

**ADSORPSI DAN DESORPSI LOGAM Cu(II) MENGGUNAKAN ZEOLIT  
HASIL SINTESIS DARI ABU DASAR BATUBARA TERMODIFIKASI  
DITIZON**

**Skripsi**

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
mencapai derajat Sarjana Kimia**



**Oleh:**

**Yuan Sidarta**

**11630018**

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

**2016**



**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 warahmatullahi wabarakatuh*

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

Nama : Yuan Sidarta

NIM : 11630018

Judul Skripsi : Adsorpsi dan Desorpsi Logam Cu(II) Menggunakan Zeolit Hasil Sintesis Dari Abu Dasar Batubara Termodifikasi Ditizon

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 mengharapkan agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terima kasih.

*Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Yogyakarta, 1 Agustus 2016

Pembimbing,

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 : Yuan Sidarta

NIM : 11630018

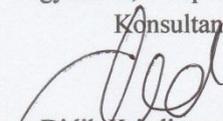
Judul Skripsi : Adsorpsi dan Desorpsi Logam Cu(II) Menggunakan Zeolit  
Hasil Sintesis Dari Abu Dasar Batubara Termodifikasi  
Ditizon

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, 2 September 2016

Konsultan,

  
Didik Krisdiyanto, M.Sc.  
NIP. 19811111 201101 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 : Yuan Sidarta  
NIM : 11630018  
Judul Skripsi : Adsorpsi dan Desorpsi Logam Cu(II) Menggunakan Zeolit  
Hasil Sintesis Dari Abu Dasar Batubara Termodifikasi  
Ditizon

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, 2 September 2016  
Konsultan,

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

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Yuan Sidarta  
NIM : 11630085  
Jurusan : Kimia  
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga

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

**"ADSORPSI DAN DESORPSI LOGAM Cu(II) MENGGUNAKAN ZEOLIT  
HASIL SINTESIS DARI ABU DASAR BATUBARA TERMODIFIKASI  
DITIZON"**

Adalah asli hasil penelitian saya sendiri dan bukan plagiasi hasil karya orang lain.

Yogyakarta, 14 Agustus 2016

Yang menyatakan



Yuan Sidarta  
NIM. 11630018



**PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

Nomor : B.3086/Un.02/DST/PP.05.3/09/2016

Skripsi/Tugas Akhir dengan judul : Adsorpsi dan Desorpsi logam Cu(II) Menggunakan Zeolit Hasil Sintesis Dari Abu Dasar Batubara Termodifikasi Ditzon

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :

Nama : Yuan Sidarta

NIM : 11630018

Telah dimunaqasyahkan pada : 30 Agustus 2016

Nilai Munaqasyah : A/B

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, 2 September 2016

UIN Sunan Kalijaga

Fakultas Sains dan Teknologi

Dekan



Dr. Murtono, M.Si.

NIP. 19691212 200003 1 001

## MOTTO

*Without dreams we reach nothing.*

*Without love, we feel nothing.*

*And without god, we are nothing.*

*(Mesut Ozil)*

*When you are good, you will be good at everything.*

*(Dendi, Natus Vincere)*

*Everyone can be a winner, believe it.*

*(Yuan Sidarta)*

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT dan  
Rasulullah Muhammad SAW  
Kupersembahkan karya ini,  
Untuk keluargaku  
Terhusus untuk ayahanda dan ibunda tercinta  
Atas segala kerja keras, do'a, dan semangatnya yang selalu  
mendukungku untuk menyelesaikan studiku*

Karya ini didedikasikan  
untuk almamater,  
**Jurusan Kimia UIN Sunan Kalijaga**

## KATA PENGANTAR



Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian di Laboratorium Terpadu UIN Sunan Kalijaga dengan lancar dan tidak ada halangan apapun. Sholawat dan salam tak lupa penulis sanjungkan kepada Nabi Muhammad SAW, atas rahmad-Nya skripsi dengan judul “Adsorpsi Dan Desorpsi Logam Cu(II) Menggunakan Zeolit Hasil Sintesis Dari Abu Dasar Batubara Termodifikasi Ditizon” telah selesai disusun guna memenuhi persyaratan mencapai derajat sarjana S-1 Program Studi Kimia.

Penulisan karya tulis ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, tak lupa penulis penulis menyampaikan rasa terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Murtono, M.Si. Selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Dr. Susy Yunita Prabawati, M.Si. Selaku Ketua Program Studi Kimia.
3. Bapak Khamidinal, M.Si. dan Bapak Didik Krisdiyanto, M.Sc. selaku dosen pembimbing skripsi yang telah membimbing dan memberikan saran selama proses penyusunan skripsi.
4. Seluruh dosen Program Studi Kimia yang sudah memberikan ilmunya.
5. Bapak Wijayanto, S.Si., Bapak Indra Nafianto, S.Si., dan Ibu Isni Gustanti, S.Si., Selaku laboran Laboratorium Kimia UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

6. Keluarga penyusun. Bapak Sudarta, Ibu Siti Yuriani, dan kakak tercinta Ryan Sidarta. Terimakasih atas segala pengorbanan, kasih sayang, dan dukungan lahir batin yang menjadikan semangat penulis sampai saat ini.
7. Keluarga zeolit (Riandy Putra, Abdullah Faqih, Yuliana E Analu, Fahrul Anggara, Gesyth Mutiara, Firly Roza Nurakhman dan Indra Prilana) yang telah banyak membantu, terimakasih untuk segala kebersamaan dan bantuannya.
8. Teman-teman Program Studi Kimia lintas angkatan. Terima kasih atas pertemanan dan kebersamaannya selama ini.
9. Rekan-rekan laboratorium kimia untuk saran dan diskusinya.
10. Serta semua pihak yang tidak dapat penyusun sebutkan satu-persatu yang telah banyak membantu tersusunnya skripsi ini.

Semoga segala bantuan yang diberikan kepada penulis mendapat balasan dari Allah SWT. Akhir kata Penulis menyadari, dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, Kritik dan saran sangat diharapkan demi kemajuan perkembangan ilmu kimia di masa yang akan datang. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan umumnya pembaca sekalian.

Yogyakarta, 1 Agustus 2016

Yuan Sidarta  
11630018

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN NOTA DINAS KONSULTAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN NOTA DINAS KONSULTAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN</b> .....	<b>v</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>vii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>viii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xv</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Batasan Masalah.....	4
C. Rumusan Masalah .....	5
D. Tujuan Penelitian .....	5
E. Manfaat Penelitian .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI</b> .....	<b>7</b>
A. Tinjauan Pustaka.....	7
B. Landasan Teori.....	9
C. Hipotesis .....	31
D. Rancangan Penelitian.....	31
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>33</b>
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	33
B. Alat-alat Penelitian .....	33

C. Bahan Penelitian .....	33
D. Cara Kerja Penelitian .....	34
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>38</b>
<b>A. Karakterisasi Abu Dasar Batubara .....</b>	<b>38</b>
1. <i>X-Ray Fluorescence XRF</i> .....	38
2. <i>Fourier Transformation Infra Red (FTIR)</i> .....	39
3. <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	41
<b>B. Sintesis dan Karakterisasi Zeolit dan Zeolit Termodifikasi Ditizon .....</b>	<b>43</b>
1. Sintesis zeolit .....	43
2. <i>X-Ray Fluorescence XRF</i> .....	46
3. <i>Fourier Transformation Infra Red (FTIR)</i> .....	49
4. <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	52
5. <i>Gas Sorption Analyzer (GSA)</i> .....	55
<b>C. Uji Adsorpsi Logam Cu(II) .....</b>	<b>58</b>
1. Pengaruh pH Larutan pada adsorpsi logam Cu(II) .....	58
2. Pengaruh Waktu Kontak pada adsorpsi logam Cu(II) .....	60
3. Penentuan Kinetika adsorpsi logam Cu(II) .....	62
4. Pengaruh Konsentrasi Awal adsorpsi logam Cu(II) .....	65
5. Penentuan Kesetimbangan adsorpsi logam Cu(II) .....	66
6. Pengaruh Suhu pada adsorpsi logam Cu(II) .....	69
7. Penentuan Termodinamika adsorpsi logam Cu(II) .....	70
<b>D. Uji Desorpsi Logam Cu .....</b>	<b>73</b>
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>75</b>
A. Kesimpulan .....	75
B. Saran .....	76
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>77</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>83</b>

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Tetrahedral alumina dan silica (TO4) pada struktur zeolit.....	11
Gambar 2.2 Unit bangun sekunder struktur zeolit .....	11
Gambar 2.3 Struktur ditizon.....	17
Gambar 2.4 Diagram spesiasi ion logam Cu(II).....	19
Gambar 2.5 Tipe adsorpsi Isotermal berdasarkan IUPAC .....	28
Gambar 2.6 Komponen-komponen sebuah AAS .....	30
Gambar 4.1 Spektra inframerah abu dasar hasil refluks .....	39
Gambar 4.2 Difatogram sinar-X abu dasar hasil refluks.....	41
Gambar 4.3 zeolit sintesis dan zeolit termodifikasi ditizon .....	48
Gambar 4.4 Hasil FTIR zeolit sintesis dan zeolit termodifikasi ditizon .....	49
Gambar 4.5 Difatogram zeolit sintesis dan zeolit termodifikasi ditizon.....	52
Gambar 4.6 Garis <i>hysteresis loops</i> .....	54
Gambar 4.7 Grafik distribusi ukuran pori .....	56
Gambar 4.8 Grafik pengaruh pH.....	58
Gambar 4.9 Grafik pengaruh waktu .....	60
Gambar 4.10 Grafik pseudo orde pertama .....	61
Gambar 4.11 Grafik pseudo orde kedua.....	62
Gambar 4.12 Grafik hubungan antara konsentrasi awal .....	64
Gambar 4.13 Grafik isoterm Langmuir pada adsorben .....	65
Gambar 4.14 Grafik isoterm Freundlich pada adsorben .....	66
Gambar 4.15 Grafik pengaruh suhu .....	69
Gambar 4.16 Grafik termodinamika adsorpsi .....	70

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Komposisi kimia yang terkandung dalam abu dasar.....	10
Tabel 2.2 Jenis vibrasi dan bilangan gelombang suatu ikatan .....	26
Tabel 4.1 Komposisi senyawa dalam abu dasar hasil refluks .....	37
Tabel 4.2 Interpretasi spektra IR abu dasar .....	40
Tabel 4.3 Komposisi senyawa abu dasar.....	46
Tabel 4.4 Interpretasi spektra IR zeolit dan zeolit termodifikasi .....	51
Tabel 4.5 Ringkasan hasil data XRD .....	53
Tabel 4.6 Data luas permukaan spesifik.....	55
Tabel 4.7 Presentase distribusi pori.....	56
Tabel 4.8 Model kinetika adsorpsi .....	63
Tabel 4.9 Model isoterm adsorpsi .....	67
Tabel 4.10 Parameter termodinamika adsorpsi ion logam Cu(II).....	70
Tabel 4.11 Hasil desorpsi logam Cu(II) pada adsorben .....	72

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Perhitungan distribusi pori .....	83
Lampiran 2 Perhitungan pada variasi pH .....	84
Lampiran 3 Perhitungan pada variasi waktu kontak .....	85
Lampiran 4 Perhitungan pada variasi konsentrasi .....	90
Lampiran 5 Perhitungan pada variasi suhu.....	96
Lampiran 6 Perhitungan persen desorpsi .....	102
Lampiran 7 Data hasil XRF.....	103
Lampiran 8 Data hasil analisis FTIR .....	106
Lampiran 9 Data hasil XRD .....	108
Lampiran 10 Data hasil GSA.....	110
Lampiran 11 JCPDS .....	112

## ABSTRAK

### ADSORPSI DAN DESORPSI LOGAM Cu(II) PADA ZEOLIT HASIL SINTESIS DARI ABU DASAR BATUBARA TERMODIFIKASI LIGAN DITIZON

Oleh:  
Yuan Sidarta  
11630018

Dosen Pembimbing : Khamidinal, M.Si. dan Didik Krisdiyanto, M.Sc.

Sintesis zeolit termodifikasi ditizon dari abu dasar batubara melalui metode peleburan hidrotermal telah berhasil dilakukan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan ditizon pada zeolit sintesis, dan mengetahui kapasitas adsorpsi dan desorpsi pada zeolit sintesis dan zeolit termodifikasi ditizon terhadap logam Cu(II). Karakterisasi pada zeolit sintesis dan zeolit termodifikasi ditizon dilakukan dengan menggunakan XRF, FTIR, XRD, dan GSA. Parameter yang diteliti meliputi pengaruh pH, waktu kontak, konsentrasi awal dan suhu dengan menggunakan metode *batch*.

Hasil karakterisasi abu dasar batubara hasil refluks diketahui pada XRF kandungan Si sebanyak 82,01% dan Al sebanyak 8,54%. Karakterisasi menggunakan XRD menunjukkan telah terbentuknya zeolit dengan struktur menyerupai zeolit X, zeolit A, zeolit sodalit. Zeolit termodifikasi ditizon telah berhasil disintesis dengan ditandai adanya gugus -NH dan -SH ditizon pada hasil IR zeolit termodifikasi ditizon. Hasil GSA menunjukkan penambahan ditizon dapat menyebabkan turunnya luas permukaan spesifik zeolit sintesis dari 160,262 m<sup>2</sup>/g menjadi 69,609 m<sup>2</sup>/g, berdasarkan model kinetika adsorpsi, zeolit sintesis dan zeolit termodifikasi ditizon mengikuti model kinetika pseudo orde kedua, dengan nilai R<sup>2</sup> masing-masing 0,7378 dan 0,8689 dengan konstanta laju adsorpsi masing-masing adalah -0,017 g/mg.min<sup>-1</sup> dan -0,013 g/mg.min<sup>-1</sup>. Keseimbangan adsorpsi ion Cu(II) mengikuti model Isoterm Langmuir dengan kapasitas adsorpsi maksimum pada zeolit sintesis adalah 0,975 mg/g dan zeolit termodifikasi ditizon sebesar 1,060 mg/g. Jumlah logam Cu(II) lebih banyak terdesorpsi menggunakan pelarut HCl.

