S-2*, Bogor : Program Pascasarjana IPB.