



SEMINAR NASIONAL KIMIA DAN PENDIDIKAN KIMIA VI
"Pemantapan Riset Kimia dan Asesmen Dalam Pembelajaran
Berbasis Pendekatan Saintifik"
Program Studi Pendidikan Kimia Jurusan PMIPA FKIP UNS
Surakarta, 21 Juni 2014



**MAKALAH
PENDAMPING**

KIMIA ANALITIK

ISBN : 979363174-0

ADSORPSI ION LOGAM Pb^{2+} PADA LIMBAH ACCU ZUUR PT MUHTOMAS MENGGUNAKAN ZEOLIT ALAM TERAKTIVASI ASAM SULFAT

Siwi Hanjanattri¹, Didik Krisdiyanto^{1*}, Khamidinal¹ and Endaruji Sedyadi¹

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

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

ABSTRAK

Telah dilakukan karakterisasi dan aplikasi zeolit alam dan zeolit teraktivasi asam sebagai adsorben dalam proses adsorpsi limbah logam berat Pb^{2+} pada *accu zuur* dari PT Muhtomas. 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^{2+} pada limbah *accu zuur* dari PT Muhtomas dan dipelajari kesetimbangan, kinetika dan termodinamika adsorpsinya. Hasil penelitian menunjukkan bobot adsorben optimum untuk mengadsorpsi ion logam Pb^{2+} yaitu 1,25 gram dan model isoterm yang sesuai untuk adsorpsi ion logam Pb^{2+} pada *accu zuur* mengikuti model isoterm Freundlich. Waktu untuk mencapai kesetimbangan adsorpsi tercapai pada menit ke-90 dan model kinetika reaksi yang sesuai adalah pseudo orde dua. Suhu optimum untuk proses adsorpsi terjadi pada 60°C dengan entalpi reaksi antara -4 sampai dengan -40 kJ mol⁻¹.

Kata Kunci: *zeolit, accuzuur, adsorpsi*

PENDAHULUAN

Pada era globalisasi seperti sekarang banyak bermunculan industri besar maupun kecil. Dari industri-industri tersebut diantaranya menghasilkan limbah

B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) berupa limbah logam berat [1]. Salah satu industri yang menghasilkan limbah logam berat adalah industri *accu zuur*. Pertumbuhan penjualan otomotif yang sangat pesat menuntut ketersediaan *accu* yang cukup besar pula. Limbah *accu* yang tidak dikelola

dengan baik akan menimbulkan pencemaran lingkungan logam berat sisa dari *accu*, sehingga umumnya *accu* yang sudah tidak terpakai akan dikumpulkan dan didaur ulang atau dilebur kembali.

Teknologi daur ulang *accu* yang digunakan saat ini masih bervariasi dari yang sederhana hingga teknologi tinggi. Metode yang sering digunakan untuk menangani masalah limbah di perairan adalah melalui teknik pengendapan maupun menggunakan adsorben (zat penjerap) zeolit. Metode adsorpsi adalah salah satu metode alternatif yang potensial karena prosesnya yang relatif sederhana, dapat bekerja pada konsentrasi rendah, dapat didaur ulang, dan biaya yang dibutuhkan relatif murah.

Zeolit terbentuk oleh tetrahedral $[\text{SiO}_4]^{4-}$ dan $[\text{AlO}_4]^{5-}$ yang saling terhubungkan oleh atom-atom oksigen sehingga membentuk kerangka tiga dimensi terbuka yang mengandung kanal-kanal dan rongga-rongga yang didalamnya terisi ion-ion logam sehingga baik digunakan sebagai adsorben. Zeolit alam memiliki banyak pengotor serta kristalinitas yang kurang baik. Perbaikan karakter zeolit alam sebagai adsorben biasanya dilakukan dengan aktivasi dan modifikasi terlebih dahulu [2].

