

**KARAKTERISASI DAN AKTIVASI ZEOLIT ALAM  
SECARA FISIKA DAN KIMIA SEBAGAI ADSORBEN ION  $\text{Cu}^{2+}$**

**SKRIPSI**

*Diajukan Kepada Tim Penguji Skripsi Jurusan Kimia  
Untuk Memenuhi Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains*



Oleh:

**JERI KUSUMA PUTRA**

**NIM. 18477 - 2010**

**PROGRAM STUDI KIMIA  
JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
PADANG  
2015**

**PERSETUJUAN SKRIPSI**

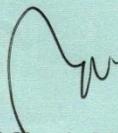
**KARAKTERISASI DAN AKTIVASI ZEOLIT ALAM  
SECARA FISIKA DAN KIMIA SEBAGAI ADSORBEN ION  $\text{Cu}^{2+}$**

Nama : Jeri Kusuma Putra  
NIM : 18477  
Program Studi : Kimia  
Jurusan : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Februari 2015

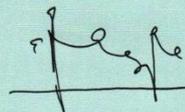
Disetujui oleh

Pembimbing I



Budhi Oktavia, M.Si, Ph.D  
NIP. 19721024 199803 1 001

Pembimbing II



Edi Nasra, S.Si, M.Si  
NIP. 19810221 200312 1 001

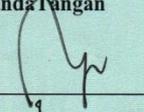
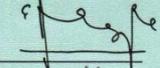
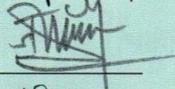
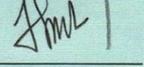
HALAMAN PENGESAHAN

*Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di Depan Tim Penguji Skripsi  
Program Studi Jurusan Kimia  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Padang*

**Judul** : Karakterisasi dan Aktivasi Zeolit Alam Secara Fisika dan Kimia Sebagai Adsorben Ion  $\text{Cu}^{2+}$   
**Nama** : Jeri Kusuma Putra  
**NIM** : 18477  
**Program Studi** : Kimia  
**Jurusan** : Kimia  
**Fakultas** : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Februari 2015

Tim Penguji

No. Jabatan	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	: Budhi Oktavia, M.Si, Ph.D	1. 
2. Sekretaris	: Edi Nasra S.Si, M.Si	2. 
3. Anggota	: Drs. Bahrizal, M.Si	3. 
4. Anggota	: Harry Sanjaya, S.Si, M.Si	4. 

## **SURAT PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Padang, Februari 2015  
Saya yang menyatakan,

**Jeri Kusuma Putra**  
**Nim/Bp : 18477/2010**

## ABSTRAK

### **JERI KUSUMA PUTRA, 2014: KARAKTERISASI DAN AKTIVASI ZEOLIT ALAM SECARA FISIKA DAN KIMIA SEBAGAI ADSORBEN ION $\text{Cu}^{2+}$**

Zeolit alam Indonesia merupakan mineral alam yang berpotensi sebagai adsorban senyawa-senyawa polar. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa komposisi dan sifat-sifat kimia dan fisika dari zeolit alam dan mendapatkan zeolit alam teraktivasi pada kondisi optimum. Pada penelitian ini digunakan instrument XRD, XRF, FTIR, SEM dan AAS untuk mengkarakterisasi sampel zeolit alam yang diaktivasi menggunakan variasi konsentrasi HCl dan KOH. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa zeolit alam dengan aktivator HCl 1 M memiliki komposisi kimia terbaik dengan kapasitas serapan dan efisiensi 2.4225 mg/Kg dan 96.9 % yang terjadi pada konsentrasi 50 ppm terhadap larutan tembaga ( $\text{Cu}^{2+}$ ). Hasil karakterisasi zeolit alam menunjukkan bahwa zeolit alam dari PT. Bratako Bandung memiliki ukuran kristal 165 nm dan ukuran butir rata-rata 44408,25 Å, sedangkan kadar  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  adalah 85,603% dan 10.28 . Dari data FTIR, Pada spektra ini vibrasi simetris Si-O terdapat bilangan gelombang 792.21  $\text{cm}^{-1}$ , dan vibrasi aimetris Si-O terdapat bilangan gelombang 1027.37  $\text{cm}^{-1}$ . Nilai kapasitas tukar kation zeolit alam sebelum dan sesudah aktivasi adalah 6.630864 meq/g dan 4.894856 meq/g..

