

**ADSORPSI LOGAM Cu, Fe, DAN Pb PADA LIMBAH LABORATORIUM
KIMIA UIN MALIKI MALANG MENGGUNAKAN ZEOLIT ALAM
TERAKTIVASI ASAM SULFAT (H₂SO₄) DENGAN VARIASI
KONSENTRASI**

SKRIPSI

Oleh :
SITI IRMA YUSYNIYYAH
NIM. 12630040



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
2017**

**ADSORPSI LOGAM Cu, Fe, DAN Pb PADA LIMBAH LABORATORIUM
KIMIA UIN MALIKI MALANG MENGGUNAKAN ZEOLIT ALAM
TERAKTIVASI ASAM SULFAT (H₂SO₄) DENGAN VARIASI
KONSENTRASI**

SKRIPSI

Oleh:
SITI IRMA YUSYNIYYAH
NIM. 12630040

Diajukan Kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

JURUSAN KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
2017

**ADSORPSI LOGAM Cu, Fe, DAN Pb PADA LIMBAH LABORATORIUM
KIMIA UIN MALIKI MALANG MENGGUNAKAN ZEOLIT ALAM
TERAKTIVASI ASAM SULFAT (H₂SO₄) DENGAN VARIASI
KONSENTRASI**

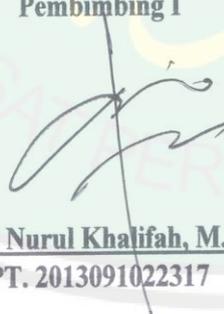
SKRIPSI

Oleh:
SITI IRMA YUSYNIYYAH
NIM. 12630040

Telah Diperiksa dan disetujui untuk Diuji

Tanggal: 25 Januari 2017

Pembimbing I


Susi Nurul Khalifah, M.Si
NIPT. 2013091022317

Pembimbing II


Achmad Nasichuddin, M.A
NIP. 1973705 200003 1 002

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Kimia**




Elok Kamilah Hayati, M.Si
NIP. 19790620 200604 2 002

**ADSORPSI LOGAM Cu, Fe, DAN Pb PADA LIMBAH LABORATORIUM
KIMIA UIN MALIKI MALANG MENGGUNAKAN ZEOLIT ALAM
TERAKTIVASI ASAM SULFAT (H₂SO₄) DENGAN VARIASI
KONSENTRASI**

SKRIPSI

Oleh:
SITI IRMA YUSYNIYYAH
NIM. 12630040

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 25 Januari 2017

Penguji Utama	: Elok Kamilah Hayati, M.Si NIP. 19790620 200604 2 002	(.....) 
Ketua Penguji	: Nur Aini, M.Si NIDT. 1984060820160801 2 070	(.....) 
Sekretaris Penguji	: Susi Nurul Khalifah, M.Si NIPT. 2013091022317	(.....) 
Anggota Penguji	: Achmad Nasichuddin, M.A NIP. 1973705200003 1 002	(.....) 

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Kimia



Elok Kamilah Hayati, M.Si
NIP. 19790620 200604 2 002

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Siti Irma Yusyniyah

Nim : 12630040

Jurusan : Kimia

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Adsorpsi Logam Cu, Fe, dan Pb Pada Limbah Laboratorium Kimia UIN Maliki Malang Menggunakan Zeolit Alam Teraktivasi Asam Sulfat (H_2SO_4) dengan Variasi Konsentrasi

menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 25 Januari 2017

Yang membuat pernyataan,



Siti Irma Yusyniyah
NIM. 12630040

MOTTO

“المشقة تجلب التيسير”

“Keberatan itu bisa membawa kepada mempermudah” (qoidah fiqh)

أذا لفتى حسب اعتقده رفع * وكل من لم يعتقد لم ينتفع (نظم العمرطى)

Barang siapa berkeinginan sungguh-sungguh maka Allah akan mengangkat drajadnya

Barang siapa yang tidak memiliki keinginan (cita-cita) luhur, maka dia tidak bisa bermanfaat bagi orang lain

KATA PENGANTAR



Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayah-Nya, dan hanya dengan ridho-Nya semata penulis dapat menyelesaikan tugas “kapita selekta” ini dengan judul : **“Adsorpsi Logam Cu, Fe, Dan Pb Pada Limbah Laboratorium Kimia Uin Maliki Malang Menggunakan Zeolit Alam Teraktivasi Asam Sulfat (H₂SO₄) Dengan Variasi Konsentrasi”**. Pada kesempatan ini penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan proposal penelitian ini, khususnya kepada:

1. Kedua orang tua, kakak, adik dan keponakan tercinta yang telah banyak memberikan nasihat, doa, dan dukungan baik moril maupun materil sehingga penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan.
2. Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang Bapak Prof. H. Mudjia Raharjo, M.SI.
3. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Ibrahim Malang Ibu Dr. Drh. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si.
4. Ketua jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang Ibu Elok Kamilah Hayati, M.Si.
5. Dosen pembimbing Ibu Susi Nurul Khalifah, M.Si karena atas bimbingan, pengarahan dan motivasinya penyusunan tugas ini dapat diselesaikan.
6. Dosen konsultan Ibu Nur Aini, M.Si karena atas bimbingan, pengarahan dan motivasinya penyusunan tugas ini dapat diselesaikan.

7. Dosen Penguji Ibu Elok Kamilah Hayati, M.Si dan penguji agama Bapak Achmad Nasichuddin, M.A karena atas bimbingan dan kesabaran penyusunan tugas ini dapat diselesaikan.
8. Ibu Eny Yulianti, M.Si dan seluruh dosen serta sivitas jurusan Kimia UIN Malang karena atas bimbingan, kesabaran dan motivasinya penyusunan tugas ini dapat diselesaikan.
9. Nenek, kakek, paman, bibi, dan saudara-saudara tercinta yang memotivasi dan mendoakan penyusunan tugas ini dapat diselesaikan.
10. Teman-teman pondok pesantren Al-hikmah Al-Fathimiyah yang telah saling memotivasi dan mendukung penyusunan tugas ini.
11. Teman-teman kimia angkatan 2012 yang telah saling memotivasi sehingga mempercepat penyelesaian tugas.
12. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Semoga tugas ini dapat bermanfaat dan menambah khasanah ilmu pengetahuan.

Malang, 25 Januari 2017

Penulis

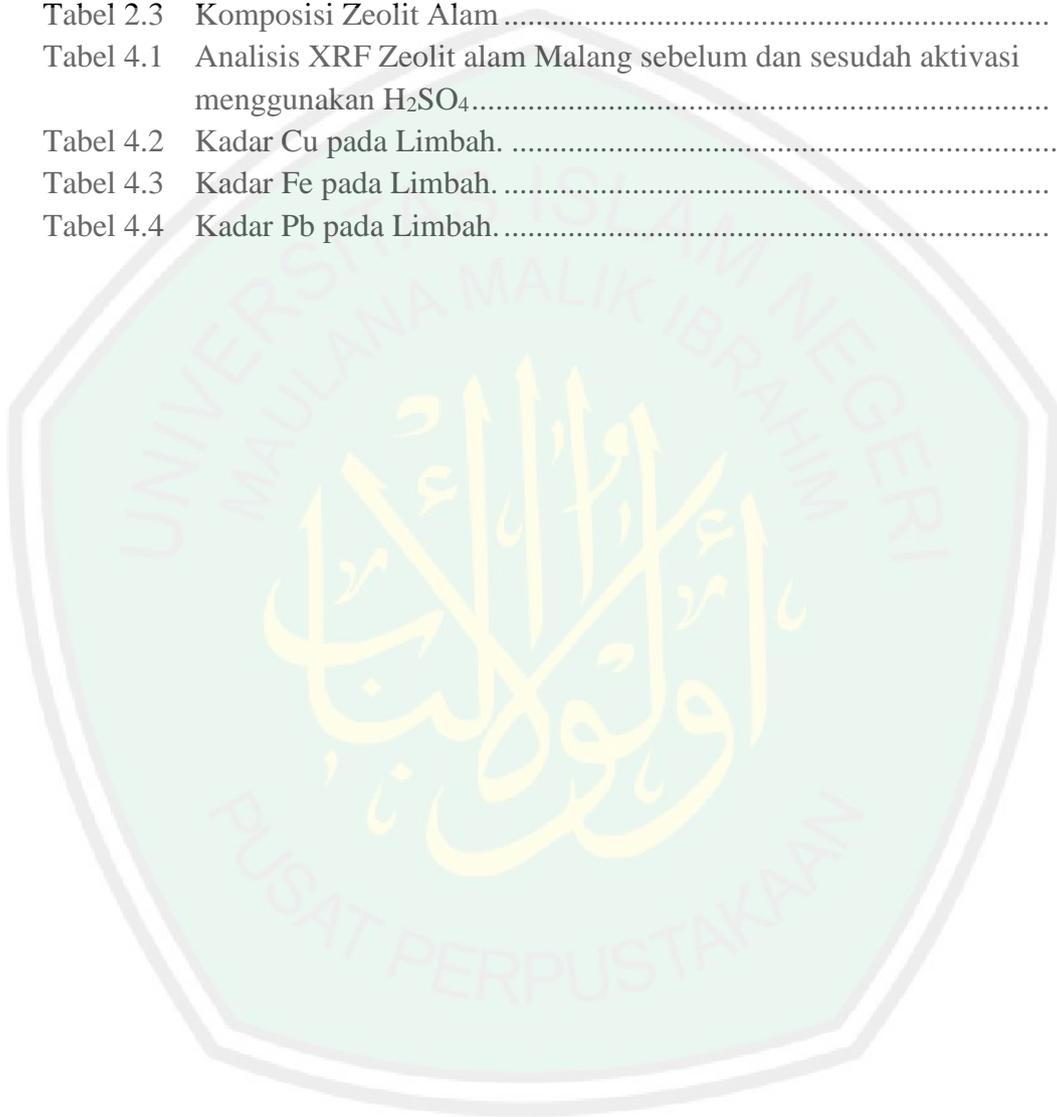
DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN.....	iv
MOTO	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR PERSAMAAN.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
ABSTRAK	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Batasan Masalah	7
1.5 Manfaat Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Zeolit Alam	8
2.1.1 Aktivasi Zeolit	11
2.2 Adsorpsi	13
2.3 Logam	15
2.3.1 Logam Cu.....	16
2.3.2 Logam Pb	16
2.3.3 Logam Fe	17
2.4 X-ray Diffraction (XRD).....	17
2.5 Spektroskopi Serapan Atom (SSA).....	21
2.6 Barang Tambang Dalam Alqur'an.....	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	25
3.2 Alat dan Bahan.....	25
3.2.1 Alat.....	25
3.2.2 Bahan	25
3.3 Rancangan Penelitian.....	25

3.4 Tahapan Penelitian.....	26
3.5 Prosedur Penelitian	27
3.5.1 Preparasi Zeolit	27
3.5.2 Aktivasi Zeolit	27
3.5.3 Analisis X-ray Fluorescence (XRF)	27
3.5.4 Analisis X-ray Diffraction (XRD)	27
3.5.5 Preparasi Limbah Laboratorium	28
3.5.6 Adsorpsi Logam Pada Limbah Laboratorium Dengan Variasi Aktivator H-ZA.....	28
3.5.7 Analisis SSA	28
3.5.7.1 Pengaturan SSA Logam Cu	28
3.5.7.2 Pengaturan SSA Logam Fe	29
3.5.7.3 Pengaturan SSA Logam Pb	29
3.5.7.4 Pembuatan Kurva Standart Tembaga (Cu)	29
3.5.7.5 Pembuatan Kurva Standart Besi (Fe).....	30
3.5.7.6 Pembuatan Kurva Standart Timbal (Pb)	30
3.5.7.7 Preparasi Limbah Laboratorium Sebelum Analisis SSA	31
3.5.7.8 Analisis Logam Cu, Fe, dan Pb dengan SSA.....	31
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Zeolit Teraktivasi Kimia dan Fisik	32
4.2 Karakterisasi X-ray Diffraction (XRD)	36
4.3 Pembuatan Kurva Standar	39
4.4 Adsorpsi Kadar Logam Pada Limbah Menggunakan Zeolit Alam Malang	41
4.4.1 Adsorpsi Cu Pada Limbah dengan Zeolit Teraktivasi H ₂ SO ₄	42
4.4.2 Adsorpsi Fe Pada Limbah dengan Zeolit Teraktivasi H ₂ SO ₄	44
4.4.3 Adsorpsi Pb Pada Limbah dengan Zeolit Teraktivasi H ₂ SO ₄	46
4.5 Pemanfaatan Zeolit Alam Malang Sebagai Adsorben Dalam Prespektif Islam.....	49
 BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	52
5.2 Saran.....	52
 DAFTAR PUSTAKA	 53
LAMPIRAN	58

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Jenis Mineral Zeolit Yang Terdapat Dalam Batuan Zeolit	9
Tabel 2.2	Karakterisasi Zeolit	10
Tabel 2.3	Komposisi Zeolit Alam	10
Tabel 4.1	Analisis XRF Zeolit alam Malang sebelum dan sesudah aktivasi menggunakan H ₂ SO ₄	34
Tabel 4.2	Kadar Cu pada Limbah.	43
Tabel 4.3	Kadar Fe pada Limbah.	45
Tabel 4.4	Kadar Pb pada Limbah.	47



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kepingan Zeolit Alam	9
Gambar 2.2	Skema dari berkas sinar X yang memantulkan dari sinar kristal dengan mengikuti hukum Bragg	19
Gambar 2.3	Hasil XRD zeolit alam Malang	20
Gambar 4.1	Mekanisme Adsorpsi & Penukaran Ion	33
Gambar 4.2	Dealuminasi zeolit akibat penambahan asam.....	36
Gambar 4.3	Standar XRD Zeolit Mordenit (Treacy & Higgins, 2011) & Hasil XRD Zeolit Alam Malang	37
Gambar 4.4	Hasil XRD zeolit alam Malang Teraktivasi	38
Gambar 4.5	Kurva Standar Cu	39
Gambar 4.6	Kurva Standar Fe.....	40
Gambar 4.7	Kurva Standar Pb.....	41
Gambar 4.8	Prosentase Penurunan Kadar Cu Pada Limbah	43
Gambar 4.9	Prosentase Peningkatan Kadar Fe Pada Limbah	45
Gambar 4.10	Prosentase Penurunan Kadar Pb Pada Limbah.....	48

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1 Hukum Bragg	19
Persamaan 4.1 Kelarutan Alumina dalam H_2SO_4 (Asam Sulfat).....	35
Persamaan 4.2 Reaksi Alumina dalam H_2SO_4 Pekat	35
Persamaan 4.3 Reaksi H_2SO_4 Melarutkan Alumina.....	35



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Diagram Alir	58
Lampiran 2 Pembuatan Larutan	61
Lampiran 3 Data dan Perhitungan.....	66
Lampiran 4 Dokumentasi Penelitian	75
Lampiran 5 Persembahan	79



ABSTRAK

Yusyniyah, S.I. 2016. **Adsorpsi logam Cu, Fe, dan Pb pada limbah laboratorium kimia UIN Maliki Malang menggunakan zeolit alam teraktivasi asam sulfat (H_2SO_4) dengan variasi konsentrasi.** Skripsi. Jurusan Kimia fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing I: Eny Yulianti, M.Si; Pembimbing II: Achmad Nasichuddin, M.A; Konsultan: Susi Nurul Khalifah, M.Si.

Kata kunci : Zeolit Alam Malang, Limbah logam, Aktivasi H_2SO_4 , Adsorpsi

Penelitian tentang zeolit sebagai adsorben untuk logam Cu, Fe, dan Pb pada limbah laboratorium kimia UIN Maliki Malang telah dilakukan. Peningkatan aktivitas zeolit dilakukan dengan cara mengaktivasi zeolit alam Malang menggunakan H_2SO_4 dengan variasi konsentrasi.

Zeolit alam Malang diaktivasi menggunakan H_2SO_4 1, 3, 5, dan 7 M, sehingga dihasilkan H-zeolit. Karakteristik zeolit meliputi kandungan mineral dengan XRD, kandungan unsur dengan XRF. Hasil aktivasi digunakan untuk mengadsorpsi kadar logam Cu, Fe, dan Pb pada limbah laboratorium. Limbah logam Cu, Fe, dan Pb sebelum dan sesudah diadsorpsi selanjutnya dianalisis menggunakan AAS untuk mengetahui kadarnya.

Hasil karakterisasi XRF menunjukkan semakin tinggi konsentrasi H_2SO_4 ion-ion pengotor semakin berkurang. Hasil XRF juga menunjukkan zeolit alam yang diaktivasi menggunakan H_2SO_4 3 dan 5 M mengalami dealuminasi. Karakterisasi XRD menunjukkan zeolit alam tidak mengalami perubahan struktur akibat aktivasi meskipun terdealuminasi. Prosentase penurunan kadar Cu dan Pb terbaik ditunjukkan setelah proses adsorpsi menggunakan zeolit alam teraktivasi asam sulfat 7 M yakni 32,86% dan 73,14%. Sedangkan prosentase Fe pada limbah meningkat setelah proses adsorpsi menggunakan zeolit alam teraktivasi asam sulfat 7 M sebesar 44.04%.

ABSTRACT

Yusyniyah, S.I. 2016. Adsorption of Cu, Fe, and Pb in the waste of chemical laboratory UIN Malang using natural zeolite activated by H₂SO₄ with various concentrations. Thesis. Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology of the Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang. Supervisor I: Eny Yulianti, M.Si; Supervisor II: Achmad Nasichuddin, M.A; Consultant: Susi Nurul Khalifah, M.Sc.

Keywords: Zeolite, metals waste, H₂SO₄ activation, Adsorption

Research on the zeolite as an adsorbent for Cu, Fe, and Pb in the waste chemical laboratory of UIN Maliki has done. Increased activity of the zeolite is done by activating natural zeolite Malang using H₂SO₄ with various concentration.

Natural zeolite of Malang was activated by H₂SO₄ 1, 3, 5, and 7 M, so it produces H-zeolite. Zeolite characteristics include mineral content by XRD, and XRF element. The results are used to adsorb the activation levels of Cu, Fe, and Pb on laboratory waste. Before and after adsorbed the metals waste Cu, Fe, and Pb analyzed using AAS to determine levels.

XRF characterization showed that the higher concentration of H₂SO₄ the less number it's ions pollutant, and showed dealumination zeolite was activated by H₂SO₄ 3 and 5 M. Characterization XRD showed zeolite does not undergo structural changes as a result of activation using H₂SO₄ though dealumination. The percentage decreased levels of Cu and Pb best demonstrated after a natural zeolite adsorption process using sulfuric acid 7 M activated which is 32.86% and 73.14%. And percentage of Fe in increased waste after a natural zeolite adsorption process using sulfuric acid 7 M activated of 44.04%.

الملخص

يشنية، إ.س. ٢٠١٦. الامتزاز من النحاس، والحديد، والرصاص في النفايات المختبر الكيمياء الجامعة الإسلامية الحكومية مالكي مالنج باستخدام الزيوليت الطبيعي تنشيط حمض الكبريتيك مع تركيزات مختلفة. أطروحة. قسم الكيمياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، الجامعة الإسلامية مولانا مالك إبراهيم مالانج. المشرفة الأول إيني يوليانتى الماجستير، المشرف الثاني: أحمد نصيح الدين الماجستير، مستشار: سوسي نور الخليفة، الماجستير

كلمات البحث: الزيوليت مالانج، نفايات المعادن، تفعيل حمض الكبريتيك، الامتزاز

البحث عن الزيوليت باعتبارها مكثف للنحاس، والحديد، والرصاص في النفايات المختبر الكيمياء الجامعة الإسلامية الحكومية مالكي مالانج. ويتم زيادة النشاط من الزيوليت من خلال تفعيل الزيوليت الطبيعي مالانج باستخدام مع حمض الكبريتيك اختلاف التركيز.

تم تفعيل الزيوليت الطبيعي مالانج مع حمض الكبريتيك ١، ٣، ٥، و ٧ M بحيث ينتج عن ذلك من ه-الزيوليت. تشمل خصائص المحتوى المعدني الزيوليت من محتوى عنصر حيود الأشعة السينية و مضان الأشعة السينية. وتستخدم النتائج لكثف مستويات تفعيل النحاس، الحديد، والرصاص على نفايات المعامل. نفايات المعادن للنحاس، والحديد، والرصاص قبل الكثف وبعده ثم تحليلها باستخدام مطيافيه الامتصاص الذري لتحديد المستويات.

أظهرت النتائج توصيف مضان الأشعة السينية أن أعلى تركيز أيونات حمض الكبريتيك يجعل بانخفاض النجاسة. وأظهرت النتائج مضان الأشعة السينية أيضا أن الزيوليت الطبيعي وتفعيلها من خلال حمض الكبريتيك ٣ و ٥ M يخضع لتخديف الالومنيوم أظهرت توصيف حيود الأشعة السينية أن الزيوليت الطبيعي لا تخضع لتغييرات هيكلية نتيجة لتفعيل علي رغم لتخديف الالومنيوم. خفضت نسبة مستويات النحاس والرصاص أفضل تظاهر بعد عملية الامتزاز باستخدام تنشيط الزيوليت الطبيعي حامض الكبريتيك M ٧ وهو ٣٢، ٨٦ % و ٧٣، ١٤ % و أما نسبة من الحديد في زيادة النفايات بعد عملية الامتزاز الزيوليت الطبيعي باستخدام حمض الكبريتيك تفعيلها M ٧ من ٤٤.٤٤ %

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Limbah pada dasarnya merupakan suatu bahan yang tersisa dan terbuang bersumber dari aktivitas manusia, atau proses-proses alam. Pencemaran lingkungan oleh suatu kegiatan yang dilakukan manusia dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari salah satunya dihasilkan oleh limbah laboratorium yang menjadi persoalan penting dan memerlukan penanganan yang tepat serta ramah lingkungan. Laboratorium kimia UIN Maulana Malik Ibrahim Malang merupakan salah satu penghasil limbah berbahaya pencemar lingkungan yang dihasilkan dari praktikum dan penelitian lainnya. Pembuangan limbahnya dibedakan berdasarkan jenis limbah diantaranya limbah organik, asam-basa, anorganik, organik halogen, dan logam berat. Limbah-limbah tersebut yang salah satunya berupa limbah logam, belum ada penanganan yang jelas.

Limbah logam merupakan limbah yang bersifat toksik, sehingga sering sekali mendapat perhatian khusus. Limbah logam seperti Cu, Pb, dan Fe yang dihasilkan laboratorium kimia UIN Maulana Malik Ibrahim Malang sangat melimpah karena banyak praktikum dan penelitian lainnya yang menggunakan logam-logam tersebut. Ion-ion logam berat seperti Cu, Pb dan Fe pada umumnya merupakan polutan yang dapat merusak lingkungan. Logam ini berbahaya karena cenderung untuk berakumulasi dalam jaringan tubuh manusia dan menimbulkan berbagai macam keracunan (Palar, 1994). Pencemaran yang ditimbulkan dari limbah-limbah logam seperti Cu, Pb dan Fe merupakan akibat perilaku yang ditimbulkan oleh manusia itu sendiri.

