



**MAKALAH
PENDAMPING**

KIMIA ANALITIK

ISBN : 979363174-0

ADSORPSI LOGAM Pb DAN Fe DENGAN ZEOLIT ALAM TERAKTIVASI ASAM SULFAT

Andika Munandar¹, Didik Krisdiyanto^{1*}, Khamidinal¹ and Pedy Artsanti¹

¹*Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga, Yogyakarta, Indonesia*

* Keperluan korespondensi, tel/fax : 081802692107, email: didik_kris@yahoo.com

ABSTRAK

Telah dilakukan karakterisasi dan aplikasi zeolit alam dan zeolit teraktivasi asam sebagai adsorben Logam Pb dan Fe untuk mengetahui karakteristik, kapasitas adsorpsi, dan kinetika adsorpsinya.

Zeolit alam diaktivasi menggunakan asam sulfat 0,5 M. Padatan zeolit alam dan zeolit teraktivasi asam dikarakterisasi menggunakan *X-ray Diffraction* (XRD), *Fourier Transformation Infrared* (FTIR) dan *Surface Area Analyzer* (SAA). Aplikasi zeolit alam dan zeolit teraktivasi asam selanjutnya digunakan untuk mengadsorpsi logam Pb dan Fe dan dipelajari kesetimbangan dan kinetika adsorpsinya.

Hasil penelitian menunjukkan zeolit teraktivasi asam merupakan jenis modernit. Proses aktivasi menyebabkan terjadinya dealuminasi terlihat dari bertambahnya Si/Al pada zeolit teraktivasi asam dan menyebabkan bertambahnya luas permukaan zeolit. Kesetimbangan adsorpsi mengikuti isoterm langmuir untuk masing masing logam Pb dan Fe, untuk isoterm kedua logam sesuai kompetisi isoterm langmuir dengan persamaan berikut :

$$Q_{e, Pb} = \frac{Q_m Pb_{0,1105} Ce Pb}{1 + 0,1105 Ce Pb + 0,082 Ce Fe}$$

Sedangkan kinetika adsorpsi masing masing logam Pb dan Fe yang diadsorpsi zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi asam menunjukkan pseudo orde dua.

Kata Kunci: *Zeolit, Accuzuur, Adsorpsi*

PENDAHULUAN

Pencemaran lingkungan yang dihasilkan industri berupa limbah zat organik ataupun

logam berat menjadi suatu permasalahan yang perlu penanganan yang tepat serta ramah lingkungan.(1) salah satu contoh limbah logam berat yang perlu penanganan

ialah air dari accuzuur yang memiliki logam berat hasil dari reaksi elektrokimia pada accu yang terlarut dan tersuspensi pada air sehingga air tersebut tidak dapat digunakan kembali, ada beberapa metode penanganan limbah salah satunya adsorpsi berupa menjerapan suatu senyawa (adsorbat) dengan senyawa penjerap (adsorben).(2)

Zeolit memiliki beberapa sifat seperti memiliki sifat dehidrasi, pertukaran kation yang cukup tinggi, katalisator yang baik ,dan sebagai penjerap senyawa lain (adsorben). Hal ini dikarenakan struktur dasar zeolit yang berupa senyawa yang berpori dan memiliki bentuk tetrahedral (TO_4). (3)

Adsorpsi memiliki beberapa macam adsorben salah satunya zeolit alam yang masih banyak terdapat di indonesia namun penggunaannya belum maksimal, pada zeolit alam masih terdapat pengotor sehingga perlu di aktivasi.(4) Aktivasi pada zeolit ada beberapa macam bentuk seperti aktivasi menggunakan asam yang berguna mengurangi pengotor yang terdapat pada zeolit yang berupa senyawa anorganik.(4)

Adsorpsi yang merupakan salah satu sifat zeolit memiliki beberapa parameter seperti kesetimbangan, kinetika dan termodinamika, kesetimbangan memiliki asumsi yang sangat mendasar berupa isoterm langmuir yang menunjukkan bahwa adsorben tersebut monolayer dan isoterm freundlich untuk menunjukkan bahwa adsorben tersebut multilayer. Selain isoterm langmuir dan freundlich untuk satu komponen juga menggunakan isoterm langmuir kompetisi untuk adsorpsi menggunakan dua atau lebih logam. (5)

