

**IMMOBILISASI DITIZON PADA ZEOLIT SINTESIS ABU DASAR
BATUBARA SERTA APLIKASINYA SEBAGAI ADSORBEN Pb²⁺**

**Skripsi
Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1
Program Studi Kimia**



**Oleh:
Yuliana
11630004**

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2015**



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Lampiran : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UTN 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 : Yuliana

NIM : 11630004

Judul Skripsi : Immobilisasi Ditizon pada Zeolit Sintesis Abu Dasar
Batubara serta Aplikasinya sebagai Adsorben Pb^{2+}

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

Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Yogyakarta, 23 Juni 2015

Pembimbing,

Khamidinal, M.Si

NIP.: 19691104 200003 1 002



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir
Lampiran : -

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 : Yuliana

NIM : 11630004

Judul Skripsi : Immobilisasi Ditizon pada Zeolit Sintesis Abu Dasar

Batubara serta Aplikasinya sebagai Adsorben Pb²⁺

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

Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Yogyakarta, 23 Juni 2015

Konsultan,

Sudarlin, M.Si

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir
Lampiran : -

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 : Yuliana
NIM : 11630004

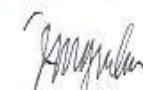
Judul Skripsi : Immobilisasi Ditizon pada Zeolit Sintesis Abu Dasar Batubara serta Aplikasinya sebagai Adsorben Pb²⁺

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

Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Yogyakarta, 23 Juni 2015

Konsultan,


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

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yuliana

NIM : 11630004

Jurusan : Kimia

Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga

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

**IMMOBILISASI DITIZON PADA ZEOLIT SINTESIS ABU DASAR
BATUBARA SERTA APLIKASINYA SEBAGAI ADSORBEN Pb²⁺**

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

Yogyakarta, 8 Mei 2015



**PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

Nomor : UIN.02/D.ST/PP.01.1/1811/2015

Skripsi/Tugas Akhir dengan judul : Immobilisasi Ditizon pada Zeolit Sintesis Abu Dasar Batubara serta Aplikasinya sebagai Adsorben Pb²⁺

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :
Nama : Yuliana
NIM : 11630004
Telah dimunaqasyahkan pada : 4 Juni 2015
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

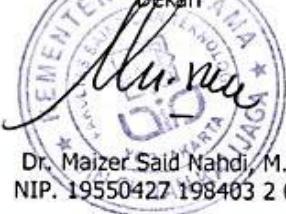
Penguji I

Sudarlin, M.Si.

Penguji II

Irwan Nugraha, M.Sc.
NIP. 19820329 201101 1 005Yogyakarta, 23 Juni 2015
UIN Sunan Kalijaga
Fakultas Sains dan Teknologi

Dekan

Dr. Maizer Said Nahdi, M.Si.
NIP. 19550427 198403 2 001

MOTTO

*"Janganlah kamu mengharap mendapat ilmu
padahal kamu tidak mau lelah"*

(Syeikh Yahya Syarofuddin al-Amrithi)

Jembaring ilmu saking Muthola'ah,
berkahing ilmu saking ibadah.

(K.H. Asyhari Marzuqi)

Aku ada karena-NYA,

dan akan kembali kepada-NYA

(YULIANA)

PERSEMBAHAN

**Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT dan
Rasulullah Muhammad SAW**

Karya ini aku persembahkan untuk:

Guru-guruku dengan berkah ilmunya...
Keluargaku, terkhusus Jasman, Sumiyati, dan Setiyo Puji
Cestari. Terima kasih atas kasih sayang dan segala pengorbanan
yang tak terhingga...
Sahabat-sahabatku dengan canda tawa dan semangatnya...

PP Nurul Immah,
Serta Almamaterku
Prodi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga

Yogyakarta

KATA PENGANTAR



Alhamdulillah, segala puji hanya milik Allah SWT serta sholawat dan salam selalu tercurahkan kepada Rasulullah SAW. Berkat limpahan nikmat dan karunia Allah penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan lancar.

Skripsi dengan judul **“Immobilisasi Ditizon pada Zeolit Sintesis Abu Dasar Batubara serta Aplikasinya sebagai Adsorben Pb²⁺”** disusun untuk memenuhi persyaratan mencapai derajat Sarjana S-1 Program Studi Kimia.

Dalam kesempatan ini, penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Maizer Said Nahdi, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Dr. Susy Yunita Prabawati, M.Si., selaku Ketua Program Studi Kimia.
3. Bapak Khamidinal, M.Si., selaku dosen pembimbing skripsi, beserta Bapak Didik Krisdiyanto, M.Si., yang telah memberikan bimbingan, saran, dan masukan selama proses penyusunan skripsi.
4. Keluarga penyusun, Bapak Jasman, Ibu Sumiyati, Setyo Puji Lestari, Mbah Yatini, Mbah Warjo, dan keluarga semua, kalian adalah lentera hidupku. Senyuman dan harapan kalian adalah semangat tersendiri bagiku untuk menjalani hidup.
5. Seluruh *Murobbi*, ilmu dan kesabaran kalian adalah permata dunia.
6. Keluarga besar Pondok Pesantren Nurul Ummah Putri (*Al-Magfurlahu*, Bu Nyai H. Barokah Nawawi serta Abah K.H. Munir Syafa'at), dari sinilah aku

belajar mencari jati diri. Semoga ilmu yang kudapatkan dapat kuamalkan dan berkah. Amin.

7. Seluruh staf karyawan Fakultas Sains dan Teknologi, terutama karyawan di laboratorium kimia, Bapak A. Wijayanto, S.Si., Indra nafiyanto, S.Si., serta Ibu Isni Gustanti, S.Si., terima kasih atas kerjasama dan kesabarannya.
8. Teman-teman Kimia 2011, neng Wiqe, Ayuk, kelompok Zeolit: Gesyth, Riandi, Faqih, Fahrul, Firly, Yuan, Indra, Mumuh dan sahabat kimia lainnya, semangat kalian menunjukkan bahwa kita bisa. Semoga persahabatan yang telah tercipta menjadikan tali persaudaraan yang tak lekang oleh waktu. Kebersamaan antara aku dan kalian seperti senyawa koordinasi yang memberikan warna dalam larutan kehidupan.
9. Teman-teman pondok, A'yun, Zidna, Karom, Ummu, Fatim, Hana, Rika, Qoim, Miftah, Maysaroh, Cinung, Chusnul, Ayuk, kamar H1 dan H5, anggota perpus An-Nabil, komplek Hafsoh dan Aisyah, kebersamaan dan berbagi itu indah. Seperti halnya mutbada' yang membutuhkan khobar dan huruf jer yang tidak mampu berdiri sendiri, kalianlah yang melengkapi kehidupanku dengan menjadi majrur dalam hidupanku.
10. Teman-teman KKN GK 8301, Eka, Mba Mini, Tere, Vita, Mas Yafi, Ikhsan, Azka, Maul, keluarga Jetis Gunungkidul, dari kalian aku belajar menjadi pribadi yang baik untuk masyarakat. Kebersamaan yang singkat semoga menjadikan kita saling mengerti dan menumbuhkan rasa persaudaraan diantara kita. Amin.

11. Seluruh keluarga di Jember (keluarga Bapak Madroji & Ibu Zubaidah serta Eyla & keluarga). Semoga tali silaturahmi yang terjalin dapat terjaga meskipun jarak memisahkan kita. Kalian adalah salah satu teladan yang memberikan semangat untukku dalam menjalani hidup.
12. Sahabat-sahabatku, Mas Ali Nasta'in, Puah, dan bidikmisi 2011, serta pihak lain yang tidak bisa disebutkan satu persatu. Terima kasih atas kehadiran kalian dalam hidupku.

Demi kesempurnaan skripsi ini, kritik dan saran sangat penulis harapkan. Penulis berharap skripsi ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan secara umum dan kimia secara khusus.

Yogyakarta, 12 Mei 2015

Yuliana
11630004

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN NOTA DINAS KONSULTAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
MOTTO	vii
PERSEMBAHAN.....	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
ABSTRAK	xvi
 BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Batasan Masalah	4
C. Rumusan Masalah	5
D. Tujuan Penelitian	5
E. Manfaat Penelitian	5
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	
A. Tinjauan Pustaka	6
B. Landasan Teori.....	8
1. Abu Dasar Batubara	8
2. Zeolit	9
3. Ditizon.....	11
4. Karakterisasi	12
a. <i>X-ray Fluorescence (XRF)</i>	12
b. <i>Fourier Transform Infra Red (FTIR)</i>	13
c. <i>X-ray Diffraction (XRD)</i>	14
d. <i>Gas Adsorption Analyzer (GSA)</i>	16
5. Adsorpsi	18
6. Kinetika Adsorpsi.....	19
7. Kesetimbangan Adsorpsi.....	20
a. Langmuir	21
b. Freudendhlich	22

8. Model Termodinamika	22	
9. Logam Pb	23	
10. Spektrofotometer Serapan Atom	23	
C. Hipotesis	24	
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN		
A. Waktu dan Tempat Penelitian	25	
B. Alat dan Bahan.....	25	
1. Alat-alat Penelitian	25	
2. Bahan-bahan Penelitian	25	
C. Prosedur Penelitian	25	
1. Perlakuan Awal Abu Dasar	25	
2. Peleburan dengan NaOH	26	
3. Sintesis Zeolit dengan Metode Hidrotermal.....	26	
4. Sintesis Zeolit Terimmobilisasi Ditizon.....	27	
5. Pengaruh Variasi Waktu Kontak	27	
6. Pengaruh Variasi Konsentrasi	28	
7. Pengaruh Variasi Suhu	28	
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
A. Karakterisasi Abu Dasar Batubara.....	29	
1. Karakterisasi Menggunakan XRF	29	
2. Karakterisasi Menggunakan FTIR	30	
3. Karakterisasi menggunakan XRD	32	
B. Sintesis Zeolit dan Zeolit Terimmobilisasi Ditizon	34	
1. Sintesis Zeolit	34	
2. Immobilisasi Ditizon Pada Zeolit.....	37	
C. Karakterisasi Zeolit Sintesis dan Zeolit Terimmobilisasi Ditizon	38	
1. Karakterisasi Menggunakan XRF	38	
2. Karakterisasi Menggunakan FTIR	40	
3. Karakterisasi Menggunakan XRD	43	
4. Karakterisasi Menggunakan GSA	46	
D. Perlakuan Zeolit Berdasarkan Variasi.....	49	
1. Variasi Waktu Kontak	50	
2. Variasi Konsentrasi	53	
3. Variasi Suhu	55	
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
A. Kesimpulan	59	
B. Saran.....	60	
 DAFTAR PUSTAKA		61
LAMPIRAN	66	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman	
Gambar 2.1	Tetrahedra alumina dan silika (TO_4) pada struktur zeolit.	9
Gambar 2.2	Struktur ditizon.....	11
Gambar 2.3	Tipe adsorpsi Isotermal berdasarkan IUPAC.....	16
Gambar 4.1	Pola FTIR padatan abu dasar batubara.....	31
Gambar 4.2	Difraktogram abu dasar batubara	33
Gambar 4.3	Interaksi antara zeolit sintesis dan ditizon	38
Gambar 4.4	Spektra inframerah zeolit sintesis dan zeolit terimmobilisasi ditizon.....	41
Gambar 4.5	Difraktogram hasil XRD, zeolit sintesis dan zeolit terimmobilisasi ditizon.....	44
Gambar 4.6	Kesetimbangan adsorpsi-desorpsi N_2 dari zeolit sintesis dan zeolit terimmobilisasi ditizon	47
Gambar 4.7	Distribusi pori adsorben	48
Gambar 4.8	Grafik pengaruh waktu kontak terhadap % adsorpsi ion logam Pb^{2+} menggunakan zeolit sintesis dan zeolit terimmobilisasi ditizon.....	50
Gambar 4.9	Grafik pengaruh konsentrasi awal Pb^{2+} terhadap jumlah ion Pb^{2+} yang teradsorpsi pada zeolit sintesis dan zeolit terimmobilisasi ditizon.....	53
Gambar 4.10	Interaksi antara ion logam Pb^{2+} dan zeolit terimmobilisasi ditizon.....	55
Gambar 4.11	Grafik pengaruh suhu terhadap jumlah ion Pb^{2+} yang teradsorpsi pada zeolit sintesis dan zeolit terimmobilisasi ditizon.....	57

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Komposisi senyawa abu dasar batubara	13
Tabel 2.2 Pola spektra pada zeolit	14
Tabel 2.3 Klasifikasi zeolit	15
Tabel 4.1 Data XRF dari abu dasar batubara.....	29
Tabel 4.2 Interpretasi serapan IR abu dasar batu bara.....	32
Tabel 4.3 Interpretasi data XRD abu dasar batubara.....	34
Tabel 4.4 Data XRF dari Zeolit Sintesis dan Zeolit terimmobilisasi ditizon	38
Tabel 4.5 Interpretasi serapan IR zeolit sintesis dan zeolit terimmobilisasi ditizon	43
Tabel 4.6 Ringkasan hasil data XRD zeolit sintesis dan zeolit terimmobilisasi ditizon	46
Tabel 4.7 Data GSA zeolit sintesis dan zeolit terimmobilisasi ditizon	47
Tabel 4.8 Data hasil distribusi pori zeolit sintesis dan zeolit terimmobilisasi ditizon	49
Tabel 4.9 Parameter kinetika adsorpsi logam Pb^{2+} pada zeolit sintesis dan zeolit terimmobilisasi ditizon.....	52
Tabel 4.10 Parameter model kesetimbangan adsorpsi logam Pb^{2+} pada zeolit sintesis dan zeolit terimmobilisasi ditizon	54
Tabel 4.11 Parameter termodynamika adsorpsi logam Pb^{2+} pada zeolit sintesis dan zeolit terimmobilisasi ditizon.....	56

ABSTRAK

IMMOBILISASI DITIZON PADA ZEOLIT SINTESIS ABU DASAR BATUBARA SERTA APLIKASINYA SEBAGAI ADSORBEN Pb²⁺

Oleh:
Yuliana
11630004

Dosen Pembimbing: Khamidinal, M.Si

Penelitian tentang immobilisasi ditizon pada zeolit sintesis abu dasar batubara untuk adsorpsi logam Pb²⁺ telah dilakukan. Hasil yang diperoleh dibandingkan dengan adsorpsi zeolit sintesis abu dasar batubara. Kajian yang dilakukan meliputi sintesis, karakterisasi dan kajian adsorpsi pada logam Pb²⁺.