Usaha-usaha penanganan limbah logam berat ini telah banyak dilakukan untuk mengatasi hal tersebut salah satunya dengan menggunakan adsorben yang didapat dari pegunungan-pegunungan yang berupa barang tambang. Allah menunjukkan kekuasaanya melalui penciptaan barang tambang yang terletak di pegunungan. Seperti dalam Alqur'an surah Faathir ayat 27.

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ ثَمَرَاتٍ مُّخْتَلِفًا أَلْوَانُهَا وَمِنَ الْجِبَالِ جُدَدٌ بَيضٌ
وَحُمْرٌ مُّخْتَلِفٌ أَلْوَانُهَا وَغَرَابِيبُ سُودٌ (٢٧)

Artinya: “Tidakkah kamu melihat bahwasanya Allah menurunkan hujan dari langit lalu Kami hasilkan dengan hujan itu buah-buahan yang beraneka macam jenisnya. Dan di antara gunung-gunung itu ada garis-garis putih dan merah yang beraneka macam warnanya dan ada (pula) yang hitam pekat” (QS. Fathir/35: 27).

Salah satu jenis adsorben yang mudah didapat dan memiliki berbagai macam keunggulan adalah zeolit. Zeolit memiliki bentuk kristal sangat teratur dengan rongga yang saling berhubungan kesegala arah yang menyebabkan luas permukaan zeolit sangat besar (Sutarti dan Rachmawati, 1994). Pemanfaatan zeolit sebagai adsorben telah banyak dilaporkan. Hidayati (2013) telah melaporkan penggunaan zeolit alam sebagai penjerap logam Cu^{2+} , begitu juga dengan Anggara, dkk., (2013) yang telah memanfaatkan zeolit alam malang sebagai adsorben logam Pb^{2+} . Hendrawan (2010) melaporkan bawa zeolit alam dapat digunakan sebagai adsorben ion logam Fe^{3+} .

Saat ini banyak jenis zeolit alam yang telah ditemukan dan dikelompokkan berdasarkan kesamaan strukturnya. Meskipun zeolit sintetis juga telah banyak diproduksi, namun zeolit alam tetap mempunyai peranan penting karena ketersediaannya yang melimpah di alam, khususnya di Indonesia (Senda dkk., 2006). Cadangan zeolit yang dimiliki oleh negara Indonesia sebanyak 400 juta

ton, namun selama ini hanya di ekspor dalam bentuk mentah. Dewasa ini bangsa Indonesia kurang menyadari dan memanfaatkan kekayaan alam yang memiliki berbagai potensi ini untuk meningkatkan perekonomian bangsa, dan untuk meningkatkan keilmuan serta kreatifitas dengan memanfaatkan sumber daya alam yang ada.

Sebagian besar wilayah Indonesia memiliki banyak pegunungan berapi yang berpotensi besar menjadi sumber terbentuknya batuan-batuan yang beragam, salah satunya berupa zeolit. Salah satu kecamatan di Malang misalnya, memiliki kandungan mineral zeolit sebanyak 4,8 juta ton yang belum dimanfaatkan dan belum adanya penanganan dengan jelas (Setiadi dan Astri, 2007). Selain itu zeolit alam Malang dilaporkan banyak mengandung mineral dengan jenis mordenit yakni sekitar 55-85% (Laniwati,1999).

Penggunaan zeolit alam sebagai adsorbent tidak dapat dilakukan secara langsung karena dalam zeolit alam masih banyak mengandung berbagai macam pengotor. Seluruh zeolit yang ditemukan di alam banyak mengandung air. Air merupakan molekul polar yang sangat mudah teradsorpsi di permukaan zeolit. Air akan mengisi seluruh saluran dan rongga-rongga dalam kristal zeolit karena ukurannya yang sangat kecil (Rini, 2010). Struktur dan ukuran zeolit yang khas tersebut dapat membuat zeolit mengadsorp dengan baik melalui gugus aktif ataupun luas permukaan yang telah diaktivasi dengan senyawa lain atau dengan cara memodifikasinya untuk meningkatkan kemampuan mengadsopnya. Zeolit alam memiliki struktur yang berbeda, sesuai dengan kondisi pembentukannya di alam. Oleh sebab itu, penggunaan zeolit alam sebagai adsorben dibutuhkan suatu proses aktivasi untuk meningkatkan sifat khusus zeolit sebagai adsorben dan

menghilangkan unsur-unsur pengotor (Rosita dkk., 2004). Proses aktivasi terhadap zeolit juga dapat merubah jenis kation, perbandingan Si/Al dan juga karakteristik zeolit sehingga sesuai dengan bahan yang akan dijerap oleh zeolit tersebut.

Secara umum, proses aktivasi terhadap zeolit alam dapat dilakukan dengan aktivasi fisika dan aktivasi kimia. Proses aktivasi fisika dilakukan dengan pemanasan, sedangkan aktivasi kimia dengan perendaman zeolit alam dalam asam atau basa. Aktivasi zeolit dengan asam atau basa memiliki tujuan meningkatkan daya adsorpsi, aktivasi dengan asam akan mengakibatkan demineralisasi yaitu hilangnya logam dan pengotor lainnya yang menutup pori pada zeolit. Aktivasi dengan basa digunakan untuk meningkatkan jumlah kation tertentu yang sudah ada dalam zeolit alam ataupun ditambahkan sebelumnya untuk meningkatkan daya adsorpsinya (Jing, 2007). Hasil XRF (*X-Ray Fluorescence*) penelitian yang dilakukan Maleiva, dkk., (2015) menunjukkan hilangnya logam dan pengotor lain seperti Ti, Al, Fe, Ca, Mg, dan K pada zeolit dengan HCl 6 M.

Proses aktivasi fisika dengan pemanasan dapat dilakukan pada suhu antara 200-600⁰C selama 3 jam (Anggara, dkk., 2013). Pemanasan ini bertujuan agar air yang tertangkap pada pori-pori kristal zeolit dapat menguap, sehingga bertambah jumlah pori-pori dan luas permukaan spesifiknya (Suyartono dan Husaini, 1991). Aktivasi kimia dapat dilakukan dengan larutan asam klorida atau asam sulfat untuk membersihkan permukaan pori, membuang senyawa pengganggu dan menata kembali letak atom yang dapat dipertukarkan (Suyartono dan Husaini, 1991). Zeolit alam teraktivasi HCl dan H₂SO₄ berpotensi sebagai adsorben baik gas maupun larutan (Wirawan., dkk. 2015). Penggunaan aktivator H₂SO₄ 0,15 N

pada zeolit alam Lampung efektif digunakan dalam adsorpsi logam ion kromium sebesar 99,72 % (Emelda, dkk, 2013). Zeolit alam Malang yang diaktivasi dengan asam sulfat (H_2SO_4) 1-5% berperan untuk menghilangkan pengotor-pengotor yang terdapat di permukaan zeolit seperti feldspar, kaolin, kuarsa, lempung, dan tufa sehingga air lebih mudah teradsorpsi ke dalam pori-pori zeolit (Widjaja, dkk, 2013). Menurut Hendrawan (2010) zeolit alam Malang yang diaktivasi dengan asam sulfat (H_2SO_4) 1 N dapat digunakan untuk mengadsorpsi ion logam Fe^{3+} sebesar 53,64% selama 60 menit.

Aktivasi zeolit secara kimia seringkali menggunakan aktivator-aktivator asam seperti HCl, HNO_3 , H_3PO_4 , dan H_2SO_4 dalam berbagai macam manfaatnya. Kemampuan penyerapan logam seng (Zn) dengan zeolit alam Ponorogo yang diaktivasi menggunakan aktivator HCl sebesar 89,60 %, HNO_3 sebesar 81,67%, H_2SO_4 sebesar 88,24%, dan menggunakan aktivator H_3PO_4 sebesar 82,21% (Herald, dkk, 2003). Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa aktivasi dengan menggunakan berbagai macam asam dapat mempengaruhi proses adsorpsi. Proses aktivasi kimia menunjukkan bahwa zeolit yang diaktivasi dengan asam akan menjadikan zeolit lebih polar bila dibandingkan dengan zeolit yang diaktivasi dengan basa (Jozefaciuk dan Bowanko, 2002). Sementara proses aktivasi dengan asam terhadap zeolit terbukti membuat zeolit lebih hidrofob sehingga daya adsorpsinya terhadap air berkurang (Sumin, dkk., 2009). Selain itu zeolit teraktivasi asam lebih efisien dalam menyerap logam seperti Cu, Pb, Cd, Zn, Fe, dan Mn (Saryati, dkk., 2010).

Berdasarkan kajian tersebut diatas, belum pernah dilakukan adsorpsi logam pada limbah laboratorium kimia UIN Maulana Malik Ibrahim Malang

menggunakan zeolit alam. Pada penelitian ini akan dilakukan aktivasi menggunakan konsentrasi menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) untuk meningkatkan kinerja zeolit alam tersebut. Zeolit alam hasil aktivasi dikarakterisasi menggunakan XRF dan XRD. Selanjutnya diuji kemampuan adsorpsi logam Cu, Fe, dan Pb pada limbah laboratorium kimia UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakter XRF dan XRD dari zeolit alam setelah diaktivasi menggunakan H_2SO_4 dengan variasi konsentrasi ?
2. Berapa konsentrasi H_2SO_4 (asam sulfat) terbaik yang digunakan untuk aktivasi zeolit dalam adsorpsi logam Cu, Fe, dan Pb pada limbah laboratorium UIN MALIKI Malang ?

1.3 Tujuan

1. Mengetahui karakter XRF dan XRD dari zeolit alam setelah diaktivasi menggunakan H_2SO_4 dengan variasi konsentrasi.
2. Mengetahui konsentrasi H_2SO_4 (asam sulfat) terbaik yang digunakan untuk aktivasi zeolit dalam adsorpsi logam Cu, Fe, dan Pb pada limbah laboratorium UIN MALIKI Malang.

1.4 Batasan Masalah

1. Sampel zeolit yang digunakan berasal dari Sumber Manjing Malang, Jawa Timur.
2. Konsentrasi H_2SO_4 1, 3, 5 dan 7 M

3. Karakterisasi yang dilakukan dengan menggunakan XRD (X-ray diffraction) dan XRF (X-ray fluorescence).

1.5 Manfaat Penelitian

1. Memberikan pengetahuan zeolit yang paling efektif untuk mengadsorpsi limbah buangan berupa logam tembaga (Cu).
2. Dapat berpartisipasi dalam memberikan kontribusi terhadap pengembangan keilmuan sains dan agama, khususnya dalam bidang ilmu Kimia.
3. Sebagai bentuk aplikasi ilmu yang telah penulis dapatkan selama belajar di bangku kuliah untuk mengkaitkan ilmu kimia dengan kehidupan nyata yang merupakan kebutuhan manusia.
4. Memberikan informasi kepada masyarakat agar lebih memanfaatkan zeolit alam Malang yang merupakan salah satu sumber kekayaan alam khususnya daerah Malang sebagai material yang memiliki kemanfaatan tinggi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Zeolit Alam

Zeolit alam merupakan material berpori yang telah dimanfaatkan dalam bidang industri sebagai adsorben, katalis, penyaring molekuler, penukar ion dan padatan pendukung. Zeolit alam mempunyai beberapa sifat diantaranya dapat digunakan sebagai dehidrasi, adsorpsi, penukar ion, katalisator dan separator (Amelia dan Isnaryata, 2003). Zeolit alam mempunyai struktur rangka, mengandung ruang kosong yang ditempati oleh kation dan molekul air yang bebas sehingga memungkinkan pertukaran ion atau chemisorptions (Adamson, 1990). Sampai saat ini terdapat lebih dari 39 jenis mineral zeolit yang dapat dijumpai dan terbentuk secara alami di alam serta telah diketahui strukturnya. Mineral-mineral zeolit di alam kebanyakan bercampur dengan mineral lainnya seperti mordenit, faujasit, klinoptilolit dan erionit.

Zeolit alam terbentuk dari abu vulkanik yang telah mengendap jutaan tahun silam (Sutarti, 1994). Zeolit alam adalah jenis mineral yang biasanya ditemukan dalam lubang-lubang batuan lava basalt (*traps rock*) dan batuan sedimen piroklastik berbutir halus (*tuff*). Zeolit di alam bercampur dengan mineral lain seperti felspar, sodalit, naphelit, dan leusit. Kristal-kristalnya terbentuk dari proses hidrotermal yang melibatkan reaksi antara larutan garam atau dengan aliran lava (Barrer, 1982). Ada tujuh jenis zeolit alam yang memiliki nilai komersial yaitu *Clinoptilolite*, *Chabazite*, *Modernite*, *Phillipsite*, *Erionite*, *Analcime*, dan *Ferrierite*.



Gambar 2.1 Kepingan zeolit alam (Erlina, 2012)

Komposisi kimia zeolit bergantung pada komposisi hidrotermal lingkungan lokal seperti, suhu, tekanan uap air setempat dan komposisi air tanah kejadiannya. Hal ini menjadikan zeolit dengan warna dan tekstur yang sama mungkin berbeda komposisi kimianya jika diambil dari daerah yang berbeda, karena adanya kombinasi dengan mineral yang berupa partikel halus dan pengotor lainnya (Iskandar, 2008).

Tabel 2.1 Jenis mineral zeolit yang terdapat dalam batuan zeolit

Nama Mineral	Rumus Kimia Unit Sel
Faujasit	$\text{Na}_{58}(\text{Al}_{58}\text{Si}_{134}\text{O}_{384}) \cdot 18\text{H}_2\text{O}$
Ferriet	$(\text{Na}_2\text{Mg}_2)(\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72}) \cdot 18\text{H}_2\text{O}$
Hulandit	$\text{Ca}_4(\text{Al}_8\text{Si}_{28}\text{O}_{72}) \cdot 24\text{H}_2\text{O}$
Klinoptilolit	$(\text{Na}_4\text{K}_4)(\text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{96}) \cdot 24 \text{H}_2\text{O}$
Mordenit	$\text{Na}_8 (\text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{96}) \cdot 24 \text{H}_2\text{O}$
Natrolit	$\text{Na}_4(\text{Al}_4\text{Si}_6\text{O}_{20}) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Scolecit	$\text{Ca}_2(\text{Al}_4\text{Si}_6\text{O}_{20}) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Thomsonit	$(\text{NaCa}_2)(\text{Al}_5\text{Si}_5\text{O}_{20}) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Wairakit	$\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Yugawaralit	$\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Sumber: Clark, 1979

Tabel 2.2 Karakterisasi zeolit

Sifat	Keterangan
Density	1,1 gr/cc
Porositas	0,31
Volume Pori	0,28-3 cc/g
Surface area	1-20 m ² /g
Jari-jari makropori	30-100 nm
Jari-jari mikropori	0,5 nm

Sumber: Sutarti, 1994

Zeolit mempunyai sejumlah sifat kimia maupun fisika menarik, diantaranya memiliki sifat inert, stabilitas termal tinggi, memiliki rongga yang memungkinkan terjadinya adsorpsi, mempunyai kemampuan untuk mengikat logam sebagai katalis dan memiliki luas permukaan yang besar yang memungkinkan proses terjadinya proses katalitik (Augustine, 1996).

Tabel 2.3 Komposisi zeolit alam

Komposisi	% Berat
SiO ₂	78,83
Al ₂ O ₃	12,50
Fe ₂ O ₃	1,50
K ₂ O	2,27
Na ₂ O	1,07
MgO	1,95
CuO	2,14

Sumber: Sutarti, 1994

Mordenit adalah mineral zeolit yang terjadi secara alami yang mempunyai ratio Si/Al mendekati 10. Keistimewaan dari mordenit adalah permukaan oval cincin 12 dengan ukuran 0,67 x 0,7 nm. Dekat dengan permukaan terdapat cincin 8 dengan diameter 0,39 nm. Dilihat dari strukturnya, setiap kerangka atom berada di sebelah rongga cincin 12 atau 8. Struktur menyebabkan semua atom aluminium dan anion atau situs asam yang bergabung dengannya berada pada dinding rongga dan dapat dicapai oleh spesies reaktan yang melaluinya (Augustin, 1996).

2.1.1 Aktivasi Zeolit

Umumnya zeolit yang terdapat di alam masih mengandung banyak pengotor organik dan anorganik yang menutupi pori-porinya, sehingga untuk meningkatkan daya serapnya perlu dilakukan aktivasi terlebih dahulu (Khairinal dan Trisunaryanti, 2000). Peningkatan daya guna dan optimalisasi zeolit alam dilakukan secara fisis ataupun kimia (Priatna, dkk., 1985). Proses fisis yakni proses yang dilakukan dengan cara pemanasan (kalsinasi). Proses aktivasi fisika dengan pemanasan dapat dilakukan pada suhu antara 200-600⁰C selama 3 jam (Anggara, dkk., 2013).

Proses kalsinasi bertujuan untuk menguapkan air yang terperangkap dalam pori-pori zeolit sehingga jumlah pori dan luas permukaan spesifiknya bertambah. Pemanasan dilakukan selama 2-3 jam, tergantung besarnya kandungan unsur pengotor yang ada serta stabilitas zeolit terhadap panas. Stabilitas ini dipengaruhi oleh jenis mineral zeolit yang terkandung. Proses pemanasan zeolit dikontrol, karena pemanasan yang berlebihan kemungkinan akan menyebabkan zeolit tersebut rusak (Hendrawan, 2010). Menurut Widjaja, dkk., (2013) pemanasan dengan suhu lebih dari 700 °C akan merusak struktur dari zeolit, sehingga kemampuan adsorpsi zeolit akan menurun sedangkan suhu di bawah 200°C tidak akan menguapkan seluruh air yang ada dalam pori-pori zeolit.

Aktivasi secara kimia dapat dilakukan menggunakan berbagai larutan asam seperti asam klorida atau asam sulfat untuk membersihkan permukaan pori, membuang senyawa pengganggu dan menata kembali letak atom yang dapat dipertukarkan (Suyartono dan Husaini, 1991). Selain itu, menurut Ertan (2005) aktivasi dengan menggunakan asam bertujuan untuk menghilangkan pengotor

anorganik dan menyebabkan pertukaran ion dengan H^+ . Listiana, (2008) melakukan penelitian tentang zeolit alam teraktivasi dengan HCl yang digunakan sebagai adsorben. Zeolit alam diaktivasi dengan berbagai variasi konsentrasi HCl yaitu 4, 6, 8, dan 10 M untuk mengetahui kemampuan zeolit alam dalam mengadsorpsi ion Ca^{2+} . Berdasarkan penelitiannya diperoleh bahwa HCl dengan konsentrasi 4 M memberikan nilai kapasitas maksimumnya sebesar 20,91%.

Zeolit alam merupakan mineral berongga yang teratur dan efektif dalam penghilangan logam berat. Seperti zeolit alam asal Lampung yang efektif untuk penghilangan logam berat seperti Cu, Cd, Pb, Zn, Fe, dan Mn (saryati, 2010). Menurut munandar (2014) menyatakan, bahwa zeolit alam teraktivasi asam sulfat dapat digunakan untuk adsorpsi logam Fe dan Pb. Zeolit alam teraktivasi asam sulfat lebih stabil dari zeolit alam tanpa aktivasi, dimana zeolit alam teraktivasi asam memiliki luas permukaan yang lebih besar dari zeolit alam tanpa aktivasi. Menurut Fitriyah (2004) juga menunjukkan bahwa aktivasi dengan aktivator H_2SO_4 dapat meningkatkan luas permukaan spesifik dan keasaman permukaannya serta kemampuan adsorpsinya terhadap logam Pb (II) dan Cr (III) juga meningkat. Zeolit alam lain yang digunakan untuk mengadsorpsi logam salah satunya adalah zeolit alam Wonosari. Zeolit alam Malang yang diaktivasi dengan dengan asam sulfat (H_2SO_4) 1 N dapat digunakan dalam mengadsorpsi ion logam Fe^{3+} sebesar 53,64% dengan waktu kontak selama 60 menit. Zeolit alam Malang yang telah diaktivasi dengan asam sulfat berperan untuk menghilangkan pengotor-pengotor yang terdapat di permukaan zeolit seperti feldspar, kaolin, kuarsa,

lempung, dan tufa sehingga air lebih mudah teradsorpsi ke dalam pori-pori zeolit (Noer, dkk, 2013).

2.2 Adsorpsi

Menurut Webber (1972), adsorpsi adalah suatu proses dimana suatu komponen bergerak dari fasa menuju permukaan suatu fasa yang lain, terutama fasa kedua adalah zat padat. Atkins (1999) menyatakan bahwa adsorpsi merupakan suatu proses penyerapan oleh padatan tertentu terhadap zat tertentu yang terjadi pada permukaan zat padat karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan zat padat tanpa meresap ke dalam. Menurut Muhammad Said, dkk., (2008) dalam keadaan normal ruang hampa dalam kristal zeolit terisi oleh molekul air bebas yang berada di sekitar kation. Bila mineral zeolit dipanaskan pada suhu 300 °C hingga 400 °C maka air tersebut akan keluar sehingga zeolit dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan. Selain mampu menyerap gas atau cairan, zeolit juga mampu memisahkan molekul dan kepolarannya, meskipun ada 2 molekul atau lebih yang dapat melintas tetapi hanya sebuah saja yang dapat lolos. Hal ini dikarenakan faktor selektivitas dari mineral zeolit tersebut yang tidak ditemukan pada adsorbent padat lainnya.

Adsorpsi secara umum dibedakan menjadi dua jenis yaitu, adsorpsi fisika dan kimia (Adamson, 1990). Adsorpsi fisika adalah adsorpsi yang disebabkan oleh interaksi antara adsorben dengan adsorbat pada permukaan yang hanya dipengaruhi oleh gaya *Van Der Waals* atau ikatan hidrogen (Castellan, 1983). Proses adsorpsi fisika bersifat *reversible* (dapat balik) karena dapat dilepaskan kembali dengan adanya penurunan konsentrasi larutan. Adsorbat terikat secara kuat pada bagian adsorben sehingga adsorbat dapat bergerak dari bagian

permukaan sebagian lain dan dapat diganti dengan adsorbat lain (Larry, 1982). Adsorpsi kimia merupakan proses penyerapan yang melibatkan pemutusan dan pembentukan ikatan baru pada permukaan adsorben (Sugiarti, dkk., 2008). Adsorbat yang teradsorpsi oleh proses kimia umumnya sangat sulit untuk diregenerasi (Oscik, 1982), adsorpsi ini biasanya tidak *reversible*. Untuk memisahkan adsorbat dan adsorben harus dipanaskan pada suhu tinggi (Larry, 1982).