***Kata kunci: Aktivasi, adsorben ion  $\text{Cu}^{2+}$ , KTK, zeolit alam***

## KATA PENGANTAR



Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan penelitian dan penullisan skripsi yang berjudul “ **Karakterisasi dan Aktivasi Zeolit Alam Secara Fisika dan Kimia Sebagai Adsorben Ion Cu<sup>2+</sup>** “.

Skripsi ini diajukan untuk melengkapi dan memenuhi persyaratan kelulusan untuk memperoleh gelar Sarjana S-1 pada Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Dalam menyelesaikan skripsi ini banyak pihak yang telah membantu dan berkontribusi besar sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Budhi Oktavia, M.Si, Ph.D. selaku dosen pembimbing I dan Penasehat Akademik
2. Bapak Edi Nasra, M.Si. selaku dosen pembimbing II
3. Bapak Drs. Bahrizal, M.Si, dan Bapak Harry Sanjaya, M.Si sebagai penguji
4. Ibu Dra. Andromeda, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang
5. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang
6. Kedua orang tua yang merupakan motivasi terbesar penulis untuk menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi ini
7. Teman-teman kimia 2010 yang telah memberikan masukan dan dorongan kepada penulis dalam penelitian dan penulisan skripsi ini.

Saya menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan dan penulisan skripsi ini penulis telah berusaha maksimal, namun selayaknya manusia tidak akan lepas dari kesalahan, maka dengan rendah hati saya mengharapkan kritik dan saran dari bapak dan ibu penguji serta para pembaca demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan Allah SWT senantiasa meridhoi segala usaha kita. Amin.

Padang, Februari 2015

Jeri Kusuma Putra

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>viii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Batasan Masalah.....	3
C. Rumusan Masalah .....	3
D. Tujuan Penelitian .....	4
E. Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
A. Zeolit .....	5
B. Aktivasi Zeolit Alam.....	12
C. Adsorpsi .....	14
D. Logam Tembaga.....	15
E. Sifat Pertukaran Ion Zeolit.....	16

F. Metode Penentuan KTK dengan Barium Klorida ( $\text{BaCl}_2$ ).....	18
G. Instrumentasi .....	19
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>25</b>
A. Waktu dan Tempat Penelitian .....	25
B. Objek Penelitian .....	25
C. Alat dan Bahan.....	25
D. Prosedur Kerja.....	26
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>32</b>
A. Karakterisasi Zeolit Alam.....	32
B. Aktivasi Zeolit Alam.....	35
C. Uji Adsorptivitas Zeolit Alam Sebelum aktivasi dengan logam $\text{Cu}^{2+}$ .....	41
D. Uji Adsorptivitas Zeolit Sesudah aktivasi dengan logam $\text{Cu}^{2+}$ .....	43
E. Karakterisasi Gugus Fungsi Zeolit Alam Teraktivasi HCl 1 M.....	45
F. Penentuan Kapasitas Tukar Kation ( KTK ) .....	46
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>48</b>
A. Kesimpulan .....	48
B. Saran.....	48
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>49</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Mineral Zeolit.....	5
2. Struktur Tetrahedral Alumina .....	7
3. Struktur dasar ikatan SiO <sub>2</sub> dan AlO <sub>2</sub> dari zeolit.....	7
4. Skema Peralatan Atomic Absorption Spectroscopy .....	21
5. Komponen <i>Fourier Transform-Infra Red</i> ( FT-IR ) .....	23
6. Spektra XRD Zeolit Alam.....	33
7. Spektrum FTIR Zeolit Alam .....	34
8. Spektrum XRD Zeolit Alam Teraktivasi .....	36
9. Mekanisme Reaksi Dealuminasi .....	39
10. Spektrum XRD Zeolit Alam Teraktivasi .....	40
11. Kurva Kapasitas Serapan Zeolit Alam Sebelum Aktivasi .....	42
12. Kurva efisiensi zeolit alam sebelum aktivasi .....	43
13. Kurva Serapan Zeolit Alam Sesudah Aktivasi.....	44
14. Kurva Efisiensi Serapan Zeolit Alam Sesudah Aktivasi .....	44
15. Spektrum Zeolit Alam teraktivasi HCl 1 M.....	45

