

**ADSORPSI LOGAM Pb DAN Fe DENGAN ZEOLIT ALAM**

**TERAKTIVASI ASAM SULFAT**

Skripsi  
Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
mencapai derajat sarjana S-1



**Andika Munandar**  
**09630025**

**PROGRAM STUDI KIMIA**  
**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**  
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA**  
**YOGYAKARTA**  
**2014**



**SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

*Assalamu 'alaikum wr. wb.*

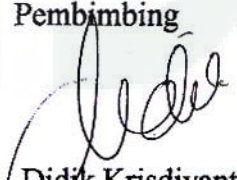
Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Andika Munandar  
NIM : 09630025  
Judul Skripsi : Adsorpsi Logam Pb dan Fe Dengan Zeolit Alam  
Teraktivasi Asam sulfat

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang kimia.

*Wassalamu 'alaikum wr. wb.*

Yogyakarta, 12 Maret 2014  
Pembimbing

  
Didik Krisdiyanto, M.Sc  
NIP. 19811111 20101 1 007



**SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

Hal : Nota Dinas Konsultan Skripsi

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

*Assalamu'alaikum wr. wb.*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku konsultan berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Andika Munandar

NIM : 09630025

Judul Skripsi : Adsorpsi Logam Pb dan Fe Dengan Zeolit Alam  
Teraktivasi Asam sulfat

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Bidang Kimia.

*Wassalamu'alaikum wr. wb.*

Yogyakarta, 12 Maret 2014

Konsultan

Khamidinal, M.Si

NIP.19691104 200003 1 002



**SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

Hal : Nota Dinas Konsultan Skripsi

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

*Assalamu'alaikum wr. wb.*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku konsultan berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Andika Munandar

NIM : 09630025

Judul Skripsi : Adsorpsi Logam Pb dan Fe Dengan Zeolit Alam  
Teraktivasi Asam sulfat

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang kimia.

*Wassalamu'alaikum wr. wb.*

Yogyakarta, 12 Maret 2014

Konsultan

Pedy Artsanti, M.Sc



## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah :

Nama : Andika Munandar  
NIM : 09630025  
Program Studi : Kimia  
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa skripsi saya yang berjudul:

### **“Adsorpsi Logam Pb dan Fe Dengan Zeolit Alam Teraktivasi Asam Sulfat”**

Adalah hasil karya sendiri dan sepanjang sepengetahuan penulis tidak berisi materi yang dipublikasikan atau ditulis orang lain, kecuali bagian tertentu yang diambil sebagai bahan acuan yang secara tertulis dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka. Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

Yogyakarta, 21 Maret 2014

Penulis



Andika Munandar

NIM. 09630025



**PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

Nomor : UIN.02/D.ST/PP.01.1/768/2014

**Skripsi/Tugas Akhir dengan judul** : Adsorpsi Logam Pb dan Fe Menggunakan Zeolit Alam Teraktivasi Asam Sulfat

**Yang dipersiapkan dan disusun oleh** :  
**Nama** : Andika Munandar  
**NIM** : 09630025  
**Telah dimunaqasyahkan pada** : 20 Februari 2014  
**Nilai Munaqasyah** : A  
Dan dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga

**TIM MUNAQASYAH :**

Ketua Sidang

Didik Krisdiyanto, M.Sc  
NIP.19811111 201101 1 007

Penguji I

Khamidinal, M.Si  
NIP.19691104 200003 1 002

Penguji II

Pedy Artsanti, M.Sc

Yogyakarta, 13 Maret 2014

UIN Sunan Kalijaga

Fakultas Sains dan Teknologi  
Dekan



H. Akh. Minhaji, M.A, Ph.D

NIP. 19580919 198603 1 002

## **MOTTO**

Pengetahuan di mulai dari 99% imajinasi dan hanya 1% kerja keras

(Albert Einstein)

Jadilah ilmuwan atau peneliti yang “sehat” lahir dan batin

(Utoro Yahya)

“Do the best”

(Arryanto Yateman)

“Ada tiga tipe pekerja yaitu Bekerja dengan cerdas, bekerja dengan keras dan bekerja dengan malas”

(Andika Munandar)

## PERSEMBAHAN

*Teruntuk orang-orang terkasih*

*Bapak, Ibu, Alm. mamah, kakak laki-laki dan perempuan, serta*

*adik laki-laki dan perempuan*

*dengan doa dan dukungannya*

*Dan untuk almamater tercinta*

*Program Studi Kimia*

*Fakultas Sains Dan Teknologi*

*Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta*



## KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmaanirrahim. Alhamdulillahirrahil'alamin

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena dengan rahmat-Nyalah penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “**Adsorpsi Logam Pb dan Fe Dengan Zeolit Alam Teraktivasi Asam Sulfat**” sebagai syarat menyelesaikan studi Strata-1 dengan baik. Shalawat dan salam selalu tercurah kepada Nabi Agung Muhammad SAW, keluarga serta para sahabat yang selalu menjadi suri tauladan bagi umatnya.

Dalam penulisan skripsi ini, penulis menyadari bahwa penyelesaian penelitian dan penulisan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari banyak pihak. Terima kasih penulis sampaikan kepada :

1. Bapak Albert, Alm mamah Naimah, ibu azwita, bang ihsan, kakak cici, aditya dan andini dengan semua doa dan dukungan.
2. Bapak Wahyudi Wibowo yang telah memberikan bahan dan masukan-masukan tentang penelitian.
3. Prof. Drs. H. Akh. Minhaji, MA. Ph.D., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.
4. Bapak Khamidinal, M.Si dan Didik Krisdiyanto, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing skripsi yang telah memberikan kritik dan masukan yang tiada lelah.
5. Ibu Esti Wahyu Widowati, M.Si, M.Biotech., selaku Kepala Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi.

6. Seluruh dosen dan karyawan program Studi Kimia Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, terima kasih atas ilmu yang diajarkan dan bantuannya selama ini.
7. Pak wijaya, pak indra dan mba isni untuk masukan, dukungan dan nasihat untuk menyelesaikan skripsi.
8. Siwi Hanjanatri yang selalu ada untuk menemani. Terima kasih atas kebersamaannya.
9. Sahabat terbaik, teman-teman kimia 2009 yang memberi banyak masukan dan semangat.
10. Anak kost dwima yang selalu bantu memberikan hiburan jangan lupa futsal dan pes-nya.
11. Buat iradio jogja yang selalu menemanin ketika menulis dan membacakan requestan lagu

Penulis menyadari bahwa Tugas akhir ini masih memiliki banyak kekurangan dan masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka terhadap kritik dan saran yang membangun dari semua pihak. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 21 Maret 2014

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN Sampul.....	i
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR.....	ii
NOTA DINAS KONSULTAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
MOTTO.....	vii
PERSEMBAHAN.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
ABSTRAK.....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Batasan Masalah.....	5
C. Rumusan Masalah.....	5
D. Tujuan Penelitian.....	5
E. Manfaat Penelitian.....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI</b>	
A. Tinjauan Pustaka.....	7
B. Dasar Teori.....	
1. Zeolit.....	8
2. Dealuminasi/Dekationisasi.....	10
3. Adsorpsi.....	10
4. Adsorpsi Isoterm.....	11
a. Isoterm Langmuir.....	11
b. Isoterm Freundlich.....	14
5. Kinetika Adsorpsi.....	14
6. Pengaruh kation dan anion.....	15
7. Logam Pb.....	16
8. Logam Fe.....	17
9. X-Ray Diffraction (XRD).....	18
10. Fourier Transformattion Infra Red (FTIR).....	19
11. Surface Area Analyzer(SAA).....	20
12. Atomic Absorption Spectroscopy (AAS).....	20
C. Hipotesa.....	21

<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
A. Waktu dan Tempat Penelitian .....	22
B. Alat.....	22
C. Bahan.....	22
D. Prosedur Penelitian.....	22
1. Preparasi Zeolit Alam .....	22
2. Pembuatan larutan induk asam sulfat.....	23
3. Pengaktifan Zeolit Alam Menggunakan Asam Sulfat .....	23
4. Variasi waktu .....	23
5. Variasi konsentrasi .....	23
6. Adsorpsi dua komponen.....	24
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Karakterisasi Zeolit.....	25
1. Karakterisasi Dengan XRD.....	25
2. Karakterisasi Dengan FTIR.....	30
3. Karakterisasi Dengan SAA .....	32
B. Isoterm Adsorpsi .....	35
1. Adsorpsi logam Pb .....	35
2. Adsorpsi logam Fe .....	36
3. Adsorpsi multikomponen .....	37
C. Kinetika Adsorpsi.....	39
1. Kinetika adsorpsi logam Pb.....	39
2. Kinetika adsorpsi logam Fe.....	40
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
A. Kesimpulan .....	43
B. Saran.....	43
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>44</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>44</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 Spektra XRD zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi asam .....	27
Gambar 4.2 Spektra FTIR zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi asam .....	30
Gambar 4.3 a dan b hysteresis loop untuk zeolit alam dan zeolit aktivasi asam .....	33





## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Interpretasi $2\theta$ zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi asam .....	27
Tabel 4.2 Interpretasi FTIR zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi .....	31
Tabel 4.3 Interpretasi SAA terhadap zeolit alam dan zeolit teraktivasi asam .....	33
Table 4.4 Distribusi pori zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi asam .....	34
Tabel 4.5 Isoterm adsorpsi logam Pb dari zeolit alam dan zeolit teraktivasi.....	35
Tabel 4.6 Isoterm adsorpsi logam Fe dari zeolit alam dan zeolit teraktivasi.....	36
Tabel 4.7 Adsorpsi multikomponen logam Pb dan Fe dengan zeolit alam.....	37
Tabel 4.8 Adsorpsi multikomponen logam Pb dan Fe dengan zeolit teraktivasi..	38
Tabel 4.9 Kinetika adsorpsi logam Pb .....	39
Tabel 4.10 Kinetika adsorpsi logam Fe.....	40

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Diagram Blok .....	47
Lampiran 2 : Isoterm adsorpsi logam Pb .....	50
Lampiran 3 : Isoterm adsorpsi logam Fe.....	55
Lampiran 4 : Waktu kontak logam Pb dan Fe dengan zeolit alam dan zeolit teraktivasi .....	60
Lampiran 5 : Kinetika adsorpsi logam logam Pb dengan zeolit alam.....	61
Lampiran 6 : Kinetika adsorpsi logam Fe dengan zeolit alam.....	64
Lampiran 7 : Kinetika adsorpsi logam Pb dengan zeolit alam teraktivasi asam...	66
Lampiran 8 : Kinetika adsorpsi logam Fe zeolit alam teraktivasi asam .....	68

## INTISARI

### Adsorpsi Logam Pb dan Fe Dengan Zeolit Alam Teraktivasi Asam Sulfat

Oleh :

**Andika Munandar**  
**09630014**

=====

Logam Pb dan Fe merupakan limbah yang dapat mencemari lingkungan, kedua logam tersebut banyak terdapat pada limbah accu sehingga untuk menghilangkan kedua logam dapat menggunakan adsorpsi dengan materi adsorben yang berpori seperti zeolit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakter, kapasitas adsorpsi, dan kinetika adsorpsi dari zeolit alam dan zeolit teraktivasi asam sebagai adsorben yang mengadsorp kedua logam.