Penelitian ini, akan melakukan pemanfaatan zeolit alam sebagai adsorben ion logam berat Pb^{2+} dalam limbah *accu zuur*. Zeolit alam yang akan digunakan diaktivasi terlebih dahulu menggunakan H_2SO_4 agar memiliki daya adsorpsi yang lebih baik. Asam sulfat merupakan asam kuat yang dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi dengan melarutkan pengotor-

pengotor organik dan anorganik yang berada didalam pori-pori zeolit [3]. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui karakter zeolit, kesetimbangan adsorpsi, kinetika serta termodinamika adsorpsi ion logam Pb^{2+} pada *accu zuur*.

METODE PENELITIAN

Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *hotplate*, erlenmeyer, corong gelas, gelas beker 1000 mL, *magnetit stirer* dan pipet volume 25 mL.

Karakterisasi zeolit alam dan zeolit teraktivasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), *Fourier Transformation InfraRed* (FTIR) dan *Surface Area Analyzer* (SAA). Analisis logam Pb dilakukan dengan *Atomic Adsorption Spectroscopy* (AAS).

Bahan

Bahan yang dibutuhkan untuk penelitian ini adalah zeolit alam dari Gunung Kidul Yogyakarta, asam sulfat (H_2SO_4 pekat), akuades, dua jenis limbah cair *accu zuur* dari PT MUHTOMAS yaitu merk Incoe dan Gstar.

Prosedur Penelitian

1. Preparasi zeolit alam

Zeolit alam (ZA) disaring dengan ukuran 150 mesh, kemudian dicuci dengan akuades (perbandingan 1:10 W/V) sambil diaduk dengan *magnetit stirer* selama dua jam pada suhu kamar, kemudian dikeringkan dengan oven 90°C sampai kering. Zeolit alam yang telah kering dianalisis menggunakan XRD, FTIR dan SAA.

2. Aktivasi zeolit

Serbuk zeolit alam sebanyak 100 gram dimasukkan dalam gelas beker 1000 mL sampai seluruh butiran zeolit terendam larutan aktivan H_2SO_4 . Selanjutnya diaduk selama 120 menit. Kemudian dicuci dengan akuades sampai netral (pH 7) dan dikeringkan dalam oven 90°C . Zeolit yang telah teraktivasi (ZAA) selanjutnya dilakukan

karakterisasi akhir menggunakan XRD, FTIR dan SAA.

3. Proses adsorpsi

a. Variasi berat adsorben

Masing-masing zeolit alam ditimbang dengan variasi bobot adsorben 0,25; 0,5; 0,75; 1,00 ; dan 1,25 gram dimasukkan dalam lima buah erlenmeyer 100 mL. Sebanyak 25 mL larutan *accu* dimasukkan dalam erlenmeyer. Selanjutnya larutan diaduk menggunakan *shaker* selama 60 menit pada suhu ruang (30°C), lalu disaring. Filtrat dan larutan awal *accu* dianalisis menggunakan AAS.

b. Variasi waktu kontak

Diambil 25 mL larutan *accu* dimasukkan ke dalam lima buah erlenmeyer 100 mL. Sebanyak 0,2 gram zeolit alam dimasukkan ke dalam masing-masing erlenmeyer dan ditutup. Larutan diaduk menggunakan *shaker* selama 30, 45, 60, 75 dan 90 menit pada suhu ruang (30°C) lalu disaring. Filtrat dan larutan awal *accu* dianalisis menggunakan AAS.