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Klasifikasi Zeolit.....	8
2. Kelompok Zeolit Alam .....	9
3. Beberapa kegunaan Zeolit.....	11
4. Contoh Jenis Mineral Zeolit dan Nilai KTK.....	17
5. Vibrasi FTIR .....	22
6. Data pengukuran XRF Zeolit Alam .....	32
7. Aktivasi zeolit Alam dengan KOH .....	35
8. Perbandingan Konsentrasi HCl.....	37
9. Serapan dan Efisiensi Zeolit Alam Sebelum Aktivasi .....	42
10. Serapan dan efisiensi zeolit alam sesudah aktivasi .....	43

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Persiapan Sampel Zeolit Alam.....	52
2. Uji Karakterisasi Zeolit Alam.....	52
3. Aktivasi Zeolit Alam dengan Asam Klorida.....	54
4. Aktivasi Zeolit Alam dengan Kalium Hidroksida.....	54
5. Uji Serapan Zeolit Alam.....	55
6. Uji Penentuan Kapasitas Tukar Kation.....	56
7. Perhitungan Pembuatan Larutan .....	58
8. Uji Adsorptivitas dan Efisiensi Serapan Sebelum Aktivasi.....	62
9. Uji Adsorptivitas dan Efisiensi Serapan sesudah Aktivasi.....	64
10. Nilai Kapasitas Tukar Kation.....	66
11. Ukuran Zeolit Alam.....	67
12. Ukuran Kristal Zeolit Alam.....	68
13. Data ukuran butir zeolit alam sebelum aktivasi.....	69
14. Data ukuran butir zeolit alam teraktivasi HCl 0,01 M.....	71
15. Data ukuran butir zeolit alam teraktivasi HCl 0,1 M.....	72
16. Data ukuran butir zeolit alam teraktivasi HCl 1 M.....	73
17. Data ukuran butir zeolit alam teraktivasi HCl 2 M.....	74
18. Data ukuran butir zeolit alam teraktivasi KOH 0,01 M.....	75
19. Data ukuran butir zeolit alam teraktivasi KOH 0,1 M.....	76
20. Data ukuran butir zeolit alam teraktivasi KOH 1 M.....	78
21. Data ukuran butir zeolit alam teraktivasi KOH 2 M.....	80
22. Jenis Zeolit Alam.....	82

# BAB I

## PENDAHULUAN

### **Latar Belakang**

Indonesia merupakan negara yang kaya akan berbagai sumber daya mineral, diantaranya adalah melimpahnya potensi zeolit alam. Zeolit alam di Indonesia melimpah terutama untuk kawasan yang dilalui gugusan gunung berapi. Sedikitnya 50 lokasi telah diketahui mengandung mineral zeolit yang tersebar di Sumatera, Jawa, Bali, Nusa Tenggara, Sulawesi, Maluku dan Irian Jaya. Produksi zeolit di Indonesia saat ini diperkirakan sebanyak 100.000 ton pertahun dihasilkan oleh sekitar 20 perusahaan ( Suwardi , 2000 ).

Zeolit alam merupakan mineral alam dari alumina zeolit yang dapat digunakan sebagai bahan penukar ion. Jenis utama zeolit alam Indonesia adalah mineral modernit sekitar 60-70%, sisanya adalah klinoptilolit kristal. Zeolit alam modernit merupakan material mikropori yang memiliki ukuran pori kisaran di bawah 20 Å (Prasetyo, 2012).