**Kata kunci:** Abu dasar, zeolit sintesis, zeolit ditizon, ion Cu(II).

## **BAB I PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Perkembangan industri di Indonesia pada saat ini cukup pesat. Hal ini ditandai dengan semakin banyaknya industri yang memproduksi berbagai jenis kebutuhan manusia seperti industri kertas, tekstil, makanan, dan sebagainya. Seiring dengan perkembangan tersebut, maka semakin banyak pula hasil samping yang diproduksi sebagai limbah. Banyaknya limbah dapat menyebabkan terjadinya pencemaran, Dewasa ini banyak industri telah mengganti sumber tenaga pada pembangkit uap/boiler dari minyak (IDO atau MFO) dengan batubara sebagai akibat langka dan mahalnya harga bahan bakar tersebut. Penggunaan batubara sebagai sumber energi pada unit boiler pada industri akhir-akhir ini menjadi pilihan yang paling diminati oleh para pengusaha karena disamping dapat menghemat biaya operasional juga ketersediaannya cukup melimpah di Indonesia.

Penggunaan batubara menghasilkan limbah yang dapat mencemari lingkungan. Dampak lingkungan terbesar dari penggunaan bahan bakar batubara adalah pelepasan abu sisa pembakaran baik berupa abu layang (*fly ash*) maupun abu dasar (*bottom ash*), serta polutan-polutan berbahaya lainnya seperti CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, SO<sub>2</sub> dan hidrokarbon. Menurut data kementetian Lingkungan Hidup tahun 2006, limbah abu layang yang dihasilkan mencapai 522,2 ton/hari dan limbah abu dasar mencapai 5,8 ton/hari. Sementara itu, menurut Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 1999, limbah abu layang maupun abu dasar dapat dikategorikan sebagai limbah B3 (Bahan Beracun Berbahaya). Oleh karena itu

perlu dipikirkan satu cara yang paling efektif untuk mengatasi dampak negatif dari limbah abu tersebut yang salah satunya adalah dengan memanfaatkannya sebagai bahan baku pembuatan bahan-bahan lain yang lebih bermanfaat (Londar *et al*, 2009).

Abu dasar merupakan sisa pembakaran batubara yang digunakan sebagai bahan bakar. Salah satu yang memanfaatkannya adalah pabrik Spiritus Madukismo Yogyakarta. Menurut Gupta *et al* (2006) komposisi kimia mayor abu dasar batubara adalah  $\text{SiO}_2$  sebesar 45,4% dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  19,3%, sedangkan komposisi minornya adalah kadar air 15%;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  9,7%;  $\text{CaO}$  5,3%;  $\text{MgO}$  3,1%; dan  $\text{Na}_2\text{O}$  1,0%. Limbah abu dasar biasanya akan dipindahkan ke lokasi penimbunan di lahan kosong (*landfill*) yang lama-kelamaan akan terakumulasi dalam jumlah yang sangat banyak dan menimbulkan masalah baru bagi lingkungan. Apabila limbah abu dasar terbawa angin akan menimbulkan pencemaran udara, lali jika terkena air hujan, abu dasar terbawa air hujan masuk ke lingkungan perairan sehingga mencemari lingkungan akuatik. Oleh sebab itu, perlu dilakukan pemanfaatan limbah abu dasar untuk mengatasi pencemaran tersebut. Besarnya kandungan silikat dan aluminat pada abu dasar batubara berpotensi sebagai bahan baku dalam pembuatan zeolit, Zeolit telah dimanfaatkan secara luas sebagai adsorben karena kemampuannya memisahkan spesi-spesi sasaran melalui prinsip pertukaran ion (Erdem *et al*, 2004). Zeolit ada dua macam, yaitu zeolit alam dan sintetik. Meskipun ketersediaannya sangat melimpah, kristalinitas zeolit alam tidak terlalu tinggi, ukuran pori tidak seragam, aktivitas katalitik rendah, dan mengandung banyak pengotor. Oleh karena itu, zeolit perlu

diaktivasi dan dimodifikasi sebelum digunakan sebagai penjerap logam berat (Shaobin dan Yuelian, 2010). Zeolit sebagai materi pendukung seringkali dimodifikasi dengan berbagai macam ligan untuk meningkatkan kapasitas retensi dan selektivitasnya. *Difeniltiokarbazon* (ditizon) merupakan salah satu agen pengelat yang menunjukkan sensitivitas dan selektivitas yang baik terhadap ion  $Pb^{2+}$  dalam suasana basa (Rajesh dan Manikandan, 2008).

Ditizon merupakan agen pengelat penting dan efisien untuk mengekstrak unsur logam dalam jumlah kecil. Penggunaan ditizon sebagai agen pengelat pada berbagai materi padat dalam SPE telah dilaporkan. Mahmoud *et al.* (2010), menggunakan alumina yang dikembangkan dengan adsorpsi permukaan ditizon untuk menjerap ion logam Pb dan ion logam yang lain. Adsorpsi ion logam Pb menggunakan agen pengelat ditizon juga telah dilakukan oleh Putra dan Mahmudah (2010) dengan adsorben *Amberlite XAD-16*, sedangkan Yu *et al.* (2011) menggunakan silika gel yang dimodifikasi dengan ditizon untuk *online* prakonsentrasi ion logam Co. Penelitian ini bertujuan memodifikasi zeolit alam asal Lampung dengan ditizon, menentukan jumlah ditizon yang terjerap pada zeolit, melakukan karakterisasi zeolit, menentukan kondisi optimum penjerapan Pb(II) oleh zeolit tanpa modifikasi dan termodifikasi ditizon (metode tumpak), dan menentukan isoterm adsorpsi beserta termodinamikanya.

Penelitian sebelumnya, telah memanfaatkan abu dasar sebagai abu adsorben untuk mengadsorp logam berat (Ayala *et al.*, 1998), polutan organik (Aksu dan Yener, 2001), dan zat warna (Sari, 2010). Penelitian ini memfokuskan pemanfaatan abu dasar sebagai adsorben logam berat. Logam berat adalah unsur

logam dengan berat jenis lebih besar dari 5 gram/cm<sup>3</sup> dan bersifat toksik (Sutamihardja *et al*, 1982). Dikatakan toksik karena sulit terdegradasi sehingga dalam perairan dapat terakumulasi dalam organisme seperti ikan, karang dan lain-lain. Logam berat ini banyak dihasilkan dari limbah industri seperti industri pelapisan logam. Berdasarkan data dari penelitian sebelumnya, logam-logam berat yang ada dalam limbah industri pelapisan logam yaitu ion Ni(II) sebesar 94,2 mg/L dan Ion Cu(II) sebesar 20,3 mg/L berada pada sekitar pH 2. Sedangkan penelitian Boricha (2008) menyebutkan bahwa kandungan logam dalam limbah pelapisan logam yaitu Fe 618 mg/L; Zn 584 mg/L; Cu 0,97 mg/L berada pada sekitar pH 0,94. Sciban M (2006) juga menyebutkan kandungan logam berat dalam limbah pelapisan logam antara lain Cu sebesar 18,9 mg/L; Zn sebesar 76,3 mg/L; Cd sebesar 8,52 mg/L berada pada pH 7,89 (Chen, 2007). Berdasarkan literatur tersebut, nampak bahwa logam Cu selalu ada didalam limbah dengan jumlah yang cukup signifikan. Oleh karena itu, pada penelitian ini dipilih logam Cu sebagai salah satu logam berat.

## **B. Batasan Masalah**

1. Abu dasar batubara yang digunakan diperoleh dari pabrik spiritus Madukismo Yogyakarta.
2. Sintesis zeolit dilakukan dengan menggunakan perlakuan awal refluks dengan HCl, peleburan dengan NaOH yang dilanjutkan dengan metode peleburan-hidrotermal.
3. Jenis ligan yang digunakan untuk memodifikasi adalah ditizon.
4. Jenis ion logam yang digunakan adalah ion logam Cu(II).

5. Karakterisasi abu dasar menggunakan Spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), *X-ray Diffraction* (XRD) dan *X-Ray Fluorescence* (XRF). Karakterisasi zeolit sintesis dan zeolit termodifikasi ditizon menggunakan Spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), *X-ray Diffraction* (XRD), *X-Ray Fluorescence* (XRF) dan *Gas Sorption Analyzer* (GSA).
6. Penentuan ion logam Cu(II) menggunakan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS).
7. Kajian adsorpsi meliputi variasi pH, waktu kontak, konsentrasi awal, dan variasi suhu.
8. Jenis larutan yang digunakan pada proses desorpsi adalah HCl dan Na<sub>2</sub>EDTA

### **C. Rumusan Masalah**

1. Bagaimanakah karakteristik abu dasar, zeolit sintesis dan zeolit termodifikasi ditizon menggunakan XRF, XRD, FTIR dan GSA?
2. Bagaimanakah pengaruh pH, kinetika, kesetimbangan, dan termodinamika zeolit hasil sintesis dan zeolit termodifikasi ditizon terhadap adsorpsi logam Cu(II)?
3. Bagaimanakah kemampuan desorpsi pada zeolit sintesis dan zeolit termodifikasi ditizon menggunakan HCl; Na<sub>2</sub>EDTA dan H<sub>2</sub>O?

### **D. Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui karakteristik abu dasar, zeolit sintesis dan zeolit termodifikasi ditizon menggunakan XRF, XRD, FTIR dan GSA.
2. Mengetahui pengaruh pH, kinetika, kesetimbangan, dan termodinamika zeolit hasil sintesis dan zeolit termodifikasi ditizon terhadap adsorpsi logam Cu(II).

3. Mengetahui kemampuan desorpsi pada zeolit sintesis dan zeolit termodifikasi ditizon menggunakan HCl; Na<sub>2</sub>EDTA dan H<sub>2</sub>O.

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

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang :

1. Mengurangi jumlah abu dasar batubara sebagai limbah bahan berbahaya dan beracun.
2. Memberikan informasi tentang karakteristik abu dasar, zeolit sintesis dan zeolit termodifikasi ditizon.
3. Memberikan informasi mengenai kinetika, kesetimbangan, dan termodinamika adsorpsi zeolit termobilisasi ditizon terhadap ion logam Cu(II) pada adsorpsi menggunakan zeolit sintesis dan zeolit termodifikasi ditizon.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sintesis zeolit dari abu dasar batubara dengan metode peleburan-hidrotermal telah berhasil dilakukan. Karakteristik abu dasar batubara, zeolit sintesis dan zeolit ditizon ditunjukkan dengan munculnya serapan-serapan zeolit secara umum pada bilangan gelombang 300-1250  $\text{cm}^{-1}$ . Sintesis zeolit didapatkan material mirip zeolit (*zeolite-like*) yaitu zeolit Y, sodalit, zeolit Na-P dan zeolit X. Selain itu zeolit termodifikasi ditizon berhasil disintesis dengan ditunjukkannya gugus  $-\text{NH}$  dan  $-\text{SH}$  pada bilangan gelombang 1496,76 dan 2461,17  $\text{cm}^{-1}$ . Hasil yang didapatkan pada karakterisasi GSA menunjukkan penambahan ditizon pada zeolit menurunkan luas permukaan spesifik dari 160,262  $\text{m}^2/\text{g}$  menjadi 69,609  $\text{m}^2/\text{g}$ .
2. Berdasarkan model kinetika adsorpsi, zeolit sintesis dan zeolit termodifikasi ditizon mengikuti model kinetika pseudo orde kedua, dengan nilai  $R^2$  masing-masing 0,7378 dan 0,8689. Konstanta laju pseudo orde kedua zeolit sintesis adalah  $-0,017 \text{ g/mg}\cdot\text{min}^{-1}$  dan zeolit termodifikasi ditizon sebesar  $-0,013 \text{ g/mg}\cdot\text{min}^{-1}$ . Isoterm adsorpsi ion logam Cu(II) menggunakan zeolit sintesis dan zeolit termodifikasi ditizon mengikuti model isoterm Langmuir, dengan nilai  $R^2$  masing-masing 0,9983 dan 0,9897. Nilai kapasitas adsorpsi maksimum zeolit sintesis adalah 0,975  $\text{mg/g}$  dan zeolit termodifikasi ditizon sebesar 1,060

mg/g, Sedangkan model termodinamika adsorpsi ion logam Cu(II) oleh zeolit sintesis dan zeolit termodifikasi ditizon menghasilkan energi bebas Gibbs bernilai positif (reaksi endotermis). Energi entropi bernilai negatif menunjukkan adanya keteraturan pada sistem adsorben dan adsorbat.

3. Hasil desorpsi pada zeolit sintesis dan zeolit termodifikasi ditizon. Hasil desorpsi menggunakan HCl ; Na<sub>2</sub>EDTA dan H<sub>2</sub>O berturut-turut adalah 50,514% ; 35,744% dan <0,01%. Sedangkan pada zeolit termodifikasi ditizon sebesar 61,828% ; 48,271% dan <0,01%.