c. Variasi suhu

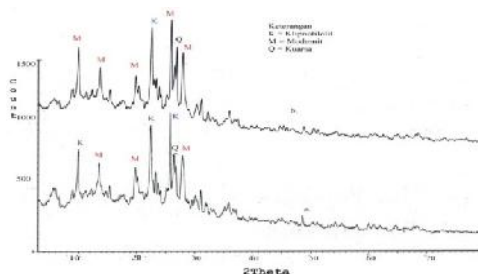
Diambil 25 mL larutan *accu* dimasukkan dalam empat buah erlenmeyer 100 mL. Kemudian masing-masing erlenmeyer ditambah bobot adsorben terbaik dari langkah a. Larutan diaduk menggunakan *shaker* selama waktu kontak terbaik dari langkah b pada suhu 30, 40, 50 dan 60°C. Filtrat dan larutan awal *accu* dianalisis menggunakan AAS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Karakterisasi zeolit

a. Karakterisasi dengan XRD

Gambar 1 Difraktogram zeolit alam dan zeolit teraktivasi



Tabel 1 Interpretasi 2 zeolit alam dan setelah aktivasi

2	Interpretasi 2	2	Interpretasi 2
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

Pola difraktogram zeolit alam dan zeolit teraktivasi asam dapat dilihat pada Gambar 1. Berdasarkan Gambar 1 dan Tabel 1 terlihat puncak-puncak zeolit alam jenis klinoptilolit $2 = 9,86^\circ ; 22,35^\circ ; 25,74^\circ$ dan $26,38^\circ$ yang memiliki struktur berupa $[\text{Na}_{1.84}\text{K}_{1.76}\text{Mg}_{0.2}\text{Ca}_{1.24}(\text{H}_2\text{O})_{21.36}][\text{Si}_{29.84}\text{Al}_{6.16}\text{O}_{72}]$ dengan 10 cincin sistem saluran pori dan 8 cincin saluran silang serta bentuk kristal monoklinik [4]. Zeolit teraktivasi asam termasuk dalam jenis modernit, ditandai adanya puncak tertinggi pada $2 = 9,77^\circ ; 13,5^\circ ; 19,7^\circ ; 25,7^\circ$ dan $27,7^\circ$ dengan struktur $[\text{Na}_8(\text{H}_2\text{O})_{24}][\text{Si}_{40}\text{Al}_8\text{O}_{96}]$.

Zeolit alam diaktivasi dengan cara diasamkan menggunakan asam mineral H_2SO_4 untuk menghilangkan senyawa anorganik yang menutup pori-pori pada zeolit serta mengurangi jumlah kation dalam zeolit. Hal ini dapat dilihat dari perbedaan

struktur klinoptilolit $[\text{Na}_{1.84}\text{K}_{1.76}\text{Mg}_{0.2}\text{Ca}_{1.24}(\text{H}_2\text{O})_{21.36}][\text{Si}_{29.84}\text{Al}_{6.16}\text{O}_{72}]$ menjadi modernit $[\text{Na}_8(\text{H}_2\text{O})_{24}][\text{Si}_{40}\text{Al}_8\text{O}_{96}]$. Kation K^+ , Mg^{2+} dan Ca^{2+} tidak terlihat pada struktur modernit karena perlakuan asam yang menyebabkan terlarutnya senyawa anorganik pada klinoptilolit. Kation-kation tersebut mengalami pertukaran ion dengan H^+ dari asam sulfat.

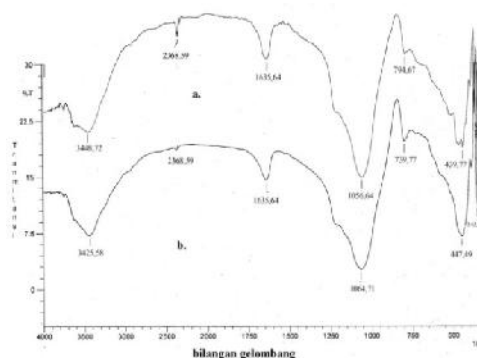
Pada proses aktivasi, ion H^+ akan mengurai ikatan atom Al yang berada pada struktur zeolit. Ion H^+ ini akan menyerang atom oksigen yang terikat pada Si dan Al. Berdasarkan harga energi disosiasi ikatan Al-O (116 kJ mol^{-1}) jauh lebih rendah dibandingkan energi disosiasi ikatan Si-O (190 kJ mol^{-1}), maka ikatan Al-O jauh lebih mudah terurai dibandingkan Si-O. Sehingga ion H^+ akan cenderung menyebabkan terjadinya pemutusan ikatan Al-O dan akan terbentuk gugus silanol. Penurunan kadar Al dapat dilihat dari rasio Si/Al zeolit. Rasio Si/Al pada zeolit tanpa aktivasi adalah 5,89 sedangkan zeolit yang sudah diaktivasi adalah 6,52. Semakin kecil kadar Al dalam zeolit maka semakin besar rasio Si/Al. Penurunan kadar Al pada zeolit yang sudah