Zeolit telah digunakan secara luas dalam bidang industri maupun pertanian. Penggunaan zeolit dalam bidang pertanian diantaranya sebagai suplemen pakan ternak dan perbaikan (*improvers*) tanah, sedangkan dalam bidang industri dan lingkungan digunakan sebagai agen penukar ion, adsorpsi katalis, penjernih air dalam kolam renang dan air tercemar lainnya (khaidir, 2011). Banyak kristal zeolit baru telah disintesis dan memenuhi beberapa fungsi penting dalam industri kimia dan minyak bumi dan juga digunakan sebagai produk seperti deterjen.

Zeolit alam banyak mengandung pengotor, sehingga untuk meningkatkan nilai guna zeolit perlu dilakukan aktivasi. Aktivasi zeolit alam dapat dilakukan secara kimia maupun fisika. Secara kimia dilakukan melalui pengasaman dan pembasaan yang bertujuan untuk menghilangkan pengotor anorganik, membersihkan permukaan pori, dan membuang senyawa pengganggu. Sedangkan aktivasi secara fisika dilakukan melalui pengecilan ukuran butir, pengayakan dan pemanasan, tujuannya untuk menghilangkan pengotor organik, memperbesar pori dan memperluas permukaan ( Lestari, 2010).

Berbagai bahan-bahan berpori dapat digunakan sebagai adsorben. Bahan berpori ini dipilih karena mereka mempunyai luas permukaan dalam yang jauh lebih besar dibandingkan dengan luas permukaan luarnya (Ulku dan Cakicioglu, 1991). contoh adsorben yang secara komersial telah dipakai diantaranya adalah karbon aktif, silika gel dan zeolit. Diantara ketiga zat tersebut, zeolit merupakan material yang memiliki bentuk kristal sangat teratur dengan rongga yang saling berhubungan ke segala arah dan menjadikan luas permukaan zeolit sangat besar sehingga sangat baik digunakan sebagai adsorben (Suardana, 2008). Zeolit, baik sintetis maupun alami, dapat menyerap dalam jumlah yang cukup besar meskipun pada konsentrasi rendah.

Sorpsi adalah proses penyerapan ion oleh partikel penyerap (sorban). Proses sorpsi dibedakan menjadi dua yaitu adsorpsi dan absorpsi. Dinamakan proses adsorpsi jika ion tersebut tertahan dipermukaan partikel penyerap (sorban), sedangkan dinamakan absorpsi jika proses pengikatan ini berlangsung sampai di dalam partikel penyerap. Karena keduanya sering muncul bersamaan dalam suatu

proses maka ada yang menyebut sorpsi, baik adsorpsi sebagai sorpsi yang terjadi pada zeolit maupun padatan lainnya. Dalam penelitian ini zeolit alam akan diaktivasi sebagai penukar kation pada kolom kromatografi, untuk itu di uji mutu atau kualitas zeolit alam sebelum dan sesudah aktivasi terhadap ion tembaga ( $\text{Cu}^{2+}$ ) dan kapasitas tukar kation ( KTK ).

Berdasarkan latar belakang diatas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “ **Karakterisasi dan Aktivasi Zeolit Alam Secara Kimia dan Fisika Sebagai Adsorben Ion  $\text{Cu}^{2+}$ .**

### **Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Zeolit alam berasal dari Brataco
2. Pada penelitian ini akan digunakan satu jenis zeolit alam Indonesia yang akan dikarakterisasi untuk menentukan komposisi dan sifat-sifat kimia dan fisiknya menggunakan instrumen XRD, XRF, dan FTIR
3. Zeolit alam akan diaktivasi secara kimia dengan asam dan basa, sedangkan aktivasi fisika dengan penghalusan, pengayakan dan pemanasan, sehingga didapatkan zeolit teraktivasi pada kondisi optimum,
4. Ion logam yang digunakan untuk pengujian penyerapan  $\text{Cu}^{2+}$ .