Zeolit alam diayak untuk mendapatkan ukuran yang sama. Zeolit alam yang telah diayak diaktivasi menggunakan asam sulfat. Zeolit alam dan zeolit teraktivasi asam kemudian dikarakterisasi dengan XRD, FTIR dan SAA. Zeolit kemudian digunakan sebagai adsorben untuk menjerap logam Pb dan Fe dengan variasi konstentrasi satu logam, konstentrasi dua logam bersama dan waktu pengadukan. Larutan sampel yang telah diadsorp kemudian dianalisis konsentrasi akhir dengan AAS.

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. Tipe isoterm yang digunakan isoterm langmuir untuk masing masing logam Pb dan Fe, untuk isoterm kedua logam menggunakan kompetisi isoterm langmuir yang menghasilkan persamaan di bawah ini untuk masing-masing adsorben, sedangkan kinetika adsorpsi masing masing logam Pb dan Fe yang diadsorpsi zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi asam menunjukkan pseudo orde dua yang menguatkan isoterm langmuir.

Kata kunci : zeolit, accu zuur, logam Pb, logam Fe, adsorpsi, dealuminasi, isoterm Langmuir, dan pseudo orde dua

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Pencemaran lingkungan oleh industri yang berupa limbah baik berupa zat organik ataupun logam berat menjadi suatu permasalahan yang sangat penting yang mana diperlukan penanganan yang tepat serta ramah lingkungan baik limbah tersebut akan digunakan kembali untuk produksi ataupun yang akan dibuang ke lingkungan karena sudah tidak dapat digunakan kembali, limbah – limbah yang masuk dalam kategori logam berat digunakan oleh beberapa industri baik berupa industri rumah tangga ataupun industri besar. Limbah logam berat sangat berbahaya yang mana dapat mengubah keadaan air secara perlahan-lahan disebabkan logam berat dapat menjadi suatu zat padat yang dapat tersuspensi dalam air, selain itu limbah logam berat bersifat terakumulatif sehingga akan selalu bertambah dan dapat mengurangnya kadar air bersih yang dapat dikonsumsi oleh makhluk hidup. Apabila air tersebut tetap digunakan untuk keperluan sehari-hari seperti diminum ataupun untuk kegunaan yang lain maka kadar logam berat yang mencemari lingkungan akan terakumulasi dalam tubuh makhluk hidup ataupun merusak ekosistem pada lingkungan sehingga dapat menyebabkan penyakit ketika telah melebihi ambang batas kadar ditentukan (Islam, 2007).

Limbah logam berat seperti kadmium(Cd), timbal(Pb), besi(Fe), perak (Ag), seng/zink(Zn), kromiun(Cr), tembaga(Cu), raksa(Hg), kobalt(Co), dan sesium(Se). Potensi yang disebabkan oleh logam berat ini bermacam-macam jenis penyakit yang dihasilkan dari jenis serta berapa banyak kadar logam berat yang

diterima oleh tubuh makhluk hidup, yaitu ; timbal (Pb) dapat menyebabkan gangguan ginjal dan keguguran pada ibu hamil serta timbal memiliki sifat karsinogenik, dan besi (Fe) dapat memberikan bekas karat pada pakaian yang dicuci dengan air yang memiliki kadar besi yang tinggi serta bahaya lain yang disebabkan oleh lingkungan tercemar dari logam berat yang tidak dikelola dengan baik sehingga melebihi ambang batas yang ditentukan oleh pemerintah (Rukaesih, 2004).

Penanganan logam berat dapat menggunakan beberapa proses yang didapatkan melalui tiga cara yaitu fisika, biologi, atau kimia yang mana penanganan logam berat ini bisa menggunakan satu cara, dua cara, ataupun tiga cara pada waktu yang berdekatan. Namun demikian perlu diketahui teknik yang terdapat dari tiga cara ini supaya dapat menggunakan cara yang tepat serta mendapatkan hasil yang maksimal sehingga dapat mengurangi pencemaran serta dapat mengurangi biaya atau menambahkan pemasukan dalam untuk penanganan limbah yang berupa logam berat. Beberapa proses yang digolongkan oleh tiga cara tersebut ialah dimulai dari biologi yang menggunakan makhluk hidup seperti bakteri atau tumbuhan yang dapat menyerap logam berat ataupun mengubah logam berat tersebut menjadi tidak berbahaya, secara fisika bisa berupa filtrasi dan adsorpsi, dan cara yang terakhir ialah kimia dimana cara kimia ada beberapa macam metode , yaitu : netralisasi asam basa, koagulasi dan flokuasi, pertukaran ion, elektrodialisis, disinfektan, khlorinasi, ozonisasi, khlorin oksida, pemindahan ammonia, dan adsorpsi. Oleh karena terdapat persamaan pada kimia dan fisika yaitu metode adsorpsi yang mana dikarenakan pada adsorben terdapat dua cara



adsorpsi yaitu pada permukaan adsorben (fisisorpsi) atau gugus aktif (kemisorpsi) dari adsorben agar dapat menyerap adsorbat pada limbah cair (Suharto, 2011).

Metode adsorpsi memiliki beberapa keuntungan dibandingkan metode lainnya yang telah disebutkan diatas, yaitu dapat menyerap logam berat pada limbah cair ataupun perairan, memiliki sifat selektif yang tinggi sehingga akan terjadi kompetisi pada penyerapan logam berat oleh adsorben, adsorben yang digunakan dapat berupa adsorben alam ataupun adsorben sintesis. Adsorben alam bisa berupa zeolit, bentonit, kitosan dan ada beberapa yang lain dengan terdapat suatu luas permukaan dan terdapat pori – pori yang berguna sebagai penahan molekul yang sesuai dengan ukuran permukaan pada senyawa tersebut ataupun terdapat gugus aktif yang berguna sebagai penyerap dan penahan molekul dengan cara mengikat melalui gugus aktif tersebut, sedangkan adsorben sintesis bisa berasal dari bahan alami yang di sintesis dengan bahan kimia lainnya atau berasal dari campuran antara bahan kimia satu dengan bahan kimia yang lain.

Adsorben yang bisa berasal dari alam dan sintesis salah satu berupa zeolit, yang mana zeolit ini merupakan hasil dari batuan alami yang zeolit memiliki gugus aktif berupa silika alumina ( $\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ) dan memiliki luas permukaan tertentu sehingga dapat mengadsorp baik melalui gugus aktif ataupun luas permukaan yang telah di aktivasi ataupun di aktivasi dan dimodifikasi dengan senyawa lain untuk meningkatkan kemampuan adsorpsi yang di miliki zeolit. Aktivasi yang dilakukan untuk zeolit melalui dua cara yaitu aktivasi secara fisika ataupun kimia yang mana aktivasi fisika berupa hidrotermal dan ayakan yang mana akan membuat luas permukaan lebih luas. Sedangkan cara kimia dengan

diaktivasi asam ataupun basa sedangkan untuk modifikasi dapat berupa penambahan senyawa lain bisa bersifat senyawa organik ataupun anorganik, aktivasi zeolit dengan asam atau basa memiliki tujuan tertentu berupa jika diaktivasi asam maka akan terjadi dealuminasi dan dekatonisasi yang mana hal ini akan menghilangkan ataupun mengurangi gugus alumina serta senyawa anorganik yang menutup pori pada zeolit sehingga menghasilkan luas permukaan yang besar dan jumlah pori yang lebih banyak sehingga dapat melakukan adsorpsi lebih besar, sedangkan untuk aktivasi menggunakan basa digunakan untuk menambah jumlah kation tertentu pada zeolit alam yang sebelumnya sudah terdapat kation ataupun memang ditambahkan untuk meningkatkan kemampuan adsorpsi sebagai pemanfaatan yang lain (Jing, 2007).

Oleh karena zeolit dapat melakukan adsorpsi pada logam berat dengan cara diaktivasi dengan asam bertujuan mengurangi ataupun menghilangkan kation, anion, dan senyawa organik yang terdapat pada zeolit, sedangkan logam berat yang dijadikan sebagai limbah yaitu timbal dan besi hal ini disebabkan perusahaan listrik untuk kendaraan bermesin memiliki sumber listrik seperti aki (accumulator) yang mana terdapat limbah padat dan limbah cair yang menjadikan masalah bagi lingkungan ataupun yang disebabkan terdapat padatan tersuspensi pada limbah cair yang mana menjadi awal permasalahan ketika limbah tersebut di buang ke lingkungan dan digunakan kembali. Sehingga dilakukanlah penelitian tentang “studi pengaruh Fe dan Pb terhadap kapasitas adsorpsi dengan aktivasi asam sulfat”.

**B. Batasan Masalah**

1. Zeolit yang digunakan berasal dari daerah klaten
2. Asam yang digunakan berupa asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) dengan konsentrasi 0,5 M.
3. Karakterisasi yang digunakan difraksi sinar-x (XRD) untuk menguji kristalinitas, gugus fungsi zeolit dengan Fourier transformation infra red (FTIR), dan luas permukaan serta porositas menggunakan surface area analyzer (SAA)
4. Logam yang digunakan berupa logam Fe dan Pb.
5. Variasi hanya di waktu kesetimbangan dan konsentrasi.
6. Isoterm yang digunakan isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich

**C. Rumusan Masalah**

1. Bagaimana karakter dari zeolit alam sebelum dan sesudah diaktivasi asam ?
2. Bagaimana pengaruh logam lain terhadap kapasitas adsorpsi pada zeolit alam ?
3. Bagaimana persamaan isoterm adsorpsi yang dihasilkan dari dua logam ?

**D. Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui karakter dari zeolit alam sebelum dan sesudah diaktivasi asam.

2. Mengetahui pengaruh logam lain terhadap kapasitas adsorpsi pada zeolit alam.
3. Mengetahui persamaan isoterm adsorpsi yang dihasilkan dari dua logam.