Adsorpsi dapat terjadi pada antarmuka padat-cair, padat-gas, atau gas-cair. Molekul yang terikat pada bagian antar muka disebut adsorbat, sedangkan permukaan yang menjerap molekul-molekul adsorbat disebut adsorben. Pada adsorpsi interaksi antara adsorben dengan adsorbat hanya terjadi pada permukaan adsorben. Adsorpsi adalah gejala pada permukaan, sehingga makin besar luas permukaan, maka makin banyak zat yang teradsorpsi. Walaupun demikian, adsorpsi masih bergantung pada sifat zat pengadsorpsi (Fatmawati, 2006).

Banyak suatu adsorbat yang terserap pada permukaan adsorben dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya (Gaol, 2001) :

1. Jenis adsorbat dapat ditinjau dari
 - a. Ukuran molekul adsorbat, rongga tempat terjadinya adsorpsi dapat dicapai melalui ukuran yang sesuai, sehingga molekul-molekul yang bisa diadsorpsi adalah molekul-molekul yang berdiameter sama atau lebih kecil dari diameter pori adsorben.
 - b. Polaritas molekul adsorbat, apabila diameter sama, molekul-molekul polar lebih kuat diadsorpsi daripada molekul-molekul yang kurang

polar, sehingga molekul-molekul yang lebih polar bisa menggantikan molekul-molekul yang kurang polar yang telah diserap.

2. Sifat adsorben, dapat ditinjau dari

- a. Kemurnian adsorben, adsorben yang lebih murni memiliki daya serap yang lebih baik
- b. Luas permukaan, semakin luas permukaan adsorben maka jumlah adsorbat yang terserap akan semakin banyak pula.
- c. Temperatur, adsorpsi merupakan proses eksotermis sehingga jumlah adsorbat akan bertambah dengan berkurangnya temperatur adsorbat. Adsorpsi fisika yang substansial biasa terjadi pada temperatur di bawah titik didih adsorbat, terutama di bawah 50 °C. Sebaliknya pada adsorpsi kimia, jumlah yang diadsorpsi berkurang dengan naiknya temperatur adsorbat.
- d. Tekanan, untuk adsorpsi fisika, kenaikan tekanan adsorbat mengakibatkan kenaikan jumlah zat yang diadsorpsi.

2.3 Logam

Ion-ion logam seperti Pb, Cu, Fe, and Cr mempunyai tendensi terakumulasi dalam organisme, menyebabkan beberapa penyakit dalam tubuh makhluk hidup (Erden, dkk 2004). Timbal (Pb) dapat menyebabkan gangguan ginjal dan keguguran pada ibu hamil serta timbal memiliki sifat karsinogenik, dan besi (Fe) dapat memberikan bekas karat pada pakaian yang dicuci dengan air yang memiliki kadar besi yang tinggi serta bahaya lain yang disebabkan oleh lingkungan tercemar dari logam berat yang tidak dikelola dengan baik sehingga melebihi ambang batas yang ditentukan oleh pemerintah (Rukaesih, 2004).

2.3.1 Logam Cu

Tembaga adalah logam merah muda yang lunak, mudah ditempa, titik lebur 1038 °C. Ada dua deret senyawa tembaga, yaitu senyawa tembaga (I) dan tembaga (II). Tembaga ini tidak larut dalam air. Garam-garam tembaga (II) umumnya berwarna biru, baik dalam bentuk hidrat, padat maupun dalam larutan air (Vogel, 1990).

Logam Cu termasuk logam berat yang berbahaya, akan tetapi berbeda dengan logam-logam lainnya, seperti Hg, Cd, dan Cr. Logam Cu merupakan logam berat esensial yang sangat diperlukan tubuh meskipun dalam jumlah yang sangat sedikit. Toksisitas yang dimiliki Cu akan bekerja dan berbahaya bagi tubuh jika melebihi ambang batas. Konsumsi yang baik bagi manusia adalah 2,5 mg/Kg berat tubuh/hari bagi orang dewasa dan 0,05 mg/Kg berat tubuh/hari bagi anak-anak dan bayi (Palar, 2004).

2.3.2 Logam Pb

Timbal mempunyai berat atom 207,21 mol/gram, berat jenis 11,34 gram/L, bersifat lunak serta berwarna biru atau silver abu - abu dengan kilau logam, nomor atom 82 mempunyai titik leleh 327,4°C dan titik didih 1.620°C (Fardiaz, 1995). Timbal termasuk logam berat "*trace metals*" karena mempunyai berat jenis lebih dari lima kali berat jenis air (Darmono, 2001). Senyawa Pb yang masuk ke dalam tubuh melalui makanan dan akan mengendap pada jaringan tubuh, dan yang lain akan terbuang bersama bahan sisa metabolisme. Konsentrasi timbal di lingkungan tergantung pada tingkat aktivitas manusia, misal di daerah industri, di jalan raya, dan tempat pembuangan sampah. Karena timbal banyak ditemukan pada

lingkungan maka timbal dapat memasuki tubuh melalui udara, air minum, makanan dan tanah pertanian (Munandar, 2014).

2.3.3 Logam Fe

Besi mempunyai berat atom sebesar 55,84 mol/gram dengan berat jenis 7,86 gram/L bersifat padatan yang keras berwarna abu-abu, dan memiliki nomor atom sebesar 26 serta mempunyai titik leleh 1538°C dan titik didih sebesar 1861°C (Fardiaz, 1995). Besi termasuk logam berat dan memiliki berat jenis lebih dari berat jenis air (Darmono, 2001), sifat kimia senyawa Fe dalam perairan yang terdapat di lingkungan akan menyebabkan bekas karat pada pakaian, porselin dan alat-alat rumah tangga serta akan menimbulkan rasa yang tidak enak pada air minum dengan konsentrasi kurang lebih 0,31 mg/L dan akan memberikan warna kuning pada air tanah jika terdapat jumlah besi pada tanah sangat banyak. Selain hal tersebut masih ada sifat redoks, pembentukan kompleks, metabolisme oleh mikroorganisme (Rukaesih, 2004).

2.4 Difraksi Sinar-X (XRD)

Difraksi sinar X merupakan teknik yang digunakan dalam karakteristik material untuk mendapatkan informasi tentang ukuran atom dari material kristal maupun nonkristal. Difraksi tergantung pada struktur kristal dan panjang gelombangnya. Jika panjang gelombang jauh lebih dari pada ukuran atom atau konstanta kisi kristal maka tidak akan terjadi peristiwa difraksi karena sinar akan dipantulkan sedangkan, jika panjang gelombangnya mendekati atau lebih kecil dari ukuran atom atau kristal maka akan terjadi peristiwa difraksi (Ratnasari, 2009).

Difraksi sinar-X merupakan bentuk metode menggunakan radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang pendek yang sesuai dengan jarak antar atom atau bidang kristal. Prinsip kerja difraksi sinar-X adalah sinar-X dihasilkan dari tabung sinar-X yang terjadi akibat adanya tumbukan elektron-elektron yang bergerak sangat cepat dan mengenai logam sasaran, elektron ini membawa energi foton yang cukup untuk mengionisasi sebagian elektron di kulit K (1s), sehingga elektron yang berada pada orbital kulit luar akan berpindah dan mengisi orbital 1s dengan memancarkan sejumlah energi berupa sinar-X. Radiasi yang dihasilkan orbital K ke orbital lain disebut sinar-X deret K, dimana K₁ adalah eksitasi elektron ke kulit L. K₂ adalah eksitasi elektron ke kulit M. Demikian juga untuk K₃ dan seterusnya (Ewing, 1985).

Sinar-X yang dipakai dalam analisa suatu kristal biasanya memancarkan pita-pita radiasi K₁ dan K₂. Sebagai contoh adalah penggunaan logam Cu sebagai sasaran dan logam Ni sebagai filter, dimana K₂ akan diserap oleh Ni dan Cu K₁ dengan panjang gelombang 1,54 Å akan lolos dan digunakan untuk suatu analisa. Berkas sinar radiasi Cu K₁ ini jika mengenai bidang kristal dari suatu material, maka akan dipancarkan oleh atom-atom dalam kristal (Ewing, 1985). Hukum Bragg menyatakan bahwa jika berkas sinar-X ditembakkan pada permukaan kristal pada sudut θ , sebagian dihamburkan oleh lapisan atom-atom dipermukaan. Bagian yang tidak dihamburkan akan menembus menuju lapisan kedua atom-atom dan dihamburkan sebagian sehingga yang tidak terhambur selanjutnya akan lewat menuju lapisan ketiga dan seterusnya. Efek kumulatif dari hamburan yang berasal dari pusat kristal yang berjarak teratur adalah terjadinya difraksi sinar. Syarat terjadinya difraksi yaitu (Ewing, 1985):

1. Jarak antar lapisan dari atom-atom secara kasar harus sama dengan panjang gelombang radiasi
2. Pusat hamburan harus terdistribusi teratur dalam ruang Penguatan sinar yang terpancarkan menjadi kuantitatif hanya jika memenuhi Hukum Bragg. Hukum Bragg didefinisikan sebagai (Hayati 2007) :

$$n\lambda = 2d \sin \theta; n = 1, 2 \dots \dots \dots (2.1)$$

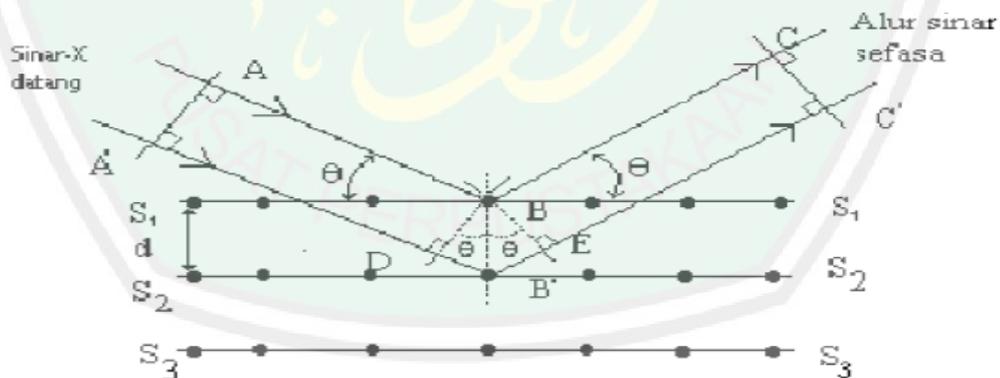
Keterangan :

λ adalah panjang gelombang sinar-X yang digunakan,

d adalah jarak antara dua bidang kisi,

θ adalah sudut antara sinar datang dengan bidang normal,

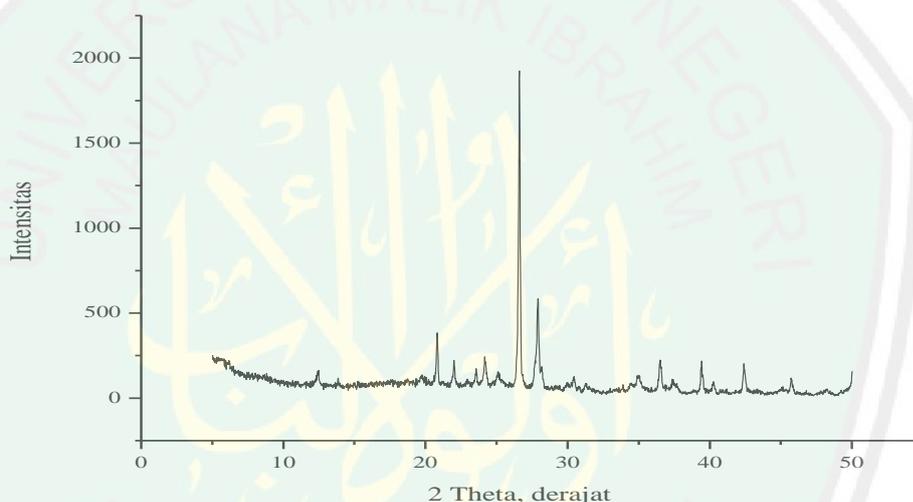
dan n adalah bilangan bulat yang disebut sebagai orde pembiasan



Gambar 2.2 Skema dari berkas sinar X yang memantulkan dari sinar kristal dengan mengikuti Hukum Bragg (Hayati 2007).

Identifikasi spesies dari pola difraksi didasarkan pada posisi garis (dalam θ dan 2θ) dan intensitas relatifnya. Harga 2θ ditentukan oleh harga d . Dengan

bantuan persamaan Bragg, maka harga d dapat dihitung dari panjang gelombang yang diketahui dan sudut terukur. Intensitas garis tergantung pada jumlah dan jenis pusat atom pemantul yang ada pada setiap lapisan. Identifikasi kristal dilakukan secara empiris dimana diperlukan data standar mengenai harga d dan garis intensitas dari senyawa murni. Dengan mengukur intensitas dari garis difraksi dan membandingkannya dengan standar maka analisis kuantitatif dari campuran kristal dapat dilakukan (Skoog dan West, 1980).



Gambar 2.3 Hasil XRD zeolit alam Malang (Botianovi, 2012)

Zeolit alam Malang banyak mengandung zeolit jenis mordenit yang dapat dilihat dari hasil karakterisasi XRD yang telah dilakukan oleh Botianovi (2012). Mordenit merupakan mineral zeolit yang langka, dengan rumus empiris $(Ca,Na_2,K_2)Al_2Si_{10}O_{24}.7H_2O$. Puncak khas mordenit berada pada rentang sudut difraksi (2θ) antara $10-50^\circ$. Zeolit alam ini memiliki luas permukaan dan ukuran pori yang relatif besar dibandingkan dengan zeolit alam lainnya (Zulfa, 2011).

2.5 Spektroskopi Serapan Atom (SSA)

Spektroskopi serapan atom (SAA) adalah suatu metode analisis yang didasarkan pada proses penyerapan energi radiasi oleh atom-atom yang berbeda pada tingkat energi dasar (*ground state*). Penyerapan tersebut menyebabkan tereksitasinya elektron dalam kulit atom ke tingkat energi dasar sambil mengeluarkan energi yang berbentuk radiasi. Atom bebas akan berinteraksi dengan berbagai bentuk energi seperti energi panas, energi elektromagnetik, energi kimia, dan energi listrik. Interaksi ini menimbulkan proses-proses dalam atom bebas yang menghasilkan adsorpsi dan emisi (pancaran) radiasi dan panas. Radiasi yang dipancarkan bersifat khas karena mempunyai panjang gelombang yang karakteristik untuk setiap atom bebas (Basset, 1994).

Analisis SSA pada umumnya digunakan untuk analisis unsur, teknik SSA menjadi alat yang canggih dalam analisis ini disebabkan karena sebelum pengukuran tidak selalu memerlukan pemisahan unsur yang ditentukan karena kemungkinan penentuan suatu logam unsur dengan kehadiran unsur lain dapat dilakukan, asalkan katoda berongga yang diperlukan tersedia. SSA dapat digunakan untuk mengukur logam sebanyak 61 logam. Atom dari suatu unsur dari keadaan dasar akan dikenai radiasi maka atom tersebut akan menyerap energi dan mengakibatkan elektron pada kulit terluar naik ke tingkat energi yang lebih tinggi atau tereksitasi. Atom-atom dari sampel akan menyerap sebagian sinar yang dipancarkan oleh sumber cahaya. Penyerapan energi cahaya terjadi pada panjang gelombang tertentu sesuai dengan energi yang dibutuhkan oleh atom tersebut (Basset, 1994).

Cara kerja SSA ini adalah berdasarakan atas penguapan larutan sampel, kemudian logam yang terkandung didalamnya diubah menjadi atom bebas. Atom tersebut mengabsorpsi radiasi dari sumber cahaya yang dipancarkan dari lampu katoda (*Hollow Cathode Lamp*) yang mengandung unsur yang akan ditemukan. Banyaknya penyerapan radiasi kemudian diukur pada panjang gelombang tertentu menurut jenis logamnya (Darmono, 1995).

2.6 Barang Tambang Dalam Alqur'an

Ilmu pengetahuan merupakan aspek penting untuk dipelajari untuk kemajuan umat manusia baik secara kemajuan teknologi hingga spiritual. Salah satu ilmu pengetahuan yang penting dipelajari yakni tentang mineral (barang-barang tambang). Alqur'an satu-satunya mukjizat yang memanfaatkan kelebihan manusia dari makhluk yang lain yakni akal, sehingga manusia diajak untuk mempelajari dan memahami setiap kandungan ayatnya seperti tentang pengetahuan alam semesta, termasuk ilmu mineralogi. Allah menunjukkan banyak kekuasaannya tidak hanya pada penciptaan manusia, tumbuh-tumbuhan, langit dan bumi. Akan tetapi Allah juga dapat menunjukkan kekuasaannya dengan adanya bebatuan dan barang tambang lain, sesuai firman Allah dalam surah Faathir ayat 27.

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ ثَمَرَاتٍ مُخْتَلِفًا أَلْوَانُهَا وَمِنَ الْجِبَالِ جُدَدٌ بَيضٌ وَحُمْرٌ مُخْتَلِفٌ أَلْوَانُهَا وَغَرَابِيبُ سُودٌ (٢٧)

Artinya: “Tidakkah kamu melihat bahwasanya Allah menurunkan hujan dari langit lalu Kami hasilkan dengan hujan itu buah-buahan yang beraneka macam jenisnya. Dan di antara gunung-gunung itu ada garis-garis putih dan merah yang beraneka macam warnanya dan ada (pula) yang hitam pekat” (QS. Fathir/35: 27).

Allah menjadikan gunung-gunung yang berlainan warnanya. Tanahnya ada yang putih, ada yang merah dan ada yang hitam pekat. Gunung-gunung itu mempunyai jalan-jalan (jalur) yang berbeda warnanya, padahal gunung itu terdiri atas tanah dan batu-batuan (ash-Shiddieqy, 2000). *“Dan di antara gunung-gunung itu ada garis-garis putih dan merah,”* maksudnya adalah diantara gunung itu ada jalan-jalan atau garis-garis. Lafadz *جُدَّدٌ* artinya garis-garis yang ada digunung, yang berwarna putih, merah, dan hitam, seperti jalan (Ath-Thabari, 2009).

“Dan di antara gunung-gunung itu ada garis-garis putih”. Maksudnya adalah jalan-jalan yang berwarna putih. *وَحُمْرٌ مُّخْتَلِفٌ أَلْوَانُهَا* ‘Dan merah yang beraneka macam warnanya’. Maksudnya adalah gunung-gunung yang berwarna merah dan putih, *وَعَرَابِيْبٌ سُوْدٌ* ‘Dan ada (pula) yang hitam pekat’. Sebagaimana warna-warna itu berbeda-beda (Ath-Thabari, 2009).

Konteks ayat ini “tidakkah engkau melihat bahwasanya Allah menurunkan hujan dari langit” yang menunjukkan sesuatu yang jelas tentang beragamanya ciptaan manusia. Sebagaimana pada seluruh makhluk yang ada dibumi, juga ada tumbuh-tumbuhan dan hewan, sampai pada pegunungan dan barang tambang (Al-jaizari, 2009). Warna warni yang menakjubkan serta kombinasi warna yang begitu indah yang tidak hanya terdapat dalam sayur-sayuran tetapi juga dalam hasil batubatuan hasil pertambangan lainnya (serat-serat pualam, kuarsa, dan jenis-jenis kapur, batu laterit yang berwarna merah, batu basalt yang berwarna biru dan batu api yang hitam pekat serta aneka warna yang bertingkat-tingkat (Ali, 1989).

Warna gunung yang bermacam-macam disebabkan adanya perbedaan materi-materi yang dikandung oleh bebatuan gunung-gunung itu. Jika besi, maka

warna dominannya adalah merah; jika materinya batubara, maka dominannya hitam; jika materinya perunggu, maka gunung tersebut berwarna kehijauan, dan seterusnya. Meskipun bentuknya beraneka macam, tapi berasal dari materi yang satu dalam perut bumi. Semua itu bertujuan untuk kemudahan dan pemanfaatan umat manusia (Shihab, 2002). Allah menciptakan gunung-gunung yang kelihatan seperti garis-garis, ada yang kelihatan putih, merah dan hitam pekat. Garis-garis berwarna pada batuan paling umum dijumpai pada jenis batuan sedimen. Setiap lapisan batuan sedimen dapat memiliki warna yang berbeda karena tersusun dari material yang berbeda. Perbedaan warna ini terutama dicirikan oleh perbedaan susunan mineralogisnya.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di Laboratorium Kimia Anorganik, Kimia Organik, Kimia Fisik, Instrumen Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, Laboratorium sentral Universitas Negeri Malang, dan Laboratorium Material dan Metalurgi ITS pada bulan Juni – Oktober 2016.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah : seperangkat alat gelas, neraca analitik, pengaduk magnet, desikator, cawan porselin, oven, ayakan 230 mesh, botol akuades, spatula, pemanas listrik, seperangkat alat refluk, spektrofotometer AAS, *X-Ray Diffractometer (XRD)*-6000 3 kW Shimadzu, dan XRF (*X-Ray Fluorescence*).

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah : zeolit alam Malang, akuades, HNO₃ p.a, H₂SO₄ p.a (1, 3, 5 dan 7 M), limbah logam UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, pH indikator, kertas saring *whatman* 42, dan *Aluminium foil*.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini bersifat kuantitatif yang menggunakan faktor keefektifan penggunaan beberapa konsentrasi asam kuat yaitu H₂SO₄ (1, 3, 5 dan 7 M) untuk mengaktivasi zeolit alam Malang. Hasil aktivasi zeolit alam Malang terbaik

kemudian digunakan sebagai adsorben kandungan logam Cu, Fe, Pb pada limbah logam UIN Maulana Malik Ibrahim Malang. Adapun proses penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut; zeolit alam yang akan digunakan terlebih dahulu diayak agar diperoleh zeolit dengan ukuran partikel yang sama yaitu sebesar 230 mesh. Selanjutnya dilakukan preparasi pada zeolit untuk menghilangkan partikel-partikel yang bercampur dengan zeolit dan dilakukan pengaktifan kimia dengan berbagai konsentrasi asam klorida (1, 3, 5 dan 7 M) yang bertujuan untuk menghilangkan pengotor-pengotor dalam zeolit. Selanjutnya zeolit yang telah diaktivasi disaring dan dicuci dengan akuades sampai pH filtrat netral ± 7 kemudian endapan dikeringkan pada suhu 130 °C selama 3 jam. Lalu dikalsinasi pada suhu 400 °C selama 3 jam.