#### **B. Saran**

Saran dari penulis selanjutnya perlu dilakukan karakterisasi analisis morfologi permukaan menggunakan SEM pada zeolit sintesis dan zeolit termodifikasi ditizon, Selain itu perlu dilakukan adsorpsi logam-logam berat lainnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adamson, A. W., 1990, *Physical Chemistry of Surface* edisi ke-5, John Willey and Sons Inc., New York
- Adhita, G.Y., 2008, Studi Adsorpsi Ion Logam Ni(II) oleh Abu Dasar (Bottom Ash) Batubara, *Skripsi*, Yogyakarta : Fakultas MIPA UGM.
- Agustiningtyas, Z. 2012. Optimisasi Adsorpsi Ion Pb(II) Menggunakan Zeolit Alam Termodifikasi Ditizon. *Skripsi*. Departemen Kimia FMIPA. Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Aksu Z, Yener J, (2001), "A comparative adsorption/biosorption study of monochlorinated phenols onto various sorbents", *Waste Management*, 21(8), P. 695–702
- Al-Anber, Z. A. 2008. Thermodynamic and Kinetic Studies of Iron (III) Adsorption by Olive Cake in A Batch System. *Article Jordan*. Faculty of Science Mu'tah University.
- Alberty, R.A., and Daniel, F., 1987, *Physical Chemistry* edisi ke-5, SI Version, John Wiley and Sons inc. New York.
- Albrecht., Jonnas., and Daniel F., 2009. *Effect of pH, Concentration and Temperature on Copper and Zinc Hydroxide Formation/Precipitation in Solution*, Mawson Lakes Campus, Adelaide, South Australia.
- Arsyad, M. Natsir. 2001. *Kamus Kimia Arti dan Penjelasan Istilah*. Jakarta: Gramedia.
- Atkins. 1990. *Kimia Fisik jilid 1 Edisi keempat*. Diterjemahkan oleh Irma I.Kartohadiprojo. Erlangga, Jakarta.
- Atkins, P. W. 1999. *Kimia Fisik Jilid 1*. Irma I Kartohadiprojo, penerjemah; Rohhadyan T, Hadiyana K, editor. Jakarta: Erlangga. Terjemahan dari: *Physical Chemistry*.
- Ayala J, Blanco F, Garc'ia P, Rodriguez P, Sancho J, (1998), "Asturian fly ash as a heavy metals removal material", *Fuel*, 77(11), P. 1147–1154
- Basset, J. 1994. *Buku Ajar Vogel : Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*. Jakarta: EGC Buku Kedoktean.
- Boricha, Alka G, (2008), "Preparation, Characterization and Performance of Nanofiltration Membranes for The Treatment of Electroplating Industry Effluent", *Journal of Separation and Purification Technology*, P.8
- Breck, D. W. 1974. *Zeolite Molecular Sieve, Structure Chemistry and Use*. New York: John Willey and Sons.

- Chang, H.L., dan Shih, W. H. 1998. A General Method for the Conversion of Fly Ash into Zeolites as Ion Exchangers for Cesium. *Ind Eng Chem Res.* 37: 71-78.
- Chen, Shing Shiao, (2007), "Chromate reduction by waste iron from electroplating wastewater using plug flow reactor", *Journal of Hazardous Materials*, P. 1092-1097
- Chen A, dan Chen S. 2009. Biosorption of azo dyes from aqueous solution by glutaraldehyde-crosslinked chitosans. *J Hazard Mater* 172 : 1111–1121.
- Costa, A.C.S., Lopes, L., Korn, M.D.G.A., Portela, JG. 2002. Separation and preconcentration of cadmium, copper, lead, nickel by solid-liquid extraction of their cocrystallized naphthalene ditizon chelate in saline matrices. *J Braz ChemSoc.* 5. 674-678.
- Dahar, R.W. 1988. *Teori – Teori Belajar*. Jakarta : Depdikbud
- Depdiknas. 2007. Materi Sosialisasi dan Pelatihan KTSP SMA. Jakarta: Depdiknas
- Dimiyati dan Mudjiono. 2002. Belajar dan Pembelajaran. Jakarta: Rineka Cipta.
- Ewing, G.W. 1985. *Instrumental Method of Chemical Analysis*. Singapore: McGraw-Hill Inc.
- Fatimah, Is. 2014. *Adsorpsi dan Katalisis Menggunakan Material Berbasis Clay*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Feijen E. J. P., Martens J. A. & Jacobs P. A., 1994. Zeolites and their Mechanism of Synthesis: Studies in Surface Science and Catalysis. *Journal.* 84, 3-19.
- Flanigen, E.M., Broach, R.W. dan Wilson, S.T. 2010. *Zeolites in Industrial Separation Ana Catalysis*. Weinheim: Wiley-VCH GmbH & Co. KGaA
- Gadd, G.M. 2000. Bioremedial Potential of Microbial Mechanism of Metal Mobilization and Immobilization. *Current Opinion in Biotechnology.* 11. 271-279.
- Handayani, T., dkk. 2014. Adsorpsi Ion Pb(II) dan Cd(II) pada Abu Dasar Batubara Terimobilisasi Ditizon. *Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia UNG*. Gorontalo. 19 Oktober 2014.
- Hargian, S. 2015. Sintesis zeolit dari abu dasar batubara dengan variasi waktu kalsinasi abu dasar secara hidrotermal dan uji adsorpsi terhadap logam Cd(II). *Skripsi*. Fak Sains dan Teknologi. UIN Sunan Kalijaga: Yogyakarta.
- Herbert, Druxes, et. EL. 1986. *Kompendium Didaktik Fisika*. Bandung: C.V Remaja Karya
- Horsfall, Michael, et al. 2006. *Recovery of Lead and Cadmium Ions from Metal-Loaded Biomass of Wild Cocoyam (Caladium bicolor) Using Acidic, Basic and Neutral Eluent Solutions*. *Journal of Biotechnology*. Nigeria: Delta State University.
- Indriati, N. 2012. Imobilisasi Nano Au pada Zeolit Alam serta Modifikasinya dengan Asam 11-Merkapto Undekanoat dan L-Sistein

- untuk Adsorpsi Ion Logam Berat. *Skripsi*. Fakultas MIPA. Universitas Indonesia: Jakarta.
- Joyce, Bruce & Weil, Marsha. 1980. *Models of Teaching*, Second Edition. New Jersey Printice: Hall International, Inc
- Jumaeri, W. A., dan Lestari, W. T. P. 2007. Preparasi dan Karakterisi zeolit dari Abu Layang Batubara Secara Alkali Hidrotermal. *Jurnal Kimia*. Fakultas MIPA UNNES: 38-44.
- Kalopathy, U., dan Proctor, A., 2000, A Simple Method For Production of Pure Silica From Rush Hull Ash, *Bioresource Technology*. 73. 252-257.
- Kesuma, F. R., Sitorus, B., dan Adhitiyawarman. 2013. Karakterisasi Pori Adsorben Berbahan Baku Kaolin capkala dan Zeolit Dealuminasi. *Jurnal JKK*. FMIPA Universitas Tanjungpura Pontianak: 19-23.
- Khopkar. 2003. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta:Universitas Indonesia.
- Lang, L., Chiu, K., dan Lang, Q. 2008. Spectrometric determination of lead in agricultural, food, dietary supplement, and pharmaceutical samples. *Pharm tech* 32:74-83.
- Las T. 2005. Potensi zeolit untuk mengolah limbah industri dan radioaktif. [terhubungberkala].<http://www.batan.go.id/ptlr/11id/?q=content/potensi-zeolit-untukmengolah-limbah-industri-dan-radioaktif> [17 Nov 2011].
- Lucia, R., Martin, P., dan Eva, F. 2014. Radiocesium Adsorption by Zeolitic Materials Synthesized from Coal Fly Ash. *Nova Biolotechnica et Chimica* (2014) 13-1.
- Lukman, T. 2015. Pengaruh Kalsinasi Terhadap Pembentukan Zeolit dari Abu Dasar Batubara Melalui Peleburan-Hidrotermal untuk Adsorpsi Logam Cu(II). *Skripsi*. UIN Sunan Kalijaga: Yogyakarta.
- Mahmoud ME, Osman MM, Hafez OF, Hegazi AH, Elmelegy E. 2010. Removal and preconcentration of lead (II) and other heavy metals from water by alumina adsorbents developed by surfaceadsorbed-dithizone. *Desalination* 251 :123–130.
- Mahmudah R. 2010. Sintesis dan pencirian Amberlite XAD-16 terfungsionalisasi ditizon untuk retensi ion logam Pb<sup>2+</sup> [skripsi]. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- Masrukan, Rosika, Anggraini, D., dan Kisworo, J. 2007. Komparasi Analisis Komposisi Paduan AlMgSi1 dengan Menggunakan Teknik X Ray Fluorescence (XRF) dan Emission Spectroscopy. *Jurnal Prosiding PPI – PDIPN*. Batan: 120-125.
- Ming DW, Mumpton. 1989. *Zeolites in Soils*. Di dalam: Dixon JB, Weed SB, editor. *Mineral in Soil Environments*. Ed ke-2. Madison: Soil Science Society of America.
- Mudasir., Siswanta, D. 2007. *Adsorption Characteristics of Pb(II) and Cd(II) Ions on Dithizone loaded Natural Zeolite*. *J Ion Exchange*. Vol. 18 No. 4.

- Natush, D.F.S dan Taylor, D.R. 1980. *Environmental effects of western coal combustion: part IV*. Duluth M N: Environmental Research Laboratory.
- Nezio MSD, Palomeque M, Band BSF. 2005. Automated flow-injection method for cadmium determination with preconcentration and reagent preparation online. *Quim. Nova*. 1:145-148.
- Nizam NA. 2007. Surfactant Modified Zeolite Y as A Sorbent For Some Chromium And Arsenic Species In Water. Malaysia: Faculty of Science, Universiti Teknologi Malaysia.
- Oemar, Hamalik. 1995. *Kurikulum dan Pembelajaran*. Jakarta: Bumi Aksara
- Ojha, K., Sig, Y., dan Wha, S.A. 2004. Zeolit From Fly Ash: Synthesis and Characterization, Bull, Mater. *Indian Academy of Sciences*. 27. 555-564.
- Omar W, dan Hossam A. 2007. Removal of Pb+2 ions from aqueous solutions by adsorption on kaolinite clay. *Applied Sciences* 4: 502-50.
- Oscik, J. 1982. *Adsorption*. Ellis Harwood Limited: England.
- Payne KB, Abdel-Fattah TM. 2004. Adsorption of divalent lead ions by zeolites and activated carbon: effects of pH, temperature, and ionic strength. *J. Environ Sci Health, Part A* 39 : 2275–2291.
- Purwanto, Agung, dkk. 2006. *Laporan Penelitian : Pengembangan Lembar Kerja Siswa dan Buku Panduan Guru Kimia SMA berdasarkan Pendekatan Pembelajaran Kontekstual*. Jakarta: Lembaga Penelitian UNJ
- Querol, X., Moreno, N., Umana, J.C., Alastuey, A., Hernandez, E., Lopez Soler, A., plana, F. 2002. Synthesis of Zeolites from Fly Ash: an overview. *International Journal Coal Geol*. 50: 413-423.
- Rajesh N, Manikandan S. 2008. Spectrophotometric determination of lead after preconcentration of its iphenylthiocarbazone complex on an Amberlite XAD-1180 column. *Spectrochim Acta A* 70:754-757.
- Rajesh, N., Arrchana, L., dan Prathiba, S. 2003. Removal of Trace Amounts Mercury (II) Using Alumunium Hydroxide as The Collector. *Univ Scientarum* 8 (2): 55-99.
- Ramlawati, Darminto, dan Masri, M. 2011. Kinetics and Adsorption Isotherms of Zeolite-MBT Selective Adsorben Towards Cd(II) Ions in Mixed System. *Proceedings of the 2nd International Seminar on Chemistry*. Jatinangor. 24-25 November 2011.
- Ratnasari M, Widiastuti M, 2011. Adsorpsi Ion Logam Cu(II) pada zeolit A yang disintesis dari abu dasar batubara PT IPMOMI PAITON dengan metode kolom. *Prosiding Seminar Nasional Kimia Unesa 2011 – ISBN : 978-979-028-378-7*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Rina, Utami. 2012. Modifikasi Zeolit Alam Dengan Nanokitosan Sebagai Adsorben Ion Logam Berat dan Studi Kinetika Terhadap Ion Pb(II), *Skripsi*, FMIPA UI, Jakarta.

- Ruslan. 2012. Sintesis dan Karakterisasi SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Bentonit. *Tesis*. FMIPA UGM: Yogyakarta.
- Sahri, Y. 2014. Studi Adsorpsi Ion Merkuri dan Tembaga Menggunakan Abu Basar Temodifikasi Ditizon. *Tesis*. FMIPA UGM: Yogyakarta.
- Sari, P.I., (2010), “Adsorpsi Methilen Biru Dengan Abu Dasar PT.Ipmomi Paiton Jawa Timur dan Zeolit berkarbon”, ITS, Surabaya
- Sciban, Marina, Bogdanka, (2006), “Adsorption of Heavy Metals From Electroplating wastewater by Wood Sawdust”, *Journal of Bioresource Technology*, P.402-409
- Shaobin W, Yuelian P. 2010. Natural zeolites as effective adsorbents in water and wastewater treatment. *Chem Eng J* 156 : 11–24
- Shigemoto, N., Hayashi, H., dan Miyaura, K. 1993. Selective Formation of Na-X Zeolite from Coal Fly Ash by Fusion with Sodium Hydroxide Prior to Hydrothermal Reaction. *J. Mater. Sci.* 28. 4781-4786.
- Skoog, O.A. 1985. *Principles of Instrumental Analysis*. Edisi 3. USA: Sounders Collage Publishing.
- Skoog DA, Holler FJ, Crouch SR. 2007. *Principles of Instrumental Analysis*. Ed ke-6. USA: Thomson Brooks/Cole.
- Suarnita, I Wayan, 2012, *Penggunaan Abu Dasar (Bottom Ash) Sebagai Pengganti SebagiannAgregat Halus Pada Campuran Beton*, Jakarta :Universitas Tadulako.
- Sunarti. 2008. Pembuatan Adsorben Termodifikasi dari Abu Dasar Batubara dan Aplikasinya untuk Adsorpsi Logam Berat Timbal (Pb). *Tesis*. Fakultas MIPA UGM: Yogyakarta.
- Suseno. 2006. Immobilisasi Dithizon Secara Fisika pada Zeolit Alam dan Studi Kemampuan Adsorpsinya terhadap Logam Pb(II) dan Cd(II). *Tesis*. Fakultas MIPA UGM: Yogyakarta.
- Sutamihardja, R.T.M., Adnan, K., Sanusi, (1982), *Perairan Teluk Jakarta Ditinjau dari Tingkat Pencemarannya*, Fakultas Pascasarjana Jurusan PSL, IPB
- Sutarno, Arryanto Y., dan Budhyantoro, A. 2004. Sintesis Faujasite dari Abu Layang Batubara: Pengaruh Refluks dan Penggerusan Abu Layang Batubara terhadap Kristalinitas Faujasite. *Jurnal Matematika dan Sains* Vol. 9. No. 3. hal. 285-290.
- Sutarti, Mursi dan Rachmawati. 1994. *Zeolit: Tinjauan Literatur*. Jakarta :LIPI
- Suwardi. 2000. *Prospek Pengolahan Zeolit di Indonesia*. Bogor: Departemen Manajemen Sumber Daya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB.
- Tadeus, A., Silalahi, i. H., Sayekti, E., dan Sianipar, A. 2013. Karakterisasi Zeolit-Ni Regenerasi dalam Reaksi Perengkahan Katalitik. *Jurnal JKK*. FMIPA Universitas Tanjungpura Pontianak: 24-29.