### **Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana kondisi optimum aktivasi zeolit alam secara fisika dan kimia ?

2. Bagaimana kemampuan penyerapan kation oleh zeolit alam yang diaktivasi secara kimia dan fisika terhadap  $\text{Cu}^{2+}$  ?

### **Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menentukan kondisi optimum aktivasi zeolit alam
2. Menentukan ukuran kristal dan ukuran butir zeolit alam
3. Membandingkan uji serapan  $\text{Cu}^{2+}$  zeolit alam sebelum dan sesudah diaktivasi
4. Menentukan nilai kapasitas tukar kation ( KTK ) zeolit alam.

### **Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan informasi mengenai komposisi yang terkandung dalam zeolit alam.
2. Memberikan informasi mengenai kondisi optimum untuk aktivasi zeolit alam sehingga dapat dilakukan uji penyerapan ion  $\text{Cu}^{2+}$  dilanjutkan modifikasi lanjutan untuk digunakan sebagai fasa diam kromatografi.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **Zeolit**

Kata “zeolit” berasal dari dua kata bahasa Yunani yaitu zeo yang berarti mendidih dan lithos yang berarti batuan. Zeolit merupakan kelompok mineral yang mempunyai sifat dapat menyerap air dan melepaskannya lagi tanpa mengalami perubahan struktur yang signifikan, sehingga zeolit masuk dalam kelompok zat adsorben. Dalam kelompok adsorben, zeolit termasuk adsorben yang mempunyai ukuran pori mikro (mikropori) dan dalam klasifikasi BET, zeolit masuk ke dalam golongan tipe I (Anton Prasetyo, dkk, 2012).

Zeolit termasuk kristal berongga yang terbentuk oleh jaringan zeolit alumina tetrahedral tiga dimensi dan mempunyai struktur yang relatif teratur dengan rongga yang di dalamnya terisi oleh logam alkali atau alkali tanah seperti natrium, kalium, magnesium, dan kalsium sebagai penyeimbang muatannya. Rongga-rongga tersebut merupakan suatu sistem saluran yang didalamnya terisi oleh molekul air (Dian dan Fendy Anthonius L. 2010). Rongga-rongga tersebut merupakan suatu sistem saluran yang didalamnya terisi oleh molekul air (Dian dan Fendy Anthonius L. 2010) mineral zeolit dapat dilihat pada Gambar 1



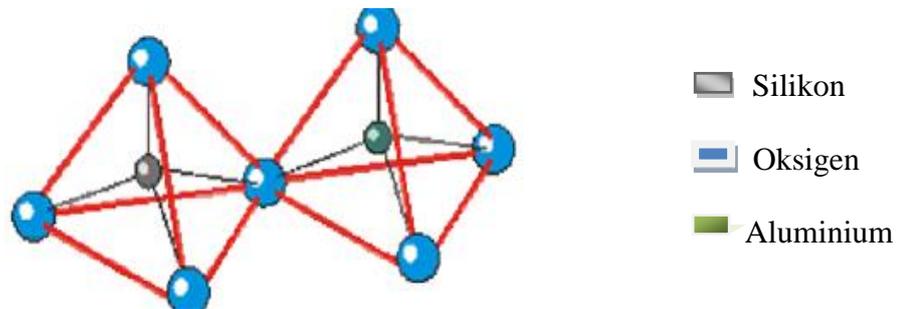
**Gambar 1. Mineral Zeolit**

## 1. Struktur Zeolit

Zeolit merupakan bahan anorganik berupa kristal dengan struktur kerangka tiga dimensi yang tersusun dari unit-unit tetrahedral silika dan alumina. zeolit terdiri dari 3 komponen yaitu : kation yang dapat dipertukarkan; kerangka aluminosilikat; dan fase air. Ikatan ion Al-O-Si-O membentuk struktur kristal aluminosilikat, sedangkan logam alkali merupakan sumber kation yang mudah dipertukarkan, dan fase air merupakan air hidrat yang mengisi rongga kristal.