Hasil aktivasi menggunakan konsentrasi H₂SO₄ terbaik dapat diketahui dari hasil analisa menggunakan XRD dan XRF. Setelah mengetahui hasil yang terbaik, adsorben berupa zeolit alam aktif digunakan untuk mengadsorpsi kandungan logam Cu, Fe, Pb pada sampel limbah laboratorium Kimia UIN Maliki Malang yang sebelumnya telah didestruksi menggunakan HNO₃ 65 % dan kemudian dianalisa menggunakan AAS.

3.4 Tahapan Penelitian

Tahapan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Preparasi zeolit alam
2. Aktivasi zeolit alam
3. Karakterisasi menggunakan XRF
4. Karakterisasi menggunakan XRD
5. Preparasi limbah logam
6. Adsorpsi logam Cu, Fe, Pb pada limbah laboratorium dengan variasi konsentrasi aktivator H-ZA

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Preparasi Zeolit (Trisunaryanti, dkk., 2005)

Zeolit alam Malang halus sebanyak 250 gram direndam dalam 500 mL air bebas ion (Akuades) sambil diaduk dengan pengaduk magnet selama (24 jam) pada suhu kamar (± 25 °C), kemudian disaring dan endapan yang diperoleh dikeringkan dalam oven pada suhu 100 °C selama 24 jam.

3.5.2 Aktivasi Zeolit (Eddy, dkk, 2003 dan Srihapsari, 2009)

Sebanyak 50 gram zeolit yang sudah dipreparasi dimasukkan kedalam 100 mL (1:2 b/v) larutan H₂SO₄ dengan konsentrasi yang berbeda-beda yaitu (1, 3, 5 dan 7 M), kemudian diaduk dengan waktu kontak 4 jam. Selanjutnya zeolit yang telah diaktivasi disaring dan dicuci dengan akuades sampai pH filtrat netral ± 7 . Selanjutnya dikeringkan pada suhu 110 °C selama 12 jam.

3.5.3 Analisis X-ray Fluorescence (XRF)

Karakterisasi dengan XRF dilakukan terhadap sampel zeolit alam sebelum dan sesudah aktivasi menggunakan variasi konsentrasi H₂SO₄ (1, 3, 5 dan 7 M). Sampel yang dikarakterisasi dihaluskan, kemudian diletakkan dalam tempat sampel (*sampel holder*). Selanjutnya, sampel disinari dengan sinar-X.

3.5.4 Analisis Difraksi Sinar-X (XRD)

Karakterisasi dengan XRD dilakukan terhadap zeolit alam hasil aktivasi menggunakan variasi konsentrasi H₂SO₄ (1, 3, 5 dan 7 M). Mula-mula cuplikan dihaluskan hingga menjadi serbuk yang halus, kemudian ditempatkan pada preparat dan diproses. Selanjutnya ditempatkan pada *sampel holder* dan disinari dengan sinar-X pada sudut 2θ sebesar 10-90° dan kecepatan scan 0,02°/detik.

3.5.5 Preparasi Limbah Laboratorium

Limbah logam sebanyak 50 mL dimasukkan dalam beaker gelas, kemudian diaduk hingga homogen. Kemudian ditutup beaker glass yang berisi campuran dengan aluminium foil. Limbah logam kemudian didestruksi dengan 10 mL HNO_3 65 % dan dipanaskan pada suhu 100°C hingga larutan bersisa 25 mL. selanjutnya dianalisis dengan AAS (*Atomic Adsorption Spectroscopy*).

3.5.6 Adsorpsi Logam Pada Limbah Laboratorium dengan Variasi Aktivator

H-ZA

Sebanyak 250 mL sampel limbah hasil preparasi diinteraksikan dengan 25 g zeolit teraktivasi H_2SO_4 (1, 3, 5 dan 7 M). Kemudian diaduk pada kecepatan 180 rpm selama 180 menit (Shavandi, 2012). Setelah itu disaring dan diambil filtratnya. filtrat yang dihasilkan didestruksi dengan HNO_3 65 % dan dipanaskan pada suhu 100°C hingga larutan jernih dan diukur kadar logam Cu, Fe, dan Pb dengan AAS (*Atomic Adsorption Spectroscopy*).

3.5.7 Analisis AAS

3.5.7.1 Pengaturan Alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) Logam Cu

Sederetan larutan standar tembaga (Cu) dianalisis dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) varian spektra AA 6200 pada kondisi sebagai berikut : alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) varian *spectra* AA 6200 meliputi panjang gelombang pada 324,8 nm, laju alir asetilen pada 2,0 L/menit, laju alir udara pada 10,0 L/menit, lebar celah pada 0,5 mm, kuat arus lampu katoda 5,0 μA , tinggi burner 2,0 mm (Supriyanto, 2010).

3.5.7.2 Pengaturan Alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) Logam Fe

Sederetan larutan standar besi (Fe) dianalisis dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) varian spektra AA 240 pada kondisi sebagai berikut : alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) varian *spectra* AA 240 meliputi panjang gelombang pada 248,3 nm, laju alir asetilen pada 2,47 L/menit, laju alir udara pada 13,5 L/menit, lebar celah pada 0,2 mm, kuat arus lampu katoda 5,0 μA , tinggi burner 14 mm (Supriyanto, 2010).

3.5.7.3 Pengaturan Alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) Logam Pb

Sederetan larutan standar Timbal (Pb) dianalisis dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) varian spektra AA 6200 pada kondisi sebagai berikut : alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) varian *spectra* AA 6200 meliputi panjang gelombang pada 217,0 nm, laju alir asetilen pada 1,70 L/menit, laju alir udara pada 13,5 L/menit, lebar celah pada 1,0 nm, kuat arus lampu katoda 5,0 μA , tinggi burner 14 mm (Supriyanto, 2010).

3.5.7.4 Pembuatan Kurva Standart Tembaga (Cu)

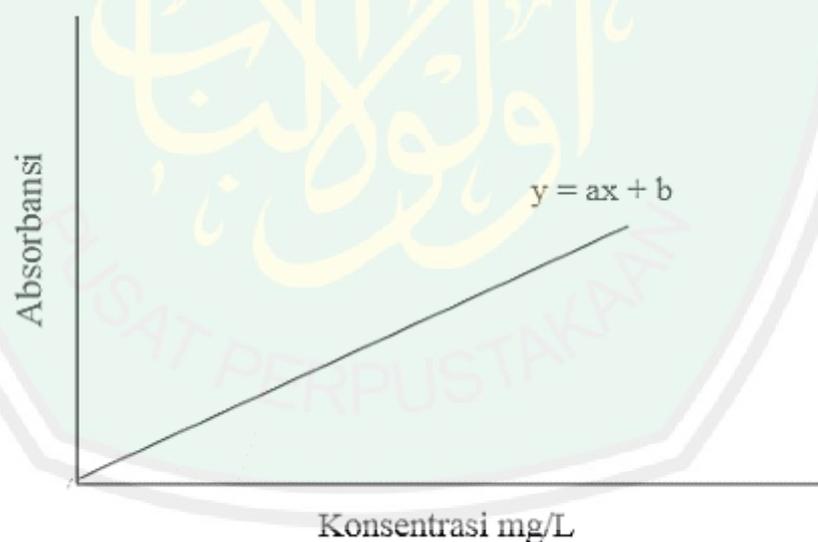
Larutan Standar Tembaga (Cu) diperoleh dari pengenceran larutan induk tembaga Emerck $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 1000 ppm. Kemudian membuat larutan tembaga (Cu) 10 ppm dengan cara memindahkan 1 mL larutan baku 1000 ppm kedalam labu ukur 100 mL, kemudian diencerkan sampai tanda batas. Larutan standar tembaga (Cu) 0, 1, 2, 3, 4, dan 5 ppm dibuat dengan cara memindahkan 0 mL, 5 mL, 10 mL, 15 mL, 20 mL, dan 25 mL larutan baku 10 ppm kedalam labu ukur 50 mL, kemudian diencerkan sampai tanda batas.

3.5.7.5 Pembuatan Kurva Standart Besi (Fe)

Larutan standar Fe (besi) dibuat dari larutan standart $\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ 1000 ppm. Kemudian membuat larutan Fe 10 ppm dengan cara memindahkan 1 mL larutan baku 1000 ppm kedalam labu ukur 100 mL, kemudian diencerkan sampai tanda batas. Selanjutnya membuat larutan standar 0, 1, 2, 3, 4, dan 5 ppm.

3.5.7.6 Pembuatan Kurva Standart Timbal (Pb)

Larutan standar Pb (timbal) dibuat dari larutan standart $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 1000 ppm. Kemudian membuat larutan Pb 10 ppm dengan cara memindahkan 1 mL larutan baku 1000 ppm kedalam labu ukur 100 mL, kemudian diencerkan sampai tanda batas. Selanjutnya membuat larutan standar 0 ppm yang berfungsi sebagai blanko; 0,1; 0,2; 0,4; 0,8; dan 1,4 ppm.



Sederet larutan standar Cu, Fe, dan Pb tersebut selanjutnya dianalisis dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) varian *spectra* AA 240 pada kondisi optimum sehingga diperoleh data absorbansi masing-masing (Rohman dan Gandjar, 2007).

3.5.7.7 Preparasi Limbah Logam Sebelum Analisis AAS

Limbah logam sebanyak 50 mL dimasukkan dalam beaker gelas, kemudian ditambah dengan 10 mL HNO₃ 65% dan didestruksi pada suhu 100° C hingga larutan jernih. Proses pendestruksi dilakukan menggunakan refluks untuk menghindari penguapan zat yang didestruksi. Kemudian larutan disaring dan dianalisis dengan AAS (*Atomic Adsorption Spectroscopy*).

3.5.7.8 Analisis logam Cu, Fe, dan Pb dengan AAS (Spektrofotometer Serapan Atom)

Limbah logam didestruksi dengan HNO₃ 65%. Kemudian dilakukan karakterisasi dengan *Atomic Adsorption Spectroscopy* (AAS) untuk mengetahui kadar Cu, Fe, dan Pb dalam sampel setelah proses preparasi limbah logam berlangsung. Penentuan kadar dilakukan dengan memasukkan serapan sampel ke dalam persamaan regresi dari unsur Cu, Fe, dan Pb (Giyatmi, dkk., 2008).

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

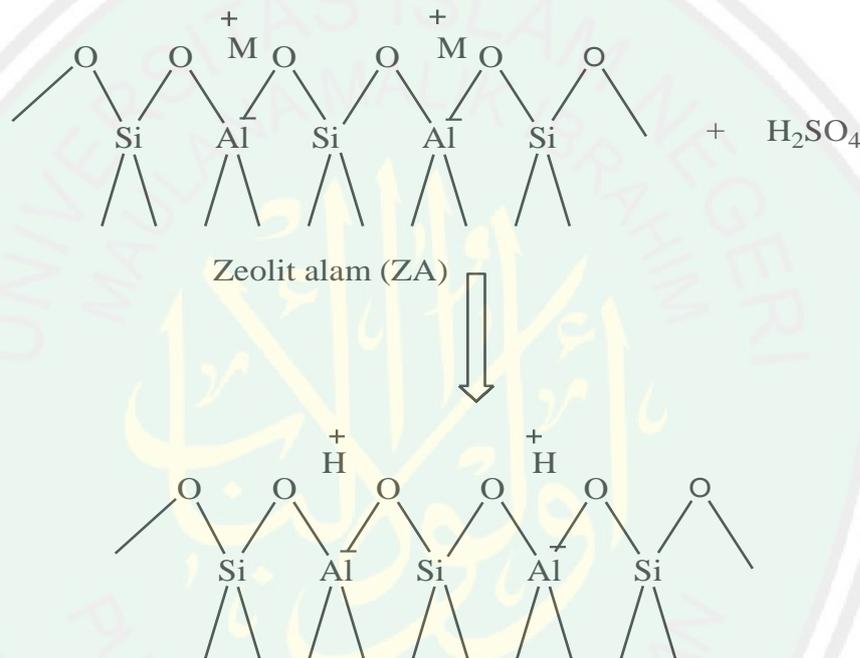
4.1 Zeolit Teraktivasi Kimia dan Fisik

Aktivasi zeolit alam Malang dilakukan dengan dua cara yakni dengan aktivasi fisika dan aktivasi kimia. Aktivasi fisika dilakukan dengan pengayakan dan pemanasan pada zeolit. Zeolit alam yang akan digunakan diayak terlebih dahulu menggunakan ayakan 230 mesh. Pengayakan zeolit alam Malang bertujuan untuk penyeragaman ukuran partikel zeolit, sehingga luas permukaan zeolit menjadi seragam dan menjadi lebih efektif untuk mengadsorpsi limbah logam.

Aktivasi fisika yang dilakukan pada penelitian ini dengan menggunakan pemanasan dilakukan pada suhu 400 °C selama 4 jam. Pemanasan pada temperatur 300-400 °C dapat menguapkan kadar air yang terperangkap dalam pori-pori zeolit serta dapat menghilangkan kandungan organik pada zeolit, sehingga jumlah pori dan luas permukaan zeolit meningkat dan dapat digunakan untuk menyerap gas atau cairan. Menurut Dyer (1988) menunjukkan bahwa zeolit mordenit kemampuan stabilitas termalnya cukup tinggi sampai suhu 800-900 °C.

Aktivasi kimia yang dilakukan pada penelitian ini yakni dengan penambahan larutan asam. Tujuan aktivasi kimia yaitu untuk memurnikan zeolit alam dari ion-ion pengganggu (seperti Ca, Cr, Fe, Mn dan yang lainnya) yang menutupi pori-pori zeolit sehingga dapat meningkatkan karakter zeolit. Aktivasi zeolit alam Malang ini dilakukan dengan menambahkan larutan asam sulfat (H₂SO₄) dengan variasi konsentrasi (1, 3, 5 dan 7 M).

Penambahan larutan asam sulfat (H_2SO_4) membuat struktur zeolit alam Malang lebih tertata akibat hilangnya ion-ion pengganggu yang telah dipertukarkan dengan ion H^+ . Penggunaan konsentrasi aktivator asam sulfat (H_2SO_4) 7 M mempunyai jumlah ion H^+ lebih banyak sehingga lebih efektif dalam proses pertukaran dengan ion-ion pengganggu. Berikut struktur zeolit alam yang diaktivasi menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) :



Gambar 4.1 Mekanisme adsorpsi dan penukar ion (Gates, 1992)

Prosentase ion pengotor terbanyak pada zeolit alam Malang adalah logam besi (Fe). Logam besi (Fe) bukan merupakan unsur utama penyusun kerangka zeolit sehingga penurunan prosentase Fe yang semakin kecil akibat penambahan asam sulfat dengan konsentrasi tinggi tidak mempengaruhi kerangka zeolit. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 4.1 bahwa zeolit alam Malang yang diaktivasi menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) 7 M lebih efektif menurunkan

prosentase logam Fe (besi) pada zeolit alam Malang dibandingkan dengan konsentrasi yang lainnya.

Tabel 4.1 Analisis XRF zeolit alam malang sebelum dan sesudah aktivasi dengan H_2SO_4

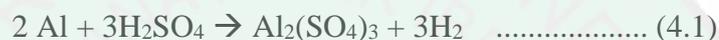
Komponen	Zeolit sebelum aktivasi	Zeolit Aktivasi			
		H_2SO_4 1 M	H_2SO_4 3 M	H_2SO_4 5 M	H_2SO_4 7 M
Al	9.5%	9.3 %	-	-	10%
Si	37.3%	44.6%	51.8 %	60.8%	58.0%
K	5.16%	5.14%	6.67%	9.09%	8.79%
Ca	5.57%	3.55%	4.53%	6.55%	6.30%
Ti	1.64%	1.88%	2.62%	3.57%	3.34%
V	0.045%	0.063%	0.064%	0.09%	0.08%
Cr*	0.072%	0.067%	0.075%	0.31%	0.061%
Mn*	2.21%	1.4%	1.2%	0.073%	0.27%
Fe*	35.9%	30.6%	29.9%	17.1%	14.3%
Ni*	1.11%	1.54%	1.8%	1.48%	1.35%
Cu*	0.21%	0.26%	0.31%	0.27%	0.25%
Zn*	0.70%	0.50%	0.54%	0.36%	0.27%
Eu*	0.5%	0.2%	0.2%	0.2%	0.1%
Re	0.1%	0.1%	0.3%	0.2%	0.2%

* Penurunan kadar ion-ion pengganggu mengakibatkan peningkatan kadar ion logam lain dalam zeolit alam Malang teraktivasi asam sulfat (H_2SO_4)

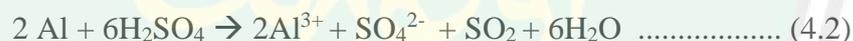
Pada Tabel 4.1 dapat dilihat penurunan prosentase ion-ion pengganggu yang menutupi permukaan zeolit dari sebelum dan sesudah aktivasi. Penambahan asam dapat mempengaruhi penurunan ion-ion pengganggu seperti Cr, Fe, Ni, Cu, Zn dan Eu pada zeolit alam Malang. Semakin besar konsentrasi penambahan asam sulfat (H_2SO_4) terhadap zeolit alam Malang maka prosentase ion-ion pengganggu yang menutupi permukaan zeolit semakin menurun. Prosentase Si mengalami peningkatan akibat terjadinya penurunan logam yang menempel pada permukaan zeolit.

Zeolit alam teraktivasi asam sulfat 3 dan 5 M mengalami dealuminasi sedangkan zeolit alam teraktivasi asam sulfat konsentrasi 7 M tidak mengalami

dealuminasi. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi konsentrasi asam sulfat (H_2SO_4) maka semakin tinggi viskositasnya. Viskositas asam sulfat 1, 3, 5, dan 7 M secara berturut-turut adalah sebagai berikut 0,513 St; 1,369 St; 1,179 St ; 2,047 St (Vinal & Craig, 1999). Viskositas yang tinggi menyebabkan larutan asam sulfat semakin kental sehingga sulit untuk melarutkan aluminium. Selain itu logam alumina memiliki sifat amfoter yang dapat larut dengan basa dan asam. Asam sulfat encer dapat dengan mudah melarutkan logam alumina (Donaldson, 2009) :

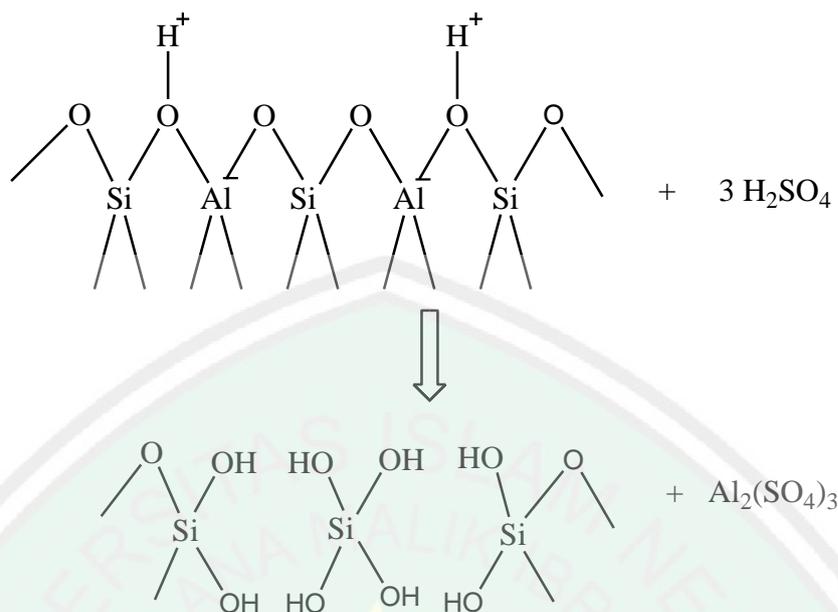


Asam sulfat pekat bereaksi dengan alumina yang bersifat amfoter dengan membebaskan gas hidrogen, reaksi tersebut terjadi pada suhu panas yakni lebih dari 850°C (Fitri, 2013). Berikut reaksi asam sulfat pekat dengan alumina (Svehla, 1990) :



Zeolit merupakan senyawa yang terdiri dari ikatan SiO_4 dan AlO_4 yang dihubungkan oleh atom oksigen untuk membentuk kerangka zeolit. Pada kerangka zeolit terdapat atom Al^- yang dinetralkan oleh kation-kation yang mudah ditukarkan dengan kation H^+ dari proses aktivasi menggunakan asam sulfat. Proses aktivasi juga dapat merubah perbandingan ratio Si/Al yang dimiliki oleh zeolit alam Malang. Pada zeolit alam yang diaktivasi menggunakan H_2SO_4 3 M dan 5 M terjadi dealuminasi hal ini dimungkinkan saat aktivasi atom Al yang terdapat pada kerangka zeolit ikut larut. Reaksi asam sulfat melarutkan alumina:

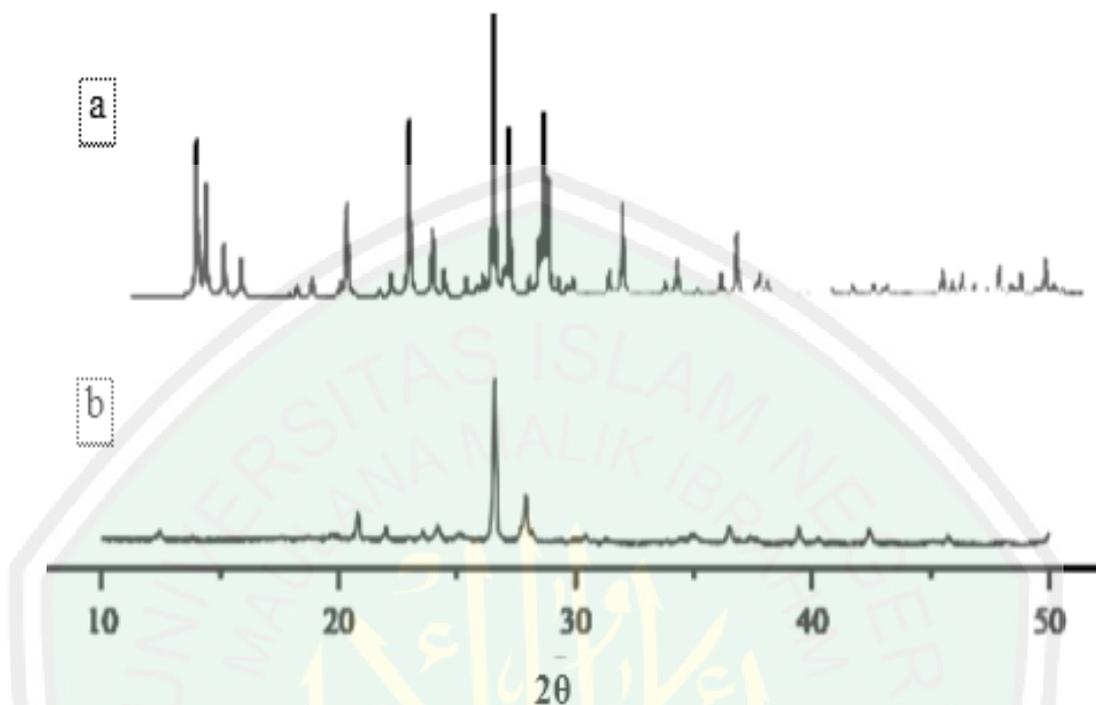




Gambar 4.2 Dealuminasi zeolit akibat penambahan asam (Gonzales, 2011)