#### **E. Manfaat Penelitian**

1. Mengetahui zeolit alam yang terdapat di Indonesia khusus Jawa Tengah
2. Menjadi rujukan dalam penanganan terhadap logam Fe dan Pb
3. Memberikan pengetahuan tentang kapasitas adsorpsi zeolit alam untuk limbah yang multikomponen khusus limbah Fe dan Pb dengan persamaan isoterm adsorpsi.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

1. Karakter zeolit alam mengalami peningkatan kristalinitas, peningkatan rasio Si/Al, dan peningkatan luas permukaan setelah zeolit alam teraktivasi asam.
2. Isoterm adsorpsi untuk logam Pb dan Fe ialah isoterm Langmuir.
3. Kapasitas adsorpsi untuk multikomponen dengan zeolit alam ialah

$$Q_{e, Pb} = \frac{Q_{mPb}0,0122C_{ePb}}{1 + 0,0122C_{ePb} + 1,999C_{eFe}}$$

dan zeolit alam teraktivasi asam ialah

$$Q_{e, Pb} = \frac{Q_{mPb}0,1105C_{ePb}}{1 + 0,1105C_{ePb} + 0,082C_{eFe}}$$

### B. Saran

1. Aktivan yang digunakan basa kuat seperti NaOH atau KOH
2. Karakterisasi yang digunakan fluoresense sinar-x (XRF)
3. Tambahkan variasi suhu untuk termodinamika



### Daftar Pustaka

- Achmad, Rukaesih. 2004. *Kimia lingkungan*. Andi, Yogyakarta.
- 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.
- A.M. El-Kamash et al., (2005), *Modeling batchkinetics and thermodynamics of zinc and cadmium ions removal from waste solutions using synthetic zeolite A*, Journal of Hazardous Materials B127 p:211–220[25] McKay, Y.S. Ho, (1999), *Pseudo-second order model forsorption processes* Process Biochem, vol.34, hal.451-460
- Arryanto, Yateman. 2009. *Material Canggih : Rekayasa material Berbasis Sumber Daya Alam Silika-Alumina*. Jurusan Kimia FMIPA UGM, Yogyakarta.
- Atkins. 1990. *Kimia Fisik jilid 1 Edisi keempat*. Diterjemahkan oleh Irma I.Kartohadiprojo. Erlangga, Jakarta.
- Breck, D.W. 1974. *Zeolite Molecular Sieves: Structure, Chemistry, and Use*. John Wiley & Sons. New York.
- Darmono. 2001. *Lingkungan Hidup Dan Pencemaran*, Jakarta: Universitas Indonesia.
- Do, D, 1998. *Adsorption Analysis: Equilibrium and Kinetics*. Series Chemical Engineering Vol 2. Queensland.
- 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.
- Fatimah, Is. 2013. *Kinetika Kimia*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Fatimah, Is dan Karna Wijaya. 2005. *Sintesis  $\text{TiO}_2$ /Zeolit Sebagai Fotokatalis Pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tapioka Secara Adsorpsi-Fotodegradasi*. Teknoin. Vol 10. No 4. Hal 262
- Flanigen, E. M., H. Khatami., H. A. Szymanski. 1971. *Infrared Structural Studies of Zeolite Framework, Molecular Sieve Zeolite-I*. American Society Advanced in Chemistry Serise. No.101. hal: 201 – 227

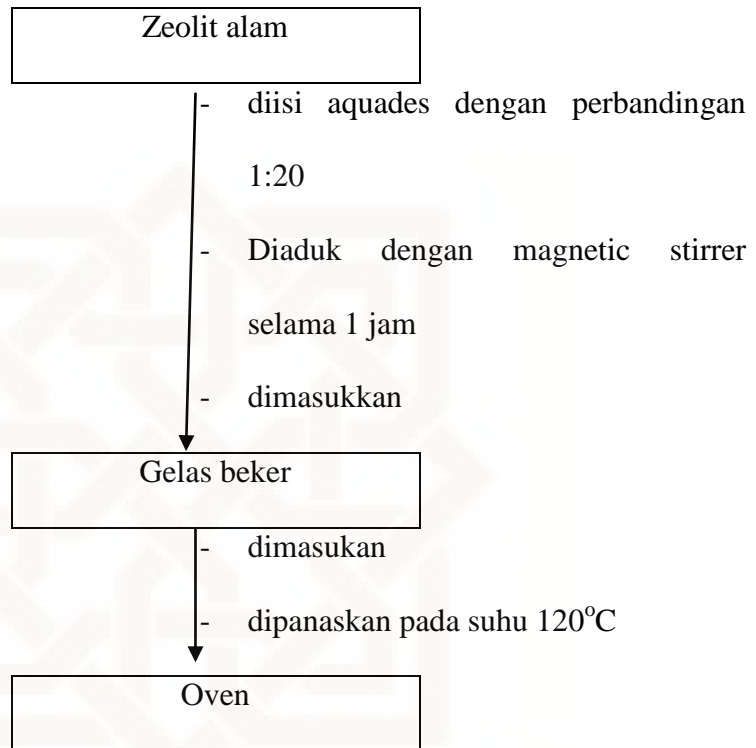
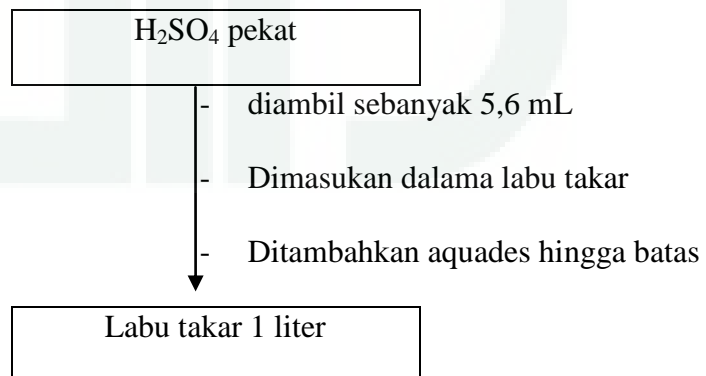
- Frank A. Settle, 1997. *Handbook of Instrumental Techniques for Analytical Chemistry: X-Ray Diffraction* by Joseph Formica, p.339-364. Prentice Hall PTR, Upper Sandle River, New Jersey.
- Ho, Y.S., Mc Kay, G., Wase, DAJ, dan Foster,CF. 2000. *Study of the Sorption of Divalent Metal Ions onto Peat. Adsorp. Sci. Technol* 18, 639-650
- Islam EU, Yang XE, He ZL, Mahmood Q. 2007. *Assessing potential dietary of heavy metals in selected vegetables and food crops. J Zhejiang Univ Sci B* 8(1):1-13.
- Ismunandar, 2006. *Padatan Oksida Logam Struktur, Sintesis, dan Sifat – sifatnya*. ITB, Bandung.
- Jing Fan, Chunlai Wu, Yafang Wei, Chuanyun Peng, Pingan Peng. 2007. *Preparation of xylanol orange functionalized silica gel as a selective solid phase extractor and its application for preconcentration-separation of mercury from waters. J Hazard Mater* 145 : 323– 330.
- Kesuma, R.F dkk. 2013. *Karakterisasi Pori Adsorben Berbahan Baku Kaolin Capkala dan Zeolit Dealuminasi*. Pontianak: Prodi Kimia, Fakultas MIPA Universitas Tanjungpura Pontianak
- Khopkar SM. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Terjemahan A. Saptoraharjo. UI Press, Jakarta.
- Kundari N. A. dan Wiyuniati, S. 2008. *Tinjauan Kesetimbangan Adsorpsi Tembaga dalam Limbah Pencuci PCB dengan Zeolit*, Seminar nasional IV SDM Teknologi nuklir Yogyakarta, 25-26 Agustus 2008
- 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.
- Lagergren. S. 1989, *Zur Theorie der Sogenannten Adsorption Geloster Stoffe. Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens. Handlingar* 24, 1-39
- Lestari, Dewi Yuanita. 2010. *Kajian Modifikasi dan Karakterisasi Zeolit Alam dari Berbagai Negara. Profesionalisme Peneliti dan Penyidik Dalam Riset dan Pembelajaran yang Berkualitas dan Berkarakter*. Yogyakarta
- Nurimaniwathy, dkk. 2004. *Karakterisasi Kapasitas Tukar Kation Zeolit dari Gedangsari Gunung Kidul*. prosiding seminar pranatanukli p3tm-batan. yogyakarta

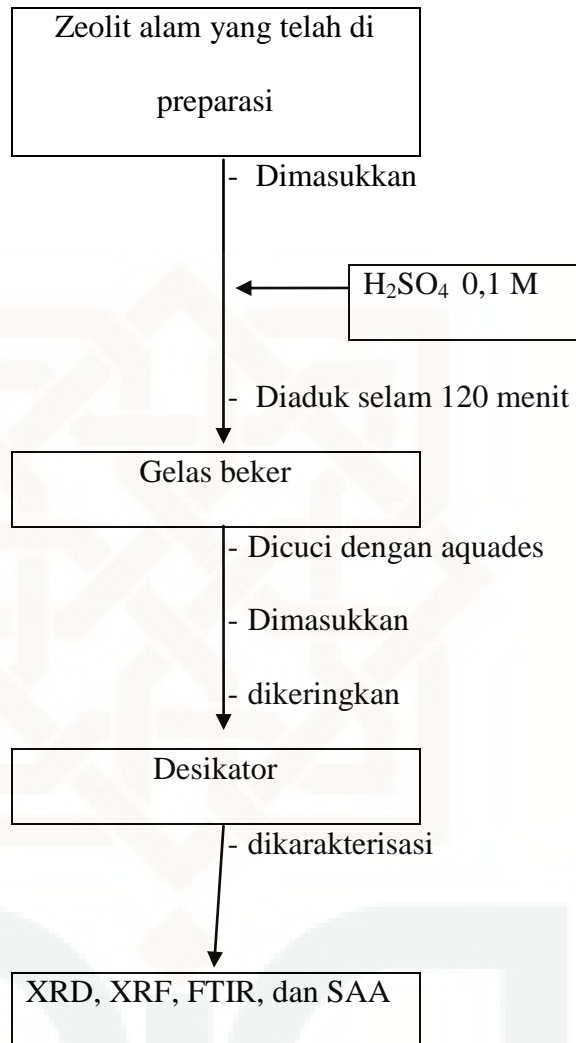
- Purwaningsih Dyah. 2009. *Adsorpsi Multi Logam Ag(I), Pb(II), Cr(III), Cu(II), dan Ni(II) pada Hibrida Etilendiamino-Silika dari Abu Sekam Padi*. Tesis, FMIPA, UNY, Yogyakarta
- Rahmawati, A dan Santoso .S.J. 2012. *Studi Adsorpsi Logam Pb (II) dan Cd (II) Pada Asam Humat Dalam Medium Air*. Alchemy
- Raya, I., 1998. *Studi Kinetika Adsorpsi Ion Logam Al(III) dan Cr (III) pada Adsorben chaetoceros calcitrans yang Terimobilisasi pada Silika Gel*, Thesis, FMIPA UGM, Yogyakarta.
- Richardson, J.T. 1989. *Principle of Catalyst Development*. New York. Plenum press
- Rina, Utami. 2012. *Modifikasi Zeolit Alam Dengan Nanokitosan Sebagai Adsorben Ion Logam Berat dan Studi Kinetika Terhadap Ion Pb(II)*, Skripsi, FMIPA UI, Jakarta.
- Rosdiana, Tina. 2006. *Pencirian dan Uji Aktivitas Katalitik Zeolit Alam Teraktivasi*. Bogor: Departemen Kimia FMIPA IPB
- Saksono, N. 2002. *Analisis Iodat dalam Bumbu Dapur dengan Metode Iodometri dan X-Ray Fluorecense*. Makara Teknologi, 6, 89-94.
- Sriatun, dan Adi D. 2005. *Dealuminasi Zeolit Alam Cipatujah Melalui Penambahan Asam dan Oksidator*. JSKA. Vol VIII. No 2. Hal 7
- Susetyaningsih Retno, Endro Kismolo, dan Prayitno. 2009. *Karakterisasi Zeolit Alam Pada Reduksi Kadar Chrom Dalam Limbah Cair Seminar nasional V SDM nuklir Yogyakarta, 5 November 2009*
- Sutarti, M dan Rahmawati, M., 1994. *Zeolit. Tinjauan Literatur Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah LIPI*, Jakarta
- Sunardi. 2005. *Penuntun Praktikum Kimia Analisa Instrumentasi*. Departemen Kimia FMIPA UI, Depok.
- Suharto. Ign. 2011. *Limbah Kimia Dalam pencemaran udara dan air*. Andi, Yogyakarta
- Suseno. 2010. *Immobilisasi Dithizon Secara Fisika Pada Zeolit Alam Dan Studi Kemampuan Adsorpsinya Terhadap Logam Pb(II)*. Jurnal Kimia dan Teknologi.
- Suyati, Linda. 2005. *Pembuatan dan Karakterisasi Katalis Nikel/Zeolit pada Pirolisis TIR Batubara*. JSKA. Vol VII.No 2.