Sintesis zeolit dilakukan dengan metode refluks dengan menggunakan HCl pada suhu 80 °C selama 4 jam, dilanjutkan peleburan abu dasar dengan NaOH pada 550 °C selama 1 jam kemudian dilakukan reaksi hidrotermal dalam larutan basa pada 100 °C dengan penambahan natrium silikat. Karakterisasi abu dasar hasil refluks dilakukan dengan menggunakan XRF, FTIR, XRD, sedangkan zeolit sintesis dan zeolit terimmobilisasi ditizon menggunakan XRF, FTIR, XRD, dan GSA. Analisis jumlah Pb²⁺ yang teradsorp oleh zeolit sintesis dan zeolit terimmobilisasi ditizon dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom (AAS).

Hasil karakterisasi abu dasar batubara hasil refluks diketahui pada XRF kandungan Si sebanyak 82,1% dan Al sebanyak 8,54%, pada FTIR menunjukkan adanya vibrasi Si-O/Al-O, dan pada XRD menunjukkan bahwa abu dasar didominasi mineral kuarsa. Hasil karakterisasi zeolit sintesis dan zeolit terimmobilisasi ditizon menunjukkan bahwa sintesis telah berhasil diakukan. Secara keseluruhan, kapasitas adsorpsi zeolit terimmobilisasi ditizon lebih besar dibandingkan dengan zeolit sintesis dan didapatkan laju kesetimbangan yang lebih kecil dibanding zeolit sintesis.

Kata kunci: abu dasar batubara, sintesis zeolit, ditizon, dan adsorpsi logam Pb²⁺

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Batubara merupakan salah satu sumber energi yang sering digunakan sebagai bahan bakar di PLTU dan industri. Pembakaran batubara akan menghasilkan abu layang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*). Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 18 tahun 1999, abu layang dan abu dasar batubara dapat dikategorikan sebagai limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). Oleh karena itu, penelitian tentang pemanfaatan abu layang dan abu dasar batubara perlu dilakukan untuk mengurangi limbah B3.

Pemanfaatan abu layang telah banyak dilakukan seperti bahan utama geopolimer dan pembuatan zeolit karena abu layang batubara memiliki kandungan Si dan Al yang cukup tinggi. Menurut Kula dan Olgun (2000), kandungan Si dan Al pada abu layang batubara secara berturut-turut adalah 56,13% dan 18,49%, sedangkan abu dasar batubara mengandung 50,98% Si dan 14,996% Al. Kandungan Si dan Al yang lebih rendah pada abu dasar batubara menyebabkan banyak peneliti kurang berminat untuk memanfaatkan limbah abu dasar batubara. Oleh karena itu, penelitian tentang pemanfaatan abu dasar batubara perlu dilakukan.

Pemanfaatan abu dasar batubara dapat dilakukan untuk mensintesis zeolit karena kandungan Si dan Al yang dimilikinya. Mineral Si dan Al merupakan komponen utama penyusun zeolit sehingga dengan perlakuan tertentu abu dasar

dapat dikonversi menjadi zeolit. Zeolit sintesis umumnya dibuat secara hidrotermal. Menurut Shigemoto dan Hayashi (1999), sintesis zeolit melalui metode peleburan dilanjutkan dengan proses hidrotermal secara signifikan dapat meningkatkan proses pembentukan zeolit dibandingkan dengan metode alkali hidrotermal. Selain itu, zeolit yang dihasilkan memiliki kristalinitas yang tinggi.

Sintesis zeolit dari abu dasar batubara telah dilakukan oleh Murniati (2009) menggunakan metode peleburan dengan NaOH dan dilanjutkan dengan penambahan natrium silikat proses hidrotermal. Oleh karena itu, pada penelitian akan dilakukan sintesis dengan menggunakan metode hidrotermal dengan penambahan natrium silikat yang sebelumnya dilakukan proses peleburan terlebih dahulu terhadap abu dasar batubara.

Selain Si dan Al, abu dasar juga mengandung besi oksida dan oksida-oksida alkali yang dapat mengganggu proses sintesis zeolit. Pengurangan besi oksida dan oksida-oksida alkali dapat dilakukan dengan melakukan refluks pada perlakuan awal abu dasar. Wardani (2013) telah berhasil mensintesis zeolit dari abu dasar batubara dengan perlakuan awal abu dasar dengan refluks HCl untuk mengurangi besi oksida dan oksida-oksida alkali sehingga diperoleh zeolit yang mempunyai kristalinitas yang tinggi. Meninjau hal tersebut, maka pada penelitian ini akan dilakukan perlakuan awal refluks dengan HCl agar mendapatkan hasil sintesis yang maksimal.

Zeolit telah dimanfaatkan secara luas sebagai adsorben karena kemampuannya memisahkan spesi-spesi sasaran melalui prinsip pertukaran ion (Erdem *et al*, 2004). Zeolit alam umumnya mempunyai ukuran pori sebesar 20 Å,

sehingga kemampuan adsorpsinya rendah terhadap molekul yang berukuran besar. Mengingat pentingnya peranan zeolit dalam kehidupan, maka diperlukan usaha untuk mendapatkan zeolit dengan daya guna yang lebih dibandingkan dengan zeolit alam. Oleh karena itu, zeolit sebagai materi pendukung seringkali dimodifikasi dengan berbagai macam ligan untuk meningkatkan kapasitas retensi dan selektivitasnya. Difeniltiokarbazon (ditizon) merupakan salah satu agen pengelat penting dan efisien untuk mengekstrak unsur logam dalam jumlah kecil. Ditizon menunjukkan sensitivitas dan selektivitas yang baik sebagai agen pengelat terhadap ion Pb^{2+} dalam keadaan basa (Rajesh dan Manikandan, 2008).

Zeolit mempunyai beragam kegunaan seperti katalis, penukar kation, penyaring molekul, dan adsorben (Smart dan Moore, 1993). Dalam fungsinya sebagai adsorben, zeolit dapat digunakan untuk menghilangkan logam berat. Logam berat adalah golongan logam yang dapat menimbulkan pengaruh dan efek khusus jika masuk ke dalam tubuh organisme hidup. Logam berat merupakan salah satu bahan pencemar yang berbahaya karena bersifat toksik dalam jumlah yang besar. Akan tetapi, sebagian logam berat tersebut tetap dibutuhkan oleh makhluk hidup walaupun dalam jumlah yang sangat kecil. Sebagai contoh logam berat antara lain raksa (Hg), krom (Cr), kadmium (Cd), timbal (Pb), dan tembaga (Cu) (Palar, 2008).

Logam Pb^{2+} termasuk logam yang perlu diwaspadai karena dapat mencemari lingkungan. Pencemaran perairan oleh Pb^{2+} sangat berbahaya karena sulit diuraikan atau *nonbiodegradable* dan dapat menyebabkan masalah kesehatan pada manusia dan lingkungan.

Berdasarkan uraian yang telah disampaikan, penelitian ini dilakukan untuk memanfaatkan limbah abu dasar batubara sebagai bahan dasar (sumber Al dan Si) pembuatan zeolit. Sintesis zeolit dari abu dasar batubara akan dilakukan dengan menggunakan tiga tahap, yaitu refluks dengan HCl, peleburan dengan NaOH, dan dilanjutkan dengan penambahan natrium silikat pada proses hidrotermal. Selain itu, zeolit yang dihasilkan pada penelitian ini akan diimmobilisasi dengan ligan ditizon agar dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi terhadap logam Pb^{2+} .

B. Batasan Masalah

Agar penelitian ini tidak meluas dalam pembahasannya, maka diambil pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Abu dasar yang digunakan diperoleh dari sisa pembakaran batubara Pabrik Gula Madukismo.
2. Perlakuan awal sintesis zeolit adalah refluks menggunakan HCl, kemudian peleburan menggunakan NaOH dan dilanjutkan dengan metode hidrotermal dengan penambahan natrium silikat.
3. Karakterisasi abu dasar menggunakan XRF, XRD, dan FTIR, sedangkan zeolit hasil sintesis dan zeolit terimmobilisasi ditizon dikarakterisasi menggunakan XRF, XRD, FTIR, dan GSA.
4. $Pb(NO_3)_2$ digunakan sebagai sumber Pb^{2+} .

C. Rumusan Masalah

Dari uraian di atas, maka dapat dibuat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah karakter abu dasar sisa pembakaran batubara Pabrik Gula Madukismo, zeolit sintesis dan zeolit terimmobilisasi ditizon?
2. Bagaimanakah pengaruh waktu kontak, konsentrasi, serta suhu terhadap adsorpsi logam Pb^{2+} oleh zeolit sintesis dan zeolit termobilisasi ditizon?

D. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang dibuat, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui karakter abu dasar sisa pembakaran batubara Pabrik Gula Madukismo, zeolit sintesis dan zeolit terimmobilisasi ditizon.
2. Mengetahui pengaruh waktu kontak, konsentrasi, serta suhu terhadap adsorpsi logam Pb^{2+} oleh zeolit sintesis dan zeolit termobilisasi ditizon.

E. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dalam berbagai macam aspek, diantaranya:

1. Mengurangi jumlah abu dasar batubara sebagai limbah bahan berbahaya dan beracun.
2. Sebagai bahan referensi penelitian zeolit sintesis yang termodifikasi ligan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Abu dasar sebagai bahan utama sintesis zeolit mengandung Si dan Al sebanyak 90,64% baik dalam fasa amorf maupun kristalin. Regangan asimetri dan vibrasi tekuk Si-O/ Al-O didapatkan pada daerah pita serapan $470,63\text{ cm}^{-1}$ dan $1627,92\text{ cm}^{-1}$. Sementara itu, pola difraksi sinar-X abu dasar terdapat mineral kuarsa, mulit, dan hematit. Zeolit sintesis abu dasar batubara dihasilkan dengan persentase Si dan Al sebanyak 83,79%. Sintesis zeolit dan immobilisasi ditizon pada zeolit sintesis telah berhasil dilakukan berdasarkan FTIR dan XRD. Hasil GSA menunjukkan luas permukaan zeolit terimmobilisasi ditizon sebesar $69,609\text{ m}^2/\text{g}$, total pori $2,188\times10^{-1}\text{ cc/g}$, dan rerata pori sebesar $2,73065\times10^1\text{\AA}$.
2. Berdasarkan model kinetika, zeolit sintesis dan zeolit terimmobilisasi ditizon mengikuti pseudo orde dua. Konstanta laju pseudo orde kedua abu dasar adalah $1,109 \times 10^{-5}\text{ g/mg.menit}^{-1}$ sedangkan untuk zeolit sintesis sebesar $9,337 \times 10^{-6}\text{ g/mg.menit}^{-1}$. Sementara itu, kesetimbangan adsorpsi logam Pb^{2+} zeolit sintesis mengikuti model isoterm Freudlich, sedangkan zeolit terimmobilisasi ditizon mengikuti model isoterm Langmuir. Pada termodinamika, reaksi zeolit sintesis akan berjalan spontan pada suhu rendah,

sedangkan zeolit terimmobilisasi ditizon akan berlangsung secara spontan pada suhu tinggi.

B. Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya yang mengacu pada skripsi ini adalah:

1. Perlu dilakukan kajian mengenai pengaruh pH terhadap adsorpsi zeolit sintesis dan zeolit terimmobilisasi ditizon pada logam Pb^{2+} .
2. Perlu dilakukan kajian desorpsi terhadap adsorben yang digunakan.
3. Perlu dilakukan uji karakterisasi adsorben yang digunakan dengan menggunakan SEM.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustiningtyas, Z. 2012. *Optimasi Adsorpsi Ion Pb(II) Menggunakan Zeolit Alam Termodifikasi Ditzon.* Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- 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.
- Aprilita, N. H., Mudasir., dan Githa, A.A. 2008. Study on The Adsorption of Bottom Ash Towards Ni(II) Metal Ion. *Proceeding of The International Seminar on Chemistry 2008.* (pp.89-92).
- Atkins, P. W. 1999. *Kimia Fisik Jilid 1.* Irma I Kartohadiprojo, penerjemah; Rohhadyan T, Hadiyana K, editor. Jakarta: Erlangga. Terjemahan dari: Physical Chemistry.
- Azizah, N., Astuti, E. D., dan Puspita, H. 2008. Uji Kemampuan Karbon Aktif dari Limbah Kayu Industri Mebel Kota Semarang Sebagai Adsorben untuk Penyisihan Fenol. *Jurnal PKMP UNS.*
- Bao, W., Liu, L., Zou, H., Gan, S., Xu, X., Ji, G., Gao, G., dan Zheng, K. 2013. Removal of Cu²⁺ from Aqueous Solution Using Na-A Zeolite from Oil Shale Ash. *Chinese Journal of Chemistry and Engineering.* 21.9.
- Basset, J. 1994. *Buku Ajar Vogel : Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik.* Jakarta: EGC Buku Kedoktean.
- Breck, D. W. 1974. *Zeolite Molecular Sieve, Structure Chemistry and Use.* New York: John Willey and Sons.
- Budiyantoro, A., (2005), "Konversi Abu Layang Batubara Sebagai Material Pengembang Logam Nikel dan Uji Ketahanan Struktur Padatan Terhadap Panas", *Jurnal Ilmu Dasa.*
- Chen A, dan Chen S. 2009. Biosorption of azo dyes from aqueous solution by glutaraldehyde-crosslinked chitosans. *J Hazard Mater* 172 : 1111–1121.
- Costa, ACS, Lopes, L., Korn, MDGA., dan Portela, J. G. 2002. Separation and preconcentration of cadmium, copper, lead, nickel by solid-liquid extraction of their cocrystallized naphthalene ditizon chelate in saline matrices. *J Braz Chem Soc.* 13(5): 674-678.