- Travers, Robert, M.W. 1982. *Essentials of Learning*. New York: Macmillan Publishing Co. Inc.
- Trisunaryanti, W. 2006. *Kimia Zat Padat*. Buku Ajar Pascasarjana FMIPA UGM: Yogyakarta.
- Tunjungsari, R. 2008. Studi Adsorpsi Ion Logam Pb(II) oleh Abu Dasar (Bottom ash) Batubara. *Skripsi*. Fakultas MIPA UGM: Yogyakarta.
- Underwood, A.L. dan Day, R.A. 1992. *Kimia Analisis kuantitatif*. Jakarta: Erlangga
- Wardani, F. 2013. *Pengaruh Waktu Lama Refluks Terhadap Hasil Sintesis Zeolit dari Bahan Abu Dasar Batubara dengan Metode Hidrotermal*. *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga: Yogyakarta.
- Weil, Marsha & Joyce, Bruce. 1978. *Information Processing Models of Teaching Expanding Your Teaching Repertoire*. New Jersey Printice: Hall Englewood Cliffs, Inc
- Widiastuti, N., Wahyuni, S. 2009. Adsorpsi Ion Logam Zn(II) Pada Zeolit A yang Disintesis dari Abu Dasar Batubara PT IPMOMI Paiton dengan Metode Batch. *Jurnal Prosiding Kimia: FMIPA – ITS*.
- Widiastuti, N., dan Ratnasari, M. 2011. Adsorpsi Ion Logam Cu(II) Pada Zeolit A yang Disintesis dari Abu Dasar Batubara PT IPMOMI Paiton dengan Metode Kolom. *Prosiding Seminar Nasional Kimia Unesa*. Surabaya. 19 Pebruari 2011.
- Wiyuniawati, S., dan Kundari, N. A. 2008. Tinjauan Kesetimbangan Adsorpsi Tembaga dalam Limbah Pencuci PCB dengan Zeolit. *Seminar Nasional IV SDM Teknoligi Nuklir*. Yogyakarta. 25-26 Agustus 2008.
- Xu, Ruren., Pang, Wenqill., Yu, Jihong., Huo, Qisheng., Chen, Jiesheng. 2007. *Chemistry of Zeolit and Related Porous Materials: Synthesis and Structure*. Singapore: John Wiley&Sons. ISBN: 978-0-470-82233-3.
- Yateman, Arryanto. 2009. *Material Canggih : Rekayasa material Berbasis Sumber Daya Alam Silika-Alumina*. Jurusan Kimia FMIPA UGM, Yogyakarta
- Yu HM, Song H, Chena ML. 2011. Dithizone immobilized silica gel on-line preconcentration of trace copper with detection by flame atomic absorption spectrometry. *Talanta* 85 : 625–630. Mahmudah R. 2010. Sintesis dan pencirian Amberlite XAD-16 terfungsionalisasi ditizon untuk retensi ion logam Pb<sup>2+</sup> [skripsi]. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- Zakaria, A., Rohaiti, E., Sutisna, dan Purwamargaprtala, Y. 2012. Adsorpsi Cu(II) menggunakan Zeolit Sintesis dari Abu Terbang Batubara. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bahan*. FMIPA-IPB. Bogor.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Perhitungan distribusi pori

#### 1. Zeolit sintesis

$$\text{Mikropori} = \frac{0,0074408-0}{0,15098} \times 100\% = 4,90\%$$

$$\text{Mesopori} = \frac{0,11886-0,0074408}{0,15098} \times 100\% = 73,84\%$$

$$\text{Makropori} = \frac{0,15098-0,11886}{0,15098} \times 100\% = 21,\%$$

#### 2. Zeolit Termodifikasi Ditizon

$$\text{Mikropori} = \frac{0,0078181-0}{0,16665} \times 100\% = 4,69\%$$

$$\text{Makropori} = \frac{0,14601-0,0078181}{0,16665} \times 100\% = 79,68\%$$

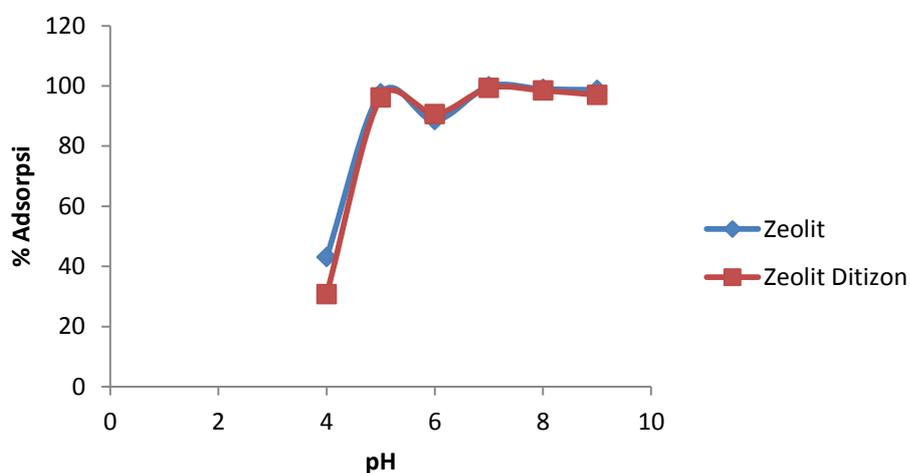
$$\text{Mesopori} = \frac{0,16665-0,14061}{0,16665} \times 100\% = 15,63\%$$

## Lampiran 2. Perhitungan Pada Variasi pH

Volume larutan Cu(II) = 10 mL

**Tabel 1.** Hasil perhitungan pada variasi pH

Adsorben	pH	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Cu teradsorp (mg/L)	% Adsorpsi
Zeolit sintesis	4	10	5.690875	4.309125	43.09124767
	5	10	0.249534	9.750466	97.50465549
	6	10	1.145251	8.854749	88.54748603
	7	10	0.011173	9.988827	99.88826816
	8	10	0.104283	9.895717	98.95716946
	9	10	0.128492	9.871508	98.7150838
Zeolit termodifikasi ditizon	4	10	6.927374	3.072626	30.72625698
	5	10	0.389199	9.610801	96.10800745
	6	10	0.942272	9.057728	90.57728119
	7	10	0.068901	9.931099	99.31098696
	8	10	0.1527	9.8473	98.47299814
	9	10	0.297952	9.702048	97.02048417

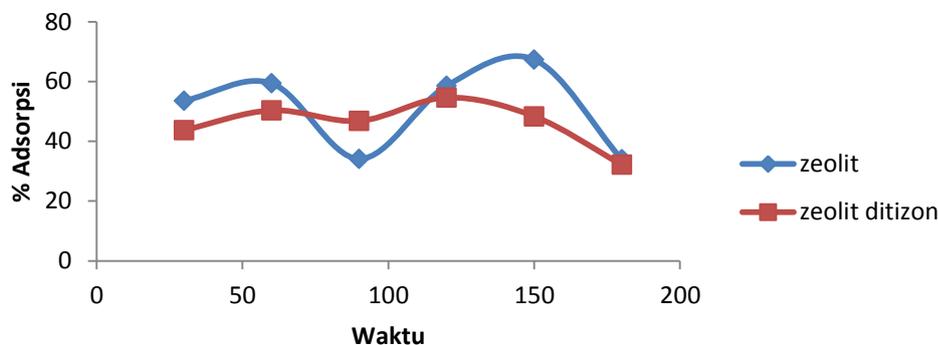


**Gambar 1.** Grafik hubungan antara pH dengan % adsorpsi

**Lampiran 3.** Perhitungan Pada Variasi Waktu Kontak dan Penentuan Pseudo Orde Reaksi

**Tabel 2.** Hasil perhitungan pada variasi waktu

Adsorben	Waktu (Menit)	Volume (L)	Massa adsorben (gram)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	% Adsorpsi
Zeolit sintesis	30	0.01	0.01	10	4.645	53.55
	60	0.01	0.01	10	4.064	59.36
	90	0.01	0.01	10	6.590	34.1
	120	0.01	0.01	10	4.146	58.533
	150	0.01	0.01	10	3.269	67.31
	180	0.01	0.01	10	6.601	33.983
Zeolit termodifikasi ditizon	30	0.01	0.01	10	5.629	43.706
	60	0.01	0.01	10	4.965	50.350
	90	0.01	0.01	10	5.320	46.793
	120	0.01	0.01	10	4.538	54.620
	150	0.01	0.01	10	5.166	48.333
	180	0.01	0.01	10	6.779	32.203



Gambar 2. Grafik hubungan antara waktu kontak dengan % adsorpsi

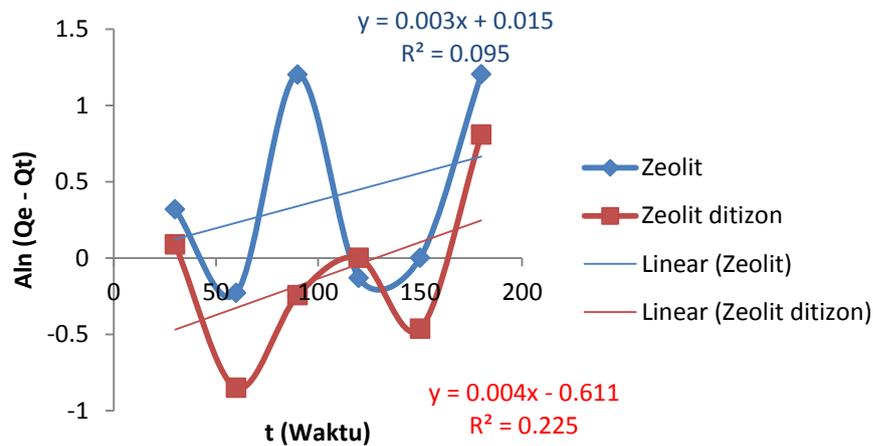
**Tabel 3.** Penentuan orde reaksi pada adsorben zeolit sintesis

Waktu (Menit)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Qe (mg/g)	Qt (mg/g)	Qe-Qt	ln (Qe-Qt)	t/Qt
30	10	4.645	6.731	5.355	1.376	0.319	5.602
60	10	4.064	6.731	5.936	0.795	-0.229	10.107
90	10	6.59	6.731	3.41	3.321	1.200	26.392
120	10	4.146	6.731	5.853	0.877	-0.130	20.501
150	10	3.269	6.731	6.731	0	0	22.284
180	10	6.601	6.731	3.398	3.332	1.203	52.967

**Tabel 4.** Penentuan orde reaksi pada adsorben zeolit termodifikasi ditizon

Waktu (Menit)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Qe (mg/g)	Qt (mg/g)	Qe-Qt	ln (Qe-Qt)	t/Qt
30	10	5.629	5.462	4.370	1.091	0.087	6.863
60	10	4.965	5.462	5.035	0.427	-0.850	11.916
90	10	5.320	5.462	4.679	0.782	-0.245	19.233
120	10	4.538	5.462	5.462	0	0	21.969
150	10	5.166	5.462	4.833	0.628	-0.464	31.034
180	10	6.779	5.462	3.220	2.241	0.807	55.894