Kinetika adsorpsi yang digunakan pada penelitian ini menggunakan pseudo orde satu dan pseudo orde dua, yang akan membantu menunjukkan bahwa hal tersebut isoterm langmuir atau isoterm freundlich selain menggunakan termodinamika yang akan menunjukkan

energi untuk masing – masing isoterm. Hal ini disebabkan masing – masing isoterm memiliki energi yang berbeda.(6)

Beberapa hal diatas menunjukkan bahwa diperlukan penelitian dilakukan dan menggunakan beberapa parameter yang menunjang seperti bagaimana karakterisasi zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi asam ?, bagaimana isoterm untuk satu komponen dan multikomponen?, serta bagaimana kinetika adsorpsi yang ditunjukkan oleh masing – masing logam yang di adsorp oleh zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi asam ?.

METODE PENELITIAN

A. Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah hotplate, cawan petri, magnetit stirer dan alat gelas lainnya. Untuk karakterisasi zeolit alam yang akan digunakan maka dianalisis dengan X-Ray Diffraction (XRD), Fourier Transformation InfraRed (FTIR), Surface Area Analyzer (SAA), dan kemampuan adsorpsi logam oleh zeolit menggunakan Atomic Adsorption Spectroscopy (AAS).

B. Bahan

Bahan yang dibutuhkan untuk penelitian ini adalah zeolit alam Klaten (dibeli dari toko progo mulyo). Serta bahan lainnya berupa asam sulfat (H_2SO_4) p.a sebagai bahan untuk aktivasi zeolit, aquades, timbal dua nitrat ($Pb(NO_3)_2$), dan besi dua sulfat ($FeSO_4 \cdot 12H_2O$).

C. Prosedur Penelitian

1. Preparasi zeolit alam

Zeolit alam yang telah dihaluskan direndam dalam akuades sambil diaduk dengan magnetit stirer selama 1 jam pada suhu kamar, kemudian disaring dan dikeringkan dengan oven $120^{\circ}C$ selama 24 jam

sehingga tidak lengket pada spatula ketika diambil dengan spatula. Zeolit alam yang telah kering dianalisis menggunakan XRD, FTIR dan SAA.

2. Pengaktifan kimia menggunakan asam sulfat (H₂SO₄)

Serbuk zeolit sebanyak 50 gram dimasukkan dalam gelas beker 500 mL ditambahkan asam sulfat (H₂SO₄) dengan konsentrasi 0,5 M. Selanjutnya diaduk menggunakan magnetik stirer selama 120 menit. Kemudian dicuci dengan akuades dan dikeringkan dalam oven selama 24 jam kemudian didinginkan hingga suhu kamar menggunakan desikator. Zeolit yang telah teraktivasi selanjutnya di lakukan karakterisasi akhir menggunakan XRD, FTIR dan SAA.

3. Variasi Waktu Kontak

Larutan sampel yang berisi komponen tunggal dari Fe dan Pb dengan konsentrasi 12 dan 10 ppm dibuat kemudian diambil 25 mL untuk dimasukkan ke dalam 8 buah tabung reaksi ukuran 50 mL dan dilakukan adsorpsi dengan zeolit 1 gram. Proses adsorpsi dilakukan dengan variasi waktu yaitu: 15 menit, 30 menit, 45 menit, 60 menit, dan 75 menit, 90 menit, 105 menit, 120 menit. Selanjutnya dilakukan analisis dengan Atomic Adsorption Spectroscopy (AAS).

4. Variasi konsentrasi

Berdasarkan hasil waktu kontak untuk logam Pb sebesar 120 menit dan 60 menit untuk logam Fe maka dilakukan penelitian dengan variasi konsentrasi limbah pada komponen Fe dan Pb dengan simulasi dari larutan induk yang diencerkan sehingga konsentrasi 10 ppm, 30 ppm, 50 ppm, 70 ppm, dan 90 ppm, 150 ppm, 200 ppm, dan 500 ppm. Masing – masing konsentrasi diambil 25 mL dan dimasukkan dalam tabung reaksi 50 mL kemudian dimasukkan 1 gram zeolit pada masing – masing tabung reaksi kemudian

tabung reaksi pada suhu kamar. Setelah mencapai waktu kesetimbangan logam Pb selama 120 menit dan Fe selama 60 menit, kemudian larutan diambil filtrat dan dianalisis dengan Atomic Adsorption Spectroscopy (AAS).