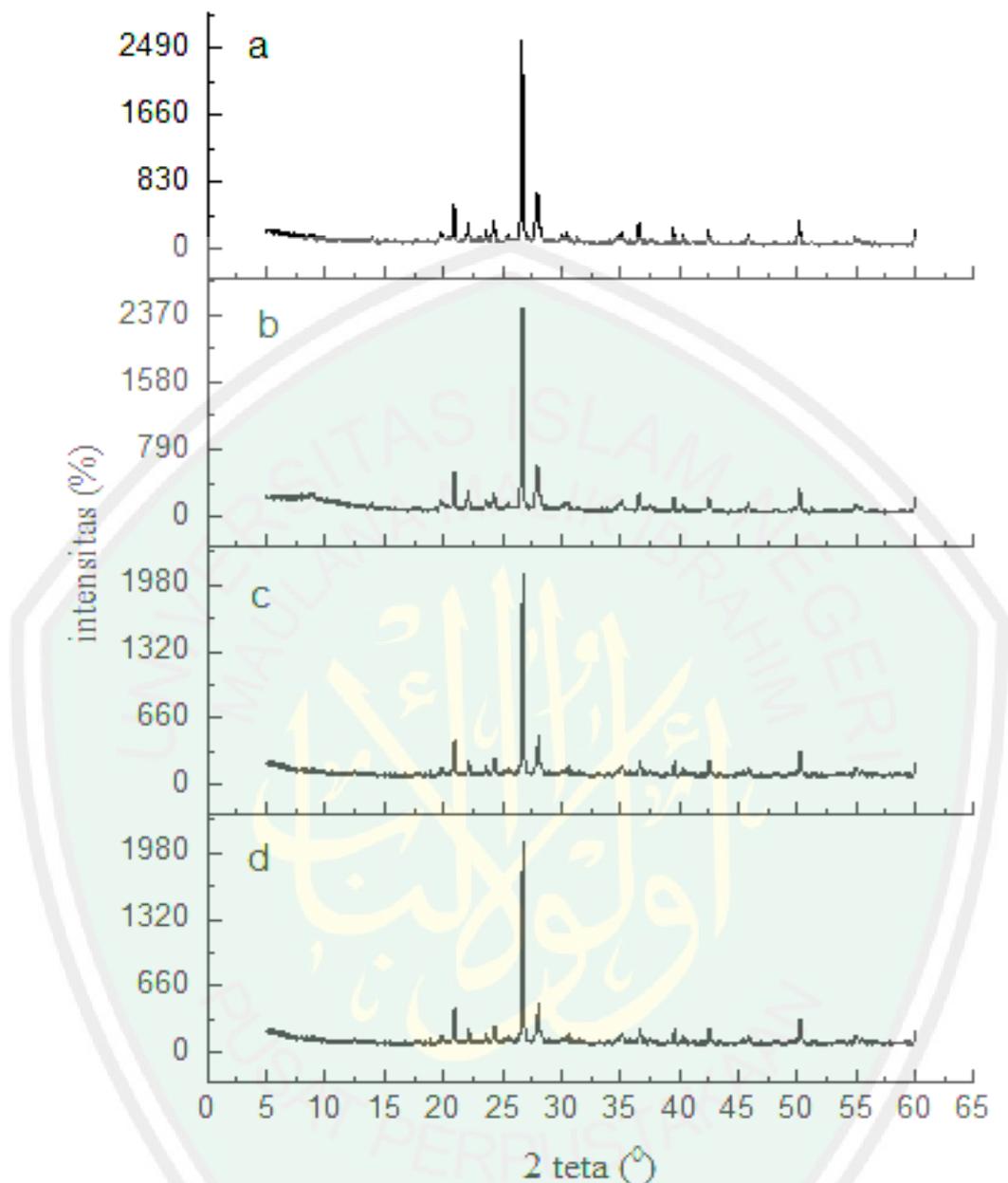
4.2 Karakterisasi *X-Ray Diffraction* (XRD)

Difraksi sinar-X merupakan suatu metode analisis kualitatif yang digunakan untuk mendapatkan informasi mengenai kandungan mineral yang terdapat pada material seperti zeolit alam. Karakteristik zeolit alam Malang yang diaktivasi menggunakan asam sulfat (H₂SO₄) 1 M, 3 M, 5 M, dan 7 M dilakukan dengan menggunakan metode *X-Ray Diffraction* (XRD). Metode *X-Ray Diffraction* (XRD) ini digunakan untuk mengidentifikasi kandungan mineral zeolit alam Malang sebelum dan sesudah dilakukan aktivasi menggunakan asam sulfat dengan berbagai konsentrasi, serta untuk mengetahui kemungkinan pembentukan fasa baru selama zeolit alam diaktivasi.



Gambar 4.3 Standart XRD zeolit mordenit (Treacy & Higgins, 2011) (a), Hasil XRD zeolit alam Malang (Botianovi, 2012) (b)

Pada Gambar 4.3 dapat dilihat adanya puncak-puncak spesifik yang merupakan puncak dari mordenit, yaitu pada $2\theta = 20,8190; 22,0085; 26,6042; 27,9099; \text{ dan } 36,5031$. Wustoni dkk. (2011) menambahkan data difraktogram XRD pola khas zeolit mordenit terletak pada sudut 2θ utama yaitu $13,26$ dan $27,6$. Sedangkan puncak khas untuk mordenit terdapat pada beberapa puncak yang tertinggi yaitu pada $2\theta = 6,51^\circ; 9,77^\circ; 22,20^\circ; 25,631^\circ; 26,25^\circ$ dan $27,651^\circ$ (Treacy & Higgins, 2001). Difaktogram zeolit alam Malang dari hasil analisis difaksi sinar-X nilai 2θ nya cocok dengan data sehingga diketahui bahwa jenis mineral zeolit alam Malang banyak mengandung zeolit jenis mordenit.



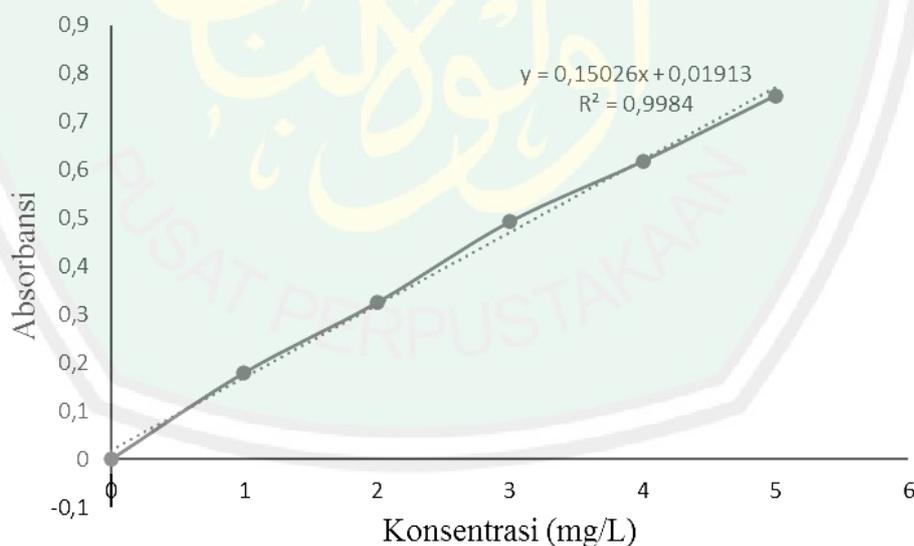
Gambar 4.4 Hasil XRD zeolit alam Malang teraktivasi a = zeolit alam aktivasi H_2SO_4 7 M, b = zeolit alam aktivasi H_2SO_4 5 M, c = zeolit alam aktivasi H_2SO_4 3 M, d = zeolit alam aktivasi H_2SO_4 1 M

Pada Gambar 4.4 menunjukkan bahwa penambahan asam sulfat (H_2SO_4) 1 M dan 7 M tidak mempengaruhi struktur zeolit alam Malang secara signifikan. Begitu juga dengan penambahan asam sulfat (H_2SO_4) 3 M dan 5 M tidak mempengaruhi struktur zeolit meskipun zeolit tersebut mengalami dealuminasi. Difraktogram yang terbentuk pada zeolit alam Malang yang diaktivasi dengan

berbagai variasi terlihat secara jelas memiliki intensitas puncak tertinggi yang hampir sama dengan zeolit alam Malang. Perubahan intensitas relatif kristal disebabkan adanya penambahan konsentrasi asam sulfat (H_2SO_4) sebagai aktivator zeolit.

4.3 Pembuatan Kurva Standar Cu, Fe, dan Pb

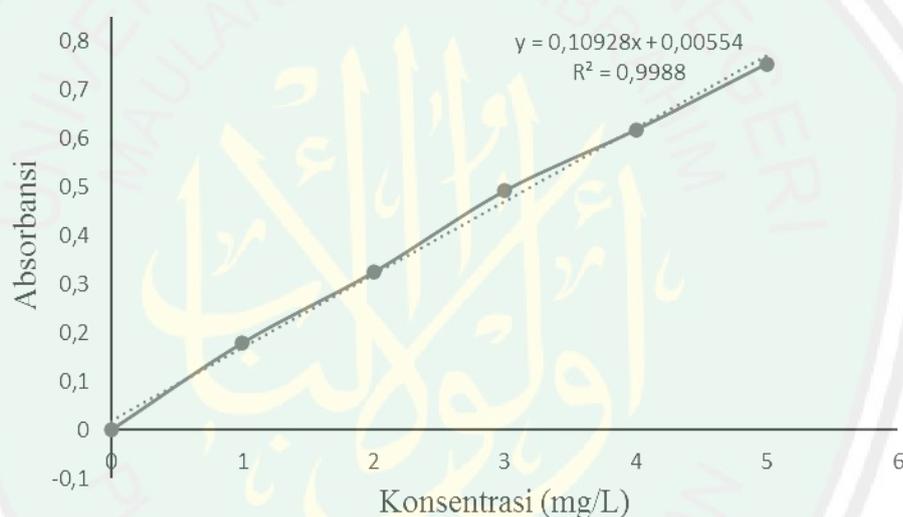
Pembuatan kurva standart bertujuan untuk mengetahui hubungan antara konsentrasi larutan dengan nilai absorbansinya sehingga konsentrasi logam yang ingin diketahui dapat diperoleh. Kurva standar dibuat berdasarkan hukum Lambert-Beer, yaitu $A = abc$. Absorbansi (A) merupakan absorbansi, nilai a adalah Absorptivitas (gr/L), b adalah tebal nyala (nm) dan c merupakan konsentrasi (ppm).



Gambar 4.5 Kurva standar tembaga (Cu)

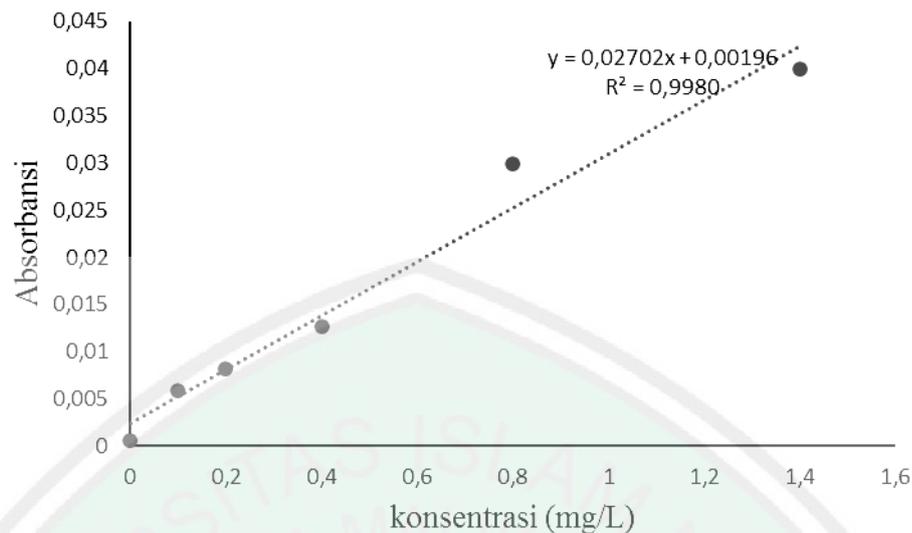
Berdasarkan Gambar 4.5 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi kandungan logam Cu yang dianalisa menggunakan SAA (Spektroskopi serapan

atom), maka semakin tinggi pula absorbansinya sesuai kurva garis lurus dari perbandingan antara sumbu x dan y tersebut. Dari regresi linier $y = bx+a$ dapat diketahui nilai R (koefisien kolerasi) sebesar 0,9984 yang bernilai positif. Pembuatan kurva standar ini dilakukan untuk sampel selanjutnya (*recall*) yakni berupa logam Cu pada limbah yang diadsorpsi dengan zeolit alam yang telah diaktivasi dengan variasi konsentrasi H_2SO_4 (asam sulfat) sehingga menghemat waktu yang digunakan lebih efektif dan efisien.



Gambar 4.6 Kurva standar besi (Fe)

Dapat dilihat dari Gambar 4.6 semakin tinggi konsentrasi logam Fe yang dianalisa, maka semakin tinggi pula absorbansinya sesuai kurva garis lurus dari perbandingan antara sumbu x dan y tersebut. Dari regresi linier $y = bx+a$ dapat diketahui nilai (koefisien kolerasi) $R = 0,9988$ yang bernilai positif. Pembuatan kurva standar dapat dibaca ulang untuk standar pembacaan logam Fe pada limbah yang diadsorpsi dengan zeolit alam Malang sebelum dan sesudah diaktivasi menggunakan H_2SO_4 (asam sulfat).



Gambar 4.7 Kurva standar timbal (Pb)

Dapat dilihat dari Gambar 4.7 semakin tinggi konsentrasi logam Pb, maka semakin tinggi pula absorbansinya sesuai kurva garis lurus dari perbandingan antara sumbu x dan y tersebut. Dari regresi linier $y = bx+a$ dapat diketahui nilai (koefisien korelasi) $R = 0,9980$ yang bernilai positif. Kurva standar tersebut dapat dijadikan acuan analisa kadar Pb pada limbah yang diadsorpsi dengan zeolit alam.

4.4 Adsorpsi Kadar Logam Pada Limbah Menggunakan Zeolit Alam Malang

Kadar limbah logam di laboratorium kimia UIN Maulana Malik Ibrahim Malang sangat tinggi yang dapat menyebabkan toksisitas apabila langsung dibuang ke lingkungan. Kadar logam pada limbah tersebut dapat diketahui dari hasil analisis menggunakan AAS (*Atomic Adsorption Spectroscopy*). Sebelum dianalisa limbah logam tersebut didestruksi terlebih dahulu dengan HNO_3 yang dilakukan secara tertutup menggunakan refluks dalam lemari asap agar asam pendestruksi tidak menguap sehingga kadar logam yang akan dianalisis dapat

terdeteksi. Pada destruksi tertutup menggunakan refluks akan mendinginkan uap yang mengembun pada kondensor akibat adanya pemanasan pendestruksi pada suhu 100°C. Destruksi ini dilakukan untuk memecah senyawa menjadi unsur-unsur sehingga dapat dianalisa menggunakan AAS (*Atomic Adsorption Spectroscopy*). Analisis kadar logam dilakukan tiga kali pengulangan agar diperoleh hasil data yang lebih akurat.

Adsorpsi ini merupakan adsorpsi yang melibatkan dua fasa yakni fasa cair (adsorbat) berupa limbah logam yang diperoleh dari laboratorium kimia UIN Maliki Malang dengan fase padat (adsorben) berupa zeolit alam Malang. Zeolit alam merupakan mineral alam yang memiliki struktur terbuka dengan luas permukaan yang besar sehingga efektif digunakan sebagai adsorben. Selain itu pada permukaan zeolit terdapat sisi aktif berupa gugus -OH yang memungkinkan adanya penyerapan.

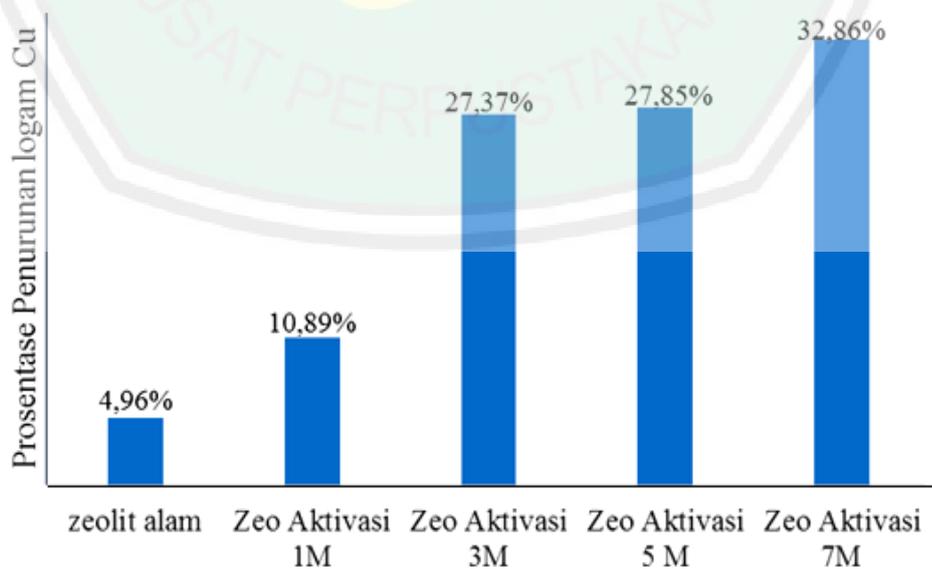
4.4.1 Adsorpsi Cu pada Limbah dengan Zeolit Teraktivasi H₂SO₄

Zeolit alam Malang yang sudah diaktivasi menggunakan H₂SO₄ 1 M, 3 M, 5 M, 7 M dan zeolit alam tanpa aktivasi masing-masing digunakan sebagai adsorben limbah logam yang mengandung logam Cu. Selanjutnya dianalisis kandungan Cu (tembaga) limbah menggunakan AAS (*Atomic Adsorption Spectroscopy*). Sebelum dianalisis kandungan logam dalam sampel tersebut dilakukan destruksi basah menggunakan HNO₃ pekat dengan menggunakan refluks hingga jernih. Larutan logam hasil destruksi mengandung logam Cu dalam bentuk kationik yang kemudian dirubah menjadi aerosol saat dianalisa menggunakan AAS (*Atomic Adsorption Spectroscopy*).

Tabel 4.2 Kadar Cu pada limbah

Pengulangan	Konsentrasi Cu					
	Sebelum Adsorpsi Dengan Zeolit (ppm)	Setelah adsorpsi menggunakan zeolit alam				
		Tanpa aktivasi (ppm)	Teraktivasi H ₂ SO ₄			
			1M (ppm)	3 M (ppm)	5 M (ppm)	7 M (ppm)
I	22,88	22,32	20,28	15,64	16,16	16,76
II	24	20,72	20,24	17,92	16,16	14,2
III	21,4	21,84	20,32	16,04	16,34	14,88
Rata-rata	22,76	21,63	20,28	16,53	16,42	15,28

Pada Tabel 4.2 menunjukkan bahwa perlakuan adsorpsi kadar Cu dalam limbah laboratorium UIN Maliki Malang mengalami penurunan setelah diaktivasi menggunakan H₂SO₄. Semakin tinggi konsentrasi H₂SO₄ yang digunakan sebagai aktivator terhadap zeolit maka semakin tinggi daya adsorpsi zeolit terhadap kadar logam dalam sampel. Zeolit alam teraktivasi H₂SO₄ memiliki luas permukaan yang lebih besar akibat hilangnya pengotor-pengotor dari pada zeolit alam tanpa aktivasi sehingga efektif digunakan untuk mengadsorp kadar logam seperti Cu.

**Gambar 4.8** Prosentase penurunan kadar Cu pada limbah

Pada Gambar 4.8 menunjukkan semakin tinggi prosentase penurunan kadar limbah Cu setelah diadsorpsi menggunakan zeolit alam teraktivasi H_2SO_4 . Semakin tinggi konsentrasi H_2SO_4 sebagai aktivator semakin efektif dalam menghilangkan pengotor-pengotor pada permukaan zeolit. Hal ini menyebabkan luas permukaannya semakin meningkat dan daya adsorpsinya juga meningkat.

Kadar logam Cu dalam sampel yang telah diadsorpsi menggunakan zeolit alam Malang masih melebihi baku mutu limbah cair yang ditetapkan oleh KEMEN LH. No.5 tahun 2014. Pemerintah menetapkan bahwa baku mutu limbah Cu sebesar 2 ppm. Kadar logam Cu (tembaga) yang masih melebihi baku mutu tersebut dimungkinkan karena terlalu tingginya kadar logam Cu dalam limbah laboratorium kimia UIN Maliki Malang dari kegiatan praktikum dan penelitian. Selain itu dimungkinkan limbah tersebut masih mengikat senyawa-senyawa lain karena logam berat memiliki sifat mudah mengikat senyawa lain seperti bahan organik sehingga zeolit alam sulit untuk mengadsorpsi kadar logam dalam limbah tersebut.

