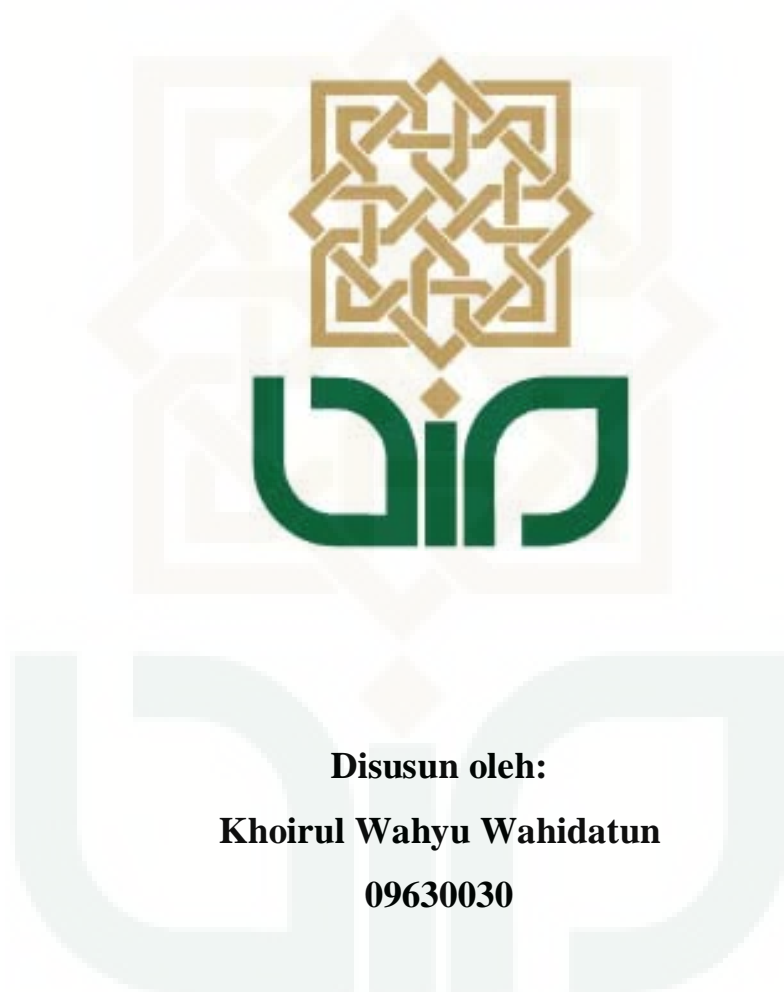


**ADSORPSI LOGAM Cr DENGAN ZEOLIT ALAM  
TERAKTIVASI ASAM SULFAT**

**Skripsi**

**Untuk memenuhi persyaratan mencapai derajat Sarjana Kimia**



**Disusun oleh:**

**Khoirul Wahyu Wahidatun**

**09630030**

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

**2014**

## SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR 2

Hal : Persetujuan 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 pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudari:

Nama : Khoirul Wahyu Wahidatun  
NIM : 09630030  
Judul Skripsi : Adsorpsi Logam Cr 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

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

*Wassalamu'alaikum wr. wb.*

Yogyakarta, 02 Oktober 2014

Pembimbing

Khamidinal, M. Si.

NIP. 19691104 200003 1 002

Didik Krisdiyanto, M. Sc.

NOTA DINAS KONSULTAN

Hal. Skripsi Sdr. Khoirul Wahyu Wahidatun

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 : Khoirul Wahyu Wahidatun

NIM : 09630030

Judul Skripsi : Adsorpsi Logam Cr 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 \_\_\_\_\_ Kimia. Demikian, atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

*Wassalamu'alaikum wr. wb.*

Yogyakarta, 28 Oktober 2014

Konsultan



Didik Krisdiyanto, M.Sc.

NIP. 19811111 2010 1 007

Irwan Nugraha, M.Sc.

NOTA DINAS KONSULTAN

Hal. Skripsi Sdr. Khoirul Wahyu Wahidatun

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 : Khoirul Wahyu Wahidatun

NIM : 09670032

Judul Skripsi : Logam Cr 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 \_\_\_\_\_ Kimia. Demikian, atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

*Wassalamu'alaikum wr. wb.*

Yogyakarta, 27 Oktober 2014

Konsultan

  
Irwan Nugraha, M.Sc.  
NIP. 19820329 211101 1 005



## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Khoirul Wahyu Wahidatun

NIM : 09630030

Prodi / Smt : Kimia / XI

Fakultas : Sains dan Teknologi

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "*Adsorpsi logam Cr dengan Zeolit Alam Teraktivasi Asam Sulfat*" merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 06 Oktober 2014

ig menyatakan



**Khoirul Wahyu Wahidatun**

NIM: 09630030



**PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

Nomor : UTN.02/D.ST/PP.01.1/3188/2014

Skripsi/Tugas Akhir dengan judul : Adsorpsi Logam Cr dengan Zeolit Alam Teraktivasi Asam Sulfat

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :  
Nama : Khoirul Wahyu Wahidatun  
NIM : 09630030  
Telah dimunaqasyahkan pada : 24 oktober 2014  
Nilai Munaqasyah : A -  
Dan dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga

**TIM MUNAQASYAH :**

Ketua Sidang

Khamidinal, M.Si  
NIP.19691104 200003 1 002

Penguji I

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

Penguji II

Irwan Nugraha, M.Sc  
NIP. 19820329 201101 1 005

Yogyakarta, 28 Oktober 2014

UIN Sunan Kalijaga  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Dekan



Prof. Drs. H. Akh. Minhaji, M.A, Ph.D  
NIP. 19580919 198603 1 002

## **MOTTO**

**Allah mengangkat orang-orang yang beriman diantara kamu dan orang-orang yang dikaruniai ilmu pengetahuan hingga beberapa derajat  
(Al Mujadilah: 11)**

**Hakikat hidup adalah mati  
(Cak Nun)**

**Nothing happened if you do nothing  
(Khoirul Wahyu W.)**



## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

**Alhamdulillah dengan mengucapkan syukur kepada Allah SWT, karya ini  
kupersembahkan untuk kalian:**

**Ayah dan Ibuku tercinta**

**Adik-adikku tercinta**

**Kakek-nenekku tercinta**

**Dan seluruh keluarga besarku tersayang**

**Almamaterku Program Studi Kimia**

**Fakultas Sains dan Teknologi**

**UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta**



## KATA PENGANTAR


Alhamdulillah, Puji syukur penulis haturkan ke hadirat Allah SWT yang selalu melimpahkan rahmat, hidayah dan karunia-Nya, sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Adsorpsi Logam Cr dengan Zeolit Alam Teraktivasi Asam Sulfat**”. Sholawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang menjadi suri tauladan umat-Nya. Dalam penulisan skripsi ini, baik pada saat persiapan dan pelaksanaan penelitian, penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah memberikan kontribusi baik berupa bantuan, dukungan, bimbingan maupun kritik yang membangun. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Prof. Drs. H. Akh. Minhaji, M.A, Ph.D., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Esti Wahyu Widowati, M.Si, M.Biotech, selaku Kepala Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Dr. Susy Yunita Prabawati, M.Si, selaku Dosen Pembimbing Akademik.
4. Khamidinal, M.Si. dan Didik Krisdayanto, S.Si., M.Sc selaku Dosen Pembimbing dan Irwan Nugraha, M.Sc. selaku penguji yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya memberikan bimbingan, pengarahan, serta motivasi dalam penulisan skripsi ini.
5. Dosen-dosen Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang sudah membagi ilmu yang sangat bermanfaat.

6. A. Wijayanto, S.Si., Indra Nafiyanto, S.Si., dan Isni Gustanti, S.Si. selaku PLP Laboratorium Kimia UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberikan pengarahannya dan dorongan selama melakukan penelitian.
7. Kedua orang tuaku Bapak Sahid Anwar dan Ibu Sutarni tercinta yang telah mendidik, mendoakan dan memberi dukungan baik moral maupun material. Adik-adikku tercinta Awes, Lili, Aan, Sahlan, Disa kalianlah sumber inspirasi dan motivasiku, Mbah kakung dan Mbah putriku tercinta, Askar, Lek Eni dan Om Salam dan semua keluarga besarku tersayang yang selalu mendoakan penulis serta memberikan dorongan baik moral maupun materil yang tidak ternilai harganya.
8. Sahabat-sahabat seperjuangan Sofi, Dika, Siwi, Mustofa, Uut, Tarno, Burham, Ferial, Wafi, Nura dan berbagai pihak baik dari Kimia 2009 dan lainnya yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, kalian tidak akan terlupakan.
9. Sahabat-sahabat seperjuanganku Uut, Rusi dan juga sahabatku Putri, Mb Siti, Ana, Lastri, Sofi, Ratna. Thanks for all.....
10. Sahabat-sahabat IMM Saintek, terimakasih dan tetaplah bersemangat dalam ber-IMM. Salam Fastcho....
11. Sahabat-sahabat Alhusna Mb Uci, Iis, Mb Ela, Nuril, Mb Ida, Mb Niroh, Mb Lutfi, kalian tidak akan terlupakan.
12. Segenap pihak yang telah membantu penulis dari pembuatan proposal, penelitian, sampai penulisan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu. Semoga segala bantuan, bimbingan, motivasi dan doa yang

telah diberikan akan tergantikan oleh balasan pahala dari Allah SWT.  
Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua.