### a. Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Pertama

**Gambar 3.** Grafik kinetika adsorpsi pseudo orde pertama

#### 1. Adsorben Zeolit Sintesis

Persamaan Lagergren:

$$\ln (q_e - q_t) = \ln q_e - K_1 t$$

$$\ln (q_e - q_t) = -K_1 t + \ln q_e$$

Persamaan garis lurus  $y = 0,003x + 0,015$ ,  $R^2 = 0,095$ , maka:

$$Y = \ln (q_e - q_t) \text{ (mg/g)}.$$

$$X = t \text{ (menit)}$$

$$-k_1 = 0,003$$

$$K_1 = -0,003 \text{ menit}^{-1}.$$

$$\text{Ln } q_e = 0,015$$

$$q_e = 1.015 \text{ mg/g}$$

## 2. Adsorben Zeolit Termodifikasi Ditizon

Persamaan Lagergren:

$$\text{Ln } (q_e - q_t) = \text{Ln } q_e - K_1 t$$

$$\text{Ln } (q_e - q_t) = -K_1 t + \text{Ln } q_e$$

Persamaan garis lurus  $y = 0,004x - 0,611$ ,  $R^2 = 0,0225$ , maka:

$$Y = \text{Ln } (q_e - q_t) \text{ (mg/g)}.$$

$$X = t \text{ (menit)}$$

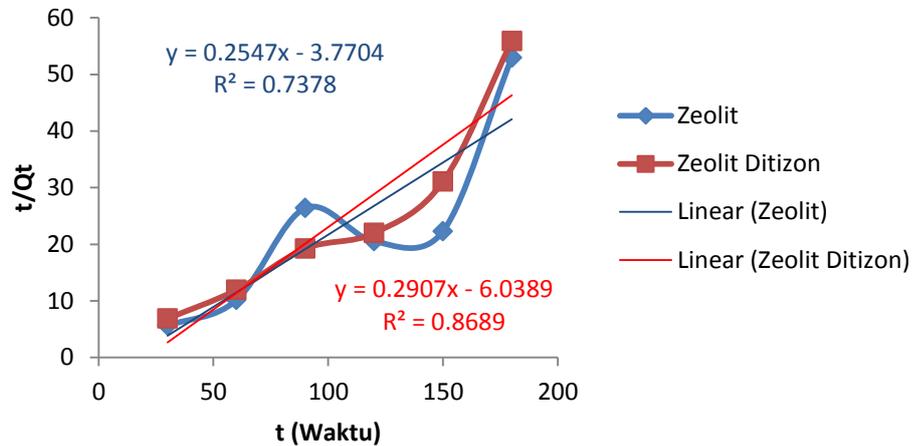
$$-k_1 = 0,004$$

$$K_1 = -0,004 \text{ menit}^{-1}.$$

$$\text{Ln } q_e = -0,611$$

$$q_e = 0.542 \text{ mg/g}$$

### b. Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Kedua



**Gambar 4.** Grafik kinetika adsorpsi pseudo orde kedua

#### 1. Adsorben Zeolit Sintesis

$$\frac{t}{qt} = \frac{1}{k_2 qe^2} + \frac{1}{qe} t$$

$$\frac{t}{qt} = \frac{1}{qe} t + \frac{1}{k_2 qe^2}$$

Persamaan garis lurus  $y = 0,254x - 3,770$ ,  $R^2 = 0,737$ , maka:

$$y = \frac{t}{qt} \text{ (menit.g/mg)}$$

$$x = t \text{ (menit)}$$

$$\frac{1}{qt} = 0,254$$

$$qe = 3,937 \text{ mg/g.}$$

$$\frac{1}{k_2 qe^2} = -3,770$$

$$\frac{1}{k_2} \cdot \frac{1}{qe^2} = -3,770$$

$$\frac{1}{k_2} \cdot \frac{1}{(3,937)^2} = -3,770$$

$$\frac{1}{(15,499)k_2} = -3,770$$

$$k_2 = \frac{1}{(15,499)(-3,770)}$$

$$k_2 = -0,017 \text{ g/mg.menit}^{-1}$$

## 2. Adsorben Zeolit Termodifikasi Ditzon

$$\frac{t}{qt} = \frac{1}{k_2 qe^2} + \frac{1}{qe} t$$

$$\frac{t}{qt} = \frac{1}{qe} t + \frac{1}{k_2 qe^2}$$

Persamaan garis lurus  $y = 0,290x - 6,038$ ,  $R^2 = 0,868$ , maka:

$$Y = \frac{t}{qt} \text{ (menit.g/mg)}$$

$$x = t \text{ (menit)}$$

$$\frac{1}{qt} = 0,290$$

$$qe = 3,448 \text{ mg/g.}$$

$$\frac{1}{k_2 qe^2} = -6,038$$

$$\frac{1}{k_2} \cdot \frac{1}{qe^2} = -6,038$$

$$\frac{1}{k_2} \cdot \frac{1}{(3,448)^2} = -6,038$$

$$\frac{1}{(11,888)k_2} = -6,038$$

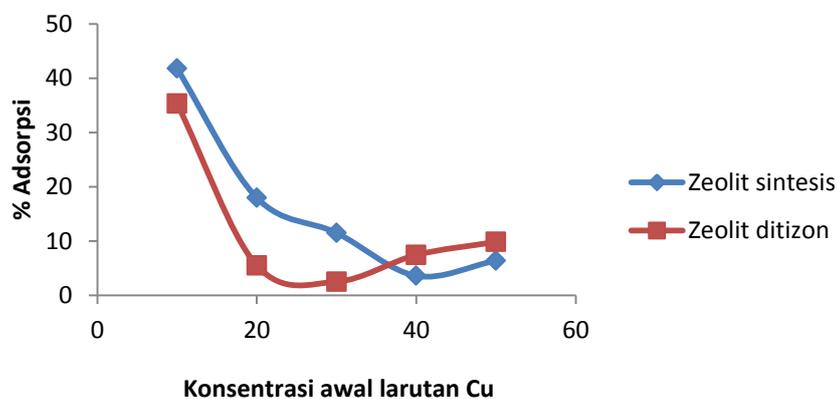
$$k_2 = \frac{1}{(11,888)(-6,038)}$$

$$k_2 = -0,013 \text{ g/mg.menit}^{-1}$$

**Lampiran 4.** Perhitungan Pada Variasi Konsentrasi dan Penentuan Isoterm Adsorpsi

**Tabel 5.** Hasil perhitungan pada variasi konsentrasi

Adsorben	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Cu teradsorp (mg/L)	% Adsorpsi
Zeolit sintesis	10	5.823	4.177	41.77
	20	16.405	3.595	17.975
	30	26.543	3.456	11.521
	45.518	43.872	1.646	3.616
	57.457	53.772	3.685	6.413
Zeolit termodifikasi ditizon	10	6.467	3.532	35.326
	20	18.897	1.102	5.513
	30	29.239	0.760	2.535
	45.518	42.129	3.389	7.445
	57.457	51.790	5.666	9.862

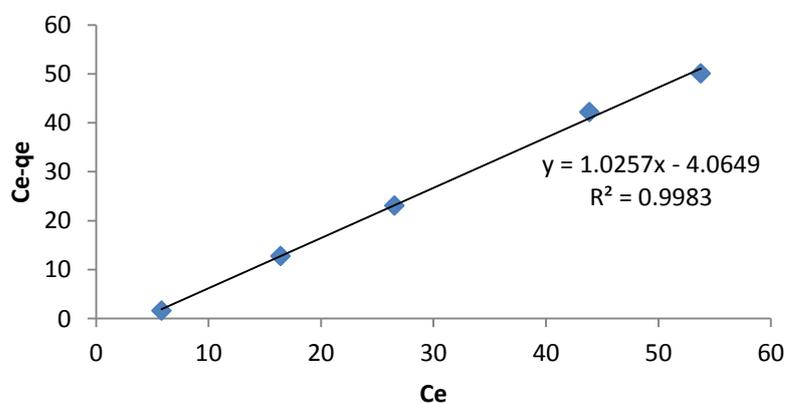


**Gambar 5.** Grafik hubungan antara konsentrasi awal larutan Cu dengan % adsorpsi

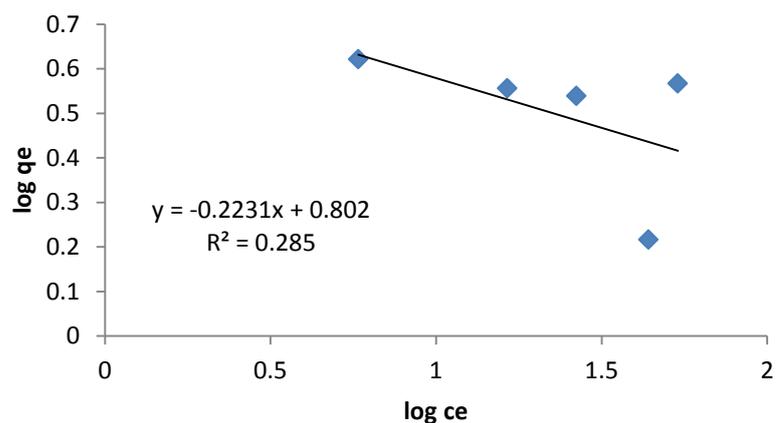
## 1. Adsorben Zeolit Sintesis

**Tabel 6.** Penentuan isoterm adsorpsi pada adsorben zeolit sintesis

Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Volume larutan Cu (L)	Massa adsorben (gram)	qe (mg/g)	Ce-qe (mg/g)	log Ce	log qe
10	5.823	0.01	0.01	4.177	1.646	0.765	0.620
20	16.405	0.01	0.01	3.595	12.81	1.214	0.555
30	26.543	0.01	0.01	3.456	23.087	1.423	0.538
45.518	43.872	0.01	0.01	1.646	42.226	1.642	0.216
57.457	53.772	0.01	0.01	3.685	50.087	1.730	0.566



**Gambar 6.** Grafik isoterm Langmuir pada adsorben zeolit sintesis



**Gambar 7.** Grafik isoterm Freundlich pada adsorben zeolit sintesis

**Persamaan Langmuir:**

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_{\max}} C_e + \frac{1}{K_L q_{\max}}$$

Persamaan garis lurus:  $y = 1,025x - 4,064$ ,  $R^2 = 0.998$

$$\text{Satuan slope} = \frac{1}{q_{\max}} = \frac{C_e/q_e}{C_e} = \frac{\text{g/L}}{\text{mg/L}} = \text{g/mg}$$

$$\text{Slope} = \frac{1}{q_{\max}} = 1,025 \text{ g/mg}$$

$$q_{\max} = 0,975 \text{ mg/g}$$

$$q_{\max} = \frac{0,975 \text{ mg/g}}{63,5 \text{ g/mol}}$$

$$q_{\max} = 0,015 \text{ mmol/g} = 1,5 \times 10^{-5} \text{ mol/g}$$

$$\text{Satuan intercept} = \text{sumbu } y = \frac{C_e}{q_e} = \frac{\text{mg/L}}{\text{mg/g}} = \text{g/L}$$

$$\text{Intercept} = \frac{1}{K_L q_{\max}} = -4,064 \text{ g/L}$$

$$\frac{1}{K_L} = \frac{-4,064 \text{ g/L}}{1/q_{\max}}$$

$$\frac{1}{K_L} = \frac{-4,064 \text{ g/L}}{1,025 \text{ g/mg}}$$

$$-4,064 \text{ g/L} \times K_L = 1,025 \text{ g/mg}$$

$$K_L = \frac{1,025 \text{ g/mg}}{-4,064 \text{ g/L}}$$

$$K_L = -0,252 \text{ mg/L}$$

**Persamaan Freundlich :**

$$\text{Log } q_e = \frac{1}{n} \text{log } C_e + \text{log } K_F$$

Persamaan garis lurus :  $y = -0.2231x + 0.802$ ,  $R^2 = 0.285$

$$\text{Slope} = \frac{1}{n} = -0,2231$$

$$n = -4,482$$

$$\text{Intercept} = q_e = \text{mg/g}$$

$$\text{Log } K_F = 0,802 \text{ mg/g}$$

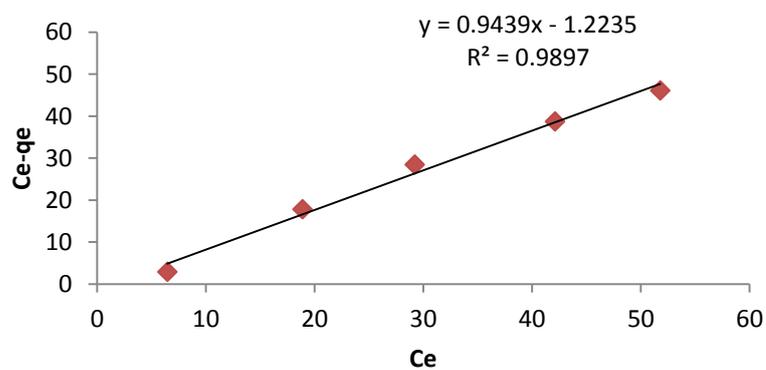
$$K_F = 10^{-0,802} \text{ mg/g}$$

$$K_F = 0.157 \text{ mg/g}$$

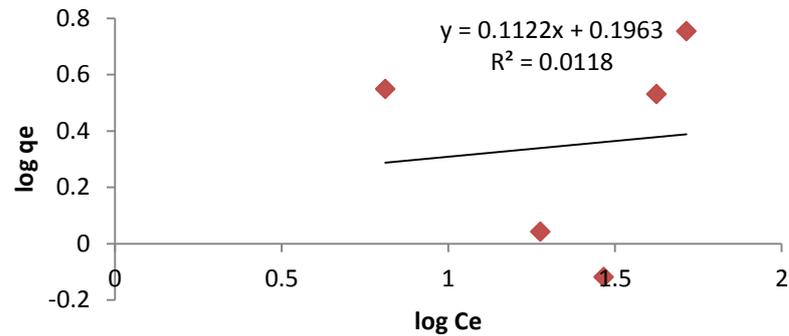
## 2. Adsorben Zeolit Termodifikasi Ditizon

**Tabel 8.** Penentuan isotherm adsorpsi pada adsorben zeolit termodifikasi ditizon

Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Volume larutan Cu (L)	Massa adsorben (gram)	qe (mg/g)	Ce-qe (mg/g)	log Ce	log qe
10	6.467	0.01	0.01	3.5326	2.934	0.810	0.548
20	18.897	0.01	0.01	1.102	17.794	1.276	0.042
30	29.239	0.01	0.01	0.760	28.478	1.465	-0.118
45.518	42.129	0.01	0.01	3.389	38.7406	1.624	0.530
57.457	51.790	0.01	0.01	5.666	46.123	1.714	0.753



**Gambar 8.** Grafik isotherm Langmuir pada adsorben zeolit termodifikasi ditizon



**Gambar 9.** Grafik isoterm Freundlich pada adsorben zeolit termodifikasi ditizon

**Persamaan Langmuir:**

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_{\max}} C_e + \frac{1}{K_L q_{\max}}$$