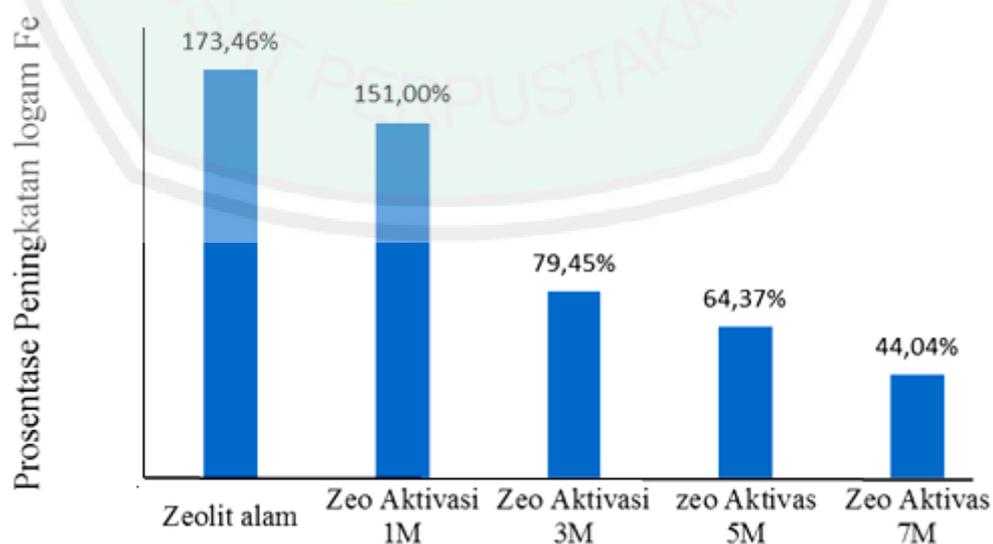
4.4.2 Adsorpsi Fe pada Limbah dengan Zeolit Teraktivasi H_2SO_4

Sama dengan sebelumnya Zeolit alam Malang yang sudah diaktivasi menggunakan H_2SO_4 1 M, 3 M, 5 M, 7 M dan zeolit alam tanpa aktivasi digunakan sebagai adsorben limbah laboratorium kimia UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang mengandung logam Fe. Kemudian dianalisis kandungan Fe (Besi) di dalam limbah menggunakan AAS (*Atomic Adsorption Spectroscopy*). Sebelum dianalisis kandungan logam dalam sampel tersebut dilakukan destruksi basah dengan menggunakan refluks.

Tabel 4.3 Adsorpsi kadar Fe pada limbah

Pengulangan	Konsentrasi Fe					
	Sebelum Adsorpsi Dengan Zeolit (ppm)	Tanpa aktivasi (ppm)	Setelah Adsorpsi Menggunakan Zeolit alam			
			Teraktivasi H ₂ SO ₄			
			1M (ppm)	3 M (ppm)	5 M (ppm)	7 M (ppm)
I	51,64	138	121,4	93,496	84,4	78,72
II	50,8	137,2	127,6	83,096	83,6	67,16
III	45,52	129,4	122,4	88,92	75,2	67,24
Rata-rata	49,32	134,87	123,8	88,504	81,07	71,04

Kadar logam Fe (besi) dalam sampel limbah yang telah diadsorpsi menggunakan zeolit alam Malang memiliki kadar yang sangat tinggi dan jauh melebihi baku mutu limbah cair yang ditetapkan oleh KEMEN LH. No.5 tahun 2014 yakni sebesar 5 ppm. Pada Tabel 4.3 menunjukkan bahwa kandungan logam Fe pada limbah logam yang dianalisis mengalami peningkatan dibandingkan sebelum dilakukan proses adsorpsi. Prosentase peningkatan kadar Fe setelah dan sesudah proses adsorpsi disajikan pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Prosentase peningkatan kadar Fe pada limbah

Pada Gambar 4.9 menunjukkan bahwa peningkatan kadar Fe tertinggi pada limbah terdapat pada zeolit alam Malang tanpa aktivasi yakni 173,46%. Pada proses adsorpsi dengan zeolit alam Malang teraktivasi 1, 3, 5, dan 7 M prosentase penambahan logam Fe ke dalam limbah semakin kecil dengan kecenderungan semakin tinggi konsentrasi H_2SO_4 penambahan logam Fe semakin kecil. Logam Fe dalam kondisi asam menghasilkan Fe^{2+} dan atau Fe^{3+} (Basset, 1994). Penambahan kadar Fe dalam limbah dapat disebabkan lepasnya kadar logam Fe pada adsorben zeolit alam Malang akibat keasaman limbah laboratorium. Limbah yang bersifat asam ($pH=1,5$) memungkinkan larutnya Fe dari zeolit alam Malang dan membuat kadar logam Fe dalam limbah semakin tinggi dibandingkan dengan sebelum proses adsorpsi.

Adsorben zeolit alam Malang tanpa aktivasi dengan kandungan Fe tinggi (35,9%) melepaskan Fe ke dalam limbah dengan konsentrasi yang tinggi (137,46%). Sedangkan adsorben zeolit alam dengan kandungan Fe rendah (zeolit alam teraktivasi) melepaskan Fe ke dalam limbah dengan konsentrasi rendah pula. Penambahan Fe terkecil diperoleh dari proses adsorpsi menggunakan zeolit alam teraktivasi H_2SO_4 7 M yakni sebesar 44,04%. Adsorben teraktivasi H_2SO_4 7 M memiliki kadar Fe terendah (14,3%) dibandingkan dengan adsorben lain yang telah disajikan pada Tabel 4.1.

4.4.3 Adsorpsi Pb pada Limbah dengan Zeolit Teraktivasi H_2SO_4

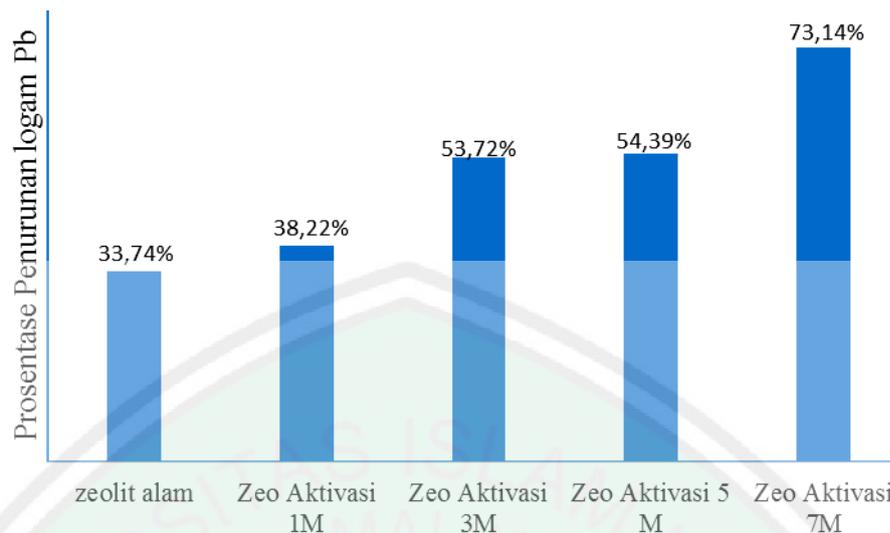
Zeolit alam Malang yang sudah diaktivasi menggunakan H_2SO_4 1 M, 3 M, 5 M, 7 M dan zeolit alam tanpa aktivasi digunakan sebagai adsorben limbah logam kimia UIN Maliki Malang. Sebelum kandungan logam Pb dianalisis

menggunakan AAS (*Atomic Adsorption Spectroscopy*) sampel tersebut didestruksi menggunakan asam nitrat (HNO_3) pekat dan kemudian direfluks hingga jernih. Larutan logam hasil destruksi mengandung logam Pb dalam bentuk kationik yang kemudian dirubah menjadi aerosol saat dianalisa menggunakan AAS (*Atomic Adsorption Spectroscopy*).

Tabel 4.4 Adsorpsi kadar Pb pada limbah

Pengulangan	Konsentrasi Pb					
	Sebelum Adsorpsi Dengan Zeolit (ppm)	Setelah adsorpsi menggunakan zeolit alam				
		Tanpa aktivasi (ppm)	Teraktivasi H_2SO_4			
			1M (ppm)	3 M (ppm)	5 M (ppm)	7 M (ppm)
I	18,84	12,28	11,36	8,8	8,76	6,68
II	16,64	11,48	10,8	8	9,16	4,68
III	18,12	11,76	10,96	8	6,54	3,04
Rata-rata	17,87	11,84	11,04	8,27	8,15	4,8

Pada Tabel 4.4 dapat diketahui bahwa variasi konsentrasi asam sulfat (H_2SO_4) yang digunakan dalam aktivasi kimia mempengaruhi kapasitas adsorpsi. Semakin tinggi konsentrasi aktivator yang digunakan pada zeolit alam Malang yang berfungsi sebagai adsorben menunjukkan bahwa semakin turun kadar logam Pb yang terdapat pada sampel limbah kimia UIN Maliki Malang. Hal ini disebabkan adanya aktivasi asam sulfat (H_2SO_4) yang dapat mengurangi pengotor-pengotor dari permukaan struktur zeolit sehingga luas permukaannya semakin tinggi dan efektif untuk mengadsorpsi kadar logam Pb dalam limbah.



Gambar 4.10 Prosentase penurunan kadar Pb pada limbah

Pada Gambar 4.10 menunjukkan semakin tinggi prosentase penurunan kadar limbah Cu setelah diadsorpsi menggunakan zeolit alam teraktivasi asam sulfat (H_2SO_4). Semakin tinggi konsentrasi H_2SO_4 sebagai aktivator semakin efektif dalam menghilangkan pengotor-pengotor pada permukaan zeolit. Hal ini menyebabkan luas permukaannya semakin meningkat dan daya adsorpsinya juga meningkat.

Kadar logam Pb dalam sampel yang telah diadsorpsi menggunakan zeolit alam Malang masih melebihi baku mutu limbah cair yang ditetapkan oleh KEMEN LH. No.5 tahun 2014. Pemerintah menetapkan bahwa baku mutu limbah Pb sebesar 0,1 ppm. Karena logam berat memiliki sifat yang mudah mengikat senyawa lain, hal ini memungkinkan kadar logam dalam limbah laboratorium mengalami kenaikan karena sulitnya zeolit mengadsorpsi limbah tersebut. Hasil XRF pada Tabel 4.1 menunjukkan bahwa dalam zeolit alam Malang tidak mengandung logam Pb sebagai ion pengganggu sehingga zeolit alam teraktivasi

H₂SO₄ lebih efektif digunakan sebagai adsorben logam Pb pada limbah laboratorium Kimia UIN Malang.

4.5 Pemanfaatan Zeolit Alam Malang Sebagai Adsorben dalam Perspektif Islam

Penelitian ini menunjukkan dengan adanya ilmu pengetahuan kita mampu untuk mengetahui berbagai macam hal yang tentunya bertujuan untuk menambah ketauhidan dan kepercayaan kita kepada ajaran-ajaran Allah yang banyak dijelaskan dalam Alqur'an. Salah satu ilmu pengetahuan yang dapat kita ketahui seperti pada surat Fathir ayat 27 yakni bahwa Allah SWT telah menciptakan warna warni yang menakjubkan serta kombinasi warna yang begitu indah yang tidak hanya terdapat dalam sayur-sayuran tetapi juga dalam hasil batu-batuan dan hasil pertambang lainnya (Ali, 2009). Dalam tafsir Yusuf Ali (2009) menjelaskan bahwa barang tambang tersebut bisa berupa Serat-serat pualam, kuarsa dan jenis-jenis kapur batu laterit yang berwarna merah, batu basalt yang berwarna biru dan batu api yang berwarna hitam pekat dan lainnya. Penciptaan berbagai macam barang tambang yang begitu menakjubkan tersebut tidak hanya indah warnanya tetapi barang tambang tersebut juga memiliki berbagai macam manfaat yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan manusia salah satunya sebagai adsorben.

Berdasarkan kandungan barang tambang atau batuan alam perlu adanya upaya pemanfaatan yang tepat. Pemanfaatan segala macam ciptaan Allah yang berada di bumi ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan hidup agar tidak ada yang sia-sia, namun penggunaannya tidak berlebihan. Salah satu pemanfaatan

tersebut yaitu dengan cara meningkatkan daya guna barang tambang tersebut sebagai adsorben seperti firman Allah dalam surat ar-Ruum ayat 8.

أَوَلَمْ يَتَفَكَّرُوا فِي أَنفُسِهِمْ مَا خَلَقَ اللَّهُ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضَ وَمَا بَيْنَهُمَا إِلَّا بِالْحَقِّ
وَأَجَلٍ مُّسَمًّى وَإِنَّ كَثِيرًا مِّنَ النَّاسِ بِلِقَاءِ رَبِّهِمْ لَكَافِرُونَ (٨)

Artinya : “Dan mengapa mereka tidak memikirkan tentang (kejadian) diri mereka?, Allah tidak menjadikan langit dan bumi dan apa yang ada di antara keduanya melainkan dengan (tujuan) yang benar dan waktu yang ditentukan. Dan sesungguhnya kebanyakan di antara manusia benar-benar ingkar akan pertemuan dengan Tuhannya”.

Dalam ayat tersebut menganjurkan kepada manusia untuk memikirkan kejadian dan keadaan diri mereka, darimana asalnya dan bagaimana akan musnah. Setelah anjuran tersebut, barulah ayat ini melanjutkan tujuan penciptaan langit, bumi dan apa yang ada diantara keduanya, yakni bahwa itu bukan permainan atau sia-sia tetapi untuk tujuan yang benar.

Indonesia merupakan negara yang memiliki banyak pegunungan berapi yang berpotensi besar menjadi sumber terbentuknya batuan-batuan yang beragam jenis, bentuk dan warnanya. Seperti yang dijelaskan pada Alqur'an Surat Fathir ayat 27 “dan di antara gunung-gunung itu ada garis-garis putih dan merah yang beraneka macam warnanya dan ada (pula) yang hitam pekat”. Batuan-batuan yang terletak di antara gunung yang berada di Indonesia tersebut salah satunya berupa zeolit alam yang cadangannya sekitar 400 juta ton. Kelimpahan zeolit Indonesia merupakan kekayaan alam yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan hidup. Namun di Indonesia masyarakat kurang menyadari potensi sumber daya alam yang diberikan Allah SWT melalui barang tambang berupa zeolit ini. Allah menunjukkan kekuasaannya tidak hanya melalui tanaman-tanaman, melainkan juga melalui barang tambang (bebatuan dari pegunungan

yang memiliki jalur dan garis-garis yang terlihat berwarna putih, merah, dan terlihat hitam pekat).

Sepertihalnya kekayaan alam yang lain bebatuan khususnya zeolit alam juga memiliki manfaat tersendiri untuk berbagai macam kebutuhan manusia salah satunya sebagai adsorben yang dapat digunakan untuk menurunkan kadar logam pada limbah. Zeolit alam efektif sebagai adsorben karena batuan ini memiliki rongga-rongga yang teratur sehingga memungkinkan terjadinya adsorpsi sehingga mempunyai kemampuan untuk menyerap logam yang salah satunya terdapat dalam limbah. Namun zeolit alam saja kurang efektif jika digunakan langsung sebagai adsorben karena banyaknya pengotor yang menutupi pori-pori zeolit alam tersebut, sehingga perlu adanya modifikasi atau aktivasi kimia maupun fisika terlebih dahulu terhadap zeolit alam yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas adsorpsinya.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Hasil XRF zeolit alam setelah diaktivasi menggunakan H_2SO_4 menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi H_2SO_4 maka prosentase ion-ion pengganggu yang menutupi pori zeolit semakin menurun. Hasil XRD menunjukkan bahwa aktivasi menggunakan H_2SO_4 1, 3, 5, dan 7 M tidak mempengaruhi struktur zeolit, meskipun zeolit alam yang diaktivasi menggunakan H_2SO_4 3 dan 5 M mengalami dealuminasi. Prosentase penurunan kadar Cu dan Pb terbaik ditunjukkan setelah proses adsorpsi menggunakan zeolit alam teraktivasi asam sulfat 7 M yakni 32,86% dan 73,14%. Sedangkan prosentase Fe pada limbah meningkat setelah proses adsorpsi menggunakan zeolit alam teraktivasi asam sulfat 7 M sebesar 44.04%.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai pemanfaatan dan juga pengolahan kembali zeolit alam yang telah digunakan untuk menjerap limbah logam dari Laboratorium UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai konsentrasi optimum aktivator adsorben yang mempengaruhi daya adsorpsi logam.
3. Perlu pengkajian lanjutan mengenai metode yang lebih efektif untuk mengurangi kadar Fe pada limbah.

DAFTAR PUSTAKA

- Adamson, A.W.1990. *Physical Chemistry of Surface*. California: John Wiley&Sons, Inc.
- Ahmadi, Kinerja Zeolit Alam Teraktivasi Pada Penjernihan Minyak Penggoreng Bekas Keripik Tempe. *Jurnal Teknologi Pertanian* Vol. 10 No. 2 136–143 Univ. Tribhuwana Tungadewi Malang.
- Amelia, Hermawati, L., dan Ismaryata. 2003. Kegunaan Zeolit Termodifikasi Sebagai Penyerap Anion. Laporan Penelitian. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Anggara, P. A. dkk., 2013 Optimalisasi Zeolit Alam Wonosari Dengan Proses Aktivasi Secara Fisis Dan Kimia *Indonesian Journal of Chemical Science* 2 (1) Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang.
- Ash-Shiddieqy, T.M.H. 2000. *Tafsir Al-Qur'anul Majid An-Nuur*. Semarang: PT. Pustaka Riski Utama.
- Asy-Syeikh Abdullah bin Alawi al-Haddad. 2010. Terjemah Nashoihud Diniyah. Mutiara Ilmu Surabaya.
- Atkins, P. W. 1999. *Kimia Fisika Jilid II*. Jakarta : Erlangga.
- Augustine, J.R., 1996, *Heterogeneous Catalysis for The Synthetic Chemist*, 1st Marcel Decker. Inc. New York.
- Barrer, R.M. 1982 *Hydrothermal Chemistry of Zeolite*. London : Academic Press.
- Basset, J. 1994. Buku Ajar Vogel Kimia Analisa Kuantitatif Anorganik, Jakarta : EGC.
- Botianovi, A. 2012. Modifikasi Zeolit Alam Malang dari mikropori ke Mesopori dengan Penambahan Surfaktan CTaBr (*Cetyltrimethylammoniumbromide*). *Skripsi* Tidak Diterbitkan. Malang: Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Clark, 1979. *Industrial Mineral: Zeolite The Hydrothermal Deposit*. New York: Pergamon.
- Darmono. 1995. *Logam dalam Sistem Biologi MakhluK Hidup*, UI Press, Jakarta.
- Darmono. 2001. *Logam dalam Sistem Biologi MakhluK Hidup*, UI Press, Jakarta.

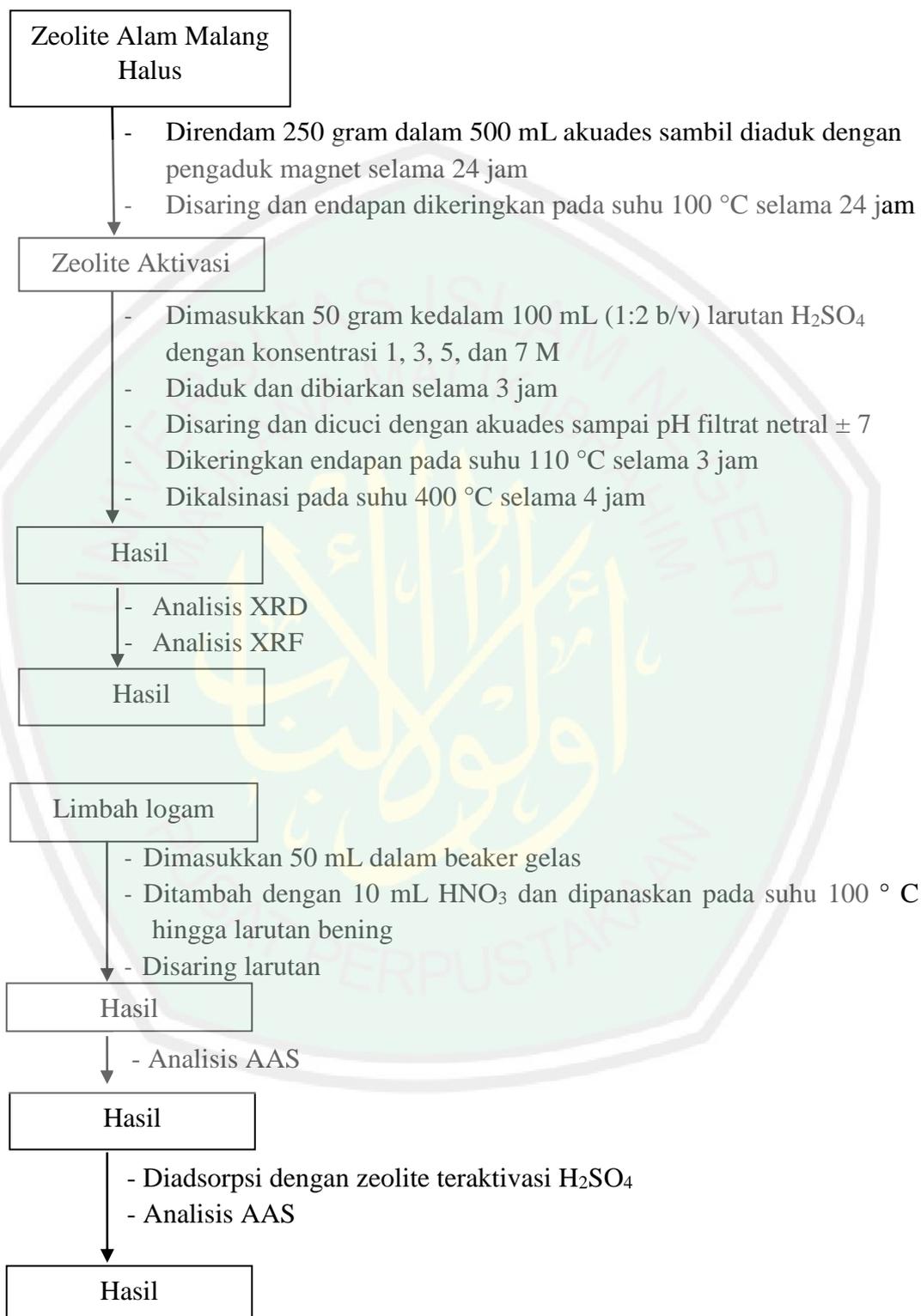
- Dyer, A. 1988. *An Introduction to Zeolite Molecular Sieves*. New York: Willey and Sons.
- Emelda, dkk, 2013 Pemanfaatan Zeolit Alam Teraktivasi untuk Adsorpsi Logam Krom (Cr³⁺) *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan* Vol. 9, No. 4, hlm. 166 - 172, 2013 Jurusan Teknik Kimia Fakultas teknik Universitas Lampung.
- Ertan, A., and Ozkan, 2005. CO₂ and NO₂ Adsorption On The Acid (HCl, HNO₃, H₂SO₄, and HPO₄) Treated Zeolites. *Adsorption*. Vol 11, 151-156
- Fatimah, Is. 2000. Penggunaan zeolit alam teraktivasi sebagai penukar ion Cr(III) dalam Larutan.
- Gates, B.C. 1992. *Catalytic Chemistry*. New York: John Wiley and Sons Inc.
- Gonzales, M. D., dkk., 2001. Comparison of dealumination of zeolites beta, mordenite and ZSM-5 by treatment with acid under microwave irradiation
- Haag, W. O. And Chen. N. Y., dalam Hegedus, L. L., 1987, *Catalyst Design, Progress and Perspectives*, Jhon Wiley and Sons, New York.
- Hayati, E. K. 2007. *Dasar-Dasar Analisis Spektroskopi*. Malang: Universitas Islam Negeri (UIN) Malang.
- Hendrawan, A. 2010 Adsorpsi Unsur Pengotor Larutan Natrium Silikat Menggunakan Zeolit Alam Karangnunggal. *Skripsi*. Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Herald, dkk, 2003 Characterization And Activation Of Natural Zeolit From Ponorogo Indonesian Journal of Chemistry 2003, 3 (2). Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Hidayati, B. dkk, 2013 Studi Kinetika Adsorpsi Logam Cu²⁺ dengan Menggunakan Adsorben Zeolit Alam Teraktifasi Laboratorium Dasar-dasar Proses dan Operasi Pabrik, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Riau.
- Irmanto dan Suyata, 2007 Penurunan Kadar Amonia, Nitrit Dan Nitrat Limbah Cair Industri Tahu Di Desa Kalisari, Cilongok Menggunakan Sistem Zeolit Teraktivasi Dan Terimpregnasi Tio₂. *Jurnal*. Program Studi Kimia Jurusan MIPA Fakultas Sains dan Teknik UNSOED Purwokerto.
- Iskandar, A. 2008. *Modifikasi Zeolit*. Jakarta: FMIPA UI