Yogyakarta, 20 Januari 2014



Penulis



## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI / TUGAS AKHIR.....	ii
NOTA DINAS KONSULTAN .....	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI .....	v
PENGESAHAN SKRIPSI / TUGAS AKHIR .....	vi
MOTTO .....	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	viii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL .....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
ABSTRAK .....	xviii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Identifikasi Masalah .....	4
C. Batasan Masalah.....	4
D. Rumusan Masalah .....	5
E. Tujuan Penelitian.....	5
F. Manfaat Penelitian.....	6

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	7
A. Tinjauan Pustaka .....	7
B. Dasar Teori.....	9
1. Zeolit .....	9
2. Adsorpsi .....	14
3. Isoterm Adsorpsi.....	15
4. Kinetika Reaksi Adsorpsi.....	17
5. Termodinamika Adsorpsi.....	18
6. Logam Krom .....	18
7. <i>Fourier Transformation Infra Red (FTIR)</i> .....	20
8. <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	20
9. <i>Surface Area Analyzer (SAA)</i> .....	22
10. <i>Atomic Adsorption Spectroscopy (AAS)</i> .....	23
C. Hipotesa .....	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	25
A. Waktu dan Tempat Penelitian .....	25
B. Alat .....	25
C. Bahan .....	25
D. Prosedur Penelitian.....	25
1. Preparasi Zeolit Alam.....	25
2. Penagaktifan Zeolit menggunakan Asam Sulfat .....	26
3. Proses Adsorpsi.....	26
BAB IV PEMBAHASAN.....	28
A. Karakterisasi Zeolit Alam dan Zeolit Alam Teraktivasi Asam Sulfat. ....	28



1. Karakterisasi dengan XRD.....	28
2. Karakterisasi dengan IR.....	31
3. Karakterisasi dengan SAA .....	34
B. Proses Adsorpsi.....	37
1. Proses Adsorpsi Zeolit Variasi Konsentrasi Awal .....	37
2. Proses Adsorpsi Zeolit Variasi Waktu Kontak .....	42
3. Proses Adsorpsi Zeolit Variasi Suhu .....	48
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>53</b>
1. Kesimpulan .....	53
2. Saran .....	53
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>55</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>61</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Mekanisme dan dealuminasi zeolit.....	8
Gambar 2.2	Kerangka Utama Zeolit.....	10
Gambar 2.3	Skema Situs Asam Bronsted dan Lewis .....	12
Gambar 4.1	Difraktogram Sinar-x Zeolit Alam dan Zeolit Alam Teraktivasi..	28
Gambar 4.2	Spektra IR Zeolit Alam dan Zeolit Alam Teraktivasi.....	31
Gambar 4.3	Grafik Isoterm BET Zeolit Alam dan Zeolit Alam Teraktivasi ....	34
Gambar 4.4	Diagram Distribusi pori Zeolit Alam dan Zeolit Alam Teraktivasi Asam .....	36
Gambar 4.5	Grafik Variasi Konsentrasi Awal vs Ce.....	37
Gambar 4.6	Grafik Isoterm Langmuir Adsorpsi Logam Cr oleh Zeolit Alam dan Zeolit Alam Teraktivasi.....	40
Gambar 4.7	Grafik Isoterm Freundlich pada Adsorpsi Logam Cr oleh Zeolit Alam dan Zeolit Alam Teraktivasi .....	41
Gambar 4.8	Grafik Variasi Waktu vs Ce .....	42
Gambar 4.9	Grafik Pseudo Orde 1 Adsorpsi Logam Cr oleh Zeolit Alam dan Zeolit Alam Teraktivasi .....	45
Gambar 4.10	Grafik Pseudo Orde 2 Adsorpsi Logam Cr oleh Zeolit Alam dan Zeolit Alam Teraktivasi .....	46
Gambar 4.11	Grafik Variasi Suhu vs Ce.....	48
Gambar 4.12	Grafik Termodinamika Adsorpsi Logam Cr oleh Zeolit Alam dan Zeolit Alam Teraktivasi .....	50

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	<i>Phisycoschemical</i> dan <i>Molecular Sieves</i> Zeolit.....	30
Tabel 4.1	Interpretasi $2\theta$ Zeolit Alam dan Zeolit Alam Teraktivasi.....	30
Tabel 4.2	Interpretasi Gugus Fungsi Zeolit Alam dan Zeolit Alam Teraktivasi .....	32
Tabel 4.3	Interpretasi SAA terhadap Zeolit Alam dan Zeolit Alam Teraktivasi.....	35
Tabel 4.4	Isoterm Logam Cr oleh Zeolit Alam dan Zeolit Alam Teraktivasi .....	41
Tabel 4.5	Kinetika Reaksi Adsorpsi Logam Cr oleh Zeolit Alam dan Zeolit Alam Teraktivasi .....	47
Tabel 4.6	Nilai Energi Gibbs .....	51

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Bagan Alir .....	60
Lampiran 2	Perhitungan Distribusi Pori Zeolit Alam dan Zeolit Alam Teraktivasi Asam.....	61
Lampiran 3	Perhitungan Isoterm Adsorpsi logam Cr oleh Zeolit Alam .....	62
Lampiran 4	Perhitungan Kinetika Adsorpsi logam Cr oleh Zeolit Alam.....	62
Lampiran 5	Perhitungan Termodinamika Adsorpsi logam Cr oleh Zeolit Alam .....	64
Lampiran 6	Perhitungan Isoterm Adsorpsi logam Cr oleh Zeolit Alam Teraktivasi .....	66
Lampiran 7	Perhitungan Kinetika Adsorpsi logam Cr oleh Zeolit Alam Teraktivasi .....	67
Lampiran 8	Perhitungan Termodinamika Adsorpsi logam Cr oleh Zeolit Alam Teraktivasi .....	69

**ABSTRACT**  
**ADSORPTION OF Cr METAL WITH NATURAL ZEOLITE ACTIVATED**  
**BY SULFURIC ACID**

by:  
**Khoirul Wahyu Wahidatun**  
**09630030**

Have be done the research with Cr adsorption of activated natural zeolite sulfuric acid. This research aims to develop materials as adsorbents of heavy metals, especially Cr.

The solid at natural zeolite and activated natural zeolite were characterized using FTIR, XRD and SAA. The process parameters used equilibrium adsorption, adsorption kinetics and thermodynamics includes the initial concentration variation 10, 30, 50, 70 ppm, contact time 3, 4, 5, 6 hours and a temperature of 30, 40, 50, 60 ° C. Sample solution is already in adsorp analyzed using AAS.

The results showed that the natural zeolite clinoptilolite type natural zeolite activated while a type mordenite. Acid activation causes dealumination or reduction of Al in the zeolite framework and increase the surface area of zeolite. The results showed the natural zeolite adsorption isotherm followed Freundlich models, following the reaction kinetics model of Pseudo Order 1 and has a Gibbs energy is negative, whereas in activated natural zeolite adsorption isotherm followed Freundlich models, following the reaction kinetics model of Pseudo Order 2 and has a Gibbs energy is positive .

Keywords: natural zeolite, dealumination, Freundlich isotherm, Pseudo Order 1, Pseudo Order 2, Gibbs energy



# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Zeolit (*Zeolithos*) atau berarti juga batuan mendidih, di dalam riset-riset kimiawan telah lama menjadi pusat perhatian. Setiap tahunnya, berbagai jurnal penelitian di seluruh dunia, selalu memuat pemanfaatan zeolit untuk berbagai aplikasi, terutama yang diarahkan pada aspek peningkatan efektivitas dan efisiensi proses industri dan pencemaran lingkungan (Sudarmono, 2010).

Zeolit tersebar cukup meluas di beberapa daerah di Indonesia seperti pulau Jawa dan Sumatera. Dalam bidang pertanian, zeolit digunakan sebagai penetral keasaman tanah, meningkatkan aerasi tanah, sumber mineral pendukung pada pupuk tanah dan juga sebagai pengontrol yang efektif dalam pembebasan ion ammonium, nitrogen dan kalium pupuk. Dalam bidang peternakan, zeolit berfungsi untuk meningkatkan nilai efisiensi nitrogen. Sedangkan aplikasinya pada bidang kimia dan industri antara lain zeolit digunakan sebagai katalis, sebagai panel-panel pada pengembangan energi matahari dan penjerap gas fenon. Aplikasi zeolit lainnya digunakan sebagai pengisi (*filler*) pada industri kertas, semen, beton, kayu lapis, adsorben dalam industri tekstil dan minyak sawit serta sebagai bahan baku pembuatan keramik.