5. Adsorpsi dua komponen

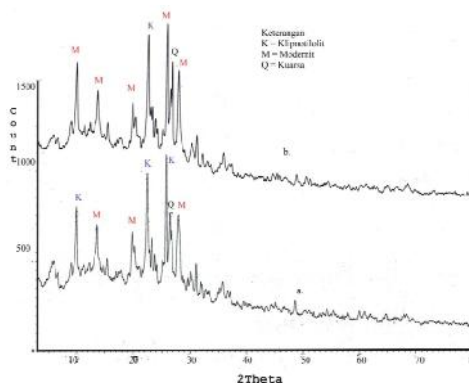
Adsorpsi dua komponen masing – masing larutan Fe dan Pb di ambil 25 mL dan dimasukkan dalam ke dalam tabung reaksi 50 mL dan masing – masing ditambahkan 1 gram zeolit lalu tabung reaksi diaduk menggunakan shaker pada suhu ruangan. Setelah larutan diaduk menggunakan shaker diambil filtrat dan dianalisis dengan Atomic Adsorption Spectroscopy (AAS).

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakterisasi zeolit

Zeolit alam yang telah dikarakterisasi menggunakan difraksi sinar-x (XRD) menghasilkan jumlah klinoptilolit lebih banyak dibandingkan dengan mordenit, sedangkan untuk zeolit alam yang teraktivasi asam memiliki jumlah mordenit yang lebih banyak dibandingkan jumlah klinoptilolit hal ini dapat dilihat pada Gambar dan Tabel 1.(7)

Gambar 1 Difraktogram zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi asam

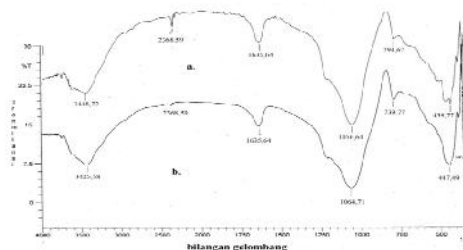


Tabel 1 Analisa XRD

2θ	Interpretasi 2θ	2θ	Interpretasi 2θ
Zeolit alam		Zeolit teraktivasi asam	
9.86	Klinoptilolit	9.77	Mordenit
13.52	Mordenit	13.5	Mordenit
19.74	Mordenit	19.7	Mordenit
22.35	Klinoptilolit	22.4	Klinoptilolit
25.74	Klinoptilolit	25.7	Mordenit
26.38	Kuarsa	26.6	Kuarsa
27.84	Mordenit	27.7	Mordenit

Hasil dari fourier transformattion infra red (FTIR) menunjukkan bahwa zeolit alam dan zeolit alam yang teraktivasi asam memiliki pori dari bilangan gelombang 1045,3 dan terdapat perubahan pada bilangan gelombang 1076,2 yang menunjukkan bahwa terjadi rasio Si/Al yang lebih besar pada silika hal ini dapat dilihat pada Tabel dan Gambar 2.(8)

Gambar 2 Karakterisasi FTIR



Tabel 2 Analisa FTIR

Interval spektra (cm^{-1})	Bilangan gelombang (cm^{-1})		Interpretasi gugus fungsi
	Zeolit alam	Zeolit teraktivasi asam	
3420 - 3620	3448.72	3425.58	OH
2363 - 2385	2368.59	2368.59	Si-OH

1620 - 1660	1635.64	1635.64	Si-O
1000 - 1213	1056.99	1064.71	Al-O
770 - 803	794.67	794.67	K-O
436 - 465	439.77	447.49	Na-O
300 - 420	354.90	354.90	Pori terbuka

Hasil dari surface area analyzer menunjukkan bahwa luas permukaan zeolit alam teraktivasi asam lebih besar dibandingkan dengan zeolit alam dan distribusi pori pada zeolit alam teraktivasi asam mengalami peningkatan pada mesopori, hal ini menunjukkan kemampuan adsorpsi yang lebih baik disebabkan luas permukaan yang bertambah hal tersebut diperlihatkan pada tabel 3.(9)