- Jing Fan, Chunlai Wu, Yafang Wei, Chuanyun Peng, Pingan Peng. 2007. Preparation of xylanol orange funktiunalized silica gel as a selectivite solid phase extractor and its application for preconcentration-sepration of mercury from waters. *J Hazard Mater* 145 ; 323-330
- Jozefaciuk, G. and Bowanko, G., (2002), Effect of Acid and Alkali Treatments on Surface Areas and Adsorption Energies of Selected Minerals, *Journal Clays and Clay Minerals*, 50(6), pp. 771-783.
- Khairinal dan Trisunaryanti, W. 2000. Dealuminasi Zeolit Alam Wonosari Dengan Perlakuan Asam dan Proses Hidrotermal. Yogyakarta: UGM.
- Laniwati, M. 1999. Isomerasi 1-buten Menggunakan Zeolit Alam Malang, Jawa Timur, Sebagai Katalis. *Proc ITB*, Vol: 31 No: 02.
- Listiana. 2008. Pengaruh Perlakuan HCl pada kristalinitas dan kemampuan Adsorpsi Zeolit Alam Terhadap Ion Ca^{2+} . *Jurnal Penelitian*. Universitas Diponegoro.
- Maleiva, L. T. dkk., 2015 Penurunan Konsentrasi Gas Karbon Monoksida Dari Kendaraan Bermotor Menggunakan Adsorben Zeolit Alam. *Jurnal Kimia*. Tanjungpura : Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Tanjungpura.
- Munandar, A. 2014. Adsorpsi Logam Pb dan Fe dengan Zeolit Alam Teraktivasi Asam Sulfat. Skripsi. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
- Mustain, *Konversi Zeolit Alam menjadi ZSM-5*, Tesis S2, Universitas Institut Teknologi Bandung, Bandung, 1997.
- Oscik, J dan Cooper, L. 1982. *Adsorptionz*. Ellis Horwoo Limited John Wiley and Sons. Newyork.
- Palar, H. 2004. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta : Rineka Cipta.
- Rini, D. K., *Optimasi Aktivasi Zeolit Alam untuk Dehumifikasi Udara*, Skripsi S1, Universitas Diponegoro, Semarang, 2010.
- Rosita dkk., 2004. Pengaruh Perbedaan Metode Aktivasi Terhadap Efektivitas Zeolit sebagai Adsorben. *Majalah Farmasi Airlangga*, Vol.4 No 1, Hal.20.
- Rukaesih, A., 2004. *Kimia Lingkungan*. Andi, Yogyakarta.
- Saryati, dkk., 2010. Penghilangan Logam Berat Dalam Larutan Dengan Zeolit Alam. *Jurnal Zeolit Indonesia* Vol 9 No.1 ISSN 141-6723.

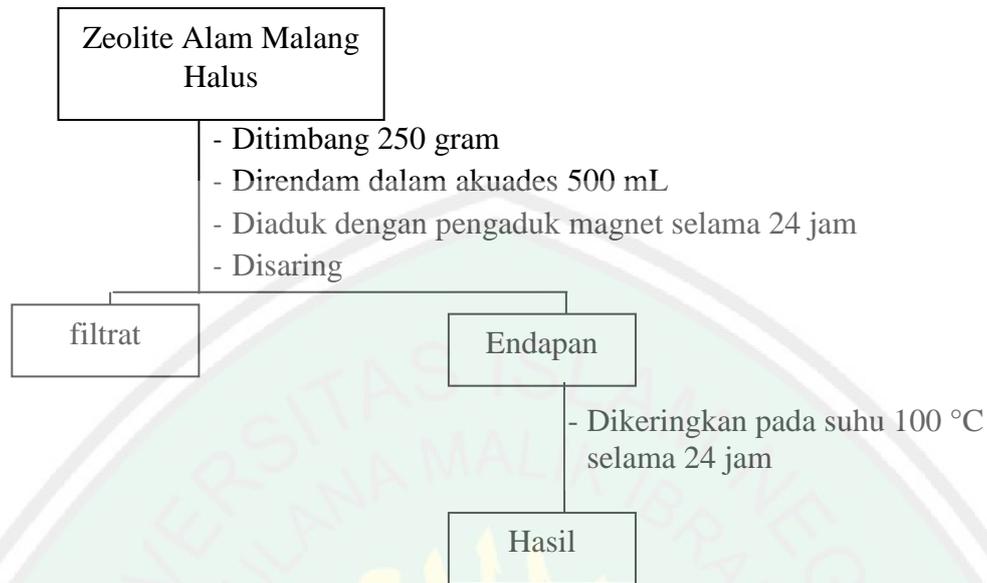
- Senda, S.P., Saputra, H., Sholeh, A., Rosjidi, M., and Mustafa, A., (2006), Prospek Aplikasi Produk Berbasis Zeolit untuk Slow Release Substances (SRS) dan Membran, Artikel Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi Indonesia, ISSN 1410-9891.
- Setiadi dan Astri, P. 2007. Preparasi dan Karakterisasi Zeolit Alam Untuk Konversi Senyawa Ase Menjadi Hidrokarbon. *Prosiding Konggres dan Simposium Nasional Kedua, MKICS ISSN: 0216-4183*.
- Shihab, M.Q. 2002. *Tafsir Al-Misbah Pesan, Kesan dan Keserasian al-Qur'an*. Jakarta: Lentera Hati.
- Skoog, D.A., and West, D. M., 1980. *Principles of Instrumental Analysis*, 2nd Edition. New York: John Wiley-VCH.
- Sriharsari, D. 2006. Penggunaan Zeolit Alam yang telah Diaktivasi dengan Larutan HCl Untuk Menjerap Logam-logam Penyebab Kesadahan Air. Tugas Akhir II. Jurusan Kimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Semarang.
- Sumin, L., Youguang, M.A., Chunying, Z., Shuhua, S., and Qing, H.E., (2009), The Effect of Hydrophobic Modification of Zeolites on CO₂ Absorption Enhancement, *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 17(1), pp. 36-41.
- Supriyanto, C. Samin. Dan Z. Kamal. 2007. Analisis Cemaran Logam Berat Pb, Cu, dan Cd pada Ikan Air Tawar dengan Metode Spektrofotometri Nyala Serapan Atom (SSA). Seminar Nasional III SDM Teknologi Nuklir. Yogyakarta, 21-22 Nopember 2007, Yogyakarta.
- Supriyanto, C., A. Purwanto. 2010. Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan – BATAN, Yogyakarta
- Sutarti, M. dan M Rachmawati. 1994. Zeolit Tinjauan Literatur. Jakarta: Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Sutarti, M 1994. Zeolit. Jakarta: Tinjauan Literatur.
- Treacy, M.M.J. dan Higgins, J.B. 2001. *Collection of Simulated XRD Powder Patterns for Zeolites*, 4th edition. Amsterdam: Elsevier.
- Vinal & Craig, 1999. The Viscosity Of Sulfuric Acid Solution Use For Battery Electrolytes

- Vogel. 1990. Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro Edisi Kelima. PT Kalman Media Pustaka. Jakarta.
- Widjaja, dkk, 2013. Pembuatan Adsorben Dari Zeolit Alam Malang Untuk Pemurnian Bioetanol Menjadi *Fuel Grade Ethanol (FGE)*. Skripsi. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Katholik Widya Mandala Surabaya.
- Windari, T. dan Suseno, A., Pengaruh Jumlah Katalis Zeolit Alam Asam Dalam Proses Perengkahan Asap Cair Tempurung Kelapa. Jurnal Sains dan Matematika. Jurusan Kimia FMIPA. UNDIP Semarang. Vol. 19 (3) : 71-74. 2011.
- Wirawan, Sudiby, Setiaji, Muhammad F. 2015 “Development Of Natural Zeolites Adsorbent: Chemical Analysis And Preliminary Tpd Adsorption Study.” 3: 87-95.
- Yuanita, D. L., Kajian Modifikasi dan Karakterisasi Zeolit Alam dari berbagai Negara. Prosiding Seminar Nasional Kimia Dan Pendidikan Kimia 2010. Jurusan Pendidikan Kimia UNY.

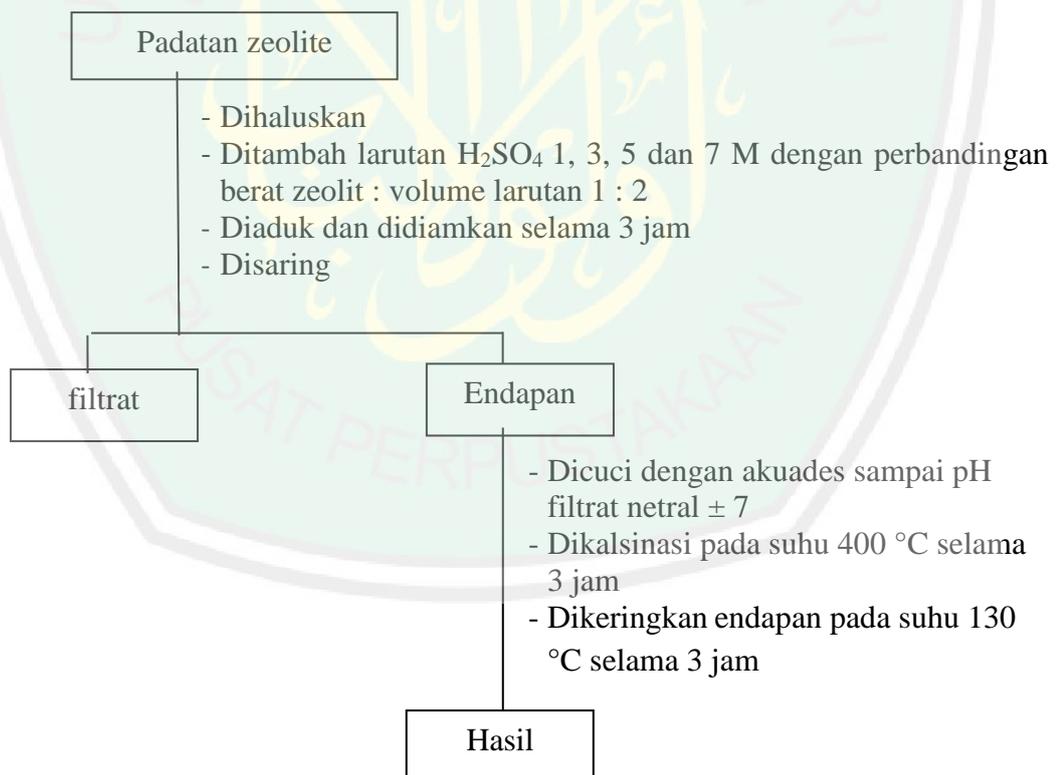
Lampiran 1 Diagram Alir



1. Preparasi Zeolit

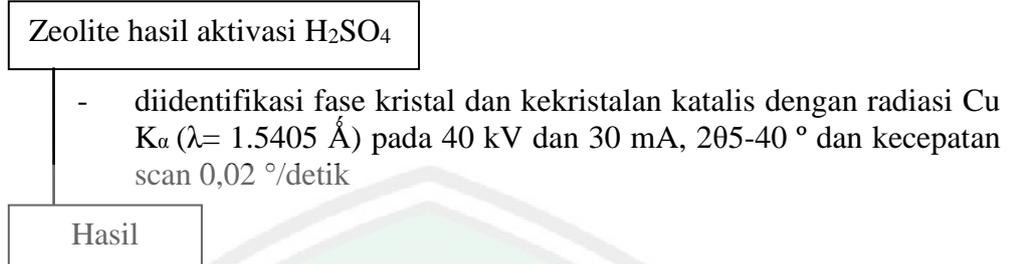


2. Aktivasi Zeolite

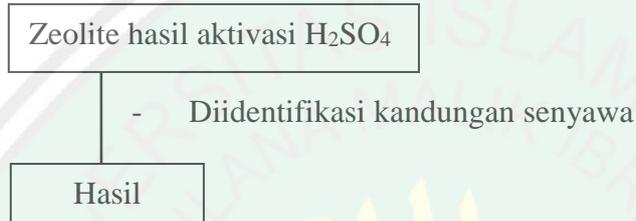


3. Karakterisasi

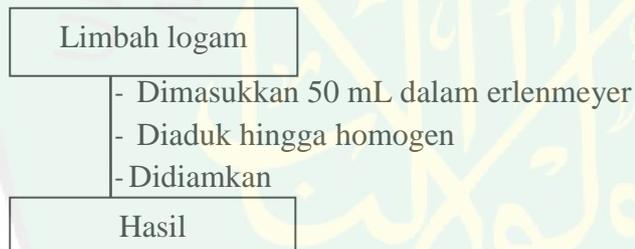
3.1 XRD



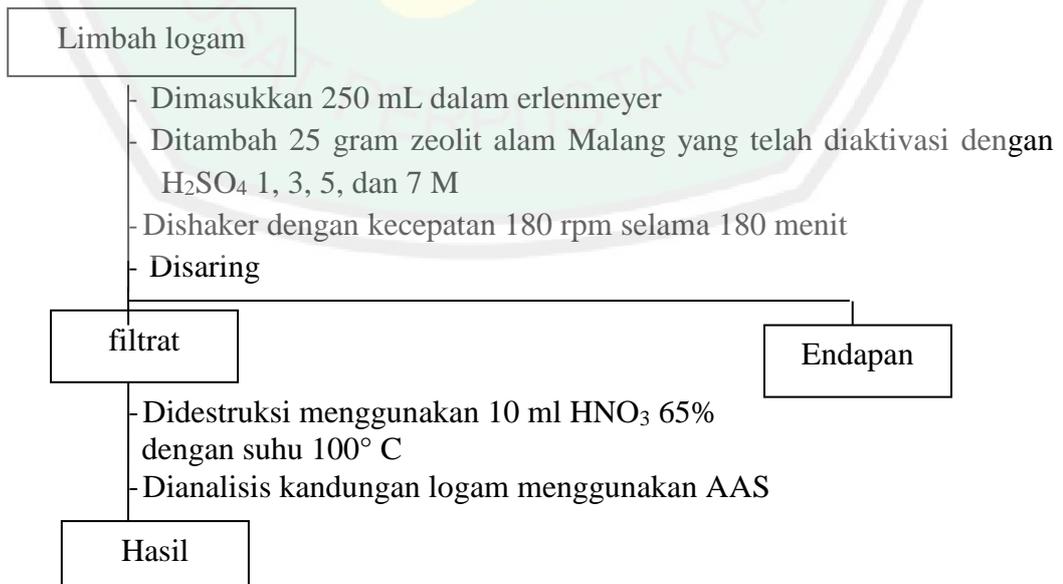
3.2 XRF



4. Preparasi Limbah



5. Adsorpsi Logam Pada Limbah Laboratorium



Lampiran 2. Pembuatan Larutan

1. Pembuatan Larutan H₂SO₄

a. Pembuatan Larutan H₂SO₄ 10 M dalam 100 mL

Diketahui : Mr H₂SO₄ = 98 gr/mol

Konsentrasi H₂SO₄ p.a = 96 %

m H₂SO₄ = 1,8325 gr/mL

Ditanya : Volume H₂SO₄ yang diambil?

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{Mol H}_2\text{SO}_4 (n) &= M \times V \text{ (L)} \\ &= 10 \text{ mol/L} \times 0,1 \text{ L} \\ &= 1 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa H}_2\text{SO}_4 &= n \times \text{Mr} \\ &= 1 \text{ mol} \times 98 \text{ gr/mol} \\ &= 98 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume H}_2\text{SO}_4 &= \frac{\text{massa}}{\% \times B_j} \\ &= \frac{98 \text{ gr}}{96 \% \times 1,8325 \text{ gr/mL}} \\ &= \frac{98 \text{ gr}}{0,96 \times 1,8325 \text{ gr/mL}} \\ &= \frac{98 \text{ gr}}{1,7592 \text{ gr/mL}} \\ &= 55,7 \text{ mL} \end{aligned}$$

Cara membuat:

Mengambil 55,7 mL larutan H₂SO₄ p.a., kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL yang berisi ± 44 mL akuades. Selanjutnya ditambahkan akuades sampai tanda batas dan dikocok sampai homogen.

b. Pembuatan Larutan H₂SO₄ 1 M dalam 100 mL

$$\begin{aligned} M_1 \times V_1 &= M_2 \times V_2 \\ 10 \text{ M} \times V_1 &= 1 \text{ M} \times 100 \text{ mL} \\ 10 \text{ M} \times V_1 &= 100 \text{ mL} \\ V_1 &= 10 \text{ mL} \end{aligned}$$

c. Pembuatan Larutan H₂SO₄ 3 M dalam 100 mL

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$10 \text{ M} \times V_1 = 3 \text{ M} \times 100 \text{ mL}$$

$$10 \text{ M} \times V_1 = 300 \text{ mL}$$

$$V_1 = 30 \text{ mL}$$

d. Pembuatan Larutan H_2SO_4 5 M dalam 100 mL

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$10 \text{ M} \times V_1 = 5 \text{ M} \times 100 \text{ mL}$$

$$10 \text{ M} \times V_1 = 500 \text{ mL}$$

$$V_1 = 50 \text{ mL}$$

e. Pembuatan Larutan H_2SO_4 7 M dalam 100 mL

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$10 \text{ M} \times V_1 = 7 \text{ M} \times 100 \text{ mL}$$

$$10 \text{ M} \times V_1 = 700 \text{ mL}$$

$$V_1 = 70 \text{ mL}$$

2. Pembuatan Larutan Standart Logam Tembaga (Cu)

Diketahui: konsentrasi larutan induk = 1000 mg/L

a. pembuatan larutan standart 1 mg/L dalam 100 mL

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ mg/L} \times V_1 = 1 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}$$

$$1000 \text{ mg/L} \times V_1 = 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 10 \text{ mL}$$

b. pembuatan larutan standar 2 mg/L dalam 100 mL

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 2 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}$$

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 200 \text{ mL}$$

$$V_1 = 20 \text{ mL}$$

c. pembuatan larutan standar 3 mg/L dalam 100 mL

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 3 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}$$

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 300 \text{ mL}$$

$$V_1 = 30 \text{ mL}$$

- d. pembuatan larutan standar 4 mg/L dalam 100 mL

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 4 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}$$

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 400 \text{ mL}$$

$$V_1 = 40 \text{ mL}$$

- e. pembuatan larutan standar 5 mg/L dalam 100 mL

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 5 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}$$

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 500 \text{ mL}$$

$$V_1 = 50 \text{ mL}$$

3. Pembuatan Larutan Standart Logam Besi (Fe)

Diketahui: konsentrasi larutan induk = 1000 mg/L

- a. pembuatan larutan standart 1 mg/L dalam 100 mL

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ mg/L} \times V_1 = 1 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}$$

$$1000 \text{ mg/L} \times V_1 = 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 10 \text{ mL}$$

- b. pembuatan larutan standar 2 mg/L dalam 100 mL

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 2 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}$$

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 200 \text{ mL}$$

$$V_1 = 20 \text{ mL}$$

- c. pembuatan larutan standar 3 mg/L dalam 100 mL

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 3 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}$$

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 300 \text{ mL}$$

$$V_1 = 30 \text{ mL}$$

- d. pembuatan larutan standar 4 mg/L dalam 100 mL

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 4 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}$$

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 400 \text{ mL}$$

$$V_1 = 40 \text{ mL}$$

- e. pembuatan larutan standar 5 mg/L dalam 100 mL

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 5 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}$$

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 500 \text{ mL}$$

$$V_1 = 50 \text{ mL}$$

4. Pembuatan Larutan Standart Logam Timbal (Pb)

Diketahui: konsentrasi larutan induk = 1000 mg/L

- a. pembuatan larutan standart 0,1 mg/L dalam 100 mL

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ mg/L} \times V_1 = 0,1 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}$$

$$1000 \text{ mg/L} \times V_1 = 10 \text{ mL}$$

$$V_1 = 1 \text{ mL}$$

- b. pembuatan larutan standar 0,2 mg/L dalam 100 mL

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 0,2 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}$$

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 20 \text{ mL}$$

$$V_1 = 2 \text{ mL}$$

- c. pembuatan larutan standar 0,4 mg/L dalam 100 mL

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 0,4 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}$$

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 40 \text{ mL}$$

$$V_1 = 4 \text{ mL}$$

- d. pembuatan larutan standar 0,8 mg/L dalam 100 mL

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 0,8 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}$$

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 80 \text{ mL}$$

$$V_1 = 8 \text{ mL}$$

- e. pembuatan larutan standar 1,4 mg/L dalam 100 mL

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 1,4 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}$$

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 140 \text{ mL}$$

$$V_1 = 14 \text{ mL}$$

5. Pembuatan Larutan HNO₃ 0.5 M

Diketahui : Mr HNO₃ = 63,01 gr/mol

Konsentrasi HNO₃ p.a = 65 %

Bj HNO₃ = 1,41 gr/mL

Ditanya : Volume HNO₃ yang diambil?