- Syafii, F; Sugiarti, S dan Charlena. 2010. *Modifikasi Zeolit Melalui Interaksi Dengan  $Fe(OH)_3$  Untuk Meningkatkan Kapasitas Tukar Anion*. Departemen Kimia, Fmipa Institut Pertanian Bogor *Prosiding Seminar Nasional Sains Iii, Bogor, 13 November 2010*
- Wardhana W Arya, 2007. *Teknologi Nuklir Proteksi Radiasi dan Aplikasinya*. Andi, Yogyakarta
- Underwood. A. L. dan Day. R. A. JR. 1989. *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi kelima*. Diterjemahkan oleh A. H. Pudjaatmaka. Erlangga, Jakarta.
- 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
- Wong-Ng, W. et al. 2001. *JCPDS-ICDD Research Associateship (Cooperative Program With NBS/NIST)*. J. Rest. Natl. Inst. Stand. Technol, Vol 106. No.6.
- Yateman, Arryanto.2009. *Material Canggih : Rekayasa material Berbasis Sumber Daya Alam Silika-Alumina*. Jurusan Kimia FMIPA UGM, Yogyakarta
- 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.
- 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

## Lampiran

## a. Preparasi zeolit alam

b. Pembuatan larutan induk  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (0,1M)

c. Pengaktifan kimia menggunakan asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )

## Lampiran

### A. Tabel isoterm adsorpsi logam Pb dengan zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi asam

co	ce	co-ce	qe	ce/qe	log ce	log qe
30	0,3854	29,6146	0,74036	0,52055	-0,4140	-0,1305
50	0,3472	49,6528	1,24132	0,27970	-0,4594	0,09388
90	0,259	89,741	2,24352	0,11544	-0,2979	0,23990
150	0,27	149,73	3,74325	0,07213	-0,5867	0,35093
200	0,19	199,81	4,99525	0,03803	-0,5686	0,57325

Table 1 isoterm adsorpsi logam Pb dengan zeolit alam

### A. Kapasitas kesetimbangan (Qe)

$$Q_e = \frac{(C_o - C_e)L}{M}$$

$$Q_e = \frac{(30 - 0,3854)0,025}{1}$$

$$= 0,74036 \text{ mg/g}$$

co	ce	co-ce	qe	ce/qe	log ce	log qe
30	0,166	29,834	0,74585	0,22256	-0,7798	-0,1273
50	0,3745	49,6255	1,24063	0,30186	-0,4265	0,09364
70	0,3935	69,6065	1,74016	0,22612	-0,4050	0,24059
90	0,675	89,325	2,23312	0,30226	-0,1707	0,34891
150	1,6835	148,316	3,70791	0,45402	0,22621	0,56912
500	29,6585	470,341	11,7585	2,52229	1,47214	1,07035

Table 2 isoterm adsorpsi logam Pb dengan zeolit alam teraktivasi asam

A. Kapasitas kesetimbangan ( $Q_e$ )

$$Q_e = \frac{(C_o - C_e)L}{M}$$

$$Q_e = \frac{(30 - 0,166)0,025}{1}$$

$$= 0,74585 \text{ mg/g}$$

## B. Tabel isoterm adsorpsi logam Fe dengan zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi asam

co	ce	co-ce	qe	ce/qe	log ce	log qe
30	0,3272	29,6728	0,74182	0,44107	-0,4852	-0,1297
50	0,5454	49,4546	1,23636	0,44113	-0,2632	0,09214
70	0,5472	69,4528	1,73632	0,31514	-0,2618	0,23963
90	1,3309	88,6691	2,21672	0,60039	0,12414	0,34572
150	1,7945	148,205	3,70513	0,48432	0,25394	0,56880
200	3,0927	196,907	4,92268	0,62825	0,49033	0,69220
500	30,3654	469,634	11,7408	2,5863	1,48237	1,0697

Table 11 isoterm adsorpsi logam Fe dengan zeolit alam

A. Kapasitas kesetimbangan ( $Q_e$ )

$$Q_e = \frac{(C_o - C_e)L}{M}$$

$$Q_e = \frac{(30 - 0,3272)0,025}{1}$$

$$= 0,74182 \text{ mg/g}$$



Co	ce	co-ce	qe	ce/qe	log ce	log qe
30	11,11	18,89	0,47225	23,5256	1,04571	-0,3258
50	15,595	34,405	0,86012	18,1310	1,19298	-0,0654
70	19,409	50,591	1,26475	15,3458	1,28800	0,10201
90	21,864	68,136	1,7034	12,8355	1,33973	0,23131
150	29,247	120,753	3,01882	9,68820	1,46608	0,47983
200	30,067	169,933	4,24832	7,07737	1,47809	0,62821
500	37,703	462,297	11,5574	3,26223	1,57637	1,06281

Table 12 isoterm adsorpsi logam Fe dengan zeolit alam teraktivasi asam

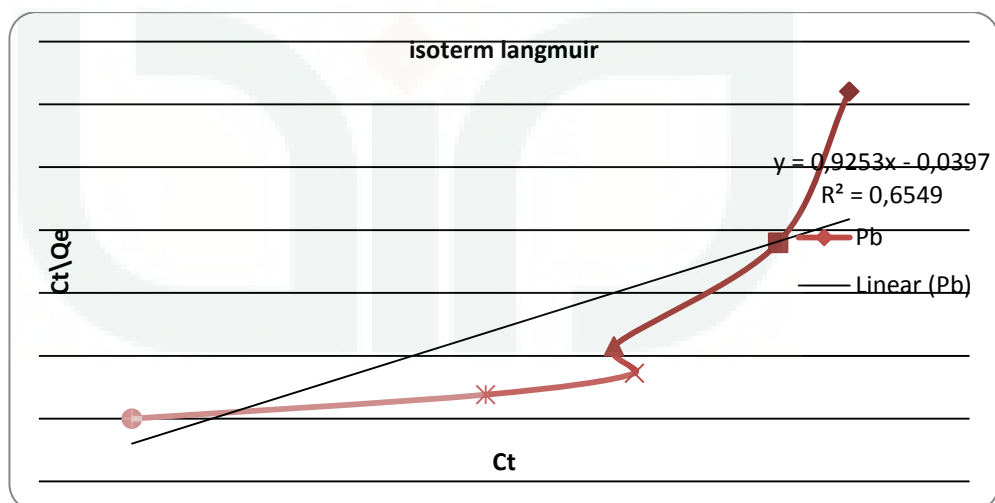
A. Kapasitas kesetimbangan ( $Q_e$ )

$$Q_e = \frac{(C_o - C_e)L}{M}$$

$$Q_e = \frac{(30 - 11,11)0,025}{1}$$

$$= 0,47225 \text{ mg/g}$$

C. Grafik isoterm Langmuir dari logam Pb dari zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi asam



$$y = 2,380x - 0,486$$

$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{Q_m} C_e + \frac{1}{Q_m K}$$

$$\triangleright \frac{1}{Q_m} = 2,38$$

$$Q_m = \frac{1}{2,38}$$

$$Q_m = 0,420$$

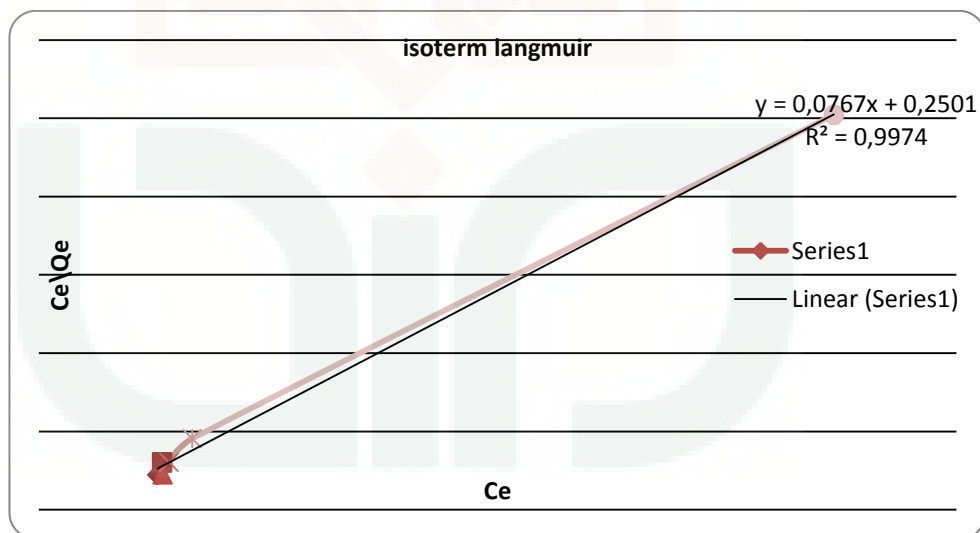
$$\triangleright \frac{1}{Q_m K} = 0,486$$