Tabel 3 Analisa SAA zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi asam

Zeolit	Total pori (cc/gram)	Luas permukaan (m ² /gram)	Rerata pori (Å)
Alam	1.065x10 ⁻¹	76.448	2.78725x10 ¹
Teraktivasi asam	1.522x10 ⁻¹	180.459	1.68665x10 ¹

B. Isoterm adsorpsi

Zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi asam digunakan untuk mengadsorpsi logam Pb dan logam Fe secara tunggal dan bersama telah dikarakterisasi terlebih dahulu, adsorpsi zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi asam pada logam Pb dan Fe secara tunggal didapatkan bahwa isotherm Langmuir yang digunakan hal ini menunjukkan bahwa zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi asam mengalami ikatan

kimia serta beberapa asumsi yang berkaitan dengan isotherm langmuir hal ini dapat dilihat pada Tabel 4 dan 5.(10) Oleh karena isotherm Langmuir yang digunakan pada komponen tunggal maka untuk dua komponen menggunakan isotherm Langmuir yang kompetisi antara logam Pb dan Fe yang diadsorpsi menggunakan zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi asam sehingga didapatkan suatu persamaan untuk kedua logam.(11)

Tabel 4 Isoterm adsorpsi logam Pb menggunakan zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi asam

No	Jenis zeolit	Isoterm Langmuir			Isoterm Freundlich		
		K	Qm	R ²	K	Qm	R ²
1	Zeolit alam	0,204	0,420	0,847	0,461	0,828	0,291

2	Zeolit teraktivasi asam	0,304	13,160	0,997	1,991	1,715	0,961
---	-------------------------	-------	--------	-------	-------	-------	-------

Tabel 5 Isoterm adsorpsi logam Fe menggunakan zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi asam

No	Jenis zeolit	Isoterm Langmuir			Isoterm Freundlich		
		K	Qm	R ²	K	Qm	R ²
1	Zeolit alam	0,184	13,880	0,992	1,991	1,715	0,929
2	Zeolit teraktivasi asam	0,024	1,360	0,974	1x10 ⁻³	0,406	0,946

C.Kinetika adsorpsi

Zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi asam digunakan untuk mengadsorpsi logam Pb dan logam Fe secara tunggal menunjukkan bahwa waktu optimum untuk adsorpsi logam Pb ialah 120 menit sedangkan untuk logam Fe sebesar 60 menit, selain waktu optimum yang diperoleh maka didapatkan konstanta laju serta orde reaksi adsorpsi hal ini diperlihatkan pada tabel 6 dan 7.(12) Orde reaksi adsorpsi yang digunakan untuk

logam Pb dan logam Fe yang diadsorpsi zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi asam ialah pseudo orde satu dan pseudo orde dua, hasil dari penelitian menunjukkan bahwa kinetika adsorpsi yang digunakan ialah pseudo orde dua dan memiliki harga konstanta laju sebesar 0,1005 untuk logam Pb dan 0,0938 Untuk logam Fe yang diadsorpsi menggunakan zeolit alam, untuk zeolit alam teraktivasi asam memiliki harga konstanta laju sebesar 0,0747 logam Pb dan 0,0457 Untuk logam Fe.(12)

Tabel 6 Kinetika adsorpsi zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi asam terhadap logam Pb

No	Jenis zeolit	Pseudo orde satu			Pseudo orde dua		
		k	Qe	R ²	k	Qe	R ²
1	Zeolit alam	0	0,1778	0,943	0,1005	0,2440	0,999
2	Zeolit teraktivasi asam	1x10 ⁻⁶	12,909	0,037	0,0747	0,2434	0,999

Tabel 7 Kinetika adsorpsi zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi asam terhadap logam Fe

No	Jenis zeolit	Pseudo orde satu			Pseudo orde dua		
		k	Qe	R2	k	Qe	R2
1	Zeolit alam	2×10^{-6}	13,572	0,46	0,0938	0,2945	0,999
2	Zeolit teraktivasi asam	0	1,0876	0,332	0,0457	0,2606	0,999