- Erdem, E., Karapinar, N., dan Donat, R. 2004. The Removal of Heavy Metal Cations by Natural Zeolites. *J Collid Interface Sci* 280: 309-314.
- Feijen E. J. P., Martens J. A. & Jacobs P. A., 1994. Zeolits and their Mechanism of Synthesis: Studies in Surface Science and Catalysis. *Journal*. 84, 3-19.
- Faridah, A. M., Nurul, W., dan D.Prasetyoko. 2012. Karakterisasi Abu Dasar PLTU Paiton: Pengaruh Perlakuan Magnet, HCl, dan Fusi dengan NaOH. *Prosiding Seminar Nasional Kimia UNESA* 2012. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember. ISBN: 978-979-028-550-7.
- Fatimah, I. *Kinetika Kimia*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Faust, S. D., dan Aly, O. A. 1987. *Adsorption Processes for Water Treatment*. Stoneham, MA: Butterworth Publishers. ISBN: 0-409-90000-1.
- Gauglitz, G., dan Dinh, T.Vo. 2003. *Handbook of Spectroscopy*. Wiley-VCH. ISBN: 3-527-29782-0.
- Handayani, T., dkk. 2014. Adsorpsi Ion Pb(II) dan Cd(II) pada Abu Dasar Batubara Terimobilisasi Ditizon. *Proseding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia UNG*. Gorontalo. 19 Oktober 2014.
- 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.
- 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.
- Kristiyani, Dyah., dkk. 2012. Pemanfaatan Zeolit Abu Sekam Padi untuk Menurunkan Kadar Ion Pb²⁺ Pada Air Sumur. *Indonesian Journal of Chemical Science* 1 (1). Universitas Seemarang. ISSN NO 2252-6951.
- Kula, A., dan Olgun. 2000. Effectts of Colemanite Waste, Coal Bottom Ash and Fly Ash on The Properties of Cement. *Journal of cement and concrete research*: 491-494.
- 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.
- Lian, N., et al. 2005. Application of Dithizone-Modified TiO₂ Nanoparticles in the Preconcentration of Trace Chromium and Lead from Sample Solution and Determination by Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry. Austria: *Microchim Acta* 151, 81–88

- Lukman, T. 2015. *Pengaruh Kalsinasi Terhadap Pembentukan Zeolit dari Abu Dasar Batubara melalui Peleburan-Hidrotermal dan Aplikasinya untuk Adsorpsi Logam Cu(II)*. Skripsi. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga: Yogyakarta.
- Mahmoud, M. E., Osman, M. M., Hafez, O. F., Hegazi, A. H., dan Elmelegy, E. 2010. Removal and preconcentration of Lead (II) and Other Heavy Metals from Water by Alumina adsorbents Developed by Surface-adsorbed-dithizone. *Desalination* 251: 123-130.
- 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 – PDIPTN*. Batan: 120-125.
- Mudasir, et al. 2008. Immobilization of Dithizone onto Chitin Isolated from Prawn Seawater Shells (*P. merguensis*) and its Preliminary Study for the Adsorption of Cd(II) Ion. *Journal of Physical Science*. Vol. 19(1), 63–78.
- Murniati, Hidayat, N., dan Mudasir. 2009. Pemanfaatan Limbah Abu Dasar Batubara sebagai Bahan Dasar Sintesis Zeolit dan Aplikasinya sebagai Adsorben Logam Berat Cu (II). *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Natush, D., F., S., dan Taylor, D., R. 1980. Environmental effects of western coal combustion: part IV. Duluth M., N. : *Enviromental Reearch Laboratory*.
- Octaviani, S. 2012. Sintesis dan Karakterisasi Zeolit ZSM-5 Mesopori dengan Metode Desilikasi dan Studi Awal Katalisis Oksidasi Metana. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Indonesia: Depok.
- 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.
- Palar, Heryando. 2004. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Palar, Haryando. 2008. *Pencemaran Dan Toksikologi Logam Berat, Cetakan Keempat*, Jakarta: Rineka Cipta.

- Peraturan Pemerintah. 1999. *Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun*. Jakarta: Presiden Republik Indonesia.
- Querol, X., Moreno, N., Umana, J., C., Alastuey, A., Hernandez, E., Lopez, S., A., dan Plana, F. 2002. Synthesis of Zeolites from Fly Ash: an overview. *International Journal Coal Geol.* 50: 413-423.
- Querol, X., Plana, F., Alastuey, A., Lopez-Soler,A., Andres, J. M., Juan, R., Ferrer, P., dan Ruiz, C. R. 1997. Industrial Application of Coal Combustion Wastes: Zeolite Synthesis and Ceramic Utilisation, European Coal and Steel community. *International Journal of Coal Geology A.* 50.s. Vol 2. Hal 35-43.
- Raghuvanshi, S., P., Sing, R., dan Kaushik, C., P. 2004. Kinetics study of methulene blue dye biadsorption on baggase. *App Ecol Env Research*.
- Rahayuningsih, N. L. 2011. Sintesis Zeolit dari Abu Dasar Batubara dengan Metode Peleburan-Hidrotermal dan Uji Adsorpsi Terhadap Rhodamin B. *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga: Yogyakarta.
- Rajesh, N., dan Manikandan, S. 2008. Spectrophotometric determination of lead after preconcentration of its diphenylthiocarbazone 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 Isoterms 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.
- Scott, M.Averbach., Kathleen, A.Carrado., Prabir, dan K.Dutta. 2003. *Handbook of Zeolit Science and Technology*. New York: Marcel Dekker, Inc. ISBN: 0-8247-4020-3.
- Shigemoto, N., Sugiyama, S., Hayashi, H. dan Miyaura, K. 1995. Characterization of Na-X, Na-A and Coal Fly Ash Zeolit and Their Amorphous Precursors by IR, MAS NMR and XPS. *Mater. Sci.*, 30, 5777-5783.
- Sunardi, dan Abdullah. 2007. *Konversi Abu Layang Batubara Menjadi Zeolit dan Pemanfaatannya Sebagai Adsorben Merekuri (II)*. Banjarbaru: Fakultas MIPA UNLAM.

- Sunarti. 2008. *Pembuatan Adsorben Termodifikasi dari Abu Dasar Batubara dan Aplikasinya Untuk adsorpsi Logam Berat Timbal (Pb)*. Yogyakarta: Fakultas MIPA UGM.
- Sutarno. 2009. Kajian Pengaruh Rasio Berat NaOH/Abu Layang Batubara Terhadap Kristalinitas dalam Sintesis Zeolit. *Jurnal Ilmu Dasar* vol. 10 No. 1
- 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.
- Tan, K.H. 1991. *Dasar-dasar Kimia Tanah*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Tunjungsari, R. 2008. *Studi Adsorpsi Ion Logam Pb(II) oleh Abu Dasar (Bottom ash) Batubara*. Skripsi. Fakultas MIPA UGM: Yogyakarta.
- 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.
- Widhiyanuriyawan, D., dan Hamidi, N. 2013. Variasi Temperatur Pemanasan Zeolite alam-NaOH Untuk Pemurnian Biogas. Universitas Brawijaya Malang. *Jurnal Energi dan Manufaktur Vol.6, No.1*: 1-94.
- 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.
- Widiastuti, N., dan 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*.
- Wiyuniawati, S., dan Kundari, N. A. 2008. Tinjauan Kesetimbangan Adsorpsi Tembaga dalam Limbah Pencuci PCB dengan Zeolit. *Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir*. Yogyakarta. 25-26 Agustus 2008.
- 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

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

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

$$\text{Makropori} = \frac{0,15098 - 0,11886}{0,15098} \times 100\% = 21,26\%$$

2. Zeolit ditizon

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

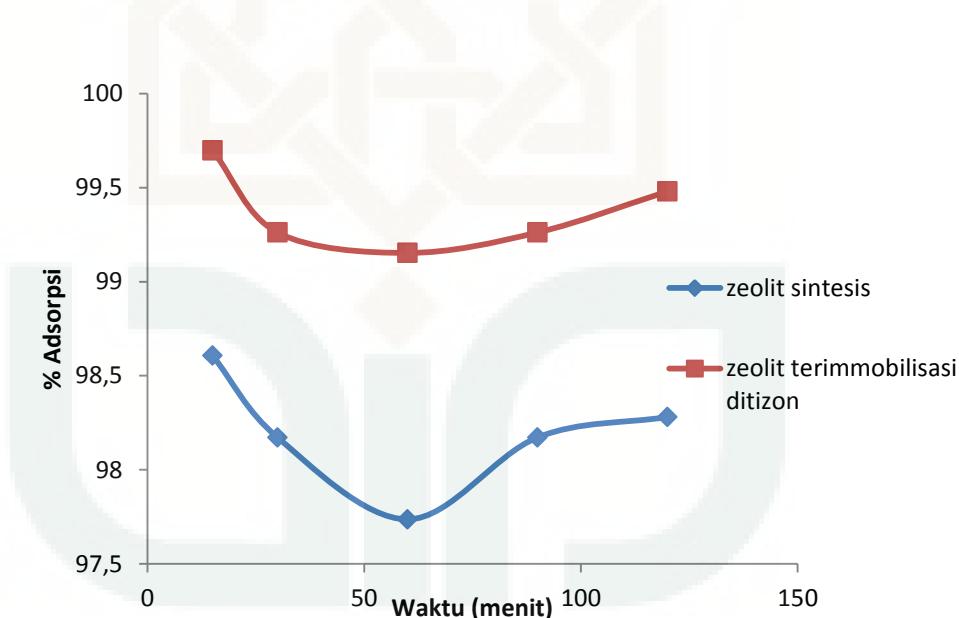
$$\text{Mesopori} = \frac{0,14061 - 0,0078181}{0,16665} \times 100\% = 79,68\%$$

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

Lampiran 2: Perhitungan Pada Variasi Waktu Kontak dan Penentuan Pseudo Orde Reaksi

Volume Larutan $Pb^{2+} = 0,015 \text{ L}$

Adsorben	Waktu (menit)	Massa (gram)	Co (ppm)	Ce (ppm)	% Adsorpsi
Zeolit Sintesis	15	0,1	95,74	1,333	98,60769
	30	0,1	95,74	1,75	98,17213
	60	0,1001	95,74	2,167	97,73658
	90	0,1002	95,74	1,75	98,17213
	120	0,1001	95,74	1,646	98,28076
Zeolit Terimmobilisasi Ditzon	15	0,1	95,74	0,289	99,69814
	30	0,1	95,74	0,707	99,26154
	60	0,1001	95,74	0,811	99,15291
	90	0,1001	95,74	0,707	99,26154
	120	0,1001	95,74	0,498	99,47984



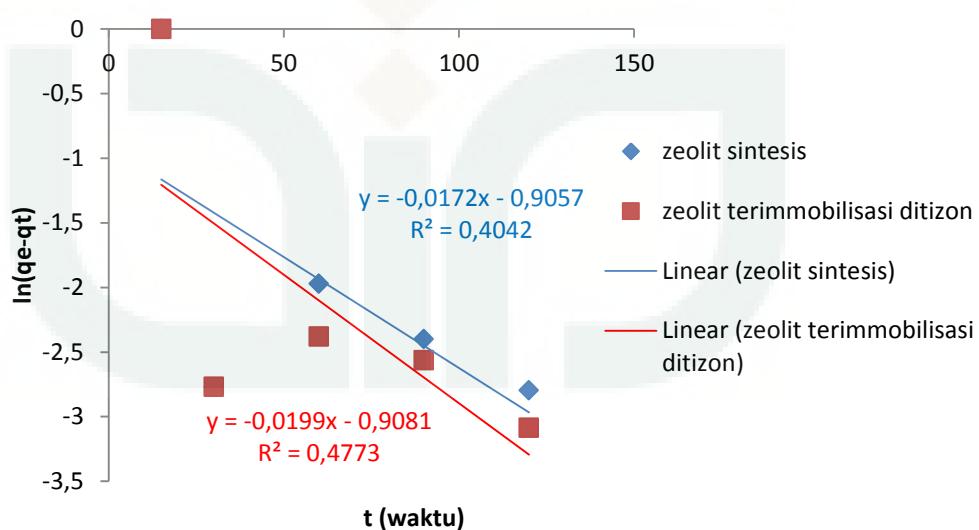
Gambar 1. Grafik hubungan antara waktu kontak dengan % adsorpsi.