Secara langsung, pemanfaatan zeolit belum dapat digunakan karena zeolit pada umumnya masih berupa campuran sehingga perlu dilakukan pengolahan atau modifikasi terhadap zeolit tersebut. Modifikasi zeolit tersebut bertujuan untuk meningkatkan fungsi zeolit khususnya sebagai adsorben. Dalam meningkatkan

fungsi zeolit dilakukan dengan cara aktivasi yang menyebabkan rasio Si/Al meningkat sehingga sebagai adsorben zeolit dapat menyerap lebih banyak adsorbat. Aktivasi zeolit alam dapat dilakukan baik secara fisika maupun secara kimia. Aktivasi secara fisika dilakukan melalui pengayakan, dan pemanasan pada suhu tinggi, tujuannya untuk menghilangkan pengotor organik, memperbesar pori, dan memperluas permukaan. Sedangkan aktivasi secara kimia dilakukan melalui pengasaman. Tujuannya untuk menghilangkan pengotor anorganik. Pengasaman ini akan menyebabkan terjadinya pertukaran kation dengan  $H^+$  (Ertan, 2005).

Zeolit alam adalah zeolit yang ditambang langsung dari alam. Dengan demikian harganya jauh lebih murah daripada zeolit sintetis. Zeolit alam memiliki beberapa kelemahan, di antaranya mengandung banyak pengotor seperti Na, K, Ca, Mg dan Fe serta kristalinitasnya kurang baik. Keberadaan pengotor-pengotor tersebut dapat mengurangi aktivitas dari zeolit. Untuk memperbaiki karakter zeolit alam sehingga dapat digunakan sebagai katalis, adsorben, atau aplikasi lainnya, biasanya dilakukan aktivasi dan modifikasi terlebih dahulu. Selain untuk menghilangkan pengotor-pengotor yang terdapat pada zeolit alam, proses aktivasi zeolit juga ditujukan untuk memodifikasi sifat-sifat dari zeolit, seperti luas permukaan dan keasaman. Luas permukaan dan keasaman yang meningkat akan menyebabkan aktivitas katalitik dari zeolit meningkat. Salah satu kelebihan dari zeolit adalah memiliki luas permukaan dan keasaman yang mudah dimodifikasi (Lestari, 2010).

Meningkatnya perkembangan industri, semakin menimbulkan berbagai masalah lingkungan di sekitar kita seperti pencemaran udara, air maupun tanah yang bersumber dari limbah industri. Dari banyaknya masalah lingkungan tersebut, diperlukan adanya peraturan mengenai limbah industri dan penanganannya sebagai tuntutan untuk mewujudkan pembangunan berwawasan lingkungan. Oleh karena itu, teknologi pengolahan limbah adalah cara yang tepat untuk mengatasi berbagai masalah lingkungan tersebut khususnya mengatasi limbah yang bersifat B3. Salah satu limbah B3 yang berbahaya adalah yang mengandung logam berat Cr(VI), yang biasanya berasal dari industri tekstil, electroplating, cat/pigmen dan penyamakan kulit, otomotif dan lain sebagainya.

Terakumulasinya limbah industri yang mengandung logam Cr, jika tidak dilakukan pengolahan pada limbah tersebut akan membahayakan lingkungan, khususnya lingkungan perairan yang merupakan kebutuhan penting bagi kehidupan manusia. Secara umum aplikasi zeolit diterapkan pada pengelolaan lingkungan seperti pengolahan limbah industri salah satunya sebagai adsorben logam berat. Menggunakan zeolit sebagai adsorben logam berat seperti Cr merupakan cara yang efektif selain sebagai pemanfaatan sumber daya mineral yang terdapat di Indonesia juga bisa mengurangi tingkat toksisitas yang terdapat pada limbah dan mengurangi tingkat pencemaran logam khususnya di lingkungan perairan.

## **B. Identifikasi Masalah**

1. Logam Cr merupakan salah satu logam berat yang berbahaya bagi kesehatan lingkungan apabila tercemar di sekitar lingkungan udara, perairan maupun tanah.
2. Pencemaran logam Cr kebanyakan berasal dari populasi industri yang semakin meningkat dan menghasilkan limbah yang mengandung logam Cr.
3. Pencemaran logam Cr bisa ditangani dengan cara pengolahan limbah salah satunya melalui penggunaan sumber daya mineral yaitu zeolit.
4. Salah satu manfaat zeolit alam adalah sebagai penjerap atau adsorben yang pada umumnya diterapkan pada pengelolaan lingkungan.
5. Penjerapan atau adsorpsi logam dilakukan dengan menggunakan zeolit alam yang merupakan sumber daya mineral yang cukup melimpah di Indonesia.
6. Untuk meningkatkan daya jerap zeolit dilakukan modifikasi agar daya jerap zeolit terhadap logam Cr bisa optimal.

## **C. Batasan Masalah**

1. Aktivasi zeolit alam dilakukan menggunakan asam sulfat
2. Karakterisasi zeolit alam dan zeolit alam setelah diaktivasi menggunakan IR (*Infra Red*), XRD (*X-Ray Diffraction*) dan SAA (*Surface Area Analyzer*).
3. Parameter kesetimbangan dilakukan sebagai penentuan model isoterm adsorpsi logam Cr oleh zeolit Alam dan Zeolit Alam Teraktivasi.

4. Parameter kinetika Adsorpsi digunakan sebagai penentuan model kinetika reaksi adsorpsi logam Cr oleh zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi
5. Parameter termodinamika digunakan sebagai penentuan nilai energi entalpi, entropi dan energi bebas Gibbs.

#### **D. Rumusan Masalah**

1. Bagaimana perbedaan karakter zeolit alam dengan zeolit alam setelah diaktivasi menggunakan asam sulfat?
2. Bagaimana pola isoterm adsorpsi logam Cr oleh zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi?
3. Bagaimana model kinetika adsorpsi logam Cr oleh zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi?
4. Bagaimana sistem termodinamika adsorpsi logam Cr oleh zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi?

#### **E. Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui perbedaan karakter zeolit alam dengan zeolit alam setelah diaktivasi menggunakan asam sulfat.
2. Mengetahui pola isoterm adsorpsi logam Cr oleh zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi.
3. Mengetahui model kinetika adsorpsi logam Cr oleh zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi.
4. Mengetahui sistem termodinamika adsorpsi logam Cr oleh zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi.



## **F. Manfaat Penelitian**

1. Menambah referensi penelitian dan pengetahuan mengenai pengaruh konsentrasi, waktu kontak, dan suhu dari adsorben pada proses adsorpsi zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi terhadap logam Cr.
2. Menambah informasi dan pengetahuan mengenai pola isoterm adsorpsi zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi dan karakter adsorpsi melalui kesetimbangan, kinetika dan termodinamikanya.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

1. Terdapat perbedaan karakter antara zeolit alam dengan zeolit alam teraktivasi asam sulfat. Pada zeolit alam teraktivasi asam sulfat, terjadi penurunan kristalinitas berdasarkan karakterisasi dengan XRD, terjadi dealuminasi berdasarkan karakterisasi FTIR dan meningkatnya luas permukaan zeolit serta penurunan rerata pori berdasarkan karakterisasi SAA.
2. Model isoterm adsorpsi logam Cr oleh zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi mengikuti model isoterm adsorpsi Freundlich
3. Kinetika reaksi adsorpsi zeolit alam terhadap logam Cr mengikuti model kinetika Pseudo Orde 1 sedangkan kinetika reaksi adsorpsi zeolit alam teraktivasi mengikuti model kinetika Pseudo Orde 2.
4. Model termodinamika adsorpsi logam Cr oleh zeolit alam dengan energi Gibbs bernilai negatif (reaksi eksotermis) dan model termodinamika adsorpsi logam Cr oleh zeolit alam teraktivasi dengan energi Gibbs bernilai positif (reaksi endotermis).

#### B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, hal yang perlu dilakukan untuk pengembangan penelitian lebih lanjut adalah :

1. Tahap preparasi zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi dilakukan dengan menetralkan pH zeolit sampai netral atau  $\text{pH}=7$

2. Perlu dilakukan modifikasi zeolit lebih lanjut selain dengan aktivasi asam atau basa seperti kitosan-zeolit.
3. Perlu dilakukan adsorpsi oleh zeolit terhadap logam berat selain logam Cr seperti Cd, Hg dan lain-lain.