Persamaan garis lurus:  $y = 0,9439x - 1,2235$ ,  $R^2 = 0,9897$

$$\text{Satuan slope} = \frac{dy}{dx} = \frac{C_e/q_e}{C_e} = \frac{g/L}{mg/L} = g/mg$$

$$\text{Slope} = \frac{1}{q_{\max}} = 0,943 \text{ g/mg}$$

$$q_{\max} = 1,060 \text{ mg/g}$$

$$q_{\max} = \frac{1,060 \text{ mg/g}}{63,5 \text{ g/mol}}$$

$$q_{\max} = 0,016 \text{ mmol/g} = 1,67 \times 10^{-5} \text{ mol/g}$$

$$\text{Satuan intercept} = \text{sumbu } y = \frac{C_e}{q_e} = \frac{mg/L}{mg/g} = g/L$$

$$\text{Intercept} = \frac{1}{K_L q_{\max}} = -1,223 \text{ g/L}$$

$$\frac{1}{K_L} = \frac{-1,223 \text{ g/L}}{1/q_{\max}}$$

$$\frac{1}{K_L} = \frac{-1,223 \text{ g/L}}{0,943 \text{ g/mg}}$$

$$-1,223 \text{ g/L} \times K_L = 0,943 \text{ g/mg}$$

$$K_L = \frac{0,943 \text{ g/mg}}{-1,223 \text{ g/L}}$$

$$K_L = -0,771 \text{ mg/L}$$

**Persamaan Freundlich :**

$$\text{Log } q_e = \frac{1}{n} \log C_e + \log K_F$$

Persamaan garis lurus :  $y = 0,1122x + 0,1963$ ,  $R^2 = 0,0118$

$$\text{Slope} = \frac{1}{n} = 0,112$$

$$n = 8,928$$

$$\text{Intercept} = q_e = \text{mg/g}$$

$$\text{Log } K_F = 0,196 \text{ mg/g}$$

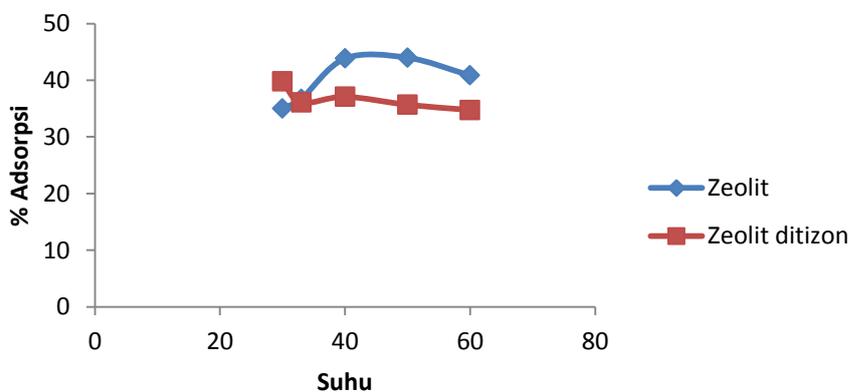
$$K_F = 10^{0,196} \text{ mg/g}$$

$$K_F = 1,570 \text{ mg/g}$$

**Lampiran 5.** Perhitungan Pada Variasi Suhu dan Penentuan Termodinamika Adsorpsi

**Tabel 9.** Hasil perhitungan pada variasi suhu

Adsorben	Suhu (°C)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Cu teradsorp (mg/L)	% Adsorpsi
Zeolit	30	10	6.498	3.502	35.02
	33	10	6.329	3.671	36.71
	40	10	5.615	4.385	43.85
	50	10	5.602	4.398	43.98
	60	10	5.914	4.086	40.86
Zeolit termodifikasi ditizon	30	10	6.018	3.982	39.82
	33	10	6.394	3.606	36.06
	40	10	6.290	3.709	37.09
	50	10	6.433	3.567	35.67
	60	10	6.524	3.476	34.76



**Gambar 10.** Grafik hubungan antara variasi suhu dengan % adsorpsi

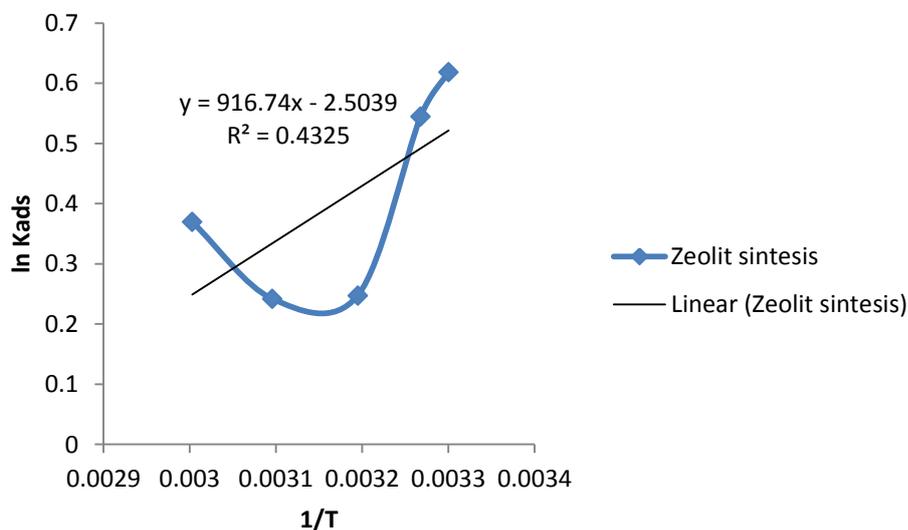
**Tabel 10.** Penentuan termodinamika adsorpsi pada adsorben zeolit sintesis

Suhu (°C)	Waktu (menit)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Co-Ce (mg/g)	Qe (mg/g)	T (K)	1/T (K-1)	Kads	ln Kads
30	60	10	6.498	3.502	3.502	303	0.0033	1.855	0.618
33	60	10	6.329	3.671	3.671	306	0.003268	1.724	0.544
40	60	10	5.615	4.385	4.385	313	0.003195	1.280	0.247
50	60	10	5.602	4.398	4.398	323	0.003096	1.273	0.241
60	60	10	5.914	4.086	4.086	333	0.003003	1.4471	0.369

**Tabel 11.** Penentuan termodinamika adsorpsi pada adsorben zeolit termodifikasi ditizon

Suhu (°C)	Waktu (menit)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Co-Ce (mg/g)	Qe (mg/g)	T (K)	1/T (K-1)	Kads	ln Kads
30	60	10	6.018	3.982	3.982	303	0.0033	1.511	0.412
33	60	10	6.394	3.606	3.606	306	0.003268	1.773	0.572
40	60	10	6.290	3.709	3.709	313	0.003195	1.695	0.528
50	60	10	6.433	3.567	3.567	323	0.003096	1.803	0.589
60	60	10	6.524	3.476	3.476	333	0.003003	1.876	0.629

### 1. Adsorben Zeolit Sintesis

**Gambar 11.** Grafik termodinamika adsorpsi pada zeolit sintesis

$$y = 916,74x - 2,5039, R^2 = 0,4325$$

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

$$\frac{\Delta S^\circ}{R} = -2,5039$$

$$\Delta S^\circ = -2,5039 \times R$$

$$\Delta S^\circ = -2,5039 \times 8,314 \text{ J/mol.K}$$

$$\Delta S^\circ = -20,81 \text{ J.K/mol}$$

$$\Delta S^\circ = -0,02 \text{ kJ.K/mol}$$

$$-\frac{\Delta H^\circ}{RT} = 916,74$$

$$-\Delta H^\circ = 916,74 \times R$$

$$-\Delta H^\circ = 916,74 \times 8,314 \text{ J/mol.K}$$

$$-\Delta H^\circ = 7621,77 \text{ J/mol}$$

$$-\Delta H^\circ = 7,621 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^\circ = -7,621 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T \Delta S^\circ$$

$$(303 \text{ K}) \Delta G = -7621,77 - (303 \times -20,81)$$

$$= -1316,34 \text{ J/mol}$$

$$= -1,316 \text{ kJ/mol}$$

$$(306 \text{ K}) \Delta G = -7621,77 - (306 \times -20,81)$$

$$= -1253,91 \text{ J/mol}$$

$$= -1,253 \text{ kJ/mol}$$

$$(313 \text{ K}) \Delta G = -7621,77 - (313 \times -20,81)$$

$$= -1108,24 \text{ J/mol}$$

$$= -1,108 \text{ kJ/mol}$$

$$(323 \text{ K}) \Delta G = -7621,77 - (323 \times -20,81)$$

$$= -900,14 \text{ J/mol}$$

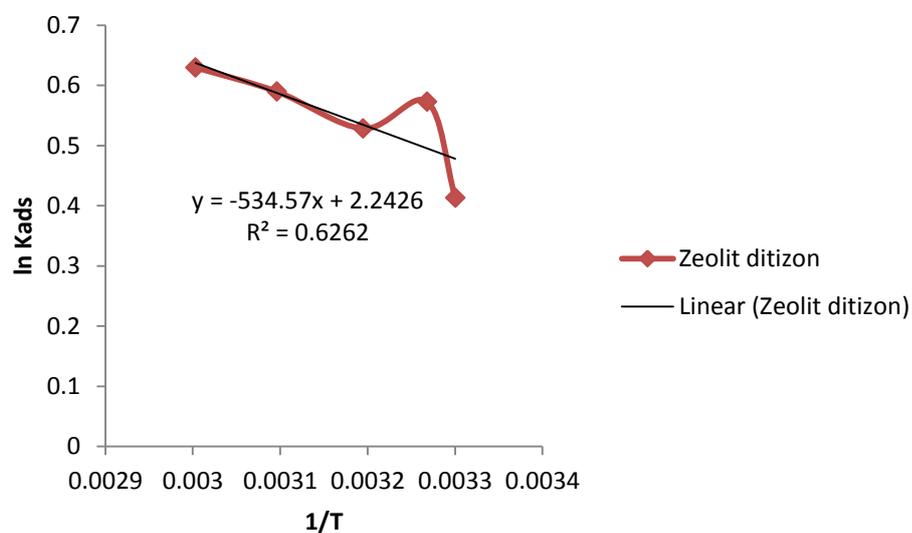
$$= -0,9 \text{ kJ/mol}$$

$$(333 \text{ K}) \Delta G = -7621,77 - (333 \times -20,81)$$

$$= -692,04 \text{ J/mol}$$

$$= -0,69 \text{ kJ/mol}$$

## 2. Adsorben Zeolit Termodifikasi Ditizon



**Gambar 12.** Grafik termodinamika adsorpsi pada zeolit termodifikasi ditizon

$$y = -534,57x + 2,2426, R^2 = 0,6262$$

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

$$\frac{\Delta S^\circ}{R} = 2,2426$$

$$\Delta S^\circ = 2,2426 \times R$$

$$\Delta S^\circ = 2,2426 \times 8,314 \text{ J/mol.K}$$

$$\Delta S^\circ = 18,644 \text{ J.K/mol}$$

$$\Delta S^\circ = 0,018 \text{ kJ.K/mol}$$

$$-\frac{\Delta H^\circ}{RT} = -534,57$$

$$-\Delta H^\circ = -534,57 \times R$$

$$-\Delta H^\circ = -534,57 \times 8,314 \text{ J/mol.K}$$

$$-\Delta H^\circ = -4444,41 \text{ J/mol}$$

$$-\Delta H^\circ = -4,444 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^\circ = 4,444 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T \Delta S^\circ$$

$$(303 \text{ K}) \Delta G = -4444,41 - (303 \times 18,644)$$

$$= -10093,54 \text{ J/mol}$$

$$= -10,093 \text{ kJ/mol}$$

$$(306 \text{ K}) \Delta G = -4444,41 - (306 \times 18,644)$$

$$= -10149,47 \text{ J/mol}$$

$$= -10,149 \text{ kJ/mol}$$

$$(313 \text{ K}) \Delta G = -4444,41 - (313 \times 18,644)$$

$$= -10279,98 \text{ J/mol}$$

$$= -10,279 \text{ kJ/mol}$$

$$(323 \text{ K}) \Delta G = -4444,41 - (323 \times 18,644)$$

$$= -10466,42 \text{ J/mol}$$

$$= -10,466 \text{ kJ/mol}$$

$$(333 \text{ K}) \Delta G = -4444.41 - (333 \times 18,644)$$

$$= -10652,86 \text{ J/mol}$$

$$= -10,652 \text{ kJ/mol}$$

**Lampiran 6.** Perhitungan persen desorpsi

**Tabel 12.** Hasil adsorpsi pada percobaan desorpsi

Desorpsi	Co	C1	C2	C3	Ce	Co-Ce
Zeolit Sintesis	57.457	46.354	45.996	44.922	45.75733	11.69967
Zeolit termodifikasi Ditzon	57.457	49.577	48.861	49.577	49.33833	8.118667

**Tabel 13.** Tabel hasil perlakuan desorpsi pada zeolit sintesis dan zeolit termodifikasi ditzon

Adsorben		C1	C2	C3	Ce	%des
Zeolit sintesis	HCl	6.283	6.246	5.201	5.91	50.51426
	Na <sub>2</sub> EDTA	4.17	4.206	4.17	4.182	35.74461
	H <sub>2</sub> O	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd
Zeolit termodifikasi ditzon	HCl	5.032	4.995	5.032	5.019667	61.82871
	Na <sub>2</sub> EDTA	3.883	3.919	3.955	3.919	48.27147
	H <sub>2</sub> O	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd

**Tabel 14.** Tabel persen desorpsi

Adsorben	Jumlah Cu(II) ter desorpsi (%)		
	HCl	Na <sub>2</sub> EDTA	H <sub>2</sub> O
Zeolit sintesis	50.514	35.744	< 0.01
Zeolit termodifikasi ditzon	61.82871	48.271	< 0.01

## Lampiran 7. Data XRF Abu Dasar Batubara, Zeolit Sintesis dan Zeolit Termodifikasi Ditizon

### a. Data XRF pada abu dasar batubara

---

Nama konsumen : Fahrul Anggara UIN Sunan Kalijaga Jogja  
 Jenis analisis : XRF  
 Aplikasi/preparasi : EQUA\_Powder/Mylar  
 Jenis sampel : Serbuk  
 Kode sampel : Abu dasar\_Fahrul  
 Nama operator : Ari Wisnugroho  
 Hari/Tanggal analisis : Kamis, 6 November 2014  
 Kontak : Dr. Sayekti W., M.Si (081568455281)