Tabel 1 Penentuan orde reaksi pada adsorben zeolit sintesis

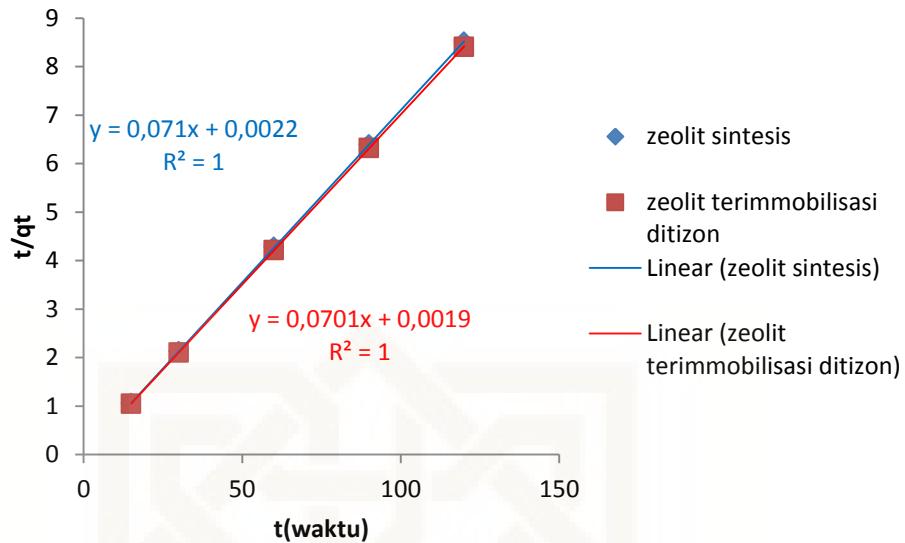
Waktu (menit)	Co (ppm)	Ce (ppm)	Qe (mg/g)	Qt (mg/g)	Qe-Qt	ln(Qe-Qt)	t/q
15	95,74	1,333	14,16105	14,16105	0	0	1,059243
30	95,74	1,75	14,16105	14,0985	0,06255	-2,77179	2,127886
60	95,74	2,167	14,16105	14,02193	0,139122	-1,9724	4,279012
90	95,74	1,75	14,16105	14,07036	0,090691	-2,4003	6,396425
120	95,74	1,646	14,16105	14,1	0,06105	-2,79606	8,510638

Tabel 2 Penentuan orde reaksi pada adsorben zeolit terimmobilisasi ditizon

Waktu (menit)	Co (ppm)	Ce (ppm)	qe (mg/g)	qt (mg/g)	qe-qt	ln(qe-qt)	t/qt
15	95,74	0,289	14,31765	14,31765	0	0	1,047658
30	95,74	0,707	14,31765	14,25495	0,0627	-2,76939	2,104532
60	95,74	0,811	14,31765	14,22512	0,092525	-2,38028	4,217889
90	95,74	0,707	14,31765	14,24071	0,076941	-2,56472	6,31991
120	95,74	0,498	14,31765	14,27203	0,045622	-3,08736	8,408055



Gambar 2. Grafik kinetika adsorpsi pseudo orde pertama



Gambar 3. Grafik kinetika adsorpsi pseudo orde kedua

1. Zeolit sintesis

a. Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Pertama

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, $y = -0,0172x - 0,9057$, $R^2 = 0,4042$, maka:

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

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

$$-k_1 t = -0,0172$$

$$k_1 = 0,0172 \text{ menit}^{-1}$$

$$\ln q_e = -0,9057, q_e = 0,404 \text{ mg/g.}$$

b. Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Kedua

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t$$

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

Persamaan garis lurus $y = 0,071x + 0,0022$, $R^2 = 1$, maka:

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

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

$$\frac{1}{qe} = 0,071$$

$$qe = 14,085 \text{ mg/g.}$$

$$\frac{1}{k_2 q e^2} = 0,0022$$

$$\frac{1}{k_2} \cdot \frac{1}{qe^2} = 0,0022$$

$$\frac{1}{k_2} \cdot \frac{1}{(14,085)^2} = 0,0022$$

$$\frac{1}{(14,085)^2} \cdot k_2 = 0,0022$$

$$k_2 = \frac{1}{(14,085)^2} (0,0022)$$

$$k_2 = 1,109 \times 10^{-5} \text{ g/mg.menit}^{-1}$$

2. Zeolit terimmobilisasi Ditzion

a. Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Pertama

Persamaan Lagergren:

$$\ln (qe-qt) = \ln qe - k_1 t$$

$$\ln (qe-qt) = -k_1 t + \ln qe$$

Persamaan garis lurus, $y = -0,0199x - 0,9081$, $R^2 = 0,4773$, maka:

$$y = \ln (qe-qt) \text{ (mg/g).}$$

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

$$-k_1 t = -0,0199$$

$$k_1 = 0,0199$$

$$\ln qe = -0,9081$$

$$qe = 2,48 \text{ mg/g.}$$

b. Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Kedua

$$\frac{t}{qt} = \frac{1}{k_2qe^2} + \frac{1}{qe} t$$

$$\frac{t}{qt} = \frac{1}{qe} t + \frac{1}{k_2qe^2}:$$

Persamaan garis lurus $y = 0,0701x + 0,0019$, $R^2 = 1$

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

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

$$\frac{1}{qe} = 0,0701$$

$$qe = 14,265 \text{ mg/g.}$$

$$\frac{1}{k_2qe^2} = 0,0019$$

$$\frac{1}{k_2} \cdot \frac{1}{qe^2} = 0,0019$$

$$\frac{1}{k_2} \cdot \frac{1}{(14,265)^2} = 0,0019$$

$$\frac{1}{(14,265)^2} \cdot k_2 = 0,0019$$

$$k_2 = \frac{1}{(14,265)^2} (0,0019)$$

$$k_2 = 9,337 \times 10^{-6} \text{ g/mg.menit}^{-1}$$

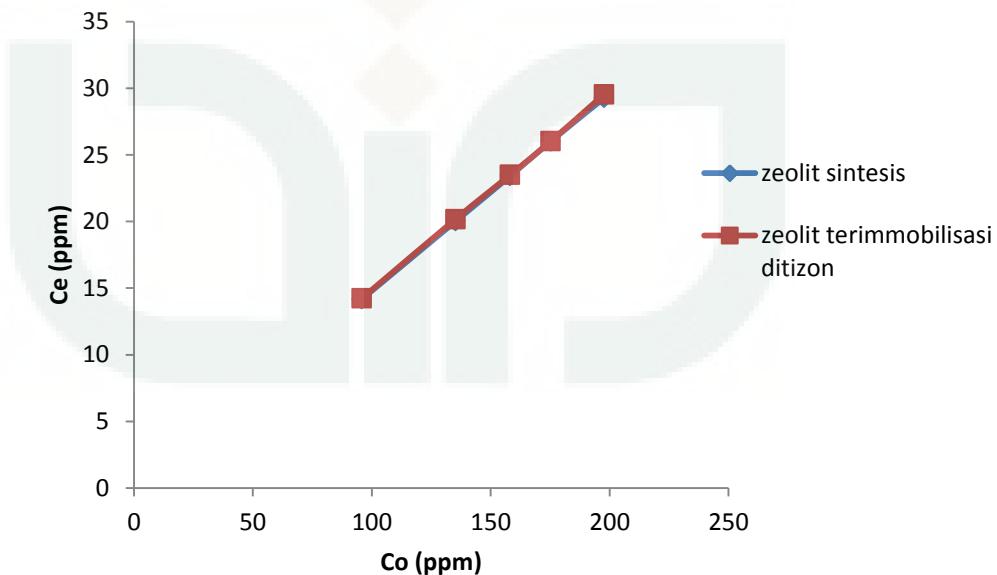
Lampiran 3: Perhitungan Pada Variasi Konsentrasi dan Penentuan Kesetimbangan adsorpsi

Tabel 3 Penentuan model isoterm pada adsorben zeolit sintesis

Massa (gram)	Co (ppm)	Ce (ppm)	Volume (L)	qe (mg/g)	Ce/qe	log Ce	log qe
0,1004	95,741	0,915	0,015	14,16723	0,064586	-0,03858	1,151285
0,1003	135,147	1,333	0,015	20,01206	0,06661	0,12483	1,301292
0,1004	158,099	1,437	0,015	23,40568	0,061395	0,157457	1,369321
0,1002	175,174	1,437	0,015	26,00853	0,055251	0,157457	1,415116
0,1005	197,623	1,541	0,015	29,26597	0,052655	0,187803	1,466363

Tabel 4 Penentuan model isoterm pada adsorben zeolit terimmobilisasi ditizon

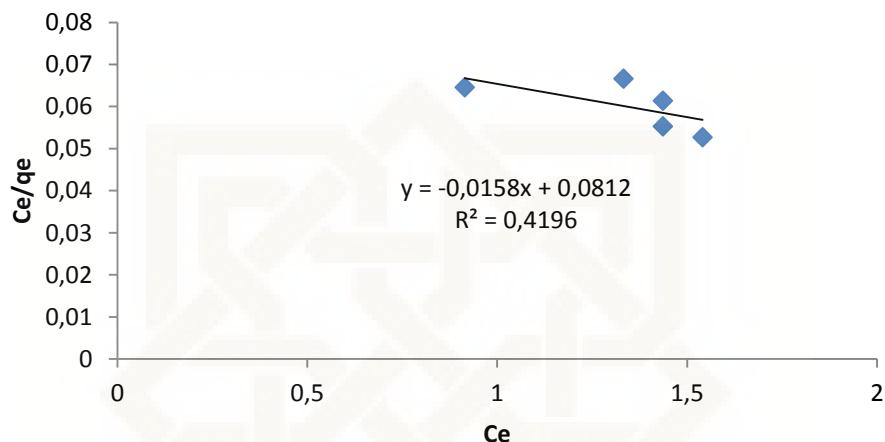
Massa (gram)	Co (ppm)	Ce (ppm)	Volume (L)	Qe (mg/g)	Ce/Qe	log Ce	log Qe
0,1	95,741	0,915	0,015	14,2239	0,064328	-0,03858	1,153019
0,1002	135,147	0,394	0,015	20,1726	0,019531	-0,4045	1,304762
0,1001	158,099	1,333	0,015	23,49141	0,056744	0,12483	1,370909
0,1001	175,174	1,541	0,015	26,01893	0,059226	0,187803	1,415289
0,1001	197,623	0,498	0,015	29,53921	0,016859	-0,30277	1,470399



Gambar 4 Grafik hubungan antara konsentrasi awal larutan Pb^{2+} dengan konsentrasi terjerap

1. Zeolit Sintesis

a. Langmuir



Gambar 5 Grafik isoterm Langmuir.

Persamaan Langmuir:

$$\frac{Ce}{qe} = \frac{1}{q_{max}} \cdot Ce + \frac{1}{k_L \cdot q_{max}}$$

Persamaan garis lurus : $y = -0,0158x + 0,0812$, dengan $R^2 = 0,4196$

$$\text{Satuan slope} = \frac{dy}{dx} = \frac{Ce/qe}{Ce} = \frac{g/L}{mg/L} = g/mg$$

$$\text{Slope} = \frac{1}{q_{max}} = -0,0158 \text{ g/mg}$$

$$q_{max} = -63,2911 \text{ mg/g}$$

$$\text{Satuan intercept} = \text{sumbu y} = \frac{Ce}{qe} = \frac{mg/L}{mg/g} = g/L$$

$$\text{Intercept} = \frac{1}{k_L \cdot q_{max}} = 0,0812 \text{ g/L}$$

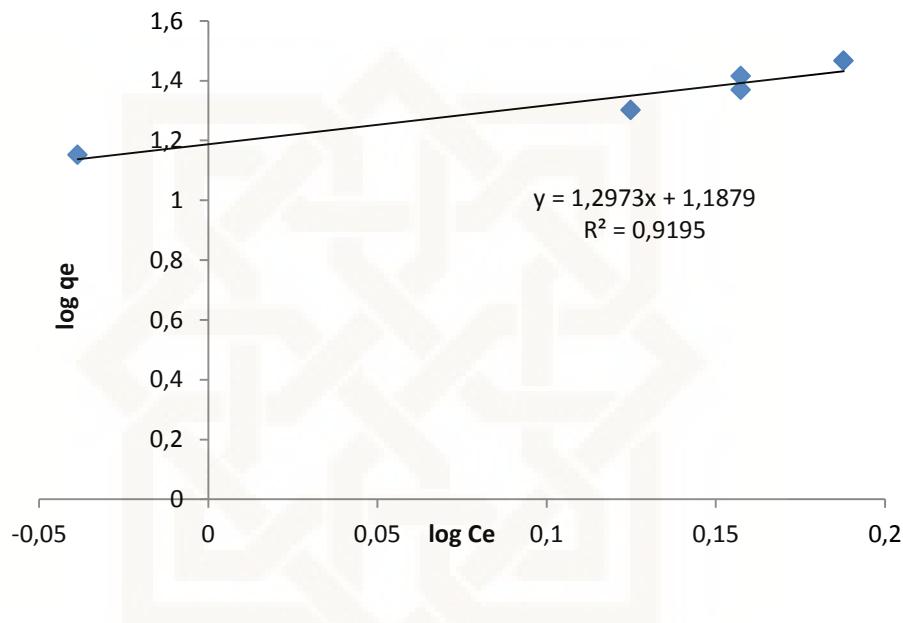
$$\frac{1}{k_L} = \frac{0,0812 \text{ g/L}}{1/q_{max}}$$

$$\frac{1}{k_L} = \frac{0,0812 \text{ g/L}}{-0,0158 \text{ g/mg}}$$

$$K_L = \frac{-0,0158 \text{ g/mg}}{0,0812 \text{ g/L}}$$

$$K_L = -0,1946 \text{ mg/L}$$

b. Persamaan Freundlich:



Gambar 6 Grafik isoterm Freundlich

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

Persamaan garis lurus : $y = 1,2973x + 1,1879$, dengan $R^2 = 0,9195$

$$Slope = \frac{1}{n} = 1,2973$$

$$n = 0,7708$$

$$Intercept = q_e = mg/g$$

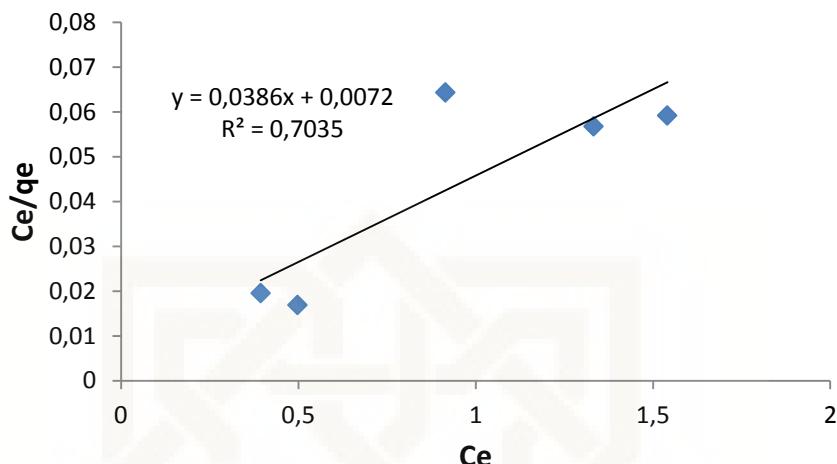
$$\log K_F = 1,1879$$

$$K_F = 10^{1,1879}$$

$$K_F = 15,4135$$

2. Zeolit terimmobilisasi Ditizon

a. Persamaan Langmuir:



Gambar 7 Grafik isoterm Langmuir.