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa zeolit alam memiliki jumlah klinoptilolit yang lebih dominan dibandingkan zeolit alam teraktivasi asam yang memiliki jumlah mordenit yang lebih dominan, selain itu dari hasil fourier transformattion infra red menunjukkan bahwa rasio Si/Al yang lebih besar kepada Si sehingga zeolit ala teraktivasi asam lebih stabil dibandingkan zeolit alam serta dari surface area analyzer zeolit alam teraktivasi asam memiliki luas permukaan yang lebih besar dibandingkan zeolit alam. Hasil isoterm untuk penelitian menunjukkan isoterm langmuir baik untuk satu komponen dan untuk multikomponen sehingga didapatkan persamaan multikomponen untuk logam Pb dan Fe yang diadsorp, untuk kinetika adsorpsi pada penelitian ini menunjukkan pseudo orde dua.

UCAPAN TERIMA KASIH

kepada Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta karena penelitian ini merupakan tugas akhir untuk menyelesaikan studi di jurusan tersebut.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Achmad, Rukaesih. 2004. *Kimia lingkungan*. Andi, Yogyakarta.
- [2] Suharto. Ign. 2011. *Limbah Kimia Dalam pencemaran udara dan air*. Andi, Yogyakarta
- [3] Y. F. Wang, F. Lin, W. Q. Pang. 2007. *Ammonium Exchange in Aqueous Solution Using Chinese Natural Clinoptilolite and Modified Zeolite*, Journal of Hazardous Materials, 142, 160-164.
- [4] E. M. Ulfah, F. A. Yasnur, Istadi. 2006. *Optimasi Pembuatan Katalis Zeolit X dari Tawas, NaOH dan Water Glass Dengan Response Surface Methodology*, Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis, 1, 26-32.
- [5] Kundari N. A, Susanto Apri, dan Prihatiningsih Maria Christina. 2010. *Adsorpsi Fe Dan Mn Dalam Limbah Cair Dengan Zeolit Alam*, Seminar nasional VI SDM Teknologi nuklir Yogyakarta, 18 November 2010.
- [6] Ho, Y.S., Mc Kay, G., Wase, DAJ, dan Foster,CF. 2000. *Study of the Sorption of Divalent Metal Ions onto Peat*. *Adsorp. Sci. Technol* 18, 639-650
- [7] Fatimah, Is dan Karna Wijaya. 2005. *Sintesis Tio₂/Zeolit Sebagai Fotokatalis*

Pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tapioka Secara Adsorpsi-Fotodegradasi. *Teknoin*. Vol 10. No 4. Hal 262

- [8] Arryanto, Yateman. 2009. *Material Canggih : Rekayasa material Berbasis Sumber Daya Alam Silika-Alumina*. Jurusan Kimia FMIPA UGM, Yogyakarta.
- [9] Rosdiana, Tina. 2006. *Pencirian dan Uji Aktivitas Katalitik Zeolit Alam Teraktivasi*. Bogor: Departemen Kimia FMIPA IPB
- [10] Rina, Utami. 2012. *Modifikasi Zeolit Alam Dengan Nanokitosan Sebagai Adsorben Ion Logam Berat dan Studi Kinetika Terhadap Ion Pb(II)*, Skripsi, FMIPA UI, Jakarta.
- [11] Amri Amun, Supranto, M fahrurozi. 2004. *Keseimbangan Adsorpsi Optional Campuran Biner Cd(II) dan Cr(III) dengan Zeolit Alam Terimpregnasi 2-merkaptobenzotiazol*. Jurnal natur Indonesia.
- [12] Wahyuni Suci. 2010. *Adsorpsi Ion Logam Zn(ii) Pada zeolit a yang disintesis dari abu dasar batubara pt ipmomi paiton dengan metode batch*. Prosiding Tugas Akhir Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Persamaan multikomponen zeolit alam

$$Q_{e, Pb} = \frac{Q_m P_b 0,0122 C_e P_b}{1 + 0,0122 C_e P_b + 1,999 C_e F_e}$$

Dan

Persamaan multikomponen zeolit alam teraktivasi asam

$$Q_{e, Pb} = \frac{Q_m P_b 0,1105 C_e P_b}{1 + 0,1105 C_e P_b + 0,082 C_e F_e}$$