diaktivasi dikarenakan penambahan H_2SO_4 yang menyebabkan zeolit mengalami dealuminasi (lepasnya Al dari struktur zeolit). Zeolit yang diaktivasi dengan H_2SO_4 akan membentuk H-zeolit.

b. Karakterisasi dengan FTIR

Karakterisasi *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada adsorben. Hasil pengukuran dari *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dapat dilihat Gambar 2 serta Tabel 2.

Gambar 2 Karakterisasi FTIR



Tabel 2 Hasil analisis 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

Pada zeolit alam terdapat puncak lebar di daerah $3451,15 \text{ cm}^{-1}$ yang merupakan daerah serapan OH. Puncak-puncak yang terlihat tajam pada daerah $400\text{-}1600 \text{ cm}^{-1}$ antara lain, daerah serapan 1643 cm^{-1} adalah vibrasi Si-O, dan daerah

1045 cm^{-1} adanya vibrasi Al-O. Pada zeolit teraktivasi asam puncak-puncak terlihat jelas, yaitu pada 1046 cm^{-1} (gugus Al-O) yang lebih melebar dibandingkan zeolit alam, bahu sekitar 1200 cm^{-1} (uluran asimetris), puncak 3626 cm^{-1} (gugus -OH) yang lebih sempit

dibandingkan zeolit alam, dan puncak pada 792 cm^{-1} semakin tajam dibandingkan dengan puncak dari zeolit alam.

Gambar 2 memperlihatkan bahwa pergeseran bilangan gelombang dari 3448,72 cm^{-1} ke 3425,58 cm^{-1} pada daerah vibrasi OH yang menunjukkan pengaruh asam sulfat yang mengurangi gugus OH. Perubahan bilangan gelombang 1056,99 cm^{-1} menunjukkan interpretasi Al-O menjadi 1064,71 cm^{-1} dengan perubahan bilangan gelombang Al-O yang lebih besar ketika diaktivasi dengan asam sulfat. Hal ini menunjukkan bahwa pada interpretasi Al-O telah terjadi dealuminasi yaitu pengurangan atau penghilangan Al_2O_3 yang bersifat asimetris [5].

Kenaikan intensitas puncak serapan Al-O pada zeolit aktivasi

mengindikasikan bahwa zeolit dengan aktivasi H_2SO_4 memberikan efek dealuminasi dengan terjadi pertukaran Al^+ dengan H^+ .

c. Karakterisasi dengan SAA

Pada karakterisasi *Surface Area Analyzer* (SAA) hasil yang diketahui berupa porositas dengan adanya perbedaan luas permukaan, total pori dan rerata pori yang dihasilkan zeolit alam dan zeolit setelah diaktivasi asam dari adsorpsi dan desorpsi terhadap gas nitrogen namun sebelum itu dilakukan pembersihan dari pengotor pada pori-pori adsorben atau dibuat keadaan nol dengan cara degassing. Hasil dari SAA dapat dilihat pada Tabel 3 dengan menunjukkan hasil dari uji porositas sehingga diketahui luas permukaan, total pori dan rerata pori yang diambil dari multipoint BET plot dari zeolit tersebut.