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

Persamaan garis lurus : $y = 0,0386x + 0,0072$, dengan $R^2 = 0,7035$

$$\text{Satuan slope} = \frac{dy}{dx} = \frac{Ce/qe}{Ce} = \frac{g/L}{mg/L} = g/mg$$

$$\text{Slope} = \frac{1}{q_{max}} = 0,0386 \text{ g/mg}$$

$$q_{max} = 25,9067 \text{ mg/g}$$

$$\text{Satuan intercept} = \text{sumbu y} = \frac{Ce}{qe} = \frac{mg/L}{mg/g} = g/L$$

$$\text{Intercept} = \frac{1}{k_L \cdot q_{max}} = 0,0072 \text{ g/L}$$

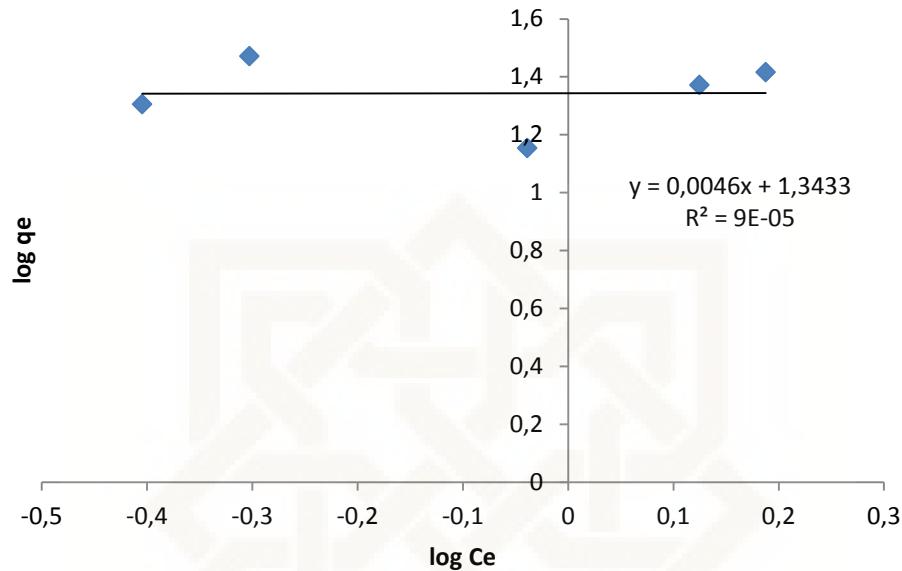
$$\frac{1}{k_L} = \frac{0,0072 \text{ g/L}}{1/q_{max}}$$

$$\frac{1}{k_L} = \frac{0,0072 \text{ g/L}}{0,0386 \text{ g/mg}}$$

$$K_L = \frac{0,0386 \text{ g/mg}}{0,0072 \text{ g/L}}$$

$$K_L = 5,3611 \text{ mg/L}$$

b. Persamaan Freundlich:



Gambar 8 Grafik isoterm Freundlich

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

Persamaan garis lurus : $y = 0,0046x + 1,3433$, dengan $R^2 = 9E-05$

$$\text{Slope} = \frac{1}{n} = 0,0046$$

$$n = 217,3913$$

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

$$\text{Log } K_F = 1,3433$$

$$K_F = 10^{1,3433}$$

$$K_F = 22,044$$

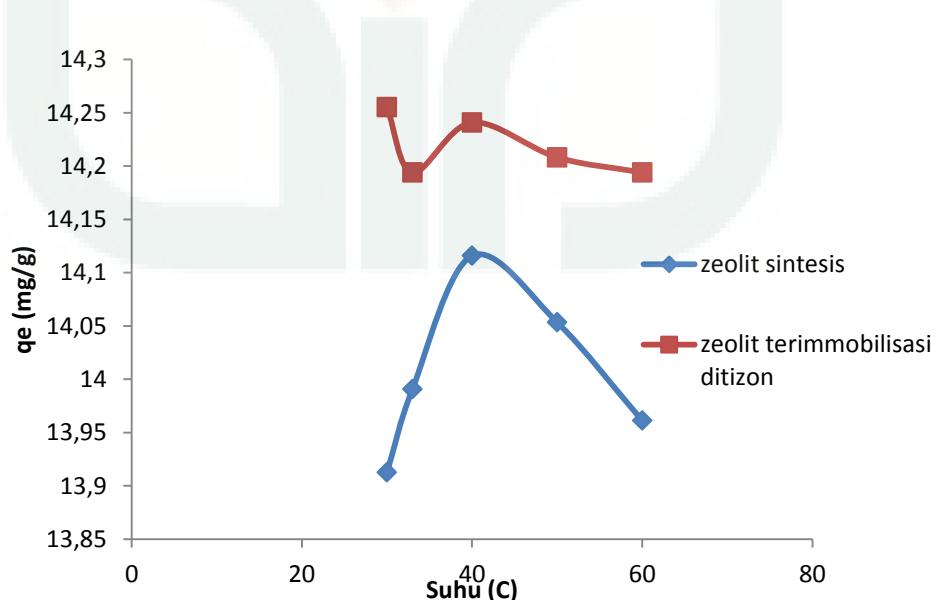
Lampiran 4: Perhitungan Pada Variasi Suhu dan Penentuan Termodinamika Kimia

Tabel 5 Penentuan termodinamika kimia pada adsorben zeolit sintesis

Suhu (°K)	Massa (gram)	Co (ppm)	Ce (ppm)	qe (mg/g)	1/T	Kads	ln Kads
303	0,1001	95,741	2,897	13,91269	0,0033	0,208227	-1,56913
306	0,1001	95,741	2,376	13,99076	0,003268	0,169826	-1,77298
313	0,1001	95,741	1,541	14,11588	0,003195	0,109168	-2,21487
323	0,1001	95,741	1,958	14,0534	0,003096	0,139326	-1,97094
333	0,1002	95,741	2,48	13,96123	0,003003	0,177635	-1,72803

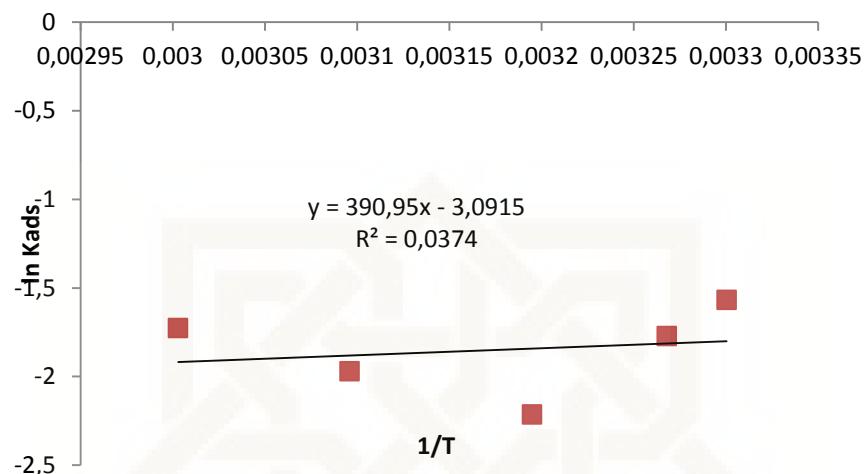
Tabel 6 Penentuan termodinamika kimia pada adsorben zeolit erimmobilisasi ditizon

Suhu (°K)	Massa (gram)	Co (ppm)	Ce (ppm)	Qe (mg/g)	1/T	Kads	ln Kads
303	0,1	95,741	0,707	14,2551	0,0033	0,049596	-3,00384
306	0,1001	95,741	1,02	14,19396	0,003268	0,071862	-2,63301
313	0,1001	95,741	0,707	14,24086	0,003195	0,049646	-3,00284
323	0,1	95,741	1,02	14,20815	0,003096	0,07179	-2,63401
333	0,1001	95,741	1,02	14,19396	0,003003	0,071862	-2,63301



Gambar 9 Grafik hubungan antara suhu dan kapasitas adsorpsi

1. Zeolit Sintesis



Gambar 10 Grafik termodinamika kimia

Perhitungan Energi Bebas Gibbs

$$y = 390,95x - 3,0915, \text{ dengan } R^2 = 0,0374$$

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

$$\frac{\Delta S^\circ}{R} = -3,0915$$

$$\begin{aligned}\Delta S^\circ &= -3,0915 \times R \\ &= -3,0915 \times 8,3143 \text{ J/mol K} \\ &= -25,7037 \text{ J/mol K} \\ &= -0,0257037 \text{ kJ/mol K}\end{aligned}$$

$$-\Delta H^\circ/R = 390,95$$

$$\begin{aligned}&= 390,95 \times R \\ &= 390,95 \times 8,3143 \text{ J/mol K} \\ &= -3250,4758 \text{ J/mol K}\end{aligned}$$

$$= -3,2504758 \text{ kJ/mol K}$$

$$\Delta G^\circ(303\text{K}) = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$$

$$= -3,2504758 - (303 \times 0,0257037)$$

$$= -3,2504758 + 7,7882211$$

$$= 4,537745 \text{ kJ/mol K}$$

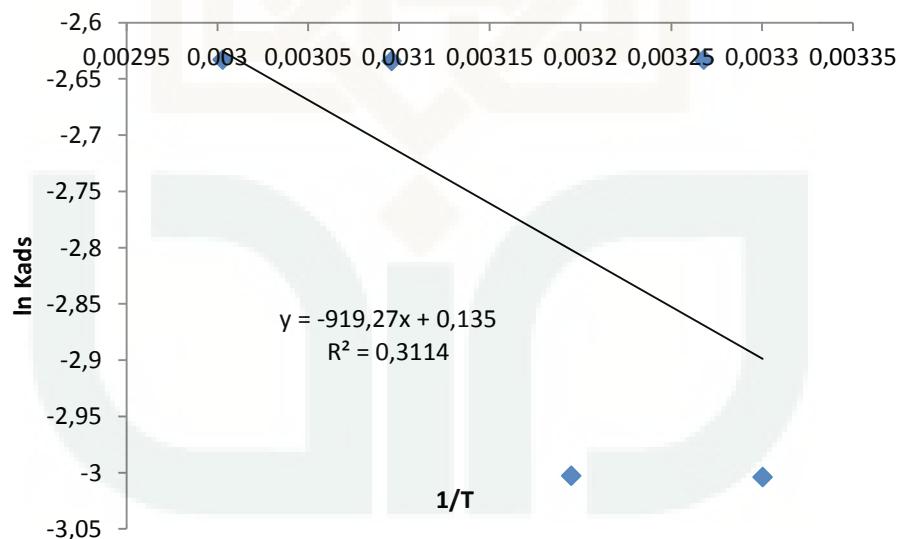
$$\Delta G^\circ(306\text{K}) = 4,614856 \text{ kJ/mol K}$$

$$\Delta G^\circ(306\text{K}) = 4,794782 \text{ kJ/mol K}$$

$$\Delta G^\circ(306\text{K}) = 5,051819 \text{ kJ/mol K}$$

$$\Delta G^\circ(306\text{K}) = 5,308856 \text{ kJ/mol K}$$

2. Zeolit terimmobilisasi Ditzion



Gambar 11 Grafik termodinamika kimia

Perhitungan Energi Bebas Gibbs

$$y = -919,27x + 0,135, \text{ dengan } R^2 = 0,3114$$

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

$$\frac{\Delta S^\circ}{R} = 0,135$$

$$\begin{aligned}\Delta S^\circ &= 0,135 \times R \\ &= 0,135 \times 8,3143 \text{ J/mol K} \\ &= 1,1124 \text{ J/mol K} \\ &= 0,0011124 \text{ kJ/mol K}\end{aligned}$$

$$-\Delta H^\circ/R = -919,27$$

$$\begin{aligned}&= -919,27 \times R \\ &= -919,27 \times 8,3143 \text{ J/mol K} \\ &= -7643,0866 \text{ J/mol K} \\ &= 7,6430866 \text{ kJ/mol K}\end{aligned}$$