$$\frac{1}{Q_m} \times \frac{1}{K} = 0,486$$

$$2,38 \times \frac{1}{K} = 0,486$$

$$K = \frac{2,38}{0,486}$$

$$K = 0,204$$



$$y = 0,076 x + 0,250$$

$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{Q_m} C_e + \frac{1}{Q_m K}$$

$$\triangleright \frac{1}{Q_m} = 0,076$$

$$Q_m = \frac{1}{0,076}$$

$$Q_m = 13,160$$

$$\triangleright \frac{1}{Q_{mK}} = 0,25$$

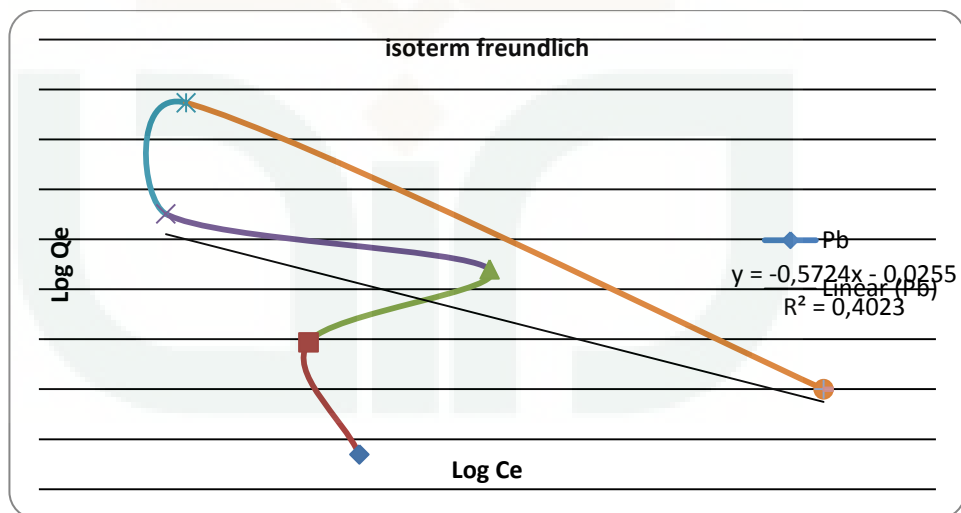
$$\frac{1}{Q_m} \times \frac{1}{K} = 0,25$$

$$0,076 \times \frac{1}{K} = 0,25$$

$$K = \frac{0,076}{0,250}$$

$$K = 0,304$$

D. Grafik isoterm Freundlich dari logam Pb dari zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi asam



$$y = -1,208 x - 0,336$$

$$\log Q_e = \frac{1}{n} \log C_e + \log K_f$$

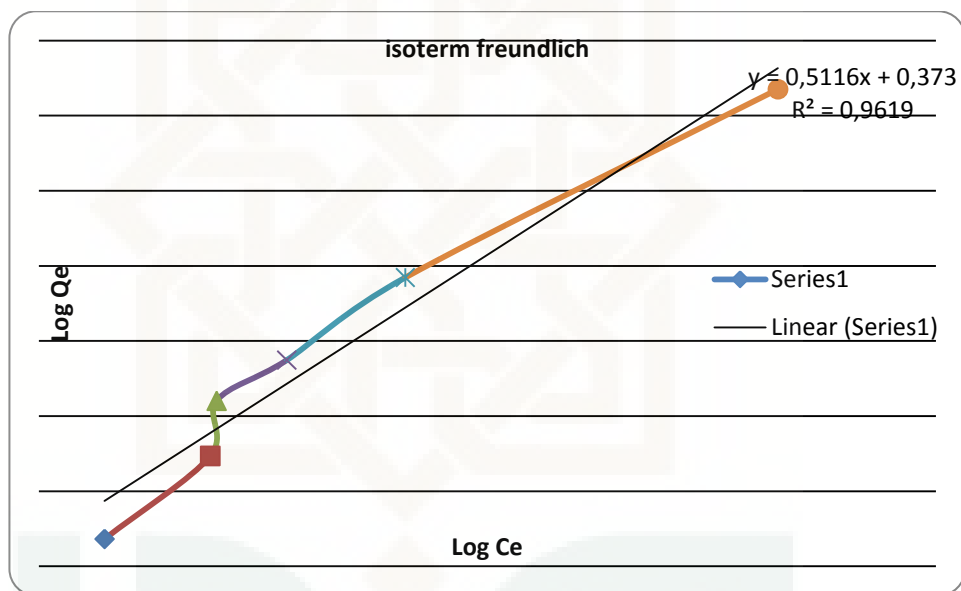
$$\triangleright \frac{1}{n} = 1,208$$

$$n = \frac{1}{1,208}$$

$$n = 0,808$$

$$\triangleright \text{Log } K_f = -0,336$$

$$K_f = 10^{-0,336} = 0,461$$



$$y = 0,511x + 0,373$$

$$\log Q_e = \frac{1}{n} \log C_e + \log K_f$$

$$\triangleright \frac{1}{n} = 0,511$$

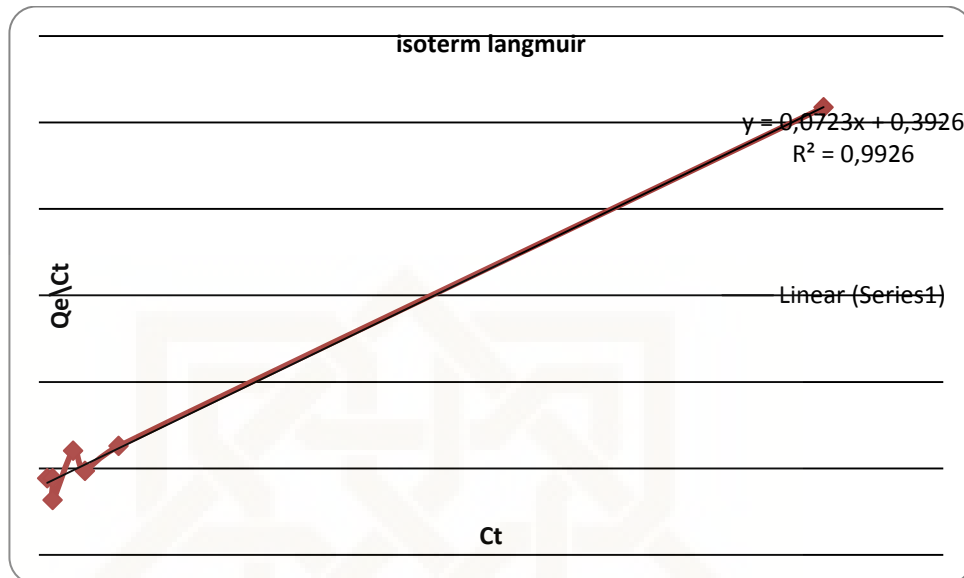
$$n = \frac{1}{0,511}$$

$$n = 1,715$$

$$\triangleright \text{Log } K_f = -0,373$$

$$K_f = 10^{-0,373} = 1,991$$

## E. Grafik isoterm Langmuir logam Fe dari zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi



$$y = 0,072 x + 0,392$$

$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{Q_m} C_e + \frac{1}{Q_m K}$$

$$\triangleright \frac{1}{Q_m} = 0,072$$

$$Q_m = \frac{1}{0,072}$$

$$Q_m = 13,880$$

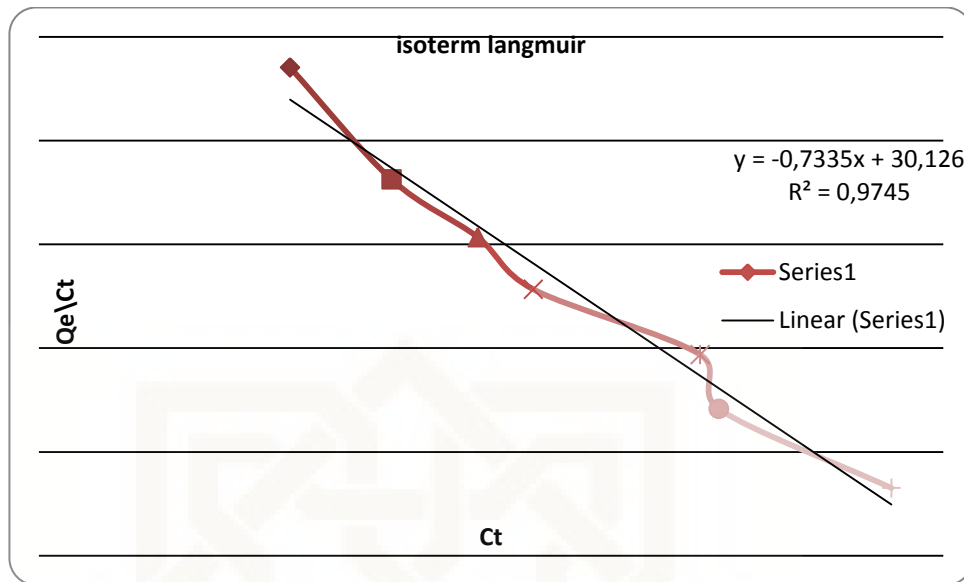
$$\triangleright \frac{1}{Q_m K} = 0,392$$

$$\frac{1}{Q_m} \times \frac{1}{K} = 0,392$$

$$0,072 \times \frac{1}{K} = 0,392$$

$$K = \frac{0,072}{0,392}$$

$$K = 0,184$$



$$y = -0,733 + 30,12$$

$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{Q_m} C_e + \frac{1}{Q_m K}$$

$$\triangleright \frac{1}{Q_m} = 0,072$$

$$Q_m = \frac{1}{0,072}$$

$$Q_m = 13,880$$

$$\triangleright \frac{1}{Q_m K} = 30,12$$

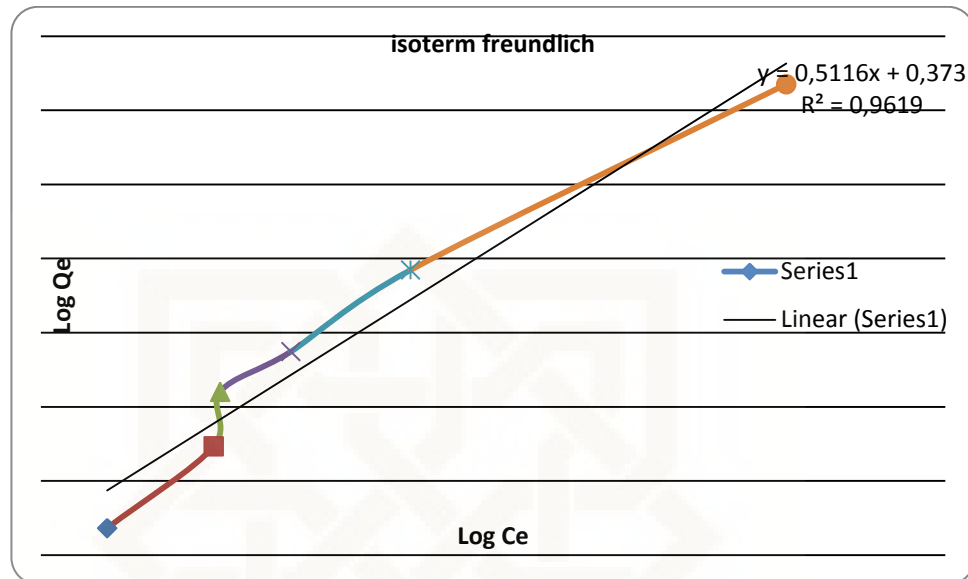
$$\frac{1}{Q_m} \times \frac{1}{K} = 30,12$$