Tabel 3 Analisa SAA terhadap zeolit alam dan zeolit teraktivasi asam

Jenis zeolit	Total pori (ccgram ⁻¹)	Luas permukaan (m ² gram ⁻¹)	Rerata pori ()
Zeolit alam	1.065x10 ⁻¹	76.448	2.78725x10 ¹
Zeolit teraktivasi asam	1.522x10 ⁻¹	180.459	1.68665x10 ¹

Berdasarkan Tabel 3 zeolit teraktivasi asam memiliki luas permukaan dan total pori yang lebih luas dibanding zeolit alam, namun rerata pori mengalami penurunan disebabkan oleh permukaan zeolit yang memiliki pori-pori yang kecil menjadi terbuka karena adanya pelarutan senyawa-senyawa pengotor yang menutupi pori akibat proses aktivasi asam.

2. Adsorpsi logam Pb^{2+} pada limbah cair accuzur

a. Keketimbangan adsorpsi

Fenomena adsorpsi digambarkan melalui suatu hubungan antara jumlah adsorbat yang terjerap per satuan bobot adsorben dan konsentrasi kesetimbangan. Hubungan ini disebut sebagai isoterm adsorpsi. Isoterm adsorpsi merupakan

parameter yang sangat penting dalam adsorpsi karena ikut berperan dalam menentukan kondisi maksimum untuk menghasilkan adsorpsi yang optimal. Telah banyak isoterm adsorpsi yang dikembangkan untuk mendeskripsikan interaksi antara adsorben dan adsorbat. Isoterm Freundlich dan Langmuir pada umumnya dianut oleh adsorpsi padat-cair.

Adsorpsi ion Pb^{2+} pada accu Incoe dengan zeolit alam mengikuti kurva adsorpsi Langmuir yang dapat diketahui dari harga koefisien determinasi (R^2) yang lebih mendekati satu dibanding kurva adsorpsi Freundlich. Selain dari determinasi (R^2) dapat dilihat harga kapasitas adsorpsi maksimum zeolit alam lebih besar dibandingkan zeolit teraktivasi asam dikarenakan tidak dipengaruhi oleh luas permukaan melainkan

dipengaruhi oleh ikatan kimia Hal ini menunjukkan bahwainteraksi antara adsorben dengan adsorbat membentuk satu lapisan (*monolayer*). Langmuir

menggambarkan ikatan yang terjadi pada proses adsorpsi ion Pb^{2+} adalah adsorpsi kimia [6]

Tabel 4 Isoterm adsorpsi *accu* Incoe dari zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi asam

Zeolit	Langmuir			Freundlich		
	R	K (mg L ⁻¹)	Qm (mg g ⁻¹)	R	K (mg L ⁻¹)	Qm (mg g ⁻¹)
Zeolit alam	0,601	0,314	5,057	0,399	4,056	0,253
Zeolit teraktivasi asam	0,829	-0,135	-0,319	0,910	0,331	0,032

Tabel 5 Isoterm adsorpsi *Gstar* dari zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi asam

Zeolit	Langmuir			Freundlich		
	R	K (mg L ⁻¹)	Qm (mg g ⁻¹)	R	K (mg L ⁻¹)	Qm (mg g ⁻¹)
Zeolit alam	0,510	-0,133	-0,275	0,907	0,619	0,032
Zeolit teraktivasi asam	5x10 ⁻⁵	8	0,003	0,326	0,882	0,022

Berdasarkan Tabel 4 dan 5 tampak bahwa adsorpsi untuk ion Pb^{2+} oleh zeolit teraktivasi asam pada *accu* Incoe serta zeolit alam dan zeolit teraktivasi asam pada *accu* Gstar mengikuti kurva model adsorpsi Freundlich. Hal ini ditunjukkan oleh harga-harga koefisien determinasi (R^2) untuk kurva model adsorpsi Freundlich lebih mendekati satu dibanding dengan harga-harga koefisien determinasi (R^2) kurva model adsorpsi Langmuir. Adsorpsi Freundlich memperlihatkan bahwa ikatan yang terjadi pada proses adsorpsi Pb^{2+} adalah ikatan fisika yang disebabkan adanya gaya Van Der Waals yang ikatannya lemah, sehingga adsorbat yang sudah terikat akan mudah terlepas kembali [7].