$$\Delta G^\circ(303K) = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$$

$$\begin{aligned}&= 7,6430866 - (303 \times 0,0011124) \\ &= 7,6430866 - 0,337057 \\ &= 7,306029 \text{ kJ/mol K}\end{aligned}$$

$$\Delta G^\circ(306K) = 7,302692 \text{ kJ/mol K}$$

$$\Delta G^\circ(306K) = 7,294905 \text{ kJ/mol K}$$

$$\Delta G^\circ(306K) = 7,283781 \text{ kJ/mol K}$$

$$\Delta G^\circ(306K) = 7,272657 \text{ kJ/mol K}$$

Lampiran 5. Hasil Karakterisi Abu Dasar Batubara PT Madukismo,

1. Hasil XRF

Tabel 8 Hasil analisis abu dasar menggunakan XRF

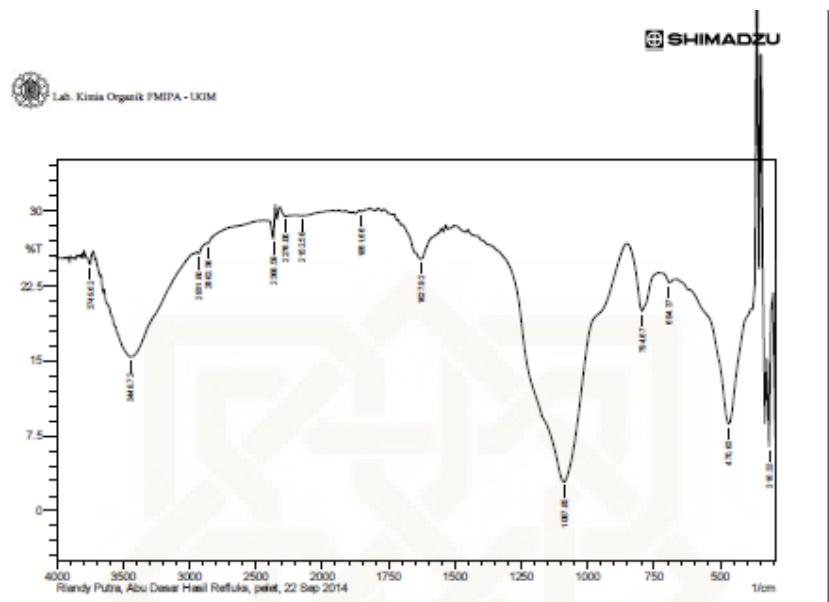


KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
 UNIVERSITAS SEBELAS MARET
 FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
LABORATORIUM MIPA TERPADU
 Jl. Ir. Sutami 36A, Kentingan, Surakarta, Jawa Tengah 57126

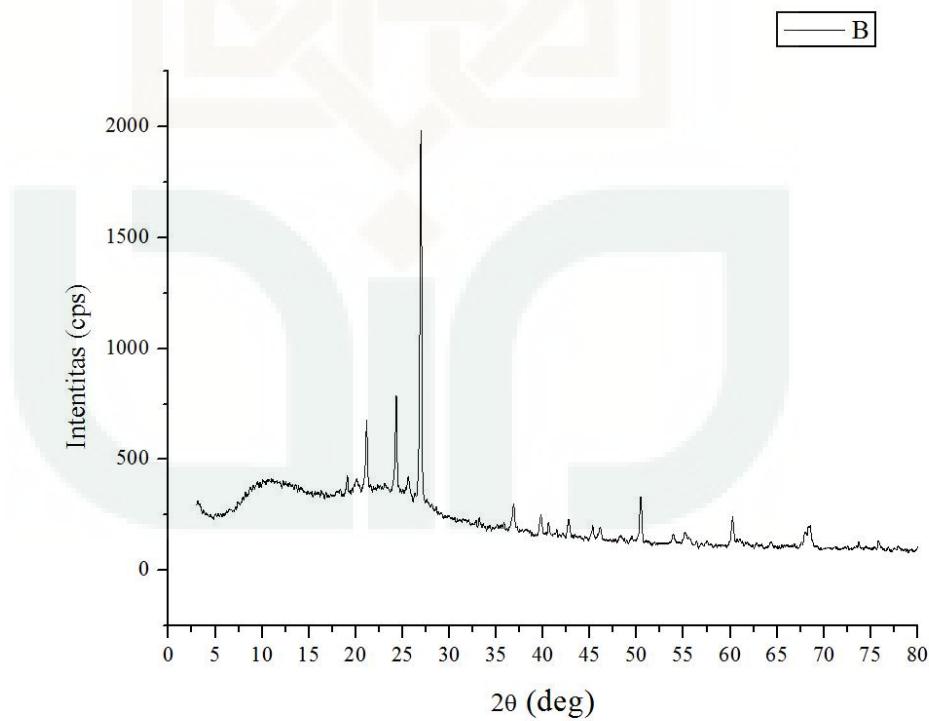
Nama konsumen : Fahrul Anggara UIN Sunan Kalijaga Jogja
 Jenis analisis : XRF
 Aplikasi/preparasi : EQUA_Powder/Mylar
 Jenis sampel : Serbuk
 Kode sampel : Abu_dasar_Fahrul
 Nama operator : Ari Wisnugroho
 Hari/Tanggal analisis: Kamis, 6 November 2014
 Komak : Dr. Sayekti W., M.Si (081568455281)

Formula	Z	Concentration	Status	Line 1
SiO ₂	14	82.01%	Fit spectrum	Si KA1/EQ20
Al ₂ O ₃	13	8.48%	Fit spectrum	Al KA1/EQ20
MnO	22	3.74%	Fit spectrum	Mn KA1/EQ20
Fe ₂ O ₃	26	1.31%	Fit spectrum	Fe KA1/EQ20
SO ₃	16	1.23%	Fit spectrum	S KA1/EQ20
O	17	1.18%	Fit spectrum	OI KA1/EQ20
KO	19	0.87%	Fit spectrum	K KA1/EQ20
P ₂ O ₅	15	0.58%	Fit spectrum	P KA1/EQ20
CaO	20	0.31%	Fit spectrum	Ca KA1/EQ20
Cr ₂ O ₃	40	0.09%	Fit spectrum	Cr KA1/EQ20
Cr ₂ O ₃	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
CO	29	0.01%	Fit spectrum	OJ KA1/EQ20

2. Hasil FTIR



3. Hasil XRD



Lampiran 6 Karakterisasi Zeolit Sintesis

1. XRF

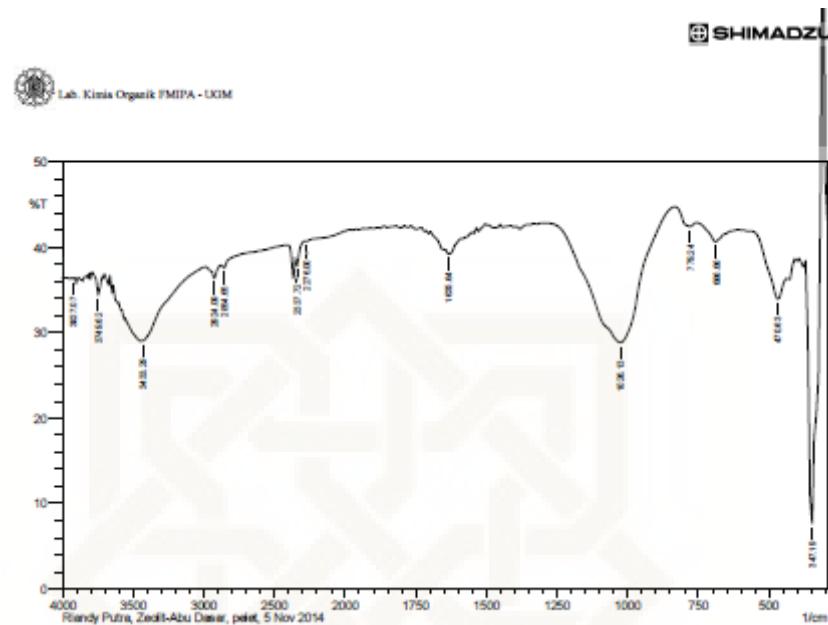


KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
LABORATORIUM MIPA TERPADU
Jl. L. Sutomo 36A, Kampus, Sidoarjo, Jawa Timur 67126

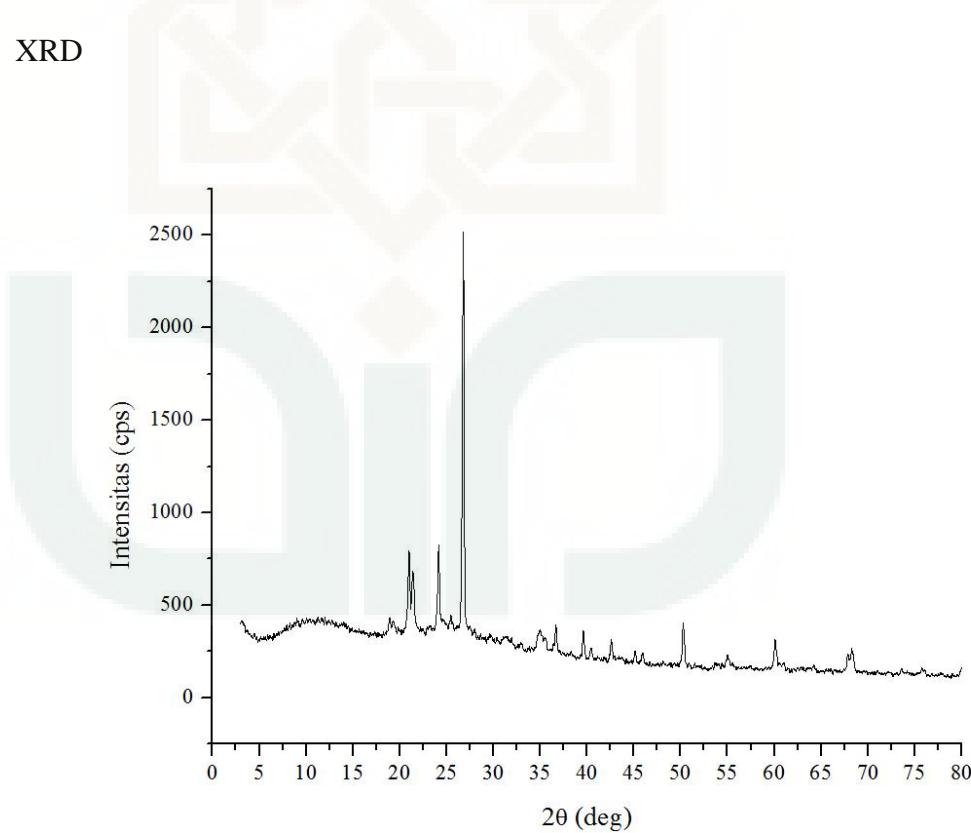
Nama konsumen	: Fahrul Anggoro UN Sunan Kalijaga Yogyakarta
Jenis analisis	: XRF
Aglikan/persentasi	: EQUA_PowderMyke
Jenis sampel	: Serbuk
Kode sampel	: Zeolit AbuDaur_Fahrul
Nama operator	: Aai Wijanugroho
Tanggal analisis	: Sabtu, 13 Januari 2015
Kontak	: Dr. Syekhni W., M.Sc (081568455281)

Formula	%	Concentration	Status	Unit
SiO ₂	14	65.00%	Pragmatum	Si_Kat162000
Al ₂ O ₃	13	10.00%	Pragmatum	Si_Kat162000
Na ₂ O	23	7.07%	Pragmatum	Na_Kat162000
CaO	23	2.00%	Pragmatum	Ca_Kat162000
MgO	13	1.12%	Pragmatum	Mg_Kat162000
K ₂ O	13	1.00%	Pragmatum	K_Kat162000
Si	17	0.69%	Pragmatum	S_Kat162000
Fe ₂ O ₃	23	0.66%	Pragmatum	Fe_Kat162000
2MnO	15	0.51%	Pragmatum	Mn_Kat162000
2P ₂ O ₅	27	0.41%	Pragmatum	P_Kat162000
2Al ₂ O ₃	45	0.33%	Pragmatum	Al_Kat162000
2CaO	24	0.23%	Pragmatum	Ca_Kat162000
2MgO	26	0.20%	Pragmatum	Mg_Kat162000
2K ₂ O	23	0.14%	Pragmatum	K_Kat162000
2SiO ₂	25	0.11%	Pragmatum	Si_Kat162000
2Fe ₂ O ₃	26	0.11%	Pragmatum	Fe_Kat162000
2P ₂ O ₅	27	0.11%	Pragmatum	P_Kat162000
2Al ₂ O ₃	23	0.11%	Pragmatum	Al_Kat162000
2CaO	23	0.11%	Pragmatum	Ca_Kat162000
2MgO	23	0.11%	Pragmatum	Mg_Kat162000
2K ₂ O	27	0.11%	Pragmatum	K_Kat162000
2SiO ₂	41	0.11%	Pragmatum	Si_Kat162000