Formula	Z	Concentration	Status	Line 1
SiO <sub>2</sub>	14	82.01%	Fit spectrum	Si KA1/EQ20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13	8.45%	Fit spectrum	Al KA1/EQ20
TiO <sub>2</sub>	22	3.74%	Fit spectrum	Ti KA1/EQ20
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	26	1.31%	Fit spectrum	Fe KA1/EQ20
SO <sub>3</sub>	16	1.23%	Fit spectrum	S KA1/EQ20
Cl	17	1.18%	Fit spectrum	Cl KA1/EQ20
K <sub>2</sub> O	19	0.87%	Fit spectrum	K KA1/EQ20
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	15	0.58%	Fit spectrum	P KA1/EQ20
CaO	20	0.31%	Fit spectrum	Ca KA1/EQ20
ZrO <sub>2</sub>	40	0.09%	Fit spectrum	Zr KA1/EQ20
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24	0.09%	Fit spectrum	Cr KA1/EQ20
NiO	28	0.02%	Fit spectrum	Ni KA1/EQ20
MnO	25	0.02%	Fit spectrum	Mn KA1/EQ20
CuO	29	0.01%	Fit spectrum	Cu KA1/EQ20

Surakarta, 6 November 2014

Mengetahui,  
Kepala Lab.Terpadu MIPA UNS

Operator/Analisis

Dr. Sayekti Wahyuningsih, M.Si  
NIP.19711211 199702 2001

Ari Wisnugroho

## b. Data XRF Zeolit Sintesis

Nama konsumen : Fahrul Anggara UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta  
 Jenis analisis : XRF  
 Aplikasi/preparasi : EQUA\_Powder/Mylar  
 Jenis sampel : Serbuk  
 Kode sampel : Zeolit\_AbuDasar\_Fahrul  
 Nama operator : Ari Wisnugroho  
 Hari/Tanggal analisis : Selasa, 13 Januari 2015  
 Kontak : Dr. Sayekti W., M.Si (081568455281)

Formula	Z	Concentration	Status	Line 1
SiO2	14	65.79%	Fit spectrum	Si KA1/EQ20
Al2O3	13	18.00%	Fit spectrum	Al KA1/EQ20
TiO2	22	7.07%	Fit spectrum	Ti KA1/EQ20
Fe2O3	26	2.80%	Fit spectrum	Fe KA1/EQ20
SO3	16	1.12%	Fit spectrum	S KA1/EQ20
MgO	12	1.09%	Fit spectrum	Mg KA1/EQ20
K2O	19	0.90%	Fit spectrum	K KA1/EQ20
Cl	17	0.83%	Fit spectrum	Cl KA1/EQ20
CaO	20	0.66%	Fit spectrum	Ca KA1/EQ20
P2O5	15	0.51%	Fit spectrum	P KA1/EQ20
La2O3	57	0.41%	Fit spectrum	La KA1/EQ50
ZrO2	40	0.32%	Fit spectrum	Zr KA1/EQ20
Cr2O3	24	0.22%	Fit spectrum	Cr KA1/EQ20
NiO	28	0.06%	Fit spectrum	Ni KA1/EQ20
CuO	29	0.04%	Fit spectrum	Cu KA1/EQ20
MnO	25	0.03%	Fit spectrum	Mn KA1/EQ20
Y2O3	39	0.02%	Fit spectrum	Y KA1/EQ40
SrO	38	0.02%	Fit spectrum	Sr KA1/EQ20
ZnO	30	0.02%	Fit spectrum	Zn KA1/EQ20
PbO	82	0.02%	Fit spectrum	Pb LA1/EQ20
Bi2O3	83	0.01%	Fit spectrum	Bi LA1/EQ20
Ga2O3	31	0.01%	Fit spectrum	Ga KA1/EQ20
Nb2O5	41	0.01%	Fit spectrum	Nb KA1/EQ20

NB: Data kurang akurat, nilai R/R0 33,9 > 30

Mengetahui,  
Kepala Lab.Terpadu MIPA UNS

Surakarta, 13 Januari 2015

Operator/Analisis

## c. Data XRF Zeolit Termodifikasi Ditizon

---

Nama konsumen : Fahrul Anggara UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta  
 Jenis analisis : XRF  
 Aplikasi/preparasi : EQUA\_Powder/Mylar  
 Jenis sampel : Serbuk  
 Kode sampel : Zeolit\_Ditizon\_Fahrul  
 Nama operator : Ari Wisnugroho  
 Hari/Tanggal analisis : Selasa, 13 Januari 2015  
 Kontak : Dr. Sayekti W., M.Si (081568455281)

Formula	Z	Concentration	Status	Line 1
SiO <sub>2</sub>	14	64.00%	Fit spectrum	Si KA1/EQ20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13	19.01%	Fit spectrum	Al KA1/EQ20
SO <sub>3</sub>	16	6.47%	Fit spectrum	S KA1/EQ20
TiO <sub>2</sub>	22	5.66%	Fit spectrum	Ti KA1/EQ20
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	26	2.35%	Fit spectrum	Fe KA1/EQ20
K <sub>2</sub> O	19	0.63%	Fit spectrum	K KA1/EQ20
Cl	17	0.52%	Fit spectrum	Cl KA1/EQ20
CaO	20	0.34%	Fit spectrum	Ca KA1/EQ20
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	15	0.29%	Fit spectrum	P KA1/EQ20
ZrO <sub>2</sub>	40	0.24%	Fit spectrum	Zr KA1/EQ20
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	57	0.18%	Fit spectrum	La KA1/EQ50
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24	0.11%	Fit spectrum	Cr KA1/EQ20
NiO	28	0.05%	Fit spectrum	Ni KA1/EQ20
CuO	29	0.02%	Fit spectrum	Cu KA1/EQ20
SrO	38	0.02%	Fit spectrum	Sr KA1/EQ20
ZnO	30	0.02%	Fit spectrum	Zn KA1/EQ20
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	39	0.01%	Fit spectrum	Y KA1/EQ40