## DAFTAR PUSTAKA

- Adamczyk, Z. And Biaecka, B. 2005. *Hydrothermal Synthesis of Zeolites from Polish Coal Fly Ash*. 14. 6. 713-719.
- Agustiningtyas, Z. 2012. Optimisasi Adsorpsi Ion Pb(II) menggunakan Zeolit Alam Termodifikasi Ditizon. *Skripsi*. Fakultas MIPA. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Arryanto, Yateman. *Material Canggih: Rekayasa Material Berbasis Sumber Daya Alam Silika-Alumina*. FMIPA UGM: Yogyakarta.
- Atkins, P.W. 1999. *Kimia Fisika Jilid 2 Edisi Keempat*. (diterjemahkan oleh: Kartodiprojo). Jakarta: Erlangga.
- Bahri, S. Dkk. 2010. Isoterma dan Termodinamika Adsorpsi Kation  $\text{Cu}^{2+}$  Fasa Berair pada Lempung Cengar Terpilar. *Jurnal Natur Indonesia*. 1. 14. 7-13.
- Cantle, John Edward. 1984. *Atomic Adsorption Spectrometry : Technique and Instrumentation in Analytical Chemistry*. New York: Elseiver Scientific Publisher Company.
- Cotton, F.A and Wilkinson, G.G.P.L. 1999. *Inorganic Chemistry 6th Edition*. New York: John Wiley.
- Darmono. 1995. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Dewi, Ratna. 2012. Studi Adsorpsi Cr (III) oleh Tongkol Jagung Teraktivasi Asam Sulfat. *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi. UIN Sunan Kalijaga: Yogyakarta.
- Dixon, J.B. and Weed, S.B. 1989. *Minerals in soil Environments. 2<sup>nd</sup> Edition*. Madison. Soil Science Society of America.
- Ertan, A. and Ozkan. 2005.  $\text{CO}_2$  and  $\text{N}_2$  Adsorption on the acid (HCl,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  and  $\text{H}_2\text{PO}_3$ ) Treated Zeolites. *Adsorption*. 11. 151-156.
- Fatimah, Is. 2013. *Kinetika Kimia*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Fatimah, Is. 2000. Penggunaan Na-Zeolit Alam Teraktivasi sebagai Penukar Ion  $\text{Cr}^{3+}$  dalam Larutan. *Logika*. 5. 4. 25-34.
- Fitriyana, D.F. 2012. Pengaruh Temperatur Hydrothermal terhadap Karakteristik Zeolit yang disintesis dari Limbah Geothermal. *Skripsi*. Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro: Semarang.
- Gregg, S.J. and Sing, K.S.W. 1982. *Adsorpsi, Surface and Porosity, 2 Edition*. London : Academic Press.
- Hamdan, H. 1992. *Introductiin to Zeolites: Synthesis, Characterization and Modification*. Universiti Teknologi Malaysia: Penang.

- Hannjanatri, S. 2014. Adsorpsi logam  $Pb^{2+}$  pada limbah Cair Accu Zuur PT. Muhtomas. *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi. UIN Sunan Kalijaga. Yogyakarta.
- Herald, Eddy et al. 2003. Characterization and Activation of Natural Zeolit from Ponorogo. *Indonesian Journal of Chemistry*. 2. 3. 91-97.
- Jenne, Everest. 1998. *Adsorption of Metal by Geomedia Variables, Mechanisms and Model Applications*. California : Academic Press.
- Jumaeri, dkk. 2007. Preparasi dan Karakterisasi Zeolit dari Abu Layang Batubara secara Alkali Hidrotermal. *Reaktor*. 1. 11. 38-44.
- Jon, Hery. 2001. Karakterisasi Zeolit Alami Termodifikasi Asam. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. IPB. Bogor.
- Joseph Kugbe, Naoto Matsue, Teruo Henmi. 2008. Synthesis of Linde type A Zeolite–Goethite Nanocomposite as an Adsorbent for Cationic and Anionic Pollutants. Ehime University : Matsuyama-Japan.
- Kamalia, Lina. 2012. Adsorpsi Zat Warna Methyl Orange menggunakan Zeolit dari Abu Dasar Batubara. *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi. UIN Sunan Kalijaga: Yogyakarta.
- Kokotailo, G.T. and Fyfe, C.A. 1995. Zeolite Structure Analysis with Powder X-Ray Diffraction and Solid-State NMR Techniques. *The Rigaku Journal*. 1. 12. 3-10.
- Kok, Tjie, 2008. Modifikasi Zeolit Alam dan Pemanfaatannya untuk Menurunkan Kadar Pencemaran Tembaga dari Limbah Air Buangan. *Artocarpus*. 2. 8. 74-84.
- Kundari, N. A. dkk, 2010. Adsorpsi Fe dan Mn dalam Limbah Cair dengan Zeolit Alam. *Seminar Nasional VI SDM Teknologi Nuklir*. Yogyakarta. 18 November 2010.
- Kurniasari, L. 2010. Aktivasi Zeolit Alam sebagai Uap Air pada Alat Pengering Bersuhu Rendah. *Tesis*. Program Pasca Sarjana. Universitas Diponegoro: Semarang.
- Kuniawati, P., dkk. 2013. Kinetic Study of Cr(VI) Adsorption on Hydrotalcite Mg/Al with Molar Ratio 2:1. *Eksakta*. 1-2. 13. 11-21.
- Kurniyasari, 2012. Sintesis dan Karakterisasi Membran Komposit Alumina Silika Berpori dan Aplikasinya untuk Pemisahan Gas Methanol-Ethanol. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Indonesia: Depok.
- Kusmiyati, dkk. 2009. Kinetika dan Termodinamika Adsorpsi Vertigo Blue 49 dengan Adsorben Karbon Aktif Arang Batu Bara. *Simposium Nasional RAPI VIII 2009*. Surakarta.

- Lestari, D. Y. 2010. Kajian Modifikasi dan Karakterisasi Zeolit Alam dari berbagai Negara. *Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia 2010*. Yogyakarta. 30 Oktober 2010.
- Lowell, S and Sields, J.E. 1984. *Powder Surface Area and Porosity Second Edition*. London: Chapman and Hall Ltd.
- Lowell, S, et all. 2004. *Characterization of Porous Solids and Powders : Surface Area, Pore Size and Density*. Netherland : Kluwer Academic Publisher.
- Ma'rifat. 2014. Adsorpsi Merkuri (II) dengan Zeolit dari Abu Dasar Batubara. *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi. UIN Sunan Kalijaga: Yogyakarta.
- Mahatmanti, F.W dan Sumarni, W. 2003. Kajian Termodinamika Penyerapan Zat Warna Indikator Methyl Orange (MO) dalam Larutan Air oleh Adsorben Kitosan. *JSKA*. 2. VI.
- Martin. A. Swarbrik, J., dab Cammarata, A. 1993. *Farmasi Fisik Dasar-Dasar Farmasi Fisik dalam Ilmu Farmasi*. Jakarta : Penerbit Universitas Indonesia.
- Mora-Fonz, M.J., et all. *Chemie Int*. 2005. *The role of solvation and pH in the nucleation of pure silica zeolites*. London: University College London.
- Munandar, A. 2014. Adsorpsi Logam Pb dan Fe dengan Zeolit Alam Teraktivasi Asam Sulfat. *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi. UIN Sunan Kalijaga: Yogyakarta.
- Munawar. 2012. Kinetika Sorpsi Ion Zink(II) pada Partikel Gambut. *Prosiding Seminar Nasional dan PKM: Sains, Teknologi dan Kesehatan*. Aceh.
- Mustofa, I.A. 2014. Adsorpsi Air Sadah Desa Bandungan Wates Yogyakarta dengan Zeolit Alam Teraktivasi HCl dan Na<sub>2</sub>EDTA. *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi. UIN Sunan Kalijaga: Yogyakarta.
- Mutngimaturrohmah, 2005 dkk. *Aplikasi Zeolit Alam Terdealuminasi dan Termodifikasi HDTMA sebagai Adsorben Fenol*. Semarang. Universitas Diponegoro.
- Nurdiani, D. 2005. Adsorpsi Logam Cu(II) dan Cr(VI) pada Kitosan Bentuk Serpihan dan Butiran. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. IPB: Bogor.
- Nriagu, J.O. 1999. Vanadium in the Environments. *Journal of Applied Toxicology*. 4. 19. 295.
- Oxtoby, D.W. et all. 2001. *Prinsio-prinsip Kimia Modern*. (diterjemahkan oleh: Achmadi, S.S.). Jakarta: Erlangga.
- Rahayu, S. 2012. *Adsorpsi Fosfat pada Limbah Cair Domestik menggunakan Bonggol Jagung*. Yogyakarta : UIN Sunan Kalijaga.
- Rahman, A. dan Hartono, B. 2004. Penyaringan Air Tanah dengan Zeolit Alam. *Makara, Kesehatan*. 1. 8. 1-6.