Jawab :

$$\text{Mol HNO}_3 (n) = M \times V (\text{L})$$

$$= 0,5 \text{ mol/L} \times 0,1 \text{ L}$$

$$= 0,05 \text{ mol}$$

$$\text{Massa HNO}_3 = n \times \text{Mr}$$

$$= 0,05 \text{ mol} \times 63,01 \text{ gr/mol}$$

$$= 3,15 \text{ gr}$$

$$\text{Volume HNO}_3 = \frac{\text{massa}}{\% \times \text{Bj}}$$

$$= \frac{3,15 \text{ gr}}{65 \% \times 1,41 \text{ gr/mL}}$$

$$= \frac{3,15 \text{ gr}}{0,65 \times 1,41 \text{ gr/mL}}$$

$$= \frac{3,15 \text{ gr}}{0,91 \text{ gr/mL}}$$

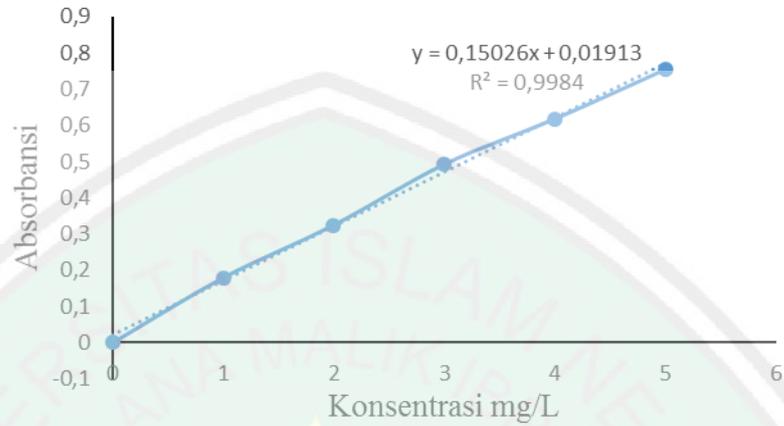
$$= 3,46 \text{ mL}$$

Cara membuat:

Mengambil 3,46 mL larutan HNO₃ p.a., kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL yang berisi ± 96 mL akuades. Selanjutnya ditambahkan akuades sampai tanda batas dan dikocok sampai homogen.

Lampiran 3. Data dan Perhitungan

1. Hasil Uji Logam Cu dengan AAS



Pengulangan	Awal	Zeolit alam	Zeolit Aktivasi			
			1M	3 M	5 M	7 M
I	22,88	22,32	20,28	15,64	16,16	16,76
II	24	20,72	20,24	17,92	16,16	14,2
III	21,4	21,84	20,32	16,04	16,34	14,88
Rata-rata	22,76	21,63	20,28	16,53	16,42	15,28

Keterangan :

Fp = Faktor Pengenceran

B = Kadar yang Terbaca Instrumen (mg/L)

a. Kadar Cu pada limbah

- (Pengulangan I)

$$\begin{aligned} \text{Kadar Cu} &= fp \times B \\ &= \frac{100 \text{ mL limbah}}{2,5 \text{ mL (HNO}_3\text{)}} \times 0,572 \\ &= 22,88 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- (Pengulangan II)

$$\begin{aligned} \text{Kadar Cu} &= fp \times B \\ &= \frac{100 \text{ mL limbah}}{2,5 \text{ mL (HNO}_3\text{)}} \times 0,6 \\ &= 24 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- (Pengulangan III)

$$\begin{aligned} \text{Kadar Cu} &= \text{fp} \times \text{B} \\ &= \frac{100 \text{ mL limbah}}{2,5 \text{ mL (HNO}_3\text{)}} \times 0,535 \\ &= 21,4 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

b. Kadar Cu pada limbah yang diadsorpsi dengan zeolit Alam

- (Pengulangan I)

$$\begin{aligned} \text{Kadar Cu} &= \text{fp} \times \text{B} \\ &= \frac{100 \text{ mL limbah}}{2,5 \text{ mL (HNO}_3\text{)}} \times 0,558 \\ &= 22,32 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- (Pengulangan II)

$$\begin{aligned} \text{Kadar Cu} &= \text{fp} \times \text{B} \\ &= \frac{100 \text{ mL limbah}}{2,5 \text{ mL (HNO}_3\text{)}} \times 0,518 \\ &= 20,72 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- (Pengulangan III)

$$\begin{aligned} \text{Kadar Cu} &= \text{fp} \times \text{B} \\ &= \frac{100 \text{ mL limbah}}{2,5 \text{ mL (HNO}_3\text{)}} \times 0,546 \\ &= 21,84 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

c. Kadar Cu pada limbah yang diadsorpsi dengan zeolit Alam teraktivasi 1 M

- (Pengulangan I)

$$\begin{aligned} \text{Kadar Cu} &= \text{fp} \times \text{B} \\ &= \frac{100 \text{ mL limbah}}{2,5 \text{ mL (HNO}_3\text{)}} \times 0,507 \\ &= 20,28 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- (Pengulangan II)

$$\begin{aligned} \text{Kadar Cu} &= \text{fp} \times \text{B} \\ &= \frac{100 \text{ mL limbah}}{2,5 \text{ mL (HNO}_3\text{)}} \times 0,506 \\ &= 20,24 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- (Pengulangan III)

$$\begin{aligned} \text{Kadar Cu} &= \text{fp} \times \text{B} \\ &= \frac{100 \text{ mL limbah}}{2,5 \text{ mL (HNO}_3\text{)}} \times 0,508 \\ &= 20,32 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

d. Kadar Cu pada limbah yang diadsorpsi dengan zeolit Alam teraktivasi 3 M

- (Pengulangan I)

$$\begin{aligned} \text{Kadar Cu} &= \text{fp} \times \text{B} \\ &= \frac{100 \text{ mL limbah}}{2,5 \text{ mL (HNO}_3\text{)}} \times 0,391 \\ &= 15,64 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- (Pengulangan II)

$$\begin{aligned} \text{Kadar Cu} &= \text{fp} \times \text{B} \\ &= \frac{100 \text{ mL limbah}}{2,5 \text{ mL (HNO}_3\text{)}} \times 0,448 \\ &= 17,92 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- (Pengulangan III)

$$\begin{aligned} \text{Kadar Cu} &= \text{fp} \times \text{B} \\ &= \frac{100 \text{ mL limbah}}{2,5 \text{ mL (HNO}_3\text{)}} \times 0,401 \\ &= 16,04 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

e. Kadar Cu pada limbah yang diadsorpsi dengan zeolit Alam teraktivasi 5 M

- (Pengulangan I)

$$\begin{aligned} \text{Kadar Cu} &= \text{fp} \times \text{B} \\ &= \frac{100 \text{ mL limbah}}{5 \text{ mL (HNO}_3\text{)}} \times 0,808 \\ &= 16,16 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- (Pengulangan II)

$$\begin{aligned} \text{Kadar Cu} &= \text{fp} \times \text{B} \\ &= \frac{100 \text{ mL limbah}}{5 \text{ mL (HNO}_3\text{)}} \times 0,808 \\ &= 16,16 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- (Pengulangan III)

$$\begin{aligned} \text{Kadar Cu} &= \text{fp} \times \text{B} \\ &= \frac{100 \text{ mL limbah}}{5 \text{ mL (HNO}_3\text{)}} \times 0,817 \\ &= 16,34 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

f. Kadar Cu pada limbah yang diadsorpsi dengan zeolit Alam teraktivasi 7 M

- (Pengulangan I)

$$\begin{aligned} \text{Kadar Cu} &= \frac{100 \text{ mL limbah}}{2,5 \text{ mL (HNO}_3\text{)}} \times 0,419 \\ &= 16,76 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

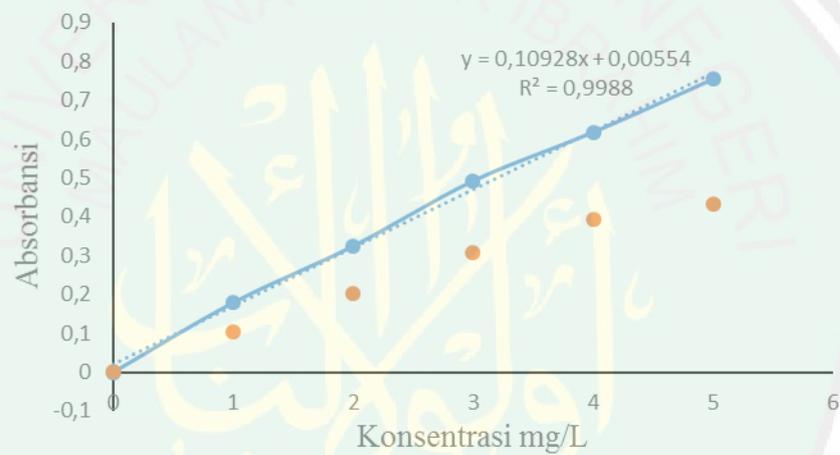
- (Pengulangan II)

$$\begin{aligned} \text{Kadar Cu} &= \frac{100 \text{ mL limbah}}{2,5 \text{ mL (HNO}_3)} \times 0,355 \\ &= 14,2 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- (Pengulangan III)

$$\begin{aligned} \text{Kadar Cu} &= \frac{100 \text{ mL limbah}}{2,5 \text{ mL (HNO}_3)} \times 0,375 \\ &= 14,88 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

2. Hasil Uji Logam Fe dengan AAS



Pengulangan	Awal	Zeolit alam	Zeolit Aktivasi			
			1M	3 M	5 M	7 M
I	51,64	138	121,4	93,496	84,4	78,72
II	50,8	137,2	127,6	83,096	83,6	67,16
III	45,52	129,4	122,4	88,92	75,2	67,24
Rata-rata	49,32	134,87	123,8	88,504	81,07	71,04

a. Kadar Fe pada limbah

- (Pengulangan I)

$$\begin{aligned} \text{Kadar Fe} &= fp \times B \\ &= \frac{100 \text{ mL limbah}}{2,5 \text{ mL (HNO}_3)} \times 1,291 \\ &= 51,64 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- (Pengulangan II)

$$\begin{aligned}\text{Kadar Fe} &= \text{fp} \times \text{B} \\ &= \frac{100 \text{ mL limbah}}{2,5 \text{ mL (HNO}_3\text{)}} \times 1,27 \\ &= 50,8 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

- (Pengulangan III)

$$\begin{aligned}\text{Kadar Fe} &= \text{fp} \times \text{B} \\ &= \frac{100 \text{ mL limbah}}{2,5 \text{ mL (HNO}_3\text{)}} \times 1,138 \\ &= 45,52 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

b. Kadar Fe pada limbah yang diadsorpsi dengan zeolit Alam

- (Pengulangan I)

$$\begin{aligned}\text{Kadar Fe} &= \text{fp} \times \text{B} \\ &= 200 \times 0,69 \\ &= 138 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

- (Pengulangan II)

$$\begin{aligned}\text{Kadar Fe} &= \text{fp} \times \text{B} \\ &= 200 \times 0,686 \\ &= 137,2 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

- (Pengulangan III)

$$\begin{aligned}\text{Kadar Fe} &= \text{fp} \times \text{B} \\ &= 200 \times 0,647 \\ &= 129,4 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

c. Kadar Fe pada limbah yang diadsorpsi dengan zeolit Alam teraktivasi 1 M

- (Pengulangan I)

$$\begin{aligned}\text{Kadar Fe} &= \text{fp} \times \text{B} \\ &= 200 \times 0,607 \\ &= 121,4 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

- (Pengulangan II)

$$\begin{aligned}\text{Kadar Fe} &= \text{fp} \times \text{B} \\ &= 200 \times 0,638 \\ &= 127,6 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

- (Pengulangan III)

$$\begin{aligned}\text{Kadar Fe} &= \text{fp} \times \text{B} \\ &= 200 \times 0,612 \\ &= 122,4 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

d. Kadar Fe pada limbah yang diadsorpsi dengan zeolit Alam teraktivasi 3 M

- (Pengulangan I)

$$\begin{aligned} \text{Kadar Fe} &= \text{fp} \times \text{B} \\ &= 26 \times 3,596 \\ &= 93,496 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- (Pengulangan II)

$$\begin{aligned} \text{Kadar Fe} &= \text{fp} \times \text{B} \\ &= 26 \times 3,196 \\ &= 83,096 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- (Pengulangan III)

$$\begin{aligned} \text{Kadar Fe} &= \text{fp} \times \text{B} \\ &= 26 \times 3,42 \\ &= 88,92 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

e. Kadar Fe pada limbah yang diadsorpsi dengan zeolit Alam teraktivasi 5 M

- (Pengulangan I)

$$\begin{aligned} \text{Kadar Fe} &= \text{fp} \times \text{B} \\ &= 200 \times 0,422 \\ &= 84,4 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- (Pengulangan II)

$$\begin{aligned} \text{Kadar Fe} &= \text{fp} \times \text{B} \\ &= 200 \times 0,418 \\ &= 83,6 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- (Pengulangan III)

$$\begin{aligned} \text{Kadar Fe} &= \text{fp} \times \text{B} \\ &= 200 \times 0,376 \\ &= 75,2 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

f. Kadar Fe pada limbah yang diadsorpsi dengan zeolit Alam teraktivasi 7 M

- (Pengulangan I)

$$\begin{aligned} \text{Kadar Fe} &= \text{fp} \times \text{B} \\ &= \frac{100 \text{ mL limbah}}{2,5 \text{ mL (HNO}_3\text{)}} \times 1,968 \\ &= 78,72 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

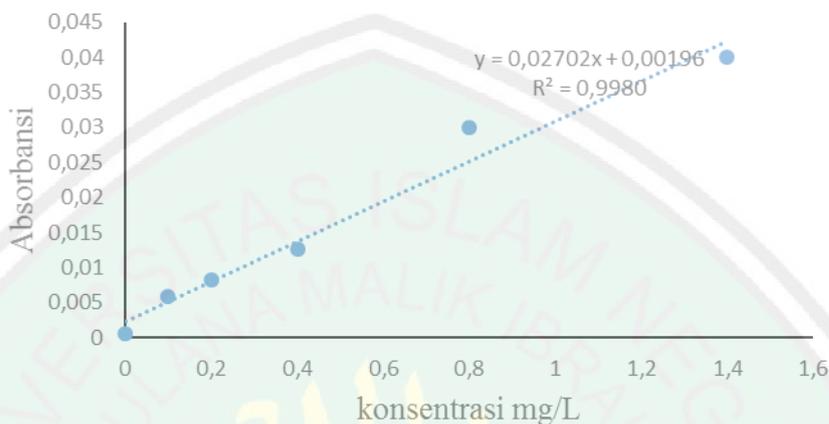
- (Pengulangan II)

$$\begin{aligned} \text{Kadar Fe} &= \text{fp} \times \text{B} \\ &= \frac{100 \text{ mL limbah}}{2,5 \text{ mL (HNO}_3\text{)}} \times 1,679 \\ &= 67,16 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- (Pengulangan III)

$$\begin{aligned} \text{Kadar Fe} &= \frac{100 \text{ mL limbah}}{2,5 \text{ mL (HNO}_3\text{)}} \times 1,681 \\ &= 67,24 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

3. Hasil Uji Logam Pb dengan AAS



Pengulangan	Awal	Zeolit alam	Zeolit Aktivasi			
			1M	3 M	5 M	7 M
I	18,84	12,28	11,36	8,8	8,76	6,68
II	16,64	11,48	10,8	8	9,16	4,68
III	18,12	11,76	10,96	8	6,54	3,04
Rata-rata	17,87	11,84	11,04	8,27	8,15	4,8

- a. Kadar Pb pada limbah

- (Pengulangan I)

$$\begin{aligned} \text{Kadar Pb} &= \text{fp} \times \text{B} \\ &= \frac{100 \text{ mL limbah}}{2,5 \text{ mL (HNO}_3\text{)}} \times 0,471 \\ &= 18,84 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- (Pengulangan II)

$$\begin{aligned} \text{Kadar Pb} &= \text{fp} \times \text{B} \\ &= \frac{100 \text{ mL limbah}}{2,5 \text{ mL (HNO}_3\text{)}} \times 0,416 \\ &= 16,64 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- (Pengulangan III)

$$\begin{aligned} \text{Kadar Pb} &= \text{fp} \times \text{B} \\ &= \frac{100 \text{ mL limbah}}{2,5 \text{ mL (HNO}_3\text{)}} \times 0,453 \\ &= 18,12 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

b. Kadar Pb pada limbah yang diadsorpsi dengan zeolit Alam

- (Pengulangan I)

$$\begin{aligned} \text{Kadar Pb} &= 40 \times 0,307 \\ &= 12,28 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- (Pengulangan II)

$$\begin{aligned} \text{Kadar Pb} &= fp \times B \\ &= 40 \times 0,287 \\ &= 11,48 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- (Pengulangan III)

$$\begin{aligned} \text{Kadar Pb} &= fp \times B \\ &= 40 \times 0,294 \\ &= 11,76 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

c. Kadar Pb pada limbah yang diadsorpsi dengan zeolit Alam teraktivasi 1 M

- (Pengulangan I)

$$\begin{aligned} \text{Kadar Pb} &= fp \times B \\ &= 40 \times 0,284 \\ &= 11,36 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- (Pengulangan II)

$$\begin{aligned} \text{Kadar Pb} &= fp \times B \\ &= 40 \times 0,271 \\ &= 10,8 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- (Pengulangan III)

$$\begin{aligned} \text{Kadar Pb} &= fp \times B \\ &= 40 \times 0,274 \\ &= 10,96 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

d. Kadar Pb pada limbah yang diadsorpsi dengan zeolit Alam teraktivasi 3 M

- (Pengulangan I)

$$\begin{aligned} \text{Kadar Pb} &= fp \times B \\ &= 40 \times 0,22 \\ &= 8,8 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- (Pengulangan II)

$$\begin{aligned} \text{Kadar Pb} &= fp \times B \\ &= 40 \times 0,2 \\ &= 8 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- (Pengulangan III)

$$\begin{aligned} \text{Kadar Pb} &= fp \times B \\ &= 40 \times 0,2 \\ &= 8 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

e. Kadar Pb pada limbah yang diadsorpsi dengan zeolit Alam teraktivasi 5 M

- (Pengulangan I)

$$\begin{aligned}\text{Kadar Pb} &= \text{fp} \times \text{B} \\ &= 20 \times 0,438 \\ &= 8,76 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

- (Pengulangan II)

$$\begin{aligned}\text{Kadar Pb} &= \text{fp} \times \text{B} \\ &= 20 \times 0,458 \\ &= 9,16 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

- (Pengulangan III)

$$\begin{aligned}\text{Kadar Pb} &= \text{fp} \times \text{B} \\ &= 20 \times 0,327 \\ &= 6,54 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

f. Kadar Pb pada limbah yang diadsorpsi dengan zeolit Alam teraktivasi 7 M

- (Pengulangan I)

$$\begin{aligned}\text{Kadar Pb} &= \text{fp} \times \text{B} \\ &= \frac{100 \text{ mL limbah}}{2,5 \text{ mL (HNO}_3\text{)}} \times 0,167 \\ &= 6,68 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

- (Pengulangan II)

$$\begin{aligned}\text{Kadar Pb} &= \text{fp} \times \text{B} \\ &= \frac{100 \text{ mL limbah}}{2,5 \text{ mL (HNO}_3\text{)}} \times 0,117 \\ &= 4,68 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

- (Pengulangan III)

$$\begin{aligned}\text{Kadar Pb} &= \text{fp} \times \text{B} \\ &= \frac{100 \text{ mL limbah}}{2,5 \text{ mL (HNO}_3\text{)}} \times 0,076 \\ &= 3,04 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

Lampiran 4 Dokumentasi Penelitian

L.4.1 Preparasi Sampel



Gambar 1. Zeolit alam Malang



Gambar 2. Penyeragaman ukuran partikel zeolit



Gambar 3. Perendaman zeolit alam Malang dengan aquades



Gambar 4. Penyaringan zeolit setelah dipreparasi



Gambar 5. Pemanasan zeolit alam



Gambar 6. Zeolit setelah di oven pada suhu 100 °C

L.4.2 Aktivasi Zeolit



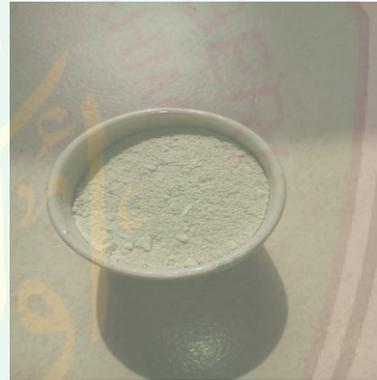
Gambar 7. Aktivasi zeolit dengan H_2SO_4



Gambar 8. Pencucian zeolit alam setelah aktivasi

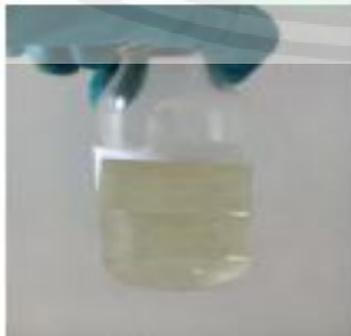


Gambar 9. Pengukuran pH netral dengan pH universal

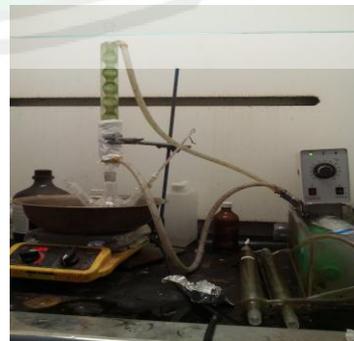


Gambar 10. Hasil zeolit aktivasi setelah pengeringan

L.4.3 Preparasi Limbah Logam



Gambar 11. Hasil penambahan HNO_3 sebelum destruksi



Gambar 12. Proses destruksi limbah tanpa adsorpsi

L.4.4 Adsorpsi Limbah Logam



Gambar 13. Adsorpsi limbah logam menggunakan zeolit



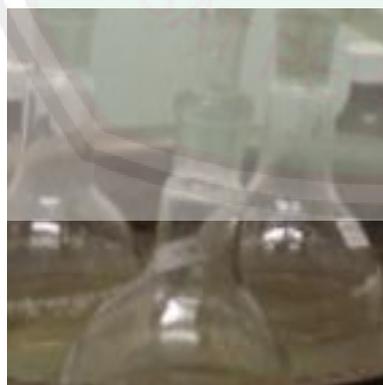
Gambar 14. Proses *shaker*



Gambar 15. Proses penyaringan sampel setelah adsorpsi



Gambar 16. Hasil penyaringan sampel setelah adsorpsi



Gambar 17. Setelah penambahan HNO_3



Gambar 18. Proses destruksi limbah setelah adsorpsi



Gambar 20. Hasil destruksi limbah logam



HALAMAN PERSEMBAHAN

**Ku Persembahkan Skripsi ini untuk:
Kedua Orang Tua, Kakak, Adikku, dan Seluruh Keluarga
yang Mendukung dan
yang selalu bersama dalam doa**



SERTA
SIVITAS AKADEMIKA JURUSAN KIMIA FAKULTAS SAINS DAN
TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG