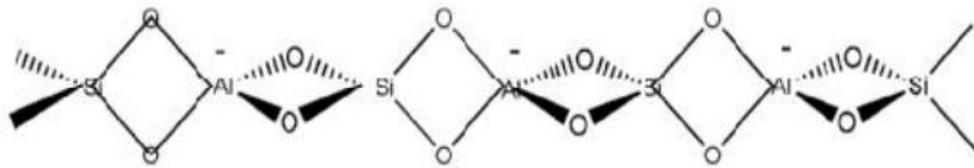
Unit tetrahedral silika dan alumina terbentuk dari 4 atom oksigen yang mengelilingi satu atom Si atau Al. Tiap atom oksigen bermuatan negatif 2 dan tiap atom silikon bermuatan positif 4. Adanya atom Al yang bervalensi 3 menyebabkan tetrahedron alumina menjadi bermuatan negatif, sehingga memerlukan kation untuk memenuhi sistem kenetralan. Oleh karena itu dalam struktur kerangkanya, zeolit memiliki  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ , atau  $\text{Ca}^{2+}$  ( Davis, 1991) . Kation-kation ini bersifat dapat dipertukarkan. Dalam struktur kristalnya Si yang bervalensi 4 dapat digantikan dengan Al yang bervalensi 3 sampai 50 %, sehingga dengan mengatur bahan dasar maka rasio Si/Al dapat dibuat bervariasi (Widiawati, 2005).

Kerangka tetrahedral zeolit dapat dilihat dari gambar 2 sedangkan struktur dasar ikatan yang terjadi antara  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{AlO}_2$  dapat dilihat dari gambar 3 :



**Gambar 2. Tetrahedral Alumina**

Gambar diatas memperlihatkan struktur tiga dimensi dari zeolit yang berbentuk tetrahedral dengan tiap atom silikon dan aluminium dikelilingi oleh oksigen.



**Gambar 3. Struktur dasar ikatan SiO<sub>2</sub> dan AlO<sub>2</sub> dari zeolit**

(windarti dan Ahmad, 2004)

Gambar diatas memperlihatkan empat ikatan tetravalen silikon adalah netral sedangkan empat ikatan trivalen aluminium adalah negatif. Sehingga dibutuhkan ion bermuatan positif untuk menetralkan senyawa tersebut, seperti kation alkali atau alkali tanah, yang diindikasikan sebagai rumus umum zeolit.

## 2. Klasifikasi zeolit

Secara umum, terdapat dua macam zeolit, yaitu zeolit alami dan zeolit sintetik. Ada hampir 50 jenis zeolit alami yang berbeda (klinoptilolit, filipsit, modernit dan lain-lain) dengan bermacam-macam sifat kimia dan fisik. Perbedaan utama dari zeolit yang satu dengan zeolit lainnya adalah struktur kristal, jumlah komposisi kimia, massa jenis partikel, selektivitas kation, ukuran pori-pori

molekul dan kekuatannya. Maka dari itu dapat dilihat klasifikasi zeolit dari tabel 1 berikut ini :