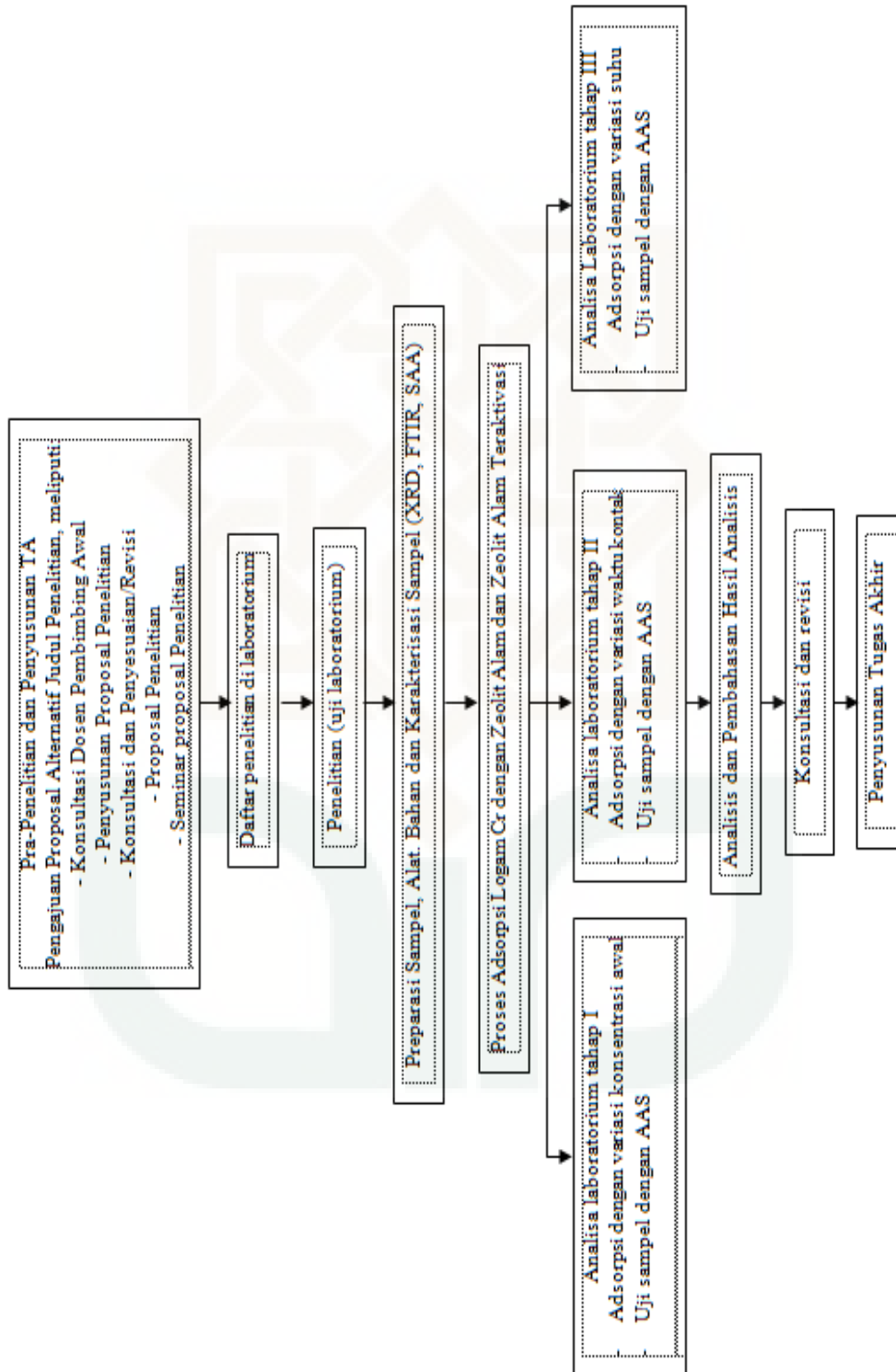
- Rohatin, 2011. Modifikasi Zeolit Klinoptilolit dengan Nanopartikel Au dan Ligan Asam Merkaptopropanoat serta Aplikasinya sebagai Adsorben Ion Logam Berat. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Indonesia: Depok.
- Rosdiana, T. 2006. Pencirian dan Uji Aktivitas Katalitik Zeolit Alam Teraktivasi. *Skripsi*. FMIPA. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Rosyid, M. Dkk. 2012. Perbaikan Surface Area Analyzer Nova-1000 (Alat Penganalisis Luas Permukaan Serbuk). *Prosiding Seminar Penelitian dan Pengeloaan Perangkat Nuklir*. Yogyakarta. 26 September 2012.
- Saito, Taro. 2008. *Kimia Anorganik*. (diterjemahkan oleh: Ismunandar). Iwamani Publishing Company Online.
- Sastromodjodjo, Hardjono. 2007. *Spektroskopi*. Yogyakarta :Liberty.
- Semara, I.P. P.W dan Nindhia, T.G.T. 2010. Studi Pengaruh Aktivasi Termal terhadap Struktur Mikro dan Porositas Zeolit Alam. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakra M*. 2. 4. 139-144.
- Setyawan, P.H.D. 2002. Pengaruh Perlakuan Asam, Hidrotermal dan Impregnasi Logam Kromium pada Zeolit Alam dalam Preparasi Katalis. *Jurnal Ilmu Dasar*. 2. 3.
- Shackley, Steven M. 2011. *X-Ray Fluorescence Spectrometry (XRF) in Geoarchaeology*. New York: Springer.
- Sriatun dan Dharmawan, A. 2005. Dealuminasi Zeolit Alam Cipatujah Melalui Penambahan Asam dan Oksidator. *JKSA*. 2. VIII.
- Suardana, I.N. 2008. Optimalisasi Daya Adsorpsi Zeolit terhadap Ion Kromium(III). *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Sains dan Humaniora Undiksha*. 1. 2. 17-33.
- Sudarmono, H. 2010. Penentuan Setting Level Optimal Media Penjernih Air terhadap Tingkat Kekeruhan dan Kandungan Fe dengan Metode Full Factorial  $2^2$  dan Principal Component Analysis. *Skripsi*. Fakultas Teknik. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Sugiyanto, K.H. dan Suyanti, R.D. 2010. *Kimia Anorganik Logam Edisi Pertama*. Yogyakarta. Graha Ilmu.
- Sukarta, I.N. 2008. *Adsorpsi Ion Cr<sup>3+</sup> oleh serbuk gergaji kayu (Albizia falcata) : Studi Pengembangan Bahan Alternatif Penjerap Limbah Logam Berat*. Bogor : IPB.
- Suryanarayana, C and Norton, M. Grant. 1998. *X-Ray Diffraction A Practical Approach*. New York : Plenum Press.
- Supandi, 2010. Preparasi dan Modifikasi Zeolit Alam sebagai Penyaring Limbah Cair Industri. *Laporan Akhir (Final Report) Program Intensif*. Laporan Kemajuan Pelaksanaan Program Intensif Tahun 2010. Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir. BATAN: Yogyakarta. 62-67



- Susetyaningsih, R. Dkk. 2010. Reduksi Limbah B3 Cair menggunakan Zeolit dan Pasir Silika. *Seminar Nasional VI SDM Teknologi Nuklir*. Yogyakarta. 18 November 2010.
- Syafii, F dkk. 2010. Modifikasi Zeolit melalui Interaksi dengan  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  untuk Meningkatkan Kapasitas Tukar Anion. *Prosiding Seminar Nasional Sains III*. Bogor.
- Treacy, M.M.J. and Higgins, J.B. 2001. *Collection of Simulated XRD Powder Patterns for Zeolites Fourth Revised Edition*. Amsterdam: Elseiver.
- Underwood, A.L. dan Day, R.A. 1996. Analisis Kimia Kualitatif, Edisi kelima, (diterjemahkan oleh: Aloysius Hadyana). Jakarta: Erlangga.
- Utami, Rina. 2012. Modifikasi Zeolit Alam dengan Nanokitosan sebagai Adsorben Logam Berat dan Studi Kinetikanya terhadap Ion  $\text{Pb}(\text{II})$ . *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Indonesia: Depok.
- Wahyuni, Endang. 1999. *Analisis Senyawa Anorganik*. Yogyakarta: UGM Press.
- Wahyuni, S dan Widyastuti, N. 2009. Adsorpsi Ion Logam  $\text{Zn}(\text{II})$  pada Zeolit A yang disintesis dari Abu Dasar Batubara PT Ipmomi Paiton dengan Metode Batch. *Prosiding Kimia FMIPA-ITS*. Surabaya.
- Warren, B. E. 1990. *X-Ray Diffraction*. United States of America: Addison-Wesley Publishing Company.
- Weissenberger, Tobias. 2009. Zeolites in Fissures of Crystalline Basements Rocks. *Innaugural Dissertation*. Fakultät für Chemie, Pharmazie und Geowissenschaften der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg im Breisgau.4-11.
- Weitkamp, J. And Purple, L. 1999. *Catalysis and Zeolites: Fundamental and Applications*. NewYork: Springer
- Widowati, W. dkk. 2008. *Efek Toksik Logam Pencegahan Dan Penanggulangan Pencemaran*. Yogyakarta : Penerbit Andi.
- Wijaya, Karna. 2002. Multifunction of Layered and Porous Materials. *Indonesian Jurnal of Chemistry*. 2. 3. 142-154.
- Yusri, Sylvia. 2012. Sintesis dan Karakterisasi Zeolit ZSM-5 Mesopori dengan Secondary Template dan Studi Awal Katalisis Oksidasi Metana. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Univesitas Indonesia: Depok.
- Zaharah, T.A. dkk. 2013. Kinetika Adsorpsi Ion  $\text{Cr}(\text{III})$  pada Biomassa-Kitosan Imprinted Ionik. *Prosiding Semirata 2013 Unila* : Lampung.