jumlah padatan yang terserap pada massa adsorben tertentu dengan konsentrasi padatan akhir pada larutan tidaklah konstan pada konsentrasi awal larutan yang berbeda. Freundlich juga mengasumsikan bahwa permukaan pori adsorben bersifat heterogen dengan distribusi panas adsorpsi yang tidak seragam sepanjang permukaan adsorben [8].

Zeolit alam dan zeolit teraktivasi asam dalam penelitian ini tergolong dalam zeolit dengan jenis monolayer dimana ketika dilakukan adsorpsi diharapkan akan terjadi adsorpsi secara Langmuir. Namun yang terjadi adsorpsi secara Langmuir hanya terjadi pada adsorpsi ion Pb^{2+} pada *accu* Incoe dengan zeolit alam selain itu menggunakan adsorpsi Freundlich. Isoterm Freundlich terjadi karena adsorbat dengan adsorben memiliki ikatan yang lemahantara adsorbat dengan permukaan adsorben.

Teori isoterm Freundlich menyatakan bahwa perbandingan antara

Karena ikatannya lemah maka ketika permukaan pertama adsorben telah tertutup dengan adsorbat, adsorbat akan teradsorpsi pada lapisan selanjutnya

b. Kinetika adsorpsi

Kinetika adsorpsi menjelaskan kecepatan pengambilan zat terlarut (adsorbat) oleh adsorben selama waktu reaksi penjerapan. Parameter ini penting dilakukan karena menentukan efisiensi proses penjerapan.

Tabel 6 Kinetika adsorpsi *accu* Incoe

Zeolit	Pseudo satu			Pseudo dua		
	R	Qe (m $g g^{-1}$)	K ₁ (min $^{-1}$)	R	Qe (mg g $^{-1}$)	K ₂ (gr mg $^{-1}$ min $^{-1}$)
Zeolit alam	0,285	0,404	-0,001	0,996	0,779	0,797
Zeolit teraktivasi asam	0,342	0,363	-0,001	0,995	0,768	0,478

Tabel 7 Kinetika adsorpsi *accu* Gstar

Zeolit	Pseudo orde satu			Pseudo orde dua		
	R	Qe (mg g $^{-1}$)	K ₁ (min $^{-1}$)	R	Qe (mg g $^{-1}$)	K ₂ (gr mg $^{-1}$ min $^{-1}$)
Zeolit alam	0,461	0,253	-0,003	0,968	0,267	-0,496
Zeolit teraktivasi asam	0,296	0,714	0,001	0,821	0,258	0,318

Dari hasil Tabel 6 dan 7 terlihat bahwa zeolit dalam proses adsorpsi dengan sampel *accu* Incoe dan *accu* Gstar menggunakan jenis konstanta laju reaksi pseudo orde dua.. Konstanta laju zeolit alam dan zeolit teraktivasi asam pada Incoe adalah 0,797 grmg $^{-1}$ min $^{-1}$ dan 0,478 gr mg $^{-1}$ min $^{-1}$. Kemampuan interaksi zeolit alam dengan adsorbat pada *accu* Incoe lebih cepat dibanding zeolit teraktivasi asam. Konstanta laju untuk zeolit alam dan zeolit teraktivasi asam pada *accu* Gstar sebesar -0,496 grmg $^{-1}$ min $^{-1}$ dan 0,318 grmg $^{-1}$ min $^{-1}$. Dari data ini dapat diduga bahwa kemampuan interaksi zeolit teraktivasi asam dengan adsorbat lebih cepat dibandingkan zeolit alam.