**Tabel 1. Klasifikasi Zeolit**

Grup	Jenis Zeolit	Rumus Kimia
Analsim	Analsim	$\text{Na}_{16}[\text{Al}_{16}\text{Si}_{32}\text{O}_{95}].6\text{H}_2\text{O}$
	Wairakit	$\text{Ca}_8[\text{Al}_{16}\text{Si}_{32}\text{O}_{95}].6\text{H}_2\text{O}$
Natrolit	Natrolit	$\text{Na}_{16}[\text{Al}_{16}\text{Si}_{24}\text{O}_{80}].6\text{H}_2\text{O}$
	Thomsonit	$\text{Na}_{16} \text{Ca}_8 [\text{Al}_{16}\text{Si}_{32}\text{O}_{95}].6\text{H}_2\text{O}$
Heulandit	Heulandit	$\text{Ca}_4[\text{Al}_8\text{Si}_{28}\text{O}_{72}].24\text{H}_2\text{O}$
	Klipnotilolit	$\text{Na}_6[\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72}].24\text{H}_2\text{O}$
Filipsit	Filipsit	$\text{K}_2\text{Ca}_{1.5}[\text{Al}_{16}\text{Si}_{10}\text{O}_{32}].12\text{H}_2\text{O}$
	Zeolit Na-P-1	$\text{Na}_8[\text{Al}_{31}\text{Si}_{24}\text{O}_{16}].16\text{H}_2\text{O}$
Modernit	Modernit	$\text{Na}_8[\text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{95}].24\text{H}_2\text{O}$
	Ferierit	$\text{NaCa}_{0.5}\text{Mg}_2[\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72}].24\text{H}_2\text{O}$
Kabazit	Kabazit	$\text{Ca}_2[\text{Al}_4\text{Si}_8\text{O}_{24}].13\text{H}_2\text{O}$
	Zeolit L	$\text{K}_6\text{Na}_3[\text{Al}_9\text{Si}_{27}\text{O}_{72}].6\text{H}_2\text{O}$
Faujasit	Faujasit	$\text{Na}_{12}\text{Ca}_{12}\text{Mg}_{11}[\text{Al}_{55}\text{Si}_{340}\text{O}_{385}].235\text{H}_2\text{O}$
	Zeolit A	$\text{Na}_{12}[\text{Al}_{12}\text{Si}_{12}\text{O}_{48}].27\text{H}_2\text{O}$
Laumontit	Laumontit	$\text{Ca}_4[\text{Al}_8\text{Si}_{16}\text{O}_{46}].16\text{H}_2\text{O}$
Pentasil	ZSM-5	$\text{Na}_{11}[\text{Al}_{13}\text{Si}_{96}\text{O}_{192}].16\text{H}_2\text{O}$
Zeotip	AIPOS-5	$[\text{Al}_{12}\text{P}_{12}\text{O}_{48}](\text{C}_3\text{H}_7)_4 \text{NOH}.q\text{H}_2\text{O}$

Sumber: Mumpton 1999; Rouquerol *et al.* 1999; Suhala & Arifin 1997; Robson & Lillerud 2001; Treacy & Higgins 2007 dalam Khaidir, 2011

### 3. Zeolit Alam

Zeolit terdapat secara alami di bumi. Mineral zeolit alam yang pertama ditemukan adalah stilbite. Saat ini ada sekitar 40 zeolit alam yang sudah ditemukan (Butland, 2008). Sebagian besar zeolit alam mempunyai perbandingan Si/Al yang rendah, karena ketiadaan bahan organik yang berfungsi penting untuk

pembentukan zeolit. Jenis zeolit alam yang sudah ditemukan beserta pengelompokannya berdasarkan perbandingan Si/Al dapat dilihat pada Tabel 2 :

**Tabel 2. Kelompok Zeolit Alam**

Si/Al $\leq$ 2 Kadar zeolit rendah	2 < Si/Al $\leq$ 5 Kadar zeolit sedang	5 < Si/Al Kadar zeolit tinggi
AFG, afghanite ANA, analcime BIK, bikitaite CAN, cancrinite EDI, edingtonite GIS, gismondine GME, gmelinite LAU, laumonite LEV, levyne LIO. Lionite NAT, natrolite PAR, partheite PHI, philipsite ROG, roggianite WEN, wenkite THO, thomsinite	BOG, boggsite BRE, brewsite CHA, chabazite DAC, dachiardite EPI, pistilbite ERI, erionite FAU, faujasite FER, ferrierrite GOO, goosecreekite HEU, heulandite MAZ, mazzite MER, merlionite MON, montasommaite MOR, mordanite OFF, offretite PAU, paulingite STI, stilbite YUG, yugawaralite	FER, ferrierite MEP, melanopholgitite

(Payra dan Dutta, 2003)

#### 4. Sifat-sifat Zeolit Alam

Zeolit alam mempunyai sifat-sifat yang khusus tergantung pada struktur kristal serta bentuk dan ukuran pori. Zeolit dapat dimanfaatkan sebagai penyaring molekuler, penukar ion, penyerap bahan dan katalisator dengan sifat-sifat meliputi sebagai berikut :

##### a. Dehidrasi

Molekul air dalam rongga permukaan zeolit dapat dilepaskan. Jumlah molekul air sesuai dengan jumlah pori-pori atau volume ruang hampa yang akan terbentuk bila unit sel kristal tersebut dipanaskan.