$$0,072 \times \frac{1}{K} = 0,392$$

$$K = \frac{0,072}{30,12}$$

$$K = 0,024$$

F. Grafik isoterm Freundlich dari logam Fe dari zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi asam



$$y = 0,511x + 0,373$$

$$\log Q_e = \frac{1}{n} \log C_e + \log K_f$$

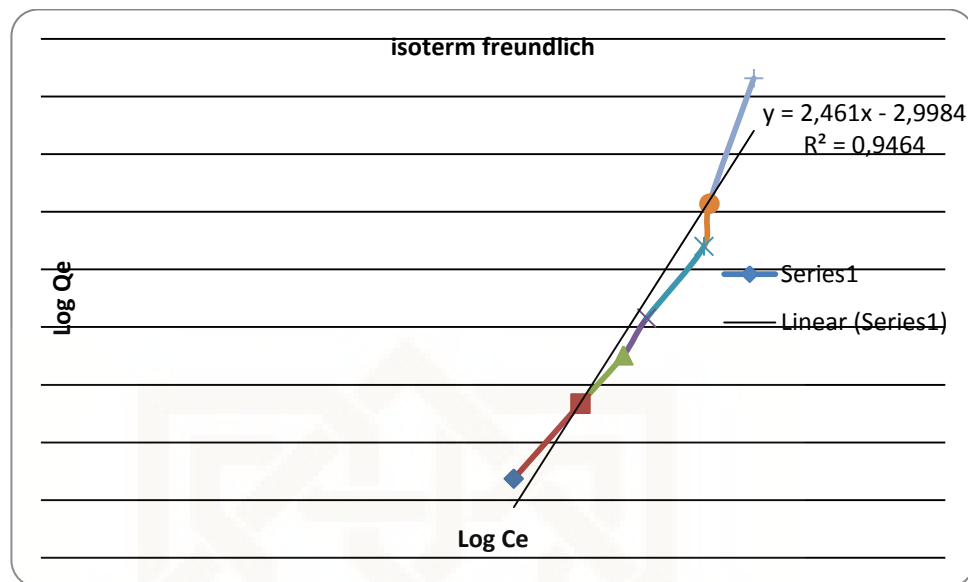
$$\text{➤ } \frac{1}{n} = 0,511$$

$$n = \frac{1}{0,511}$$

$$n = 1,715$$

$$\text{➤ } \log K_f = 0,373$$

$$K_f = 10^{0,373} = 1,991$$



$$y = 2,461x - 2,998$$

$$\log Qe = \frac{1}{n} \log Ce + \log Kf$$

$$\triangleright \frac{1}{n} = 2,461$$

$$n = \frac{1}{2,461}$$

$$n = 0,406$$

$$\triangleright \log Kf = -2,998$$

$$Kf = 10^{-2,998} = 1 \times 10^{-3}$$



## G. Tabel variasi waktu kontak zeolit alam dengan logam Pb dan Fe

Nomor	Menit	Konsentrasi Pb	Konsentrasi Fe
1	0	10	12
2	15	0,2951	0,1208
3	30	0,273	0,1053
4	45	0,205	0,1226
5	75	0,2529	0,0665
6	90	0,3842	0,166
7	105	0,2714	0,2227
8	120	0,1848	0,1972

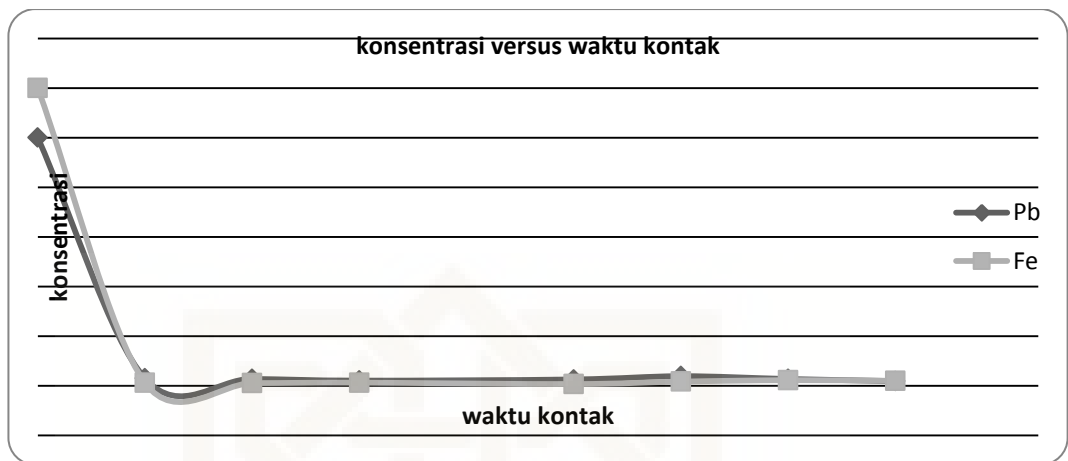
Tabel 5 variasi waktu kontak terhadap konsentrasi awal dengan zeolit alam

## H. Tabel variasi waktu kontak zeolit alam teraktivasi asam dengan logam Pb dan Fe

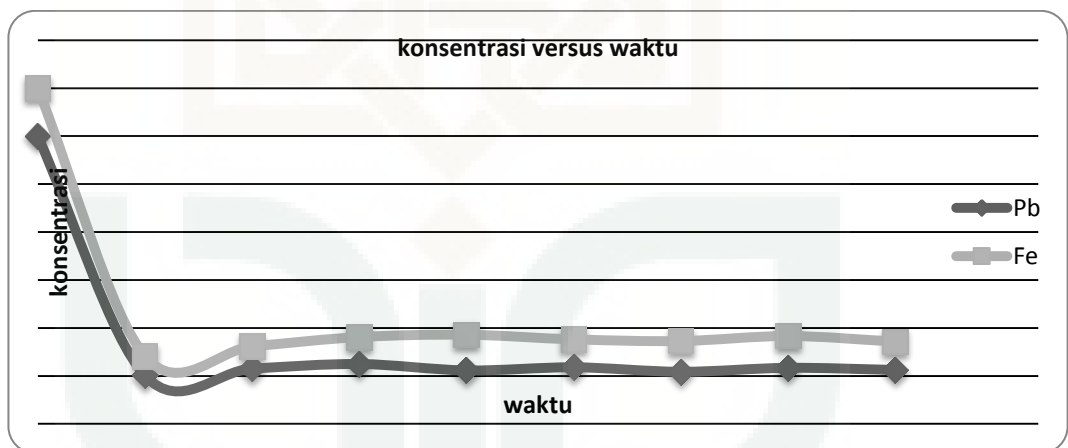
Nomor	menit	Konsentrasi Pb	Konsentrasi Fe
1	0	10	12
2	15	0,0196	0,8254
3	30	0,3056	1,231
4	45	0,4957	1,62
5	60	0,2298	1,717
6	75	0,359	1,524
7	90	0,1736	1,456
8	105	0,337	1,663
9	120	0,2503	1,432

Tabel 6 variasi waktu terhadap konsentrasi awal dengan zeolit teraktivasi

## I. Grafik variasi waktu kontak zeolit alam dengan logam Pb dan Fe



## J. Grafik variasi waktu kontak zeolit alam teraktivasi asam dengan logam Pb dan Fe



## K. Tabel dan grafik kinetia adsorpsi zeolit alam dengan logam Pb

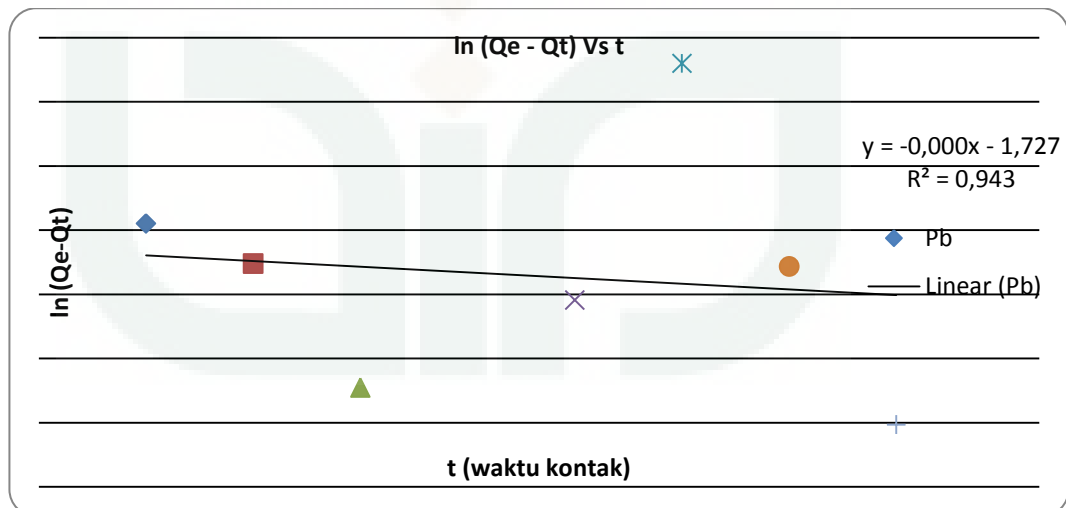
t	[Pb]	Qt (Pb)	ln (Qe-Qt) (Pb)	t/Qt (Pb)
0	10			
15	0,295	0,2426	-1,7295	61,82444
30	0,273	0,2432	-1,7326	123,3679
45	0,205	0,2449	-1,7423	183,7672
75	0,2529	0,2437	-1,7354	307,7839
90	0,3842	0,2404	-1,7170	374,3838
105	0,2714	0,2432	-1,7328	431,7168
120	0,1848	0,2454	-1,7451	489,0374