Lampiran 1. Bagan Alir



## Lampiran 2. Perhitungan Distribusi Pori Zeolit Alam dan Zeolit Alam Teraktivasi

Data luas pori berdasarkan ukuran pori

Jenis zeolit	Mikropori (m <sup>2</sup> )	Mesopori (m <sup>2</sup> )	Makropori (m <sup>2</sup> )
Zeolit Alam	5,346	19,62	19,830
Zeolit Alam Teraktivasi	3,750	15,200	15,500

### 1. Zeolit Alam

Jumlah luas pori : 19,830

% mikropori

$$\text{Kadar mikropori} = \frac{5,346}{19,830} \times 100\% = 26,96\%$$

% mesopori

$$\text{Kadar mesopori} = \frac{14,247}{19,830} \times 100\% = 71,98\%$$

% makropori

$$\text{Kadar makropori} = \frac{0,21}{19,830} \times 100\% = 1,06\%$$

### 2. Zeolit Alam Teraktivasi

Jumlah luas pori : 15,500

% mikropori

$$\text{Kadar mikropori} = \frac{3,730}{15,500} \times 100\% = 24,29\%$$

% mesopori

$$\text{Kadar mesopori} = \frac{11,45}{15,500} \times 100\% = 73,87\%$$

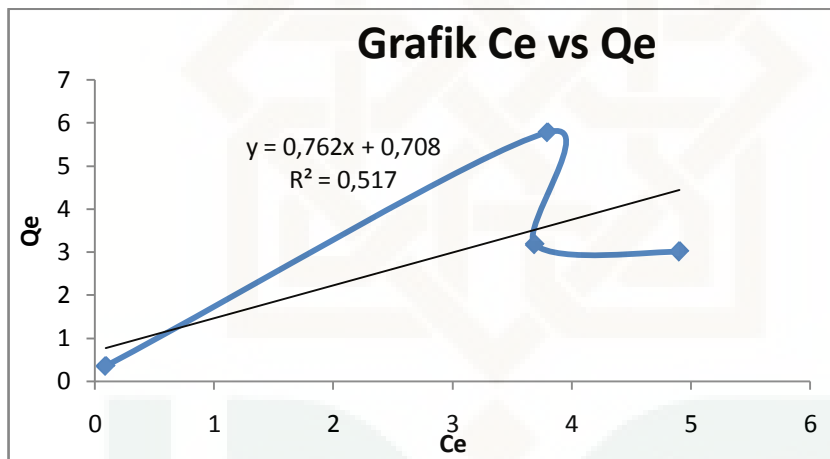
% makropori

$$\text{Kadar makropori} = \frac{0,300}{15,5000} \times 100\% = 1,94\%$$

Lampiran 3. Perhitungan Isoterm Adsorpsi Logam Cr oleh Zeolit Alam

Bobot adsorben (gram)	Co (ppm)	Ce (ppm)	Co-Ce (ppm)	Qe (mg/g)	Ce/Qe (g/L)	log Ce	log Qe	% adsorpsi
1	10	0,088	9,912	0,248	0,3565	-1,054	-0,606	99,12
1	30	3,794	26,206	0,656	5,792	0,579	-0,184	87,35
1	50	3,688	46,312	1,158	3,185	0,567	0,064	92,62
1	70	4,902	65,098	1,628	3,012	0,690	0,212	92,99

a. Isoterm Langmuir



Perhitungan Isoterm Langmuir

$$y = 0,762x + 0,708$$

$$\frac{Ce}{Qe} = \frac{1}{Q_m} Ce + \frac{1}{Q_m K}$$

$$\frac{1}{Q_m} = 0,762$$

$$Q_m = \frac{1}{0,762}$$

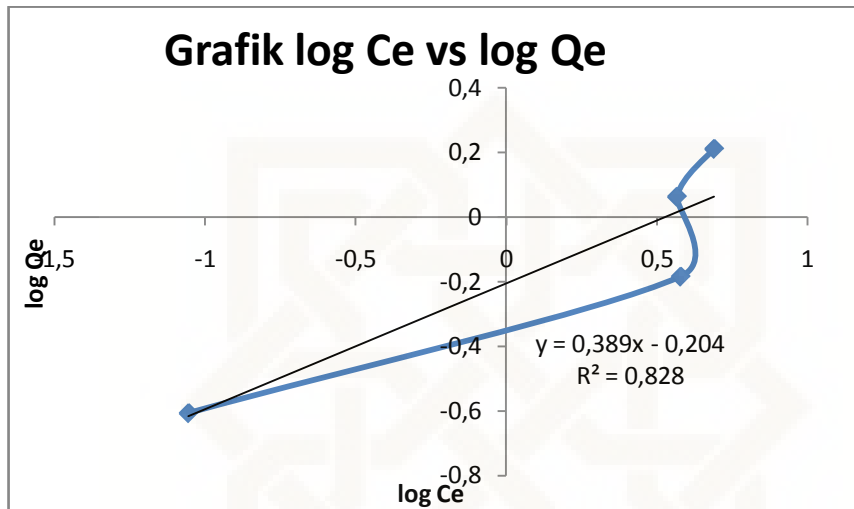
$$Q_m = 1,132$$

$$\frac{1}{Q_m K} = 0,708$$

$$\frac{1}{Q_m} \times \frac{1}{K} = 0,708$$

$$K = 1,076$$

b. Isoterm Freundlich



Perhitungan Isoterm Freundlich

$$y = 0,389x - 0,204$$

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

$$\frac{1}{n} = 0,389 = 2,571$$

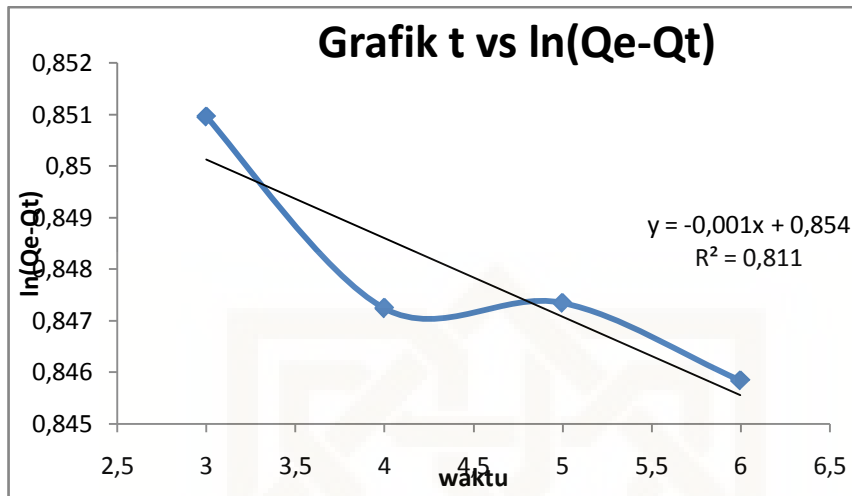
$$\log K_f = -0,204$$

$$K_f = 10^{-0,204} = 0,625$$

Lampiran 4. Perhitungan Kinetika Adsorpsi Logam Cr oleh Zeolit Alam

waktu (jam)	Co (ppm)	Ce (ppm)	Co-Ce (ppm)	V (ml)	Qe (mg/g-1)	Qt (mg/g-1)	ln (Qe-Qt)	t/Qt
3	10	0,848	9,152	0,025	2,571	0,229	0,851	13,112
4	10	0,501	9,499	0,025	2,571	0,238	0,847	16,843
5	10	0,511	9,489	0,025	2,571	0,237	0,847	21,076
6	10	0,370	9,630	0,025	2,571	0,241	0,846	24,921

a. Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde 1



Perhitungan Pseudo Orde 1

$$y = -0,001x + 0,854$$

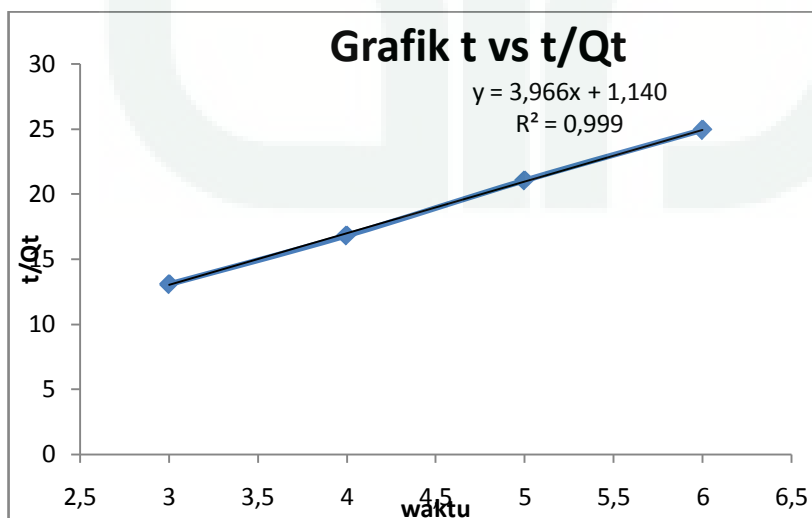
$$\ln(Qe - Qt) = \ln Qe - Kt$$

$$\ln Qe = 0,854$$

$$Qe = 2,349024$$

$$K = 0,001$$

b. Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde 2



Perhitungan Pseudo Orde 2

$$y = 3,966x + 1,140$$

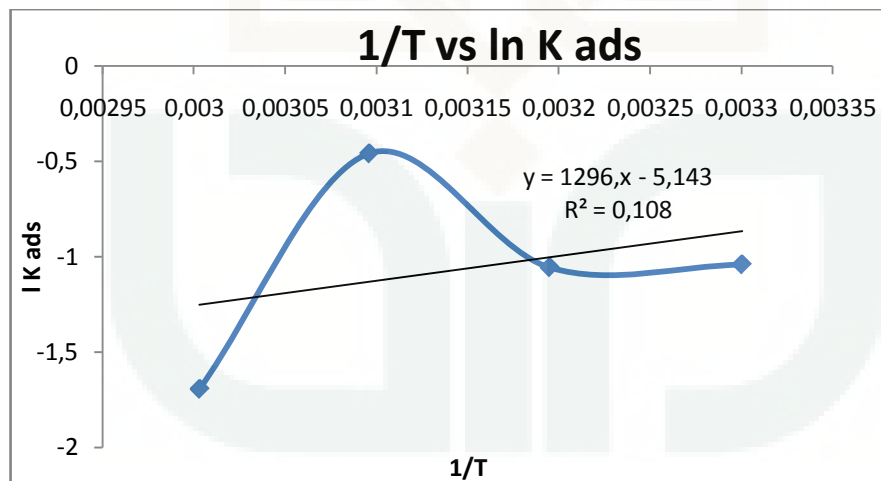
$$\frac{t}{Qt} = \frac{1}{Qe} + \frac{1}{Qe2K}$$

$$Qe = \frac{1}{3,966} = 0,25214$$

$$K = 13,7994$$

Lampiran 5. Perhitungan Termodinamika Adsorpsi Logam Cr oleh Zeolit Alam

suhu (C)	Waktu (jam)	Co (ppm)	Ce (ppm)	Co-Ce (ppm)	Qe (mg/g)	T (K)	1/T (K-1)	Kads	ln Kads
30	6 jam	10	0,088	9,912	0,248	303	0,0033	0,356	-1,031
40	6 jam	10	0,087	9,913	0,248	313	0,0032	0,351	-1,049
50	6 jam	10	0,158	9,842	0,246	323	0,0031	0,642	-0,443
60	6 jam	10	0,046	9,954	0,249	333	0,0030	0,185	-1,689



Perhitungan Energi Bebas Gibbs

$$y = 1296x - 5,143$$

$$\ln K ads = \frac{\Delta S^\circ}{R} = \frac{\Delta H^\circ}{RT}$$

$$\frac{\Delta S^\circ}{R} = -5,143$$

$$\Delta S^\circ = -5,143 \times R$$

$$\Delta S^\circ = -5,143 \times 8,314 \text{ J/mol.K}$$

$$\Delta S^\circ = -42,7589 \text{ J.K/mol}$$

$$\Delta S^\circ = -0,0427589 \text{ kJ.K/mol}$$

$$\frac{\Delta H^\circ}{R} = 1296$$

$$-\Delta H^\circ = 1296 \times R$$

$$-\Delta H^\circ = 1296 \times 8,314 \text{ J/mol.K}$$

$$-\Delta H^\circ = 10774,94 \text{ J/mol}$$

$$-\Delta H^\circ = 10,77494 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^\circ = -10,77494 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ (\text{K}) = \Delta H^\circ - \Delta S^\circ$$

$$\Delta G^\circ (303 \text{ K}) = -10774,94 - (303 \text{ K} \times -42,7589)$$

$$\Delta G^\circ (303 \text{ K}) = -12966,72 \text{ J/mol}$$

$$\Delta G^\circ (303 \text{ K}) = -12,96672 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ (313 \text{ K}) = -10774,94 - (313 \text{ K} \times -42,7589)$$

$$\Delta G^\circ (313 \text{ K}) = -13394,31 \text{ J/mol}$$

$$\Delta G^\circ (313 \text{ K}) = -13,39431 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ (323 \text{ K}) = -10774,94 - (323 \text{ K} \times -42,7589)$$

$$\Delta G^\circ (323 \text{ K}) = -13821,9 \text{ J/mol}$$

$$\Delta G^\circ (323 \text{ K}) = -13,8219 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ (333 \text{ K}) = -10774,94 - (333 \text{ K} \times -42,7589)$$

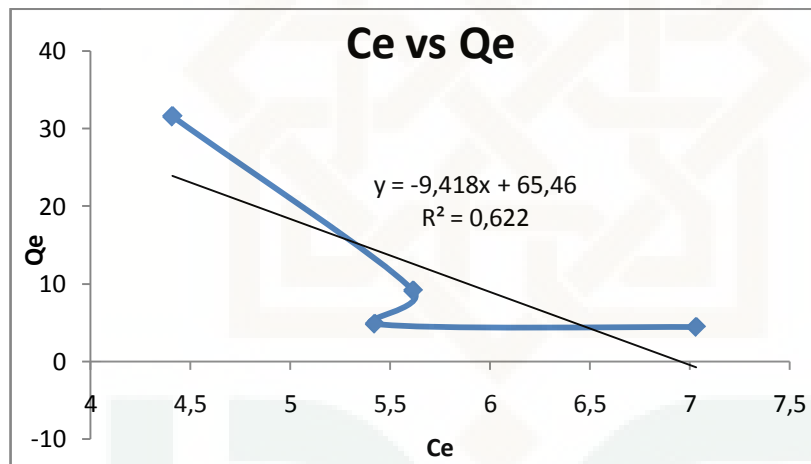
$$\Delta G^\circ (333 \text{ K}) = -14249,49 \text{ J/mol}$$

$$\Delta G^\circ (333 \text{ K}) = -14,24949 \text{ kJ/mol}$$

Lampiran 6. Perhitungan Isoterm Logam Cr oleh Zeolit Alam Teraktivasi

bobot adsorben (gram)	Co (ppm)	Ce (ppm)	Co-Ce (ppm)	Qe (mg/L)	Ce/Qe (mg/L)	log Ce	log Qe	% adsorpsi
1	10	4,412	5,588	0,140	31,582	0,645	-0,855	55,88
1	30	5,615	24,385	0,610	9,211	0,749	-0,215	81,28
1	50	5,424	44,576	1,114	4,867	0,734	0,047	89,15
1	70	7,032	62,968	1,574	4,467	0,847	0,197	89,95