#### b. Penyaring / pemisah

Campuran uap atau cairan dapat dipisahkan oleh zeolit berdasarkan perbedaan ukuran, bentuk, dan polaritas dari molekul yang disaring.

#### c. Adsorpsi

Dalam keadaan normal ruang hampa dalam kristal zeolit terisi oleh molekul air bebas yang berada di sekitar kation. Molekul air ini akan keluar dengan adanya pemanasan pada suhu  $300^{\circ}\text{C}$  -  $400^{\circ}\text{C}$  sehingga zeolit dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan. Beberapa jenis mineral zeolit mampu menyerap gas sebanyak 30 % dari beratnya dalam keadaan kering. Selektifitas adsorpsi zeolit terhadap ukuran molekul tertentu dapat disesuaikan dengan jalan dealkalinasi; dealuminasi secara hidrotermal; dan perubahan perbandingan kadar Si dan Al (widiawati,2005).

Berdasarkan pada kuat atau lemahnya interaksi antara adsorben maka adsorpsi dapat dibagi atas dua golongan, yaitu adsorpsi kimia dan fisika. Adsorpsi kimia terjadi karena adanya interaksi antara adsorben dengan adsorbat membentuk suatu ikatan kimia. Sedangkan adsorpsi fisika terjadi karena adanya interaksi antara adsorben dengan adsorbat yang melibatkan gaya-gaya antar molekul seperti gaya van der Waals.

#### d. Penukar Ion

Ion-ion pada rongga atau kerangka elektrolit berguna untuk menjaga kenetralan zeolit. Ion-ion ini dapat bergerak bebas sehingga pertukaran ion yang terjadi tergantung dari ukuran dan muatan maupun jenis zeolitnya.

e. Katalis

Adanya ruang kosong yang akan membentuk saluran di dalam struktur zeolit merupakan ciri paling khusus dari zeolit. Zeolit merupakan katalisator yang baik karena mempunyai pori-pori yang besar dengan permukaan yang maksimum (widiawati,dkk 2005).

### 5. Kegunaan Zeolit

Zeolit alam banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari salah satunya Zeolit digunakan sebagai pengemban (penyokong) karena struktur kristalnya berpori dan memiliki luas permukaan yang besar, tersusun oleh kerangka silika alumina. Untuk melihat beberapa kegunaan zeolit dilihat pada tabel 3 :

**Tabel 3. Beberapa kegunaan Zeolit**

No	Penggunaan	Sifat yang diutamakan	Mineral yang diutamakan
1	Makanan Ternak	Kandungan zeolit tinggi, KTK tinggi, toxic elemen dan garam terlarut redah	Klinoptilotip dan mordenit
2	Penyerap Bau	Kandungan zeolit tinggi, daya serap NH <sub>3</sub> dan KTK tinggi	Klinoptilotip, mordenit dan khabazit
3	Pengelolaan air Perikanan	Kandungan zeolit tinggi, KTK tinggi, tak mengandung racun ikan	Klinoptilotip
4	Peningkatan mutu tanah dan kompos	Kandungan zeolit tinggi, KTK tinggi, toxic elemen dan garam terlarut redah	Klinoptilotip dan mordenit
5	Penyerap Gas	Kandungan zeolit tinggi, stabil terhadap panas dan dehidrasi	Klinoptilotip, mordenit dan Erionit

6	Pemisah Gas	Kandungan zeolit tinggi, stabil terhadap panas dan dehidrasi	Klinoptilotip dan mordenit
7	Katalis	Kandungan