## A. Kapasitas kesetimbangan (Qt)

$$Q_t = \frac{(C_0 - C_t)L}{M}$$

$$Q_t = \frac{(10 - 0,295)0,025}{1}$$

$$= 0,2426 \text{ mg/g}$$



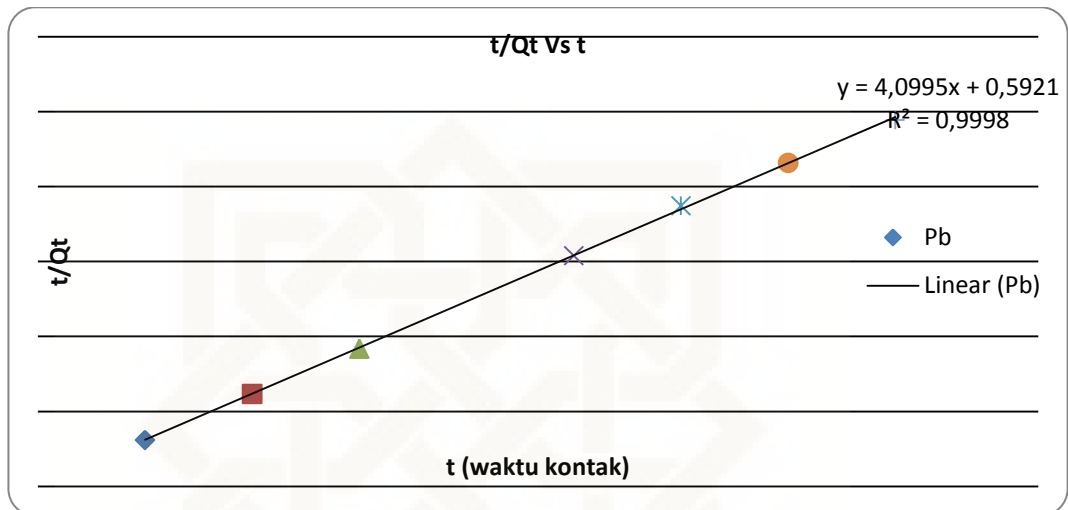
$$Y = -0,000x - 1,727$$

$$\ln(Q_e - Q_t) = \ln Q_e - kt$$

$$\Rightarrow K = 0$$

$$\rightarrow \ln Q_e = -1,727$$

$$Q_e = 0,1778$$



$$Y = 4,099x + 0,592$$

$$\frac{t}{Qt} = \frac{1}{Q_e} t + \frac{1}{Q_e^2 K}$$

$$\rightarrow \frac{1}{Q_e} = 4,099$$

$$Q_e = \frac{1}{4,099} = 0,2440$$

$$\rightarrow k = \frac{1}{Q_e^2 K}$$

$$k = \frac{1}{Q_e^2} \times \frac{1}{0,592}$$

$$k = \frac{1}{4,099^2} \times \frac{1}{0,592}$$

$$k = 0,1005$$

## L. Tabel dan Grafik kinetika adsorpsi zeolit alam dengan logam Fe

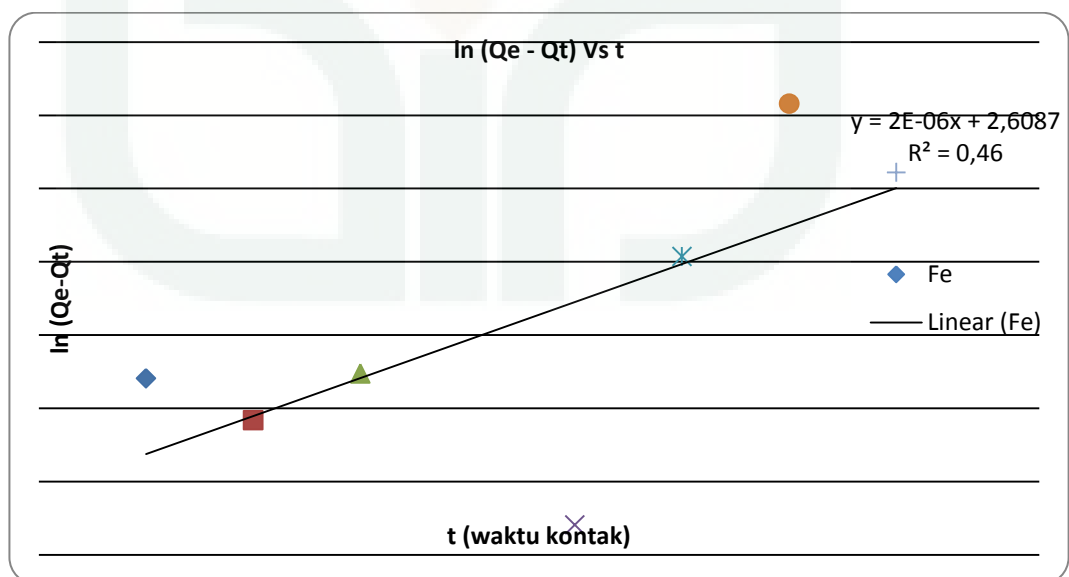
t	[Fe]	Qt (Fe)	ln (Qe-Qt) (Fe)	t/Qt (Fe)
0	12			
15	0,1208	0,2970	2,60882	50,50845
30	0,1053	0,2974	2,60879	100,8853
45	0,1226	0,2969	2,60882	151,5483
75	0,067	0,2983	2,60872	251,3931
90	0,166	0,2959	2,60890	304,2082
105	0,2227	0,2944	2,60901	356,6182
120	0,1972	0,2951	2,60896	406,6832

## A. Kapasitas kesetimbangan (Qt)

$$Q_t = \frac{(C_0 - C_t)L}{M}$$

$$Q_t = \frac{(12 - 0,1208)0,025}{1}$$

$$= 0,2970 \text{ mg/g}$$



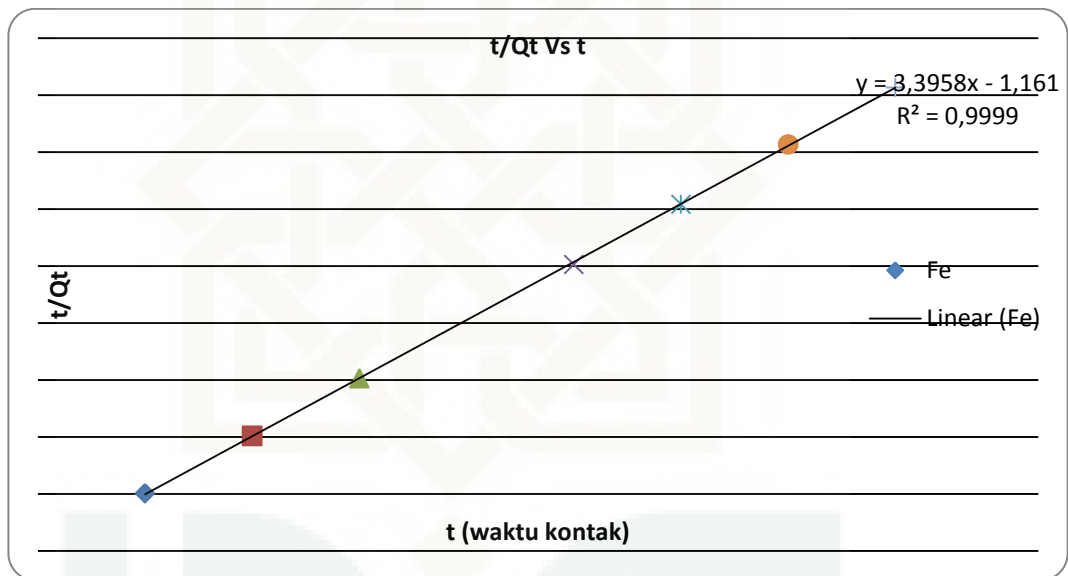
$$Y = 2 \times 10^{-6}x + 2,608$$

$$\ln(Q_e - Q_t) = \ln Q_e - kt$$

$$\text{➤ } K = 2 \times 10^{-6}$$

$$\text{➤ } \ln Q_e = 2,608$$

$$Q_e = 13,572$$



$$Y = 3,395x - 1,161$$

$$\frac{t}{Q_t} = \frac{1}{Q_e}t + \frac{1}{Q_e^2 K}$$

$$\text{➤ } \frac{1}{Q_e} = 3,395$$

$$Q_e = \frac{1}{3,395} = 0,0938$$

$$\text{➤ } k = \frac{1}{Q_e^2 K}$$

$$k = \frac{1}{Q_e^2} \times \frac{1}{1,161}$$

$$k = \frac{1}{3,395^2} \times \frac{1}{1,161}$$

$$k = 0,2945$$

M. Tabel dan grafik kinetika adsorpsi zeolit alam teraktivasi asam dengan logam

Pb

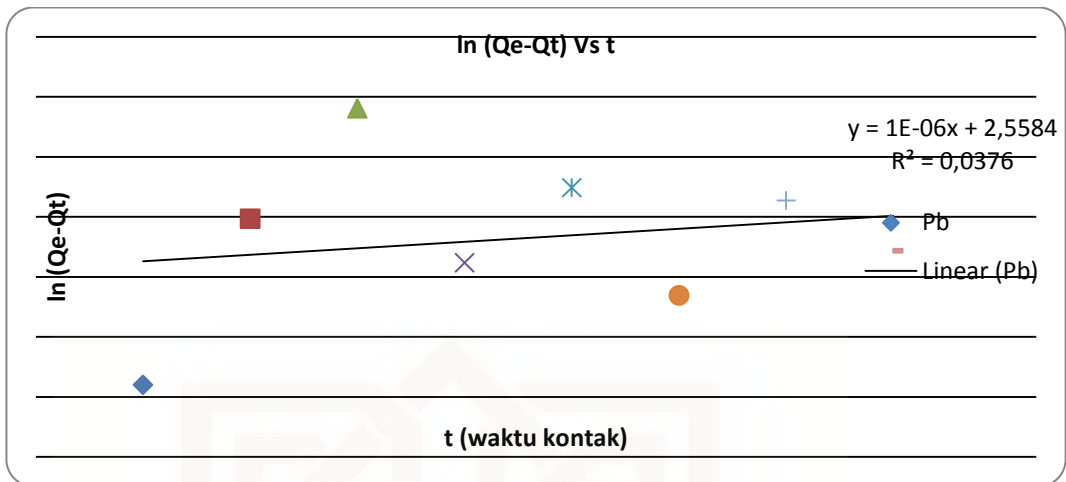
t	[Pb]	Qt (Pb)	ln (Qe-Qt) (Pb)	t/Qt (Pb)
0	10			
15	0,0196	0,2495	2,5580	60,12
30	0,3056	0,2424	2,5586	123,78
45	0,4957	0,2376	2,5590	189,39
60	0,2298	0,2443	2,5584	245,64
75	0,359	0,2410	2,5587	311,17
90	0,1736	0,2457	2,5583	366,36
105	0,337	0,2416	2,5587	434,65
120	0,2503	0,2437	2,5585	492,32