Surakarta, 13 Januari 2015

Mengetahui,  
 Kepala Lab.Terpadu MIPA UNS

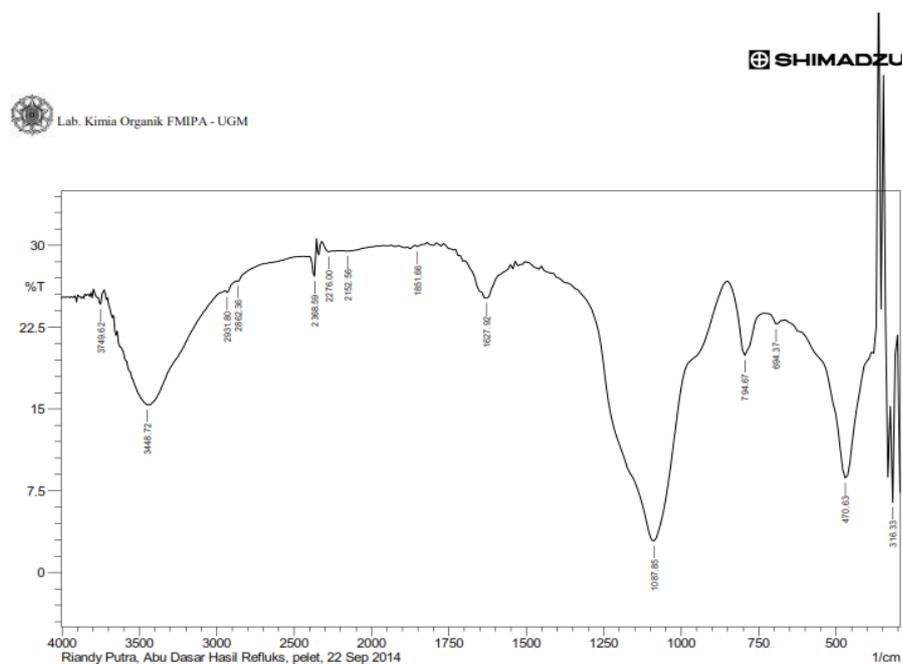
Operator/Analisis

Dr. Sayekti Wahyuningsih, M.Si  
 NIP.19711211 199702 2001

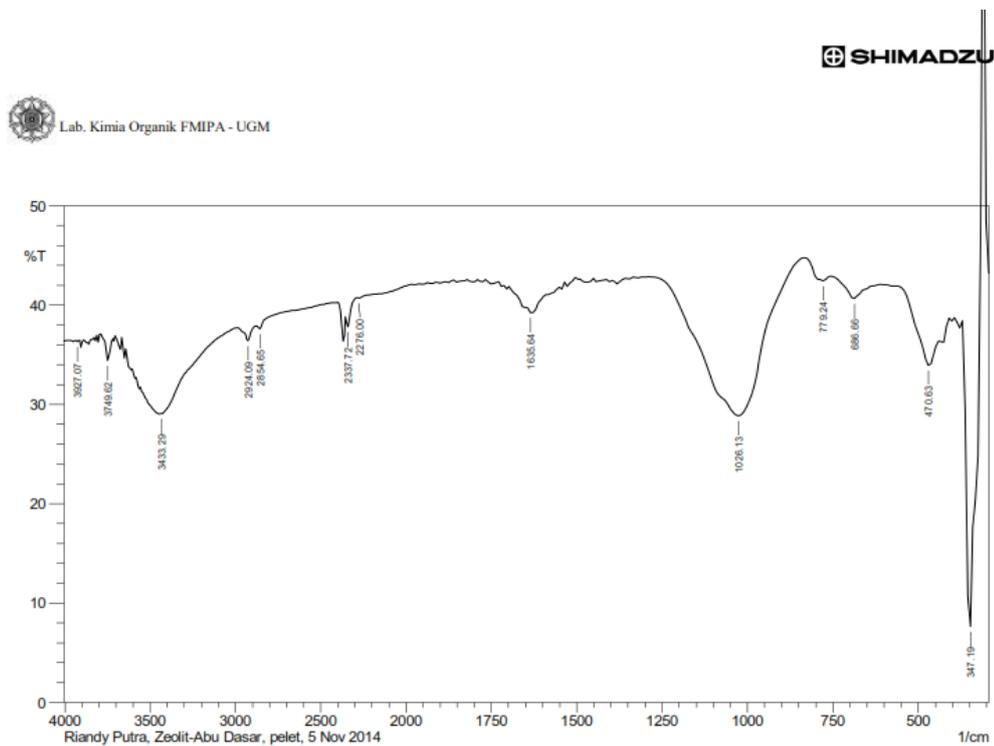
Ari Wisnugroho

**Lampiran 8.** Data Hasil Analisis FTIR Abu Dasar, Zeolit Sintesis, dan Zeolit Termodifikasi Ditizon.

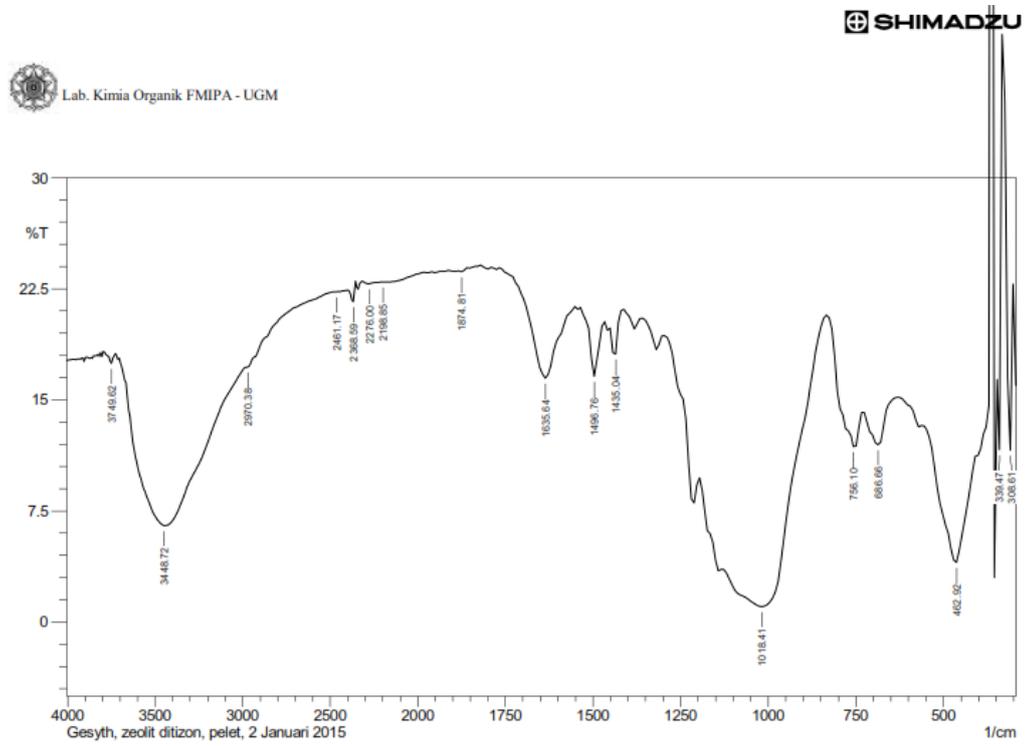
**A.** Spektra IR Abu Dasar Batubara



**B.** Spektra IR Zeolit Sintesis

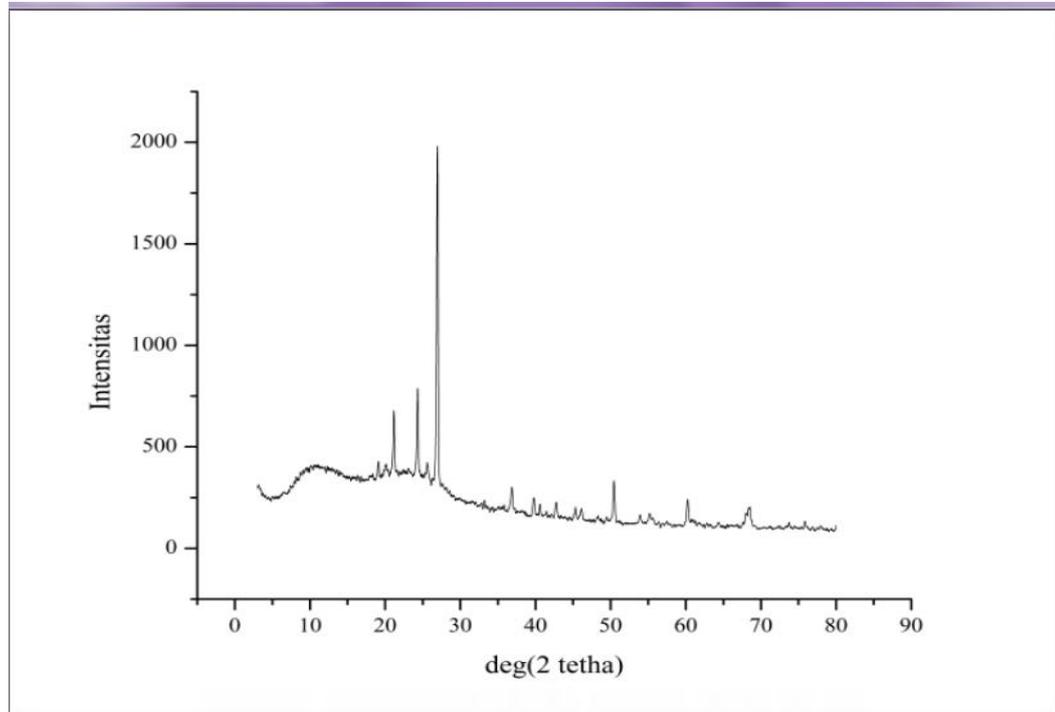


## C. Spektra IR Zeolit Termodifikasi Ditizon

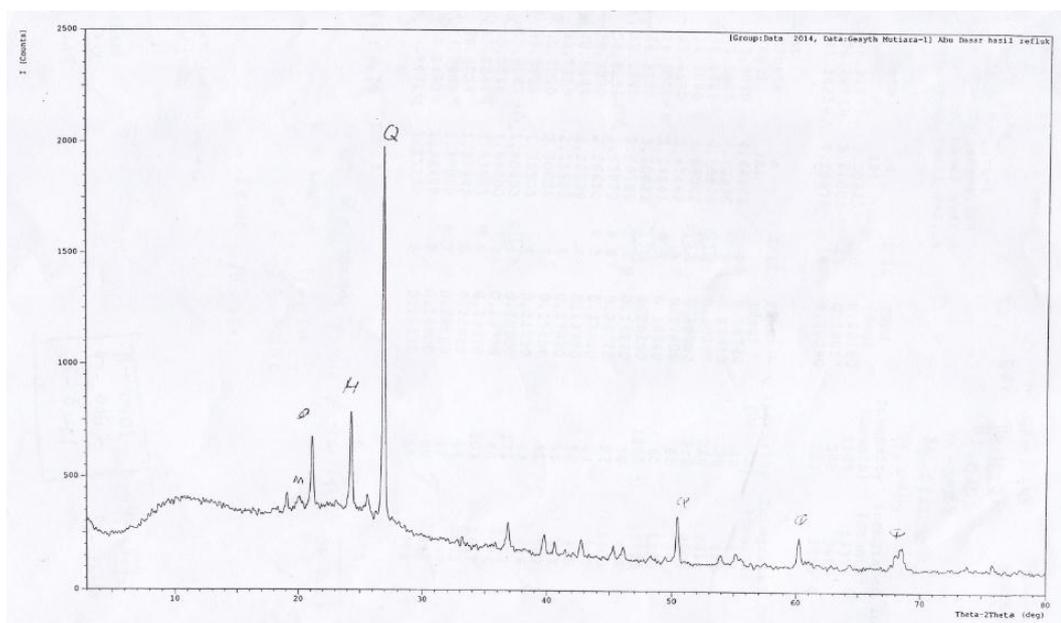


## Lampiran 9. Data XRD Hasil Analisis Abu Dasar, Zeolit dan Zeolit Termodifikasi Ditizon

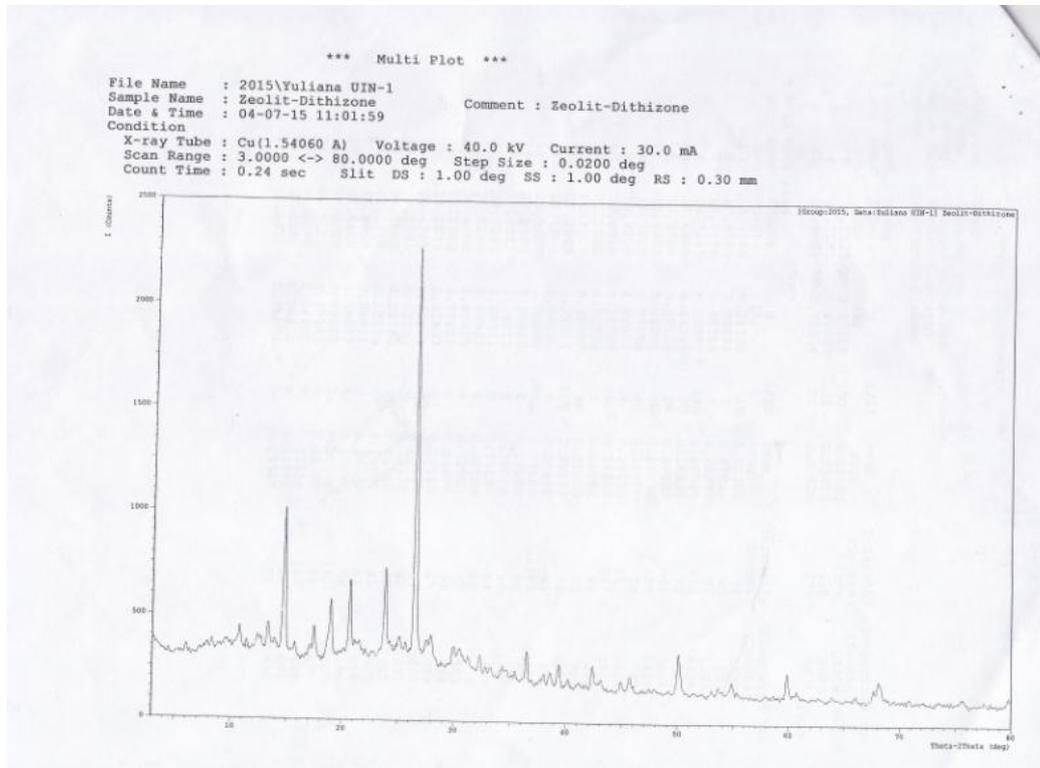
### A. Data XRD Abu Dasar Batubara



### B. Data XRD Zeolit Sintesis



## C. Hasil analisis XRD Zeolit Termodifikasi Ditzon

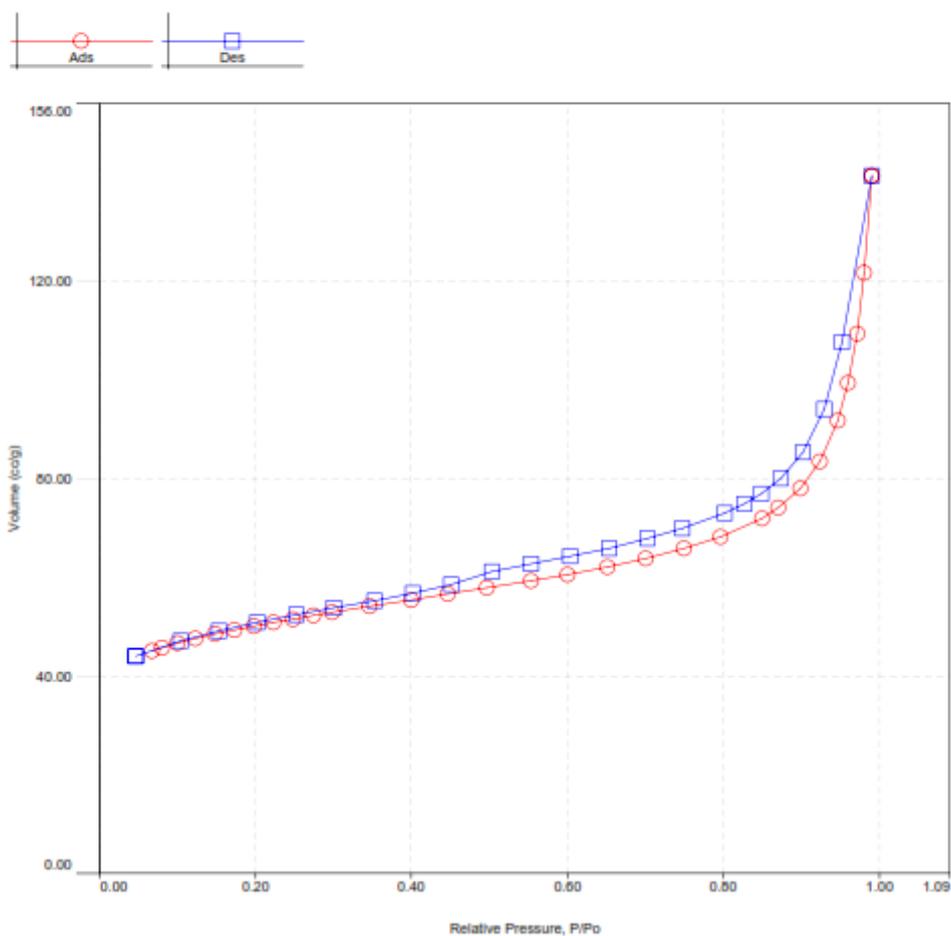


## Lampiran 10. Data Hasil Analisis GSA Zeolit dan Zeolit Termodifikasi Ditizon

### A. Data Analisis GSA Zeolit sintesis

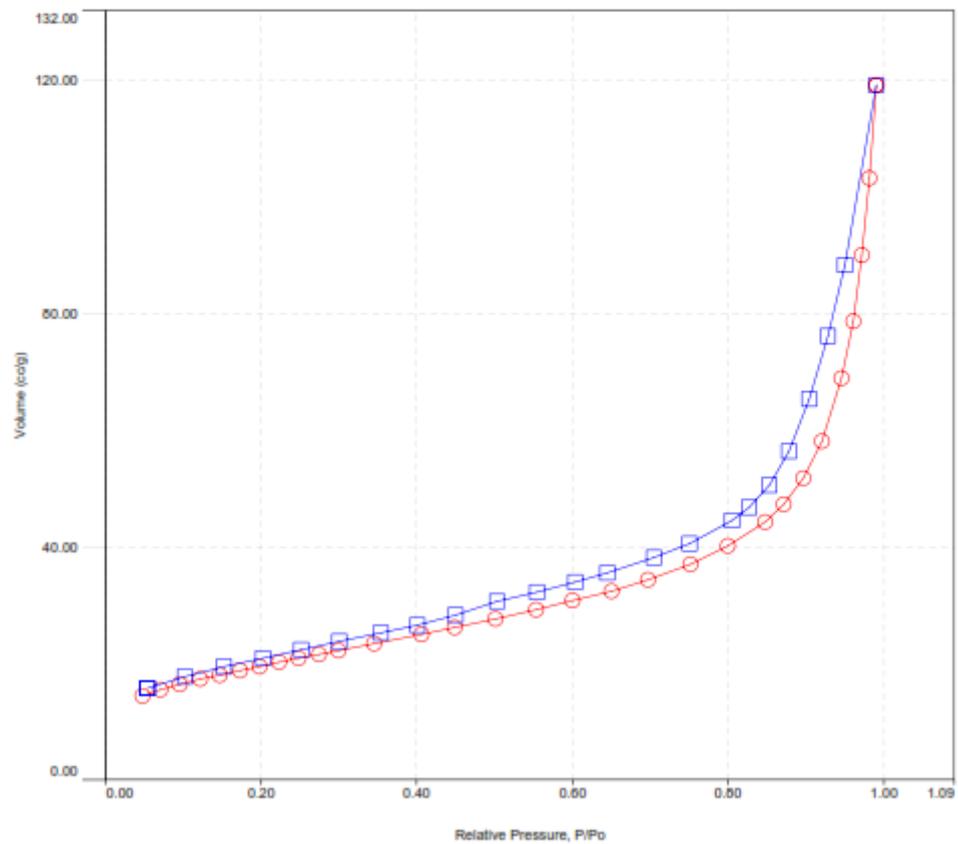
<b>Analysis</b>		<b>Report</b>	
Operator: A. Wijayanto	Date: 2015/01/20	Operator: Indra Nafyanio	Date: 1/21/2015
Sample ID: SAA.001.IN.2015	Filename: C:\QCdata\Fhysisorb\SAA 001 IN 2015.qps	Comment: terkalibrasi	
Sample Desc: Zeolit Abu Dasar	Sample Volume: 0 cc	Outgas Temp: 300.0 C	
Sample weight: 0.1325 g	Bath Temp: 77.3 K	Equil time: 60/60 sec (ads/des)	Equil timeout: 240/240 sec (ads/des)
Outgas Time: 3.0 hrs	End of run: 2015/01/20 20:33:28	Instrument: Nova Station A	
Analysis gas: Nitrogen			
Press. Tolerance: 0.100/0.100 (ads/des)			
Analysis Time: 352.6 min			
Cell ID: 85			

#### Isotherm \* Linear



## B. Data Analysis GSA Zeolit Termodifikasi Ditizon

<b>Analysis</b>		<b>Report</b>	
Operator: A. Wijayanto	Date: 2015/01/20	Operator: Indra Naflyanto	Date: 1/21/2015
Sample ID: SAA.002.IN.2015	Filename: C:\QC\data\Physisorb\SAA 002 IN 2015.qps	Comment: terkalibrasi	
Sample Desc: Zeolit Ditizon	Sample Volume: 0 cc	Outgas Temp: 300.0 C	
Sample weight: 0.1469 g	Bath Temp: 77.3 K	Equil time: 60/60 sec (ads/des)	Equil timeout: 240/240 sec (ads/des)
Outgas Time: 3.0 hrs	End of run: 2015/01/20 15:56:55	Instrument: Nova Station A	
Analysis gas: Nitrogen			
Press. Tolerance: 0.100/0.100 (ads/des)			
Analysis Time: 348.4 min			
Cell ID: 96			

**Isotherm \* Linear**

Report ID: 154489344-20150121 100000100 Page 1 of 1

## Lampiran 11. JCPDS