Kapasitas adsorpsi pada pseudo orde dua untuk *accu* Incoe dan Gstar sedikit menurun dikarenakan adsorpsi yang terjadi merupakan adsorpsi fisik dengan ikatan yang lemah yang menyebabkan molekul-molekul adsorbat mudah lepas dan kembali ke larutan sehingga menurunkan laju reaksi dan adsorbat yang terjerap semakin kecil.

c. Termodinamika adsorpsi

Dalam penelitian ini, parameter-parameter termodinamika yang ditentukan antara lain perubahan energi bebas Gibbs (G $^{\circ}$), entalpi (H $^{\circ}$) dan entropi (S $^{\circ}$). Parameter yang terkait dengan proses adsorpsi dapat diprediksi melalui hubungan antara konstanta kesetimbangan adsorpsi dengan suhu. Grafik hubungan antara ln

Kads dengan $1/T$ dapat dilihat pada gambar lampiran.

Penelitian ini mengambil data dari empat suhu yang berbeda antara 30-60°C sebagai penentu parameter termodinamika. Parameter termodinamika adsorpsi ion Pb^{2+} oleh zeolit alam dan zeolit teraktivasi asam

dapat dilihat di Tabel 8. Peningkatan kapasitas adsorpsi disebabkan pada suhu yang lebih tinggi terjadi aktivasi sisi aktif permukaan adsorben dan peningkatan energi kinetik ion logam serta terbentuknya ion logam yang lebih kecil karena pengurangan efek hidrasi. Sehingga mampu menembus lapisan pori yang lebih dalam.

Tabel 8 Nilai energi Gibbs dari *accu*

T (K)	G Incoe ZA (kJmol ⁻¹)	G Incoe ZAA (kJmol ⁻¹)	G Gstar ZA (kJmol ⁻¹)	G Gstar ZAA (kJmol ⁻¹)
303	-4,860	-5,020	-12,009	-12,134
313	-4,797	-4,606	-11,983	-10,657
323	-4,734	-4,192	-11,957	-9,180
333	-4,671	-3,778	-11,931	-7,704

Nilai entropi adsorpsi bernilai positif dan semakin besar dengan meningkatnya temperatur. Dapat disimpulkan bahwa meningkatnya energi entropi pada sistem adsorpsi menyebabkan ion-ion logam yang terserap pada adsorben semakin tidak teratur. Nilai S untuk zeolit alam dan zeolit teraktivasi asam pada *accu* Incoe sebesar $-0,006 \text{ kJ K mol}^{-1}$ dan $-0,041 \text{ kJ K mol}^{-1}$. Sedangkan nilai S untuk zeolit alam dan zeolit teraktivasi asam pada *accu* Gstar yaitu $-0,002 \text{ kJ K mol}^{-1}$ dan $-0,148 \text{ kJ K mol}^{-1}$. Perubahan nilai energi entropi (S) adsorpsi sistem adsorben zeolit alam dan zeolit teraktivasi asam dengan adsorbat, semua bernilai negatif. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa adanya penurunan derajat ketidakteraturan pada sistem adsorben-adsorbat, jadi ion-ion logam yang terjerap pada adsorben semakin teratur. Nilai S pada zeolit alam lebih besar dibanding zeolit teraktivasi asam. Dengan demikian interaksi ion zeolit alam lebih kuat dibandingkan zeolit teraktivasi asam [9].

Entalpi reaksi dari zeolit alam *accu* Incoe sebesar $-6,77 \text{ kJmol}^{-1}$ sedangkan entalpi reaksi untuk zeolit teraktivasi asam $-17,57 \text{ kJmol}^{-1}$. Pada sampel *accu* Gstar,

entalpi reaksi yang dihasilkan pada zeolit alam dan zeolit teraktivasi asam berturut-turut yaitu $-12,84 \text{ kJ mol}^{-1}$ dan $-56,88 \text{ kJ mol}^{-1}$. Dapat disimpulkan bahwa dilihat dari harga entalpi reaksi yang terjadi maka pada sampel *accu* Incoe dengan zeolit alam dan zeolit teraktivasi asam dengan sampel *accu* Gstar zeolit asam lebih mengikuti adsorpsi fisik. Sampel *accu* Gstar dengan zeolit teraktivasi asam menggunakan adsorpsi kimia.