A. Kapasitas kesetimbangan (Qt)

$$Qt = \frac{(Co - Ct)L}{M}$$

$$Qt = \frac{(10 - 0,0196)0,025}{1}$$

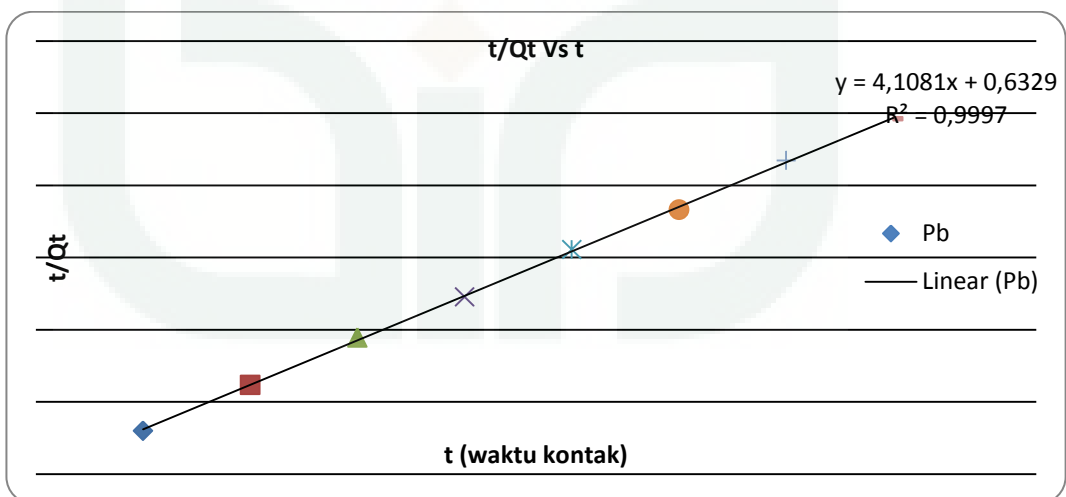
$$= 0,2495 \text{ mg/g}$$



$$Y = 1 \times 10^{-6}x + 2,558$$

$$\ln (Qe - Qt) = \ln Qe - kt$$

- $K = 1 \times 10^{-6}$
- $\ln Qe = 2,558$
- $Qe = 12,909$



$$Y = 4,108x + 0,632$$

$$\frac{t}{Qt} = \frac{1}{Qe}t + \frac{1}{Qe^2K}$$



$$\triangleright \frac{1}{Q_e} = 4,108$$

$$Q(H) = \frac{1}{4,108} = 0,2434$$

$$\triangleright k = \frac{1}{Qe^2K}$$

$$k = \frac{1}{Qe^2} \times \frac{1}{0,632}$$

$$k = \frac{1}{4,108^2} \times \frac{1}{0,632}$$

$$k = 0,0747$$

N. Tabel dan grafik kinetika adsorpsi zeolit alam teraktivasi asam dengan logam

Fe

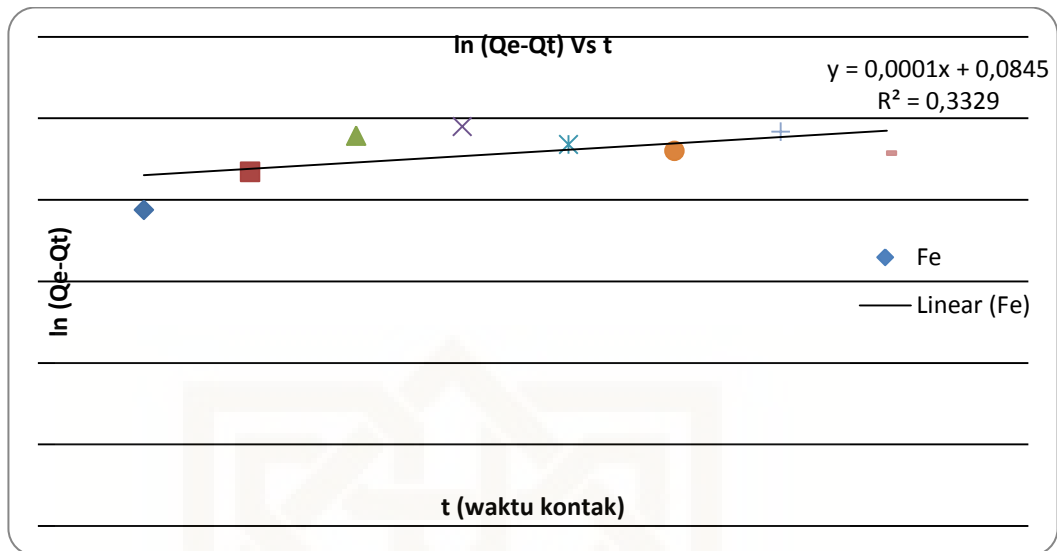
t	[Fe]	Qt (Fe)	ln (Qe-Qt) (Fe)	t/Qt (Fe)
0	12			
15	0,8254	0,2794	0,0775	53,69
30	1,231	0,2692	0,0869	111,43
45	1,62	0,2595	0,0958	173,41
60	1,717	0,2571	0,0980	233,39
75	1,524	0,2619	0,0936	286,37
90	1,456	0,2636	0,0920	341,43
105	1,663	0,2584	0,0967	406,31
120	1,432	0,2642	0,0915	454,20

A. Kapasitas kesetimbangan (Qt)

$$Qt = \frac{(Co - Ct)L}{M}$$

$$Qt = \frac{(12 - 0,8254)0,025}{1}$$

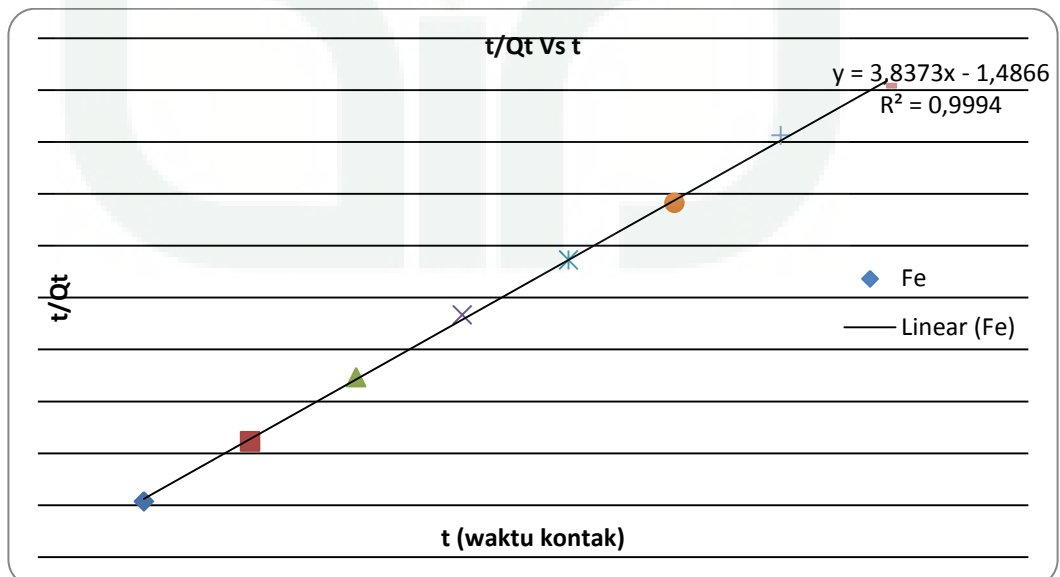
$$= 0,2794 \text{ mg/g}$$



$$Y = 0,000x + 0,084$$

$$\ln (Qe - Qt) = \ln Qe - kt$$

- $K = 0$
- $\ln Qe = 0,084$
- $Qe = 1,0876$



$$Y=3,837x - 1,486$$

$$\frac{t}{Qt} = \frac{1}{Qe}t + \frac{1}{Qe^2K}$$

$$\triangleright \frac{1}{Qe} = 3,837$$

$$Qe = \frac{1}{3,837} = 0,2606$$

$$\triangleright k = \frac{1}{Qe^2K}$$

$$k = \frac{1}{Qe^2} \times \frac{1}{1,486}$$

$$k = \frac{1}{3,837^2} \times \frac{1}{1,486}$$

$$k = 0,0457$$

O. Perhitungan untuk multikomponen untuk logam Pb pada zeolit alam dan zeolit teraktivasi

$$\begin{aligned} Qe \text{ hitung (Pb zeolit alam)} &= \frac{(Co-Ce)L}{M} \\ &= \frac{(10-0,179)0,025}{1} \\ &= 0,2455 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Qe \text{ hitung (Pb zeolit teraktivasi)} &= \frac{(Co-Ce)L}{M} \\ &= \frac{(10-0,1513)0,025}{1} \\ &= 0,2462 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_e \text{ data (Pb zeolit alam)} &= \frac{Q_m K_{Ce}}{K_{Ce}+1} \\
 &= \frac{2,0576C_e}{0,204C_e+1} \\
 &= \frac{2,0576(0,179)}{0,204(0,179)+1} \\
 &= \frac{0,3683}{1,0365} \\
 &= 0,3553 \text{ mg/g}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_e \text{ data (Pb zeolit teraktivasi)} &= \frac{Q_m K_{Ce}}{K_{Ce}+1} \\
 &= \frac{4C_e}{0,304C_e+1} \\
 &= \frac{4(0,1513)}{0,304(0,1513)+1} \\
 &= \frac{0,6052}{1,0459} \\
 &= 0,5786 \text{ mg/g}
 \end{aligned}$$

P. Perhitungan untuk multikomponen untuk logam Fe pada zeolit alam dan zeolit teraktivasi

$$\begin{aligned}
 Q_e \text{ hitung (Fe zeolit alam)} &= \frac{(C_o - C_e)L}{M} \\
 &= \frac{(12 - 0,757)0,025}{1} \\
 &= 0,2811 \text{ mg/g}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_e \text{ hitung (Fe zeolit teraktivasi)} &= \frac{(C_o - C_e)L}{M} \\
 &= \frac{(12 - 0,221)0,025}{1} \\
 &= 0,2945 \text{ mg/g}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_e \text{ data (Fe zeolit alam)} &= \frac{Q_m K C_e}{K C_e + 1} \\
 &= \frac{2,551 C_e}{0,184 C_e + 1} \\
 &= \frac{2,551(0,757)}{0,184(0,757) + 1} \\
 &= \frac{1,9311}{1,1392} \\
 &= 1,6951 \text{ mg/g}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_e \text{ data (Fe zeolit teraktivasi)} &= \frac{Q_m K C_e}{K C_e + 1} \\
 &= \frac{0,0332 C_e}{0,024 C_e + 1} \\
 &= \frac{0,0332(0,2208)}{0,024(0,2208) + 1} \\
 &= \frac{0,0073}{1,0053} \\
 &= 0,0073 \text{ mg/g}
 \end{aligned}$$