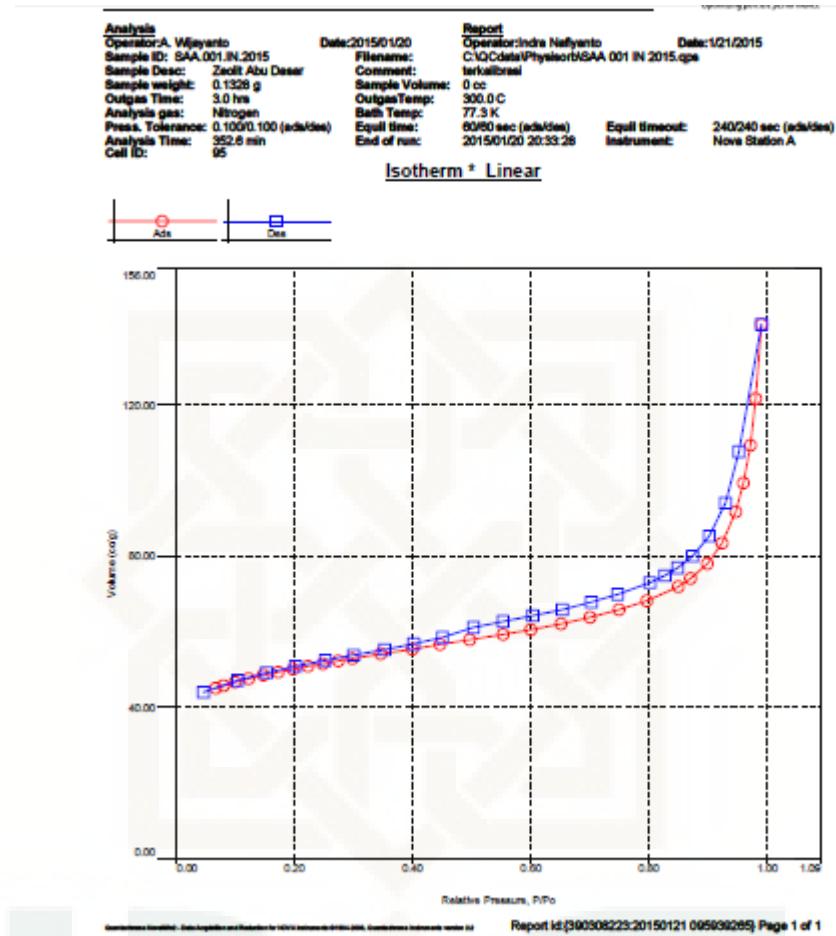
2. FTIR



3. XRD



4. GSA



Lampiran 7 Hasil Karakterisasi Zeolit Terimmobilisasi Ditizon

1. XRF

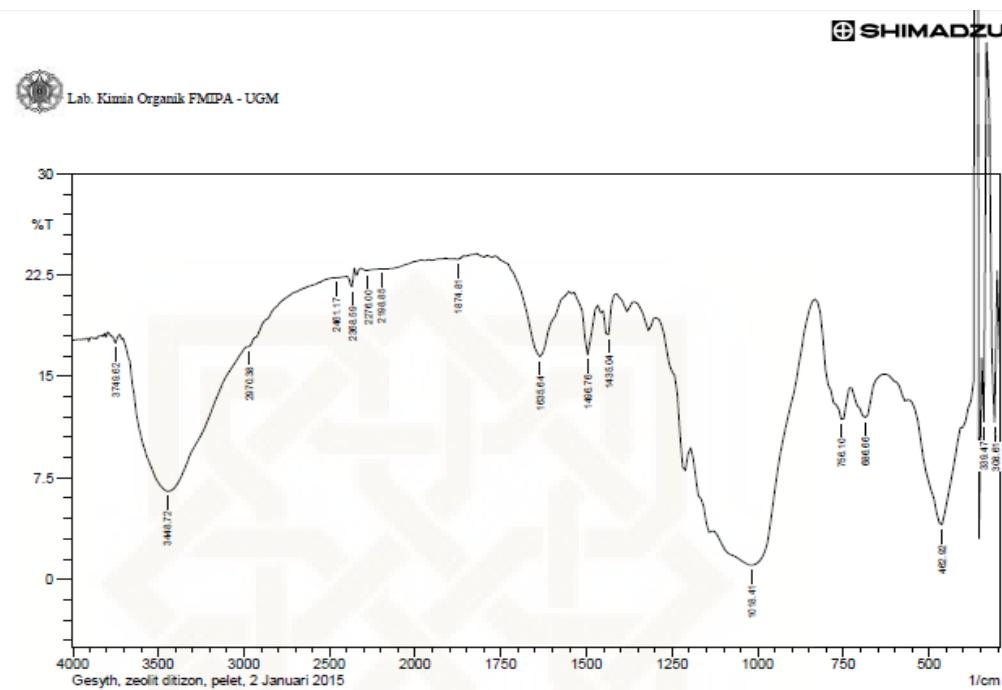


KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
 UNIVERSITAS SEBELAS MARET
 FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
LABORATORIUM MIPIA TERPADU
 Jl. Ir. Sutami 36A, Kentingan, Surakarta, Jawa Tengah 57126

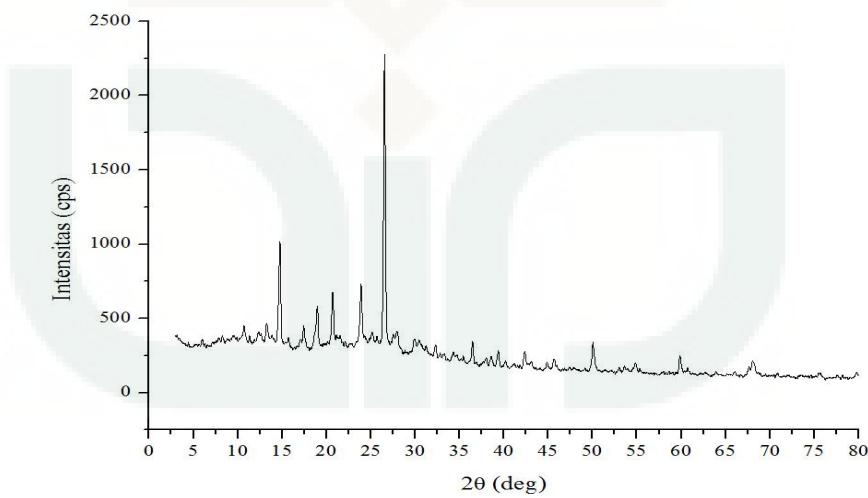
Nama konsumen	: Fahrul Anggara UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
Jenis analisis	: XRF
Aplikasi/preparasi	: EQUA_Powder/Mylar
Jenis sampel	: Serbuk
Kode sampel	: Zeolit_Ditizon_Fahrul
Nama operator	: Ari Wisnugroho
Hari/Tanggal analisis	: Selasa, 13 Januari 2015
Kontak	: Dr. Sayekti W, M.Si (081568455281)

Formula	Z	Concentration	Status	Line 1
SiO ₂	14	64.00%	Fit spectrum	Si KA1/EQ 20
Al ₂ O ₃	13	19.01%	Fit spectrum	Al KA1/EQ 20
SO ₃	16	6.47%	Fit spectrum	S KA1/EQ20
TiO ₂	22	5.65%	Fit spectrum	Ti KA1/EQ 20
Fe ₂ O ₃	26	2.35%	Fit spectrum	Fe KA1/EQ20
K ₂ O	19	0.63%	Fit spectrum	K KA1/EQ20
Cl	17	0.53%	Fit spectrum	Cl KA1/EQ20
CaO	20	0.54%	Fit spectrum	Ca KA1/EQ20
P ₂ O ₅	15	0.29%	Fit spectrum	P KA1/EQ20
ZrO ₂	40	0.24%	Fit spectrum	Zr KA1/EQ20
La ₂ O ₃	57	0.18%	Fit spectrum	La KA1/EQ20
Cr ₂ O ₃	24	0.11%	Fit spectrum	Cr KA1/EQ20
NiO	23	0.08%	Fit spectrum	Ni KA1/EQ20
CuO	29	0.02%	Fit spectrum	Cu KA1/EQ20
B ₂ O ₅	33	0.02%	Fit spectrum	B ₂ KA1/EQ20
ZnO	30	0.02%	Fit spectrum	Zn KA1/EQ20
Y ₂ O ₃	39	0.01%	Fit spectrum	Y KA1/EQ40

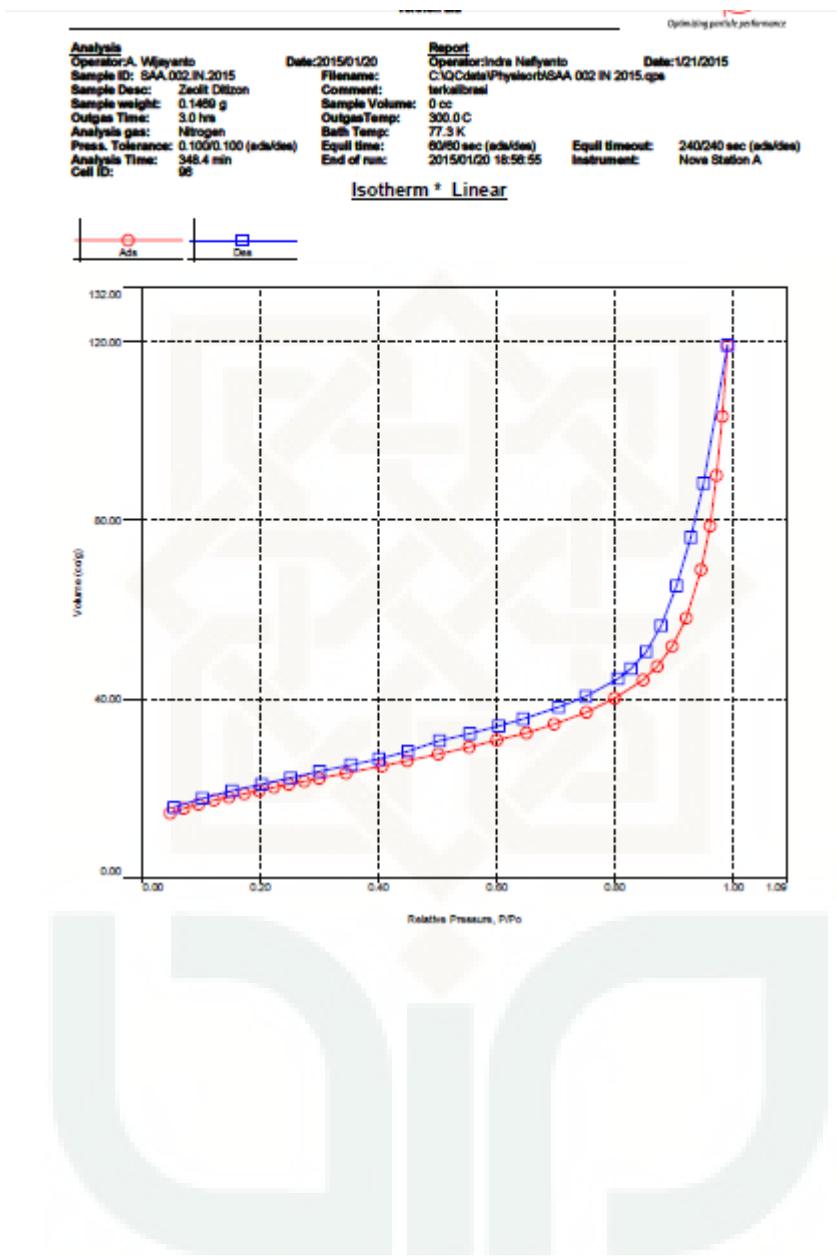
2. FTIR



3. XRD

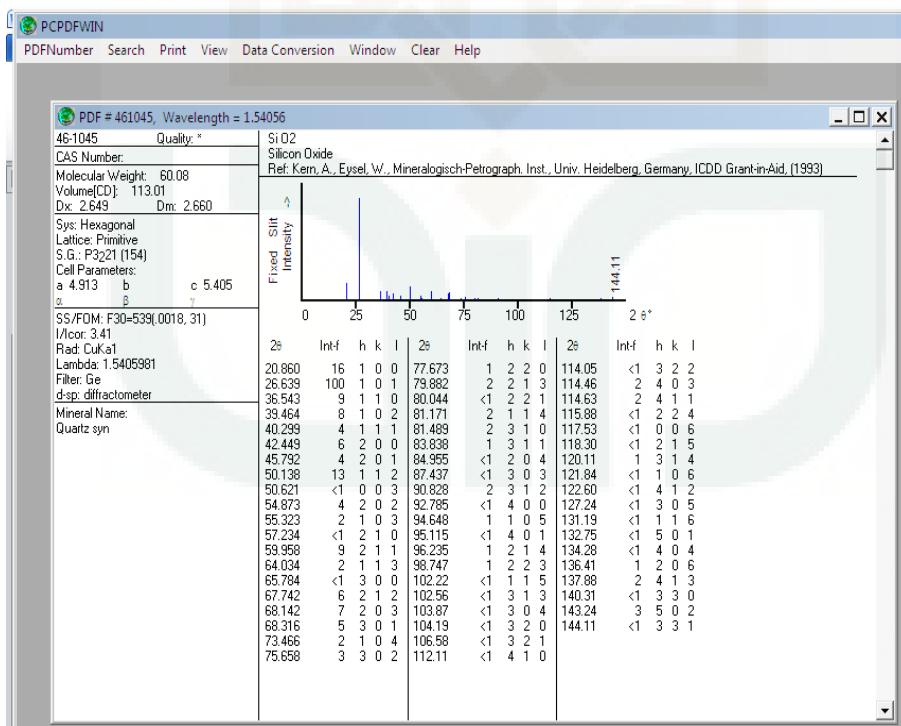
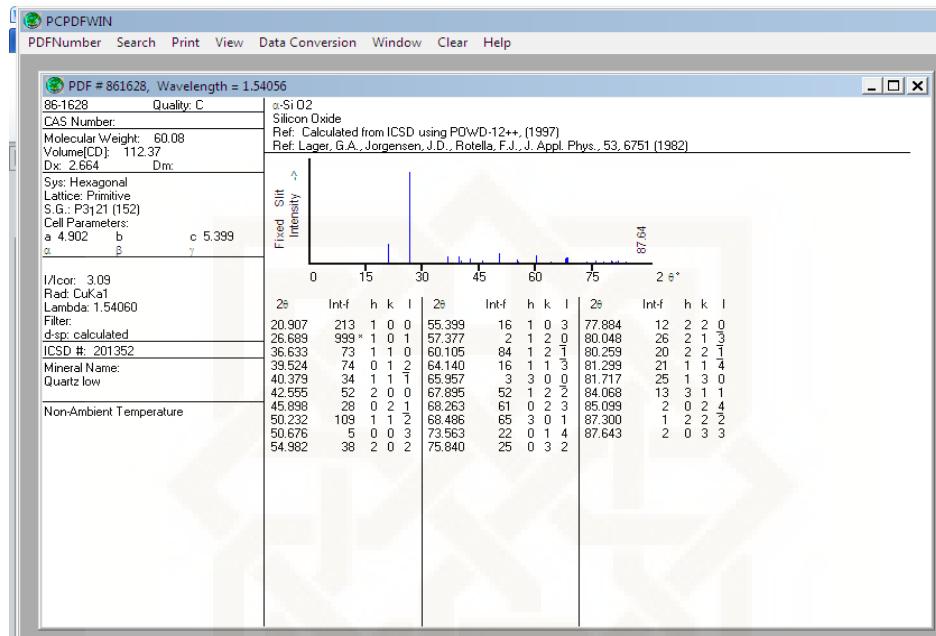