a. Isoterm Langmuir



Perhitungan Isoterm Langmuir

$$y = -9,418 x + 65,46$$

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

$$\frac{1}{Q_m} = -9,418$$

$$Q_m = \frac{1}{-9,418}$$

$$Q_m = -0,10617966$$

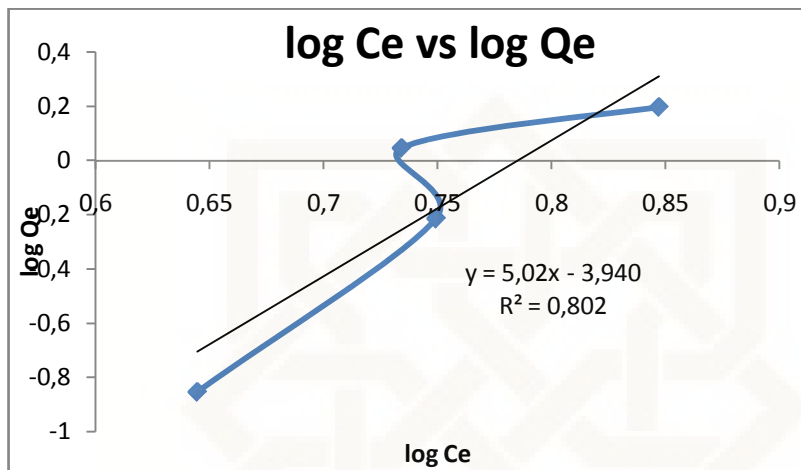
$$\frac{1}{Q_m K} = 65,46$$



$$\frac{1}{Q_m} \times \frac{1}{K} = 65,46$$

$$K = -0,14387412$$

b. Isoterm Freundlich



Perhitungan Isoterm Freundlich

$$y = 5,02x - 3,940$$

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

$$\frac{1}{n} = 5,02$$

$$n = 0,19920319$$

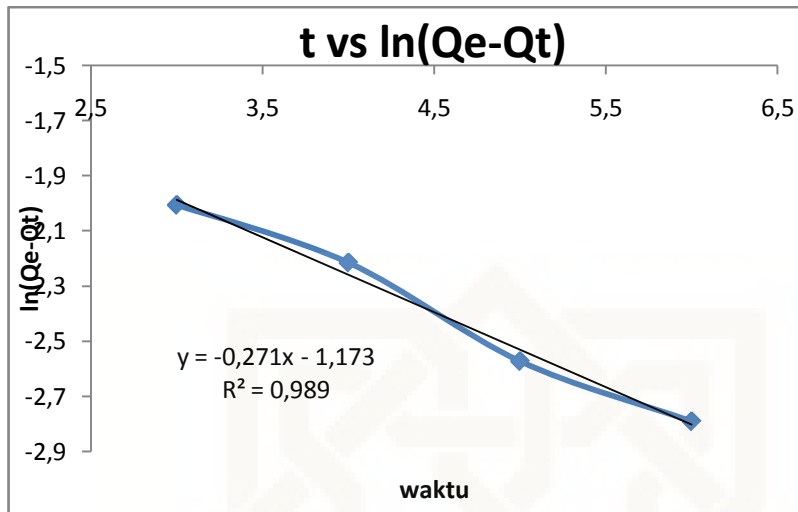
$$\log K_f = -3,940$$

$$K_f = 10^{-3,940} = 1,148 \times 10^{-4}$$

Lampiran 7. Perhitungan Kinetika Logam Cr oleh Zeolit Alam Teraktivasi

Waktu (jam)	Co (ppm)	Ce (ppm)	Co-Ce (ppm)	V (ml)	Qe (mg/g)	Qt	Ln (Qe-Qt)	t/Qt
3	10	7,421	2,579	0,025	0,199	0,064	-2,004	46,530
4	10	6,399	3,601	0,025	0,199	0,090	-2,215	44,427
5	10	5,09	4,91	0,025	0,199	0,123	-2,571	40,733
6	10	4,487	5,513	0,025	0,199	0,138	-2,791	43,531

a. Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde 1



Perhitungan Pseudo Orde 1

$$y = -0,271x - 1,173$$

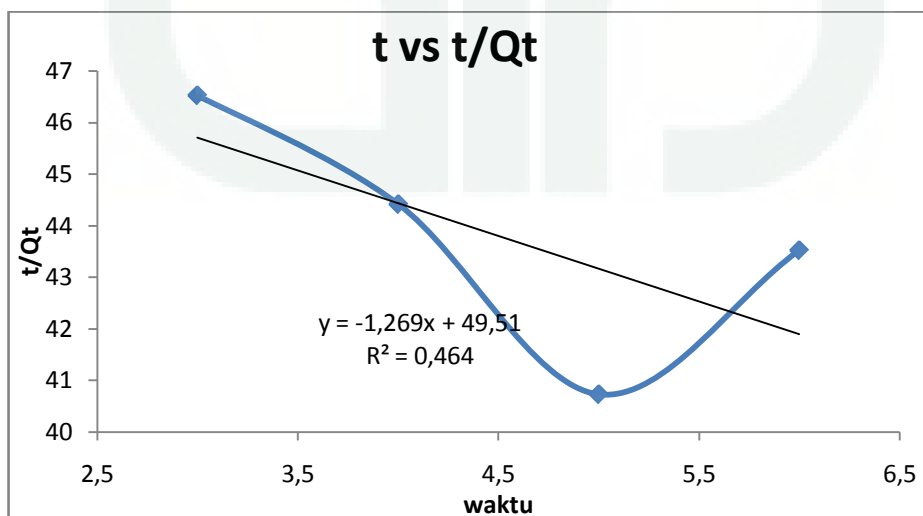
$$\ln(Qe - Qt) = \ln Qe - Kt$$

$$\ln Qe = 1,173$$

$$Qe = 3,2316$$

$$K = 0,271$$

a. Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde 2



Perhitungan Pseudo Orde 2

$$y = -1,269x + 49,51$$

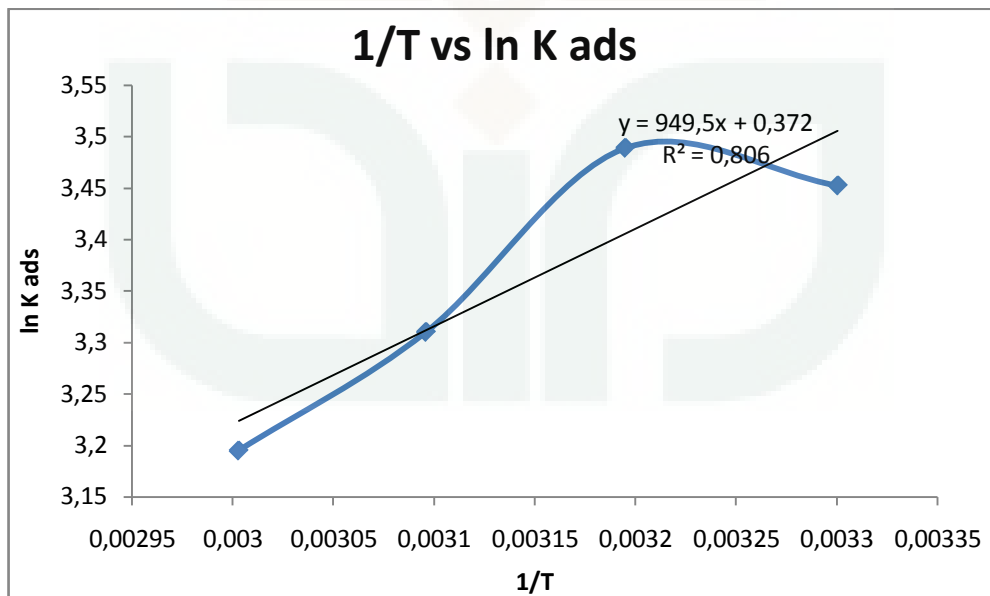
$$\frac{t}{Q_t} = \frac{1}{Q_e} + \frac{1}{Q_e 2K}$$

$$Q_e = \frac{1}{1,269} = 0,78802$$

$$K = 0,032526$$

Lampiran 8. Perhitungan Termodinamika Logam Cr oleh Zeolit Alam Teraktivasi

Suhu (C)	waktu (jam)	Co (ppm)	Co-Ce (ppm)	Ce (ppm)	T (K)	1/T (K-1)	Kads	ln Kads
30	6 jam	10	5,588	4,412	303	0,0033	31,582	3,453
40	6 jam	10	5,498	4,502	313	0,0032	32,758	3,489
50	6 jam	10	5,935	4,065	323	0,0031	27,393	3,310
60	6 jam	10	6,21	3,79	333	0,0030	24,412	3,195



### Perhitungan Energi Bebas Gibbs

$$y = 949,5x - 0,372$$

$$\ln K_{ads} = \frac{\Delta S^\circ}{R} = \frac{\Delta H^\circ}{RT}$$

$$\frac{\Delta S^\circ}{R} = 0,372$$

$$\Delta S^\circ = 0,372 \times R$$

$$\Delta S^\circ = 0,372 \times 8,314 \text{ J/mol.K}$$

$$\Delta S^\circ = 3,092808 \text{ J.K/mol}$$

$$\Delta S^\circ = 0,003092808 \text{ kJ.K/mol}$$

$$\frac{\Delta H^\circ}{R} = 949,5$$

$$-\Delta H^\circ = 949,5 \times R$$

$$-\Delta H^\circ = 949,5 \times 8,314 \text{ J/mol.K}$$

$$-\Delta H^\circ = 7894,143 \text{ J/mol}$$

$$-\Delta H^\circ = 7,894143 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^\circ = -7,894143 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ (K) = \Delta H^\circ - \Delta S^\circ$$

$$\Delta G^\circ (303 \text{ K}) = -7894,143 - (303 \text{ K} \times 3,092808)$$

$$\Delta G^\circ (303 \text{ K}) = 929,2267 \text{ J/mol}$$

$$\Delta G^\circ (303 \text{ K}) = 0,9292267 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ (313 \text{ K}) = -7894,143 - (313 \text{ K} \times 3,092808)$$

$$\Delta G^\circ (313 \text{ K}) = 960,1548 \text{ J/mol}$$

$$\Delta G^\circ (313 \text{ K}) = 0,999601548 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ (323 \text{ K}) = -7894,143 - (323 \text{ K} \times 3,092808)$$

$$\Delta G^\circ (323 \text{ K}) = 991,0828 \text{ J/mol}$$

$$\Delta G^\circ (323 \text{ K}) = 0,991083 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ (333 \text{ K}) -7894,143 - (313 \text{ K} \times 3,092808)$$

$$\Delta G^\circ (333 \text{ K}) = 1022,011 \text{ J/mol}$$

$$\Delta G^\circ (333 \text{ K}) = 1,022011 \text{ kJ/mol}$$