KESIMPULAN

- 1 Isoterm adsorpsi pada zeolit alam *accu* lebih mengikuti Langmuir sedangkan adsorpsi zeolit teraktivasi asam mengikuti Freundlich.
- 2 Kinetika reaksi adsorpsi ion Pb^{2+} pada *accu* Incoe dan Gstar mengikuti laju pseudo dua.
- 3 Pada termodinamika, energi entalpi yang dihasilkan menunjukkan adsorpsi fisik Energi Gibbs bernilai positif yang berarti reaksi berjalan endoterm

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] Wahyuni, E T. 2010. Limbah Bahan Beracun Dan Berbahaya (B3): Permasalahan Dan Upaya Pengolahannya Dengan Bahan Alam. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada
- [2] Lestari, D Y. 2010. Kajian Modifikasi dan Karakterisasi Zeolit Alam dari Berbagai Negara. *Profesionalisme Peneliti dan Penyidik Dalam Riset dan Pembelajaran yang Berkualitas dan Berkarakter*. Yogyakarta. Hal 1-6
- [3] Rosdiana, T. 2006. Pencirian dan Uji Aktivitas Katalitik Zeolit Alam Teraktivasi. *Skripsi*. Bogor: Departemen Kimia FMIPA IPB
- [4] Agustiningtyas, Z. 2012. Optimisasi Adsorpsi Ion Pb(II) Menggunakan Zeolit Alam Termodifikasi Ditzon. *Skripsi*. Departemen Kimia Fakultas MIPA. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- [5] Arryanto, Y. 2009. *Material Canggih : Rekayasa material Berbasis Sumber Daya Alam Silika-Alumina*. Yogyakarta: Jurusan Kimia FMIPA UGM.
- [6] Hendrawan, A. 2010. Adsorpsi Unsur Pengotor Larutan Natrium Silikat Menggunakan Zeolit Alam Karangtunggal. *Skripsi*. Fak Sains dan Teknologi Prodi Kimia. UIN Syarif Hidayatullah. Jakarta. Hal 6-7
- [7] Las, T; Florentinus F dan Afit H. 2011. Adsorpsi Unsur Pengotor Larutan

Natrium Silikat Menggunakan Zeolit Alam Karangnunggal. *Valensi*. Vol 2 No 2. Hal 368-378

- [8] Kristiyani, D. 2012. Pemanfaatan Zeolit Abu Sekam Padi untuk Menurunkan Kadar Ion Pb²⁺ pada Air Sumur. *Indonesian Journal of Chemical Science*. No 1. Vol1. Hal 18
- [9] Zakaria, A. 2011. Adsorpsi Cu(II) Menggunakan Zeolit Sintetis Dari Abu Terbang Batu Bara. *Tesis*. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Hal 35

TANYA JAWAB

Nama Penanya : Hanafi Idhan Kholid

Nama Pemakalah : Didik Krisdiyanto

Pertanyaan :

Bagaimana pengaruh adsorpsi logam Pb yang digunakan dalam aktivasi zeolit alam apabila H₂SO₄ yang digunakan terlalu pekat atau terlalu encer (konsentrasi H₂SO₄ tidak sama dengan 0,5M) ?

Jawaban :

Jika konsentrasi H₂SO₄ terlalu pekat akan merusak struktur zeolit (Si dan Al). Sedangkan jika konsentrasi H₂SO₄ terlalu encer Al-O asimetris dan pengotor anorganik tidak akan larut/ hilang.