4. GSA

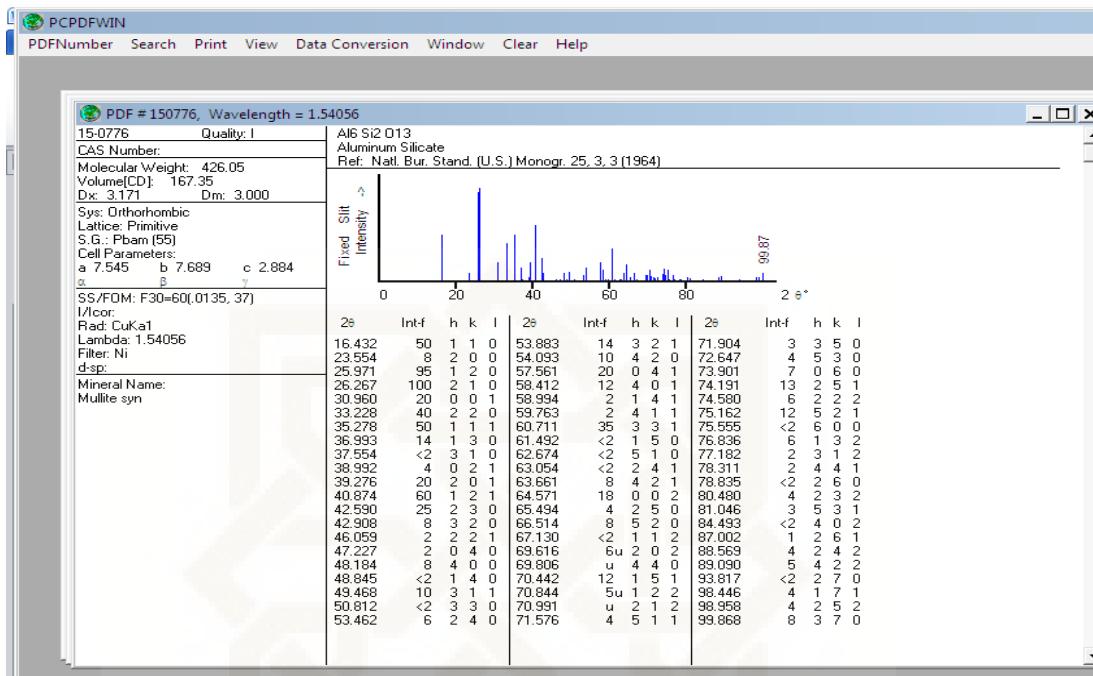


Lampiran 8 JCPDS

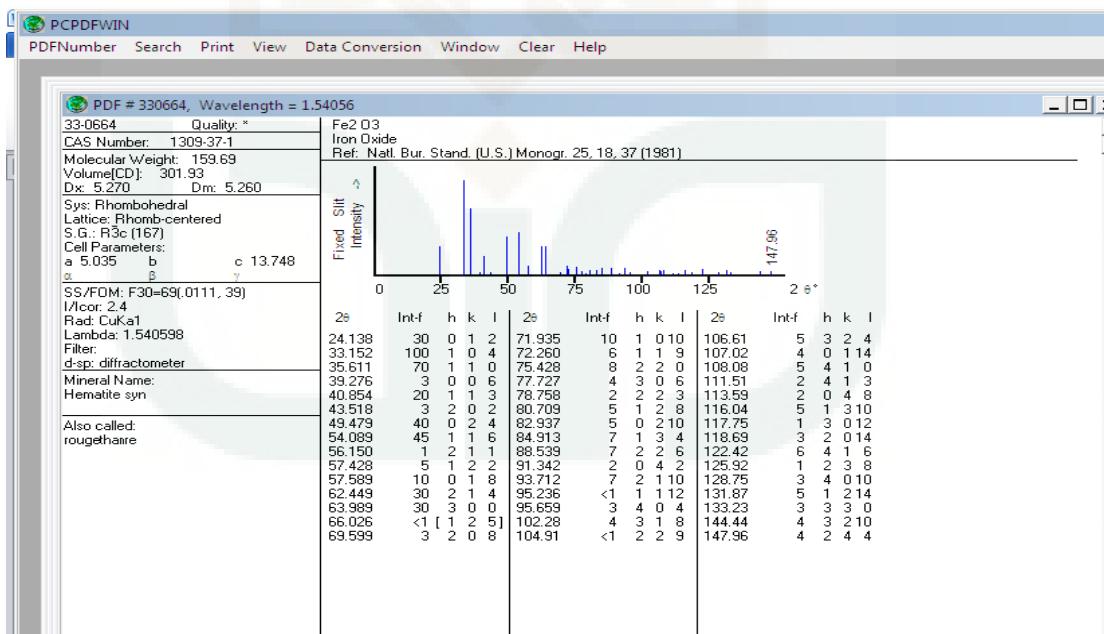
1. JCPDS Kuarsa



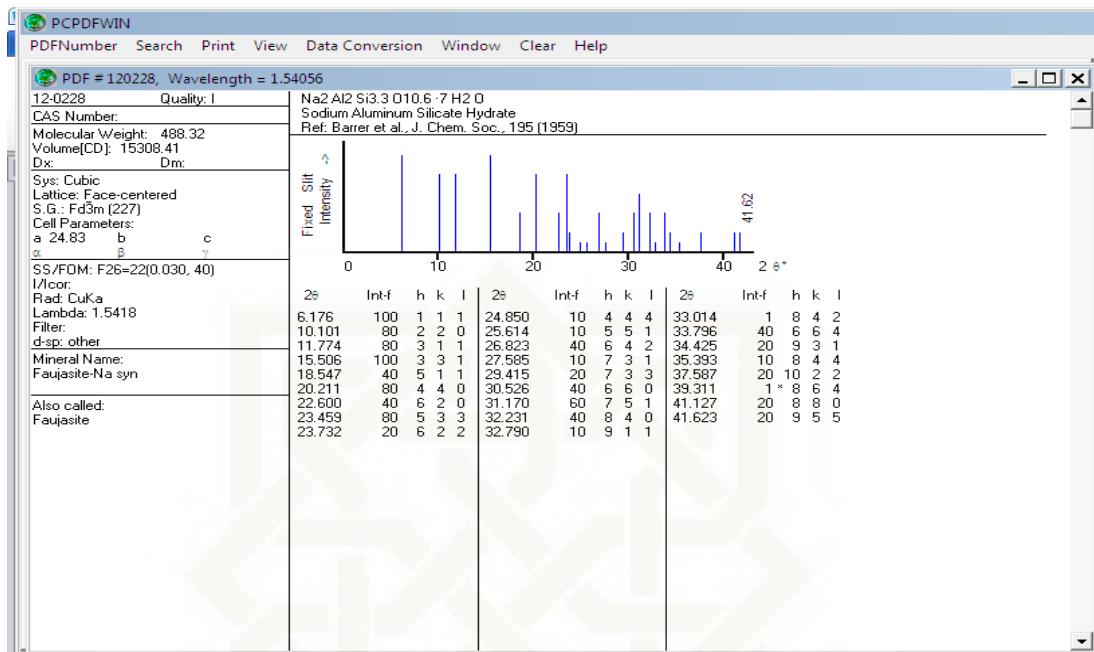
2. JCPDS Multit



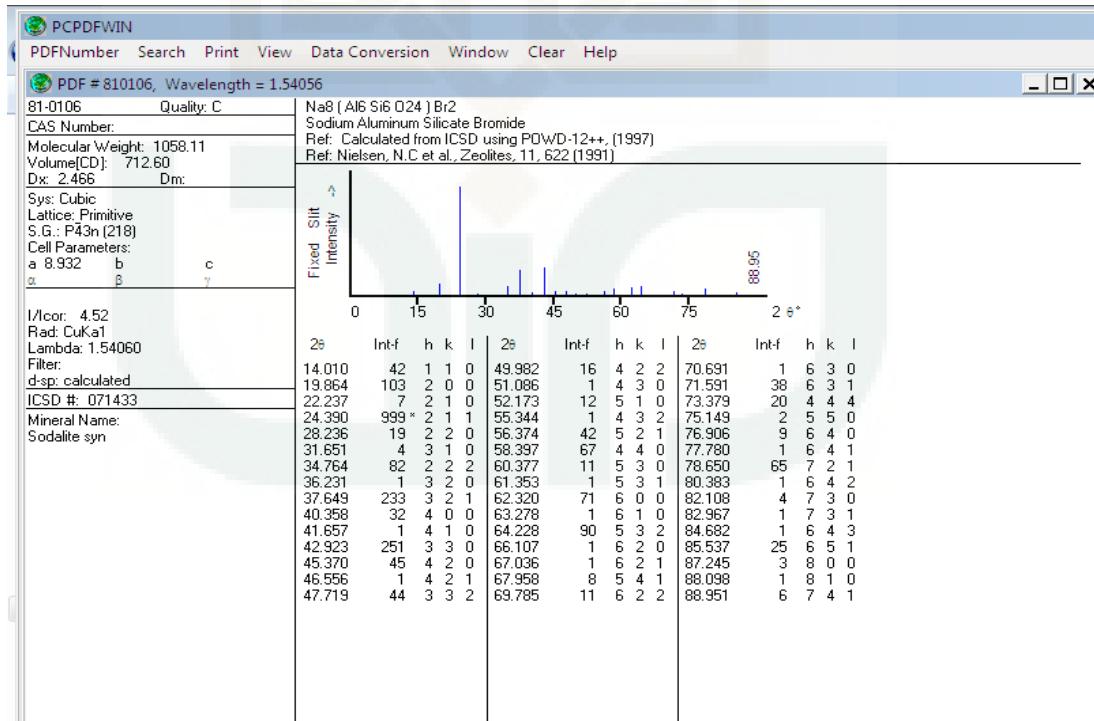
3. JSPDS Hematit



4. JCPDS Faujasit



5. JCPDS Sodalit



Lampiran 9 Dokumentasi



Refluks dengan HCl



Teflon hidrotermal



Zeolit terimmobilisasi ditizon



Proses adsorpsi

BIOGRAFI PENULIS



Yuliana merupakan putri dari Bapak Jasman dan Ibu Sumiyati. Ia lahir di Grobogan, 19 Mei 1993. Ia menyelesaikan pendidikan formal pertamanya di SD N Sumberagung 4 pada tahun 2005, kemudian melanjutkan di SMP N 1 Ngaringan dan lulus pada tahun 2008. Pada tahun 2011, Ia lulus dari SMA N 1 Wirosari kemudian melanjutkan pendidikan ke Perguruan Tinggi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta dengan mengambil Program Studi Kimia.

Selain kuliah, perempuan yang akrab dipanggil yuli ini juga *nyantri* di Pondok Pesantren Nurul Ummah Putri yang terletak Jl Raden Ronggo KG II/981 Prenggan, Kotagede Yogyakarta. Pengalaman yang pernah dilaluinya adalah pernah praktik kerja di Laboratorium Air dan Udara Badan Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta dan menjadi pengurus perpustakaan An-Nabil sebagai anggota *Humas* periode 2013-2014 dan sebagai wakil ketua periode 2014-2015.

Pada tahap akhir perkuliahananya, ia tertarik untuk mengkaji tentang pemanfaatan limbah sebagai bahan pengadsorb logam berat. Limbah sebagai hasil sisa yang tidak digunakan lagi memang perlu ditangani untuk mengurangi pencemaran lingkungan. Dengan mengedepankan asas piramida hiraki pengelolaan limbah, ia pun mencoba memanfaatkan limbah yang dihasilkan sebuah pabrik kemudian diolah menjadi suatu material yang digunakan sebagai pengadsorb logam berat. Sebagai anak lingkungan ia berharap penelitiannya dapat digunakan sebagai acuan untuk mengurangi tingkat pencemaran limbah yang ada di bumi. Ia dapat dihubungi melalui e-mail yuliana.maksum25@yahoo.co.id atau lewat *contact person* 085712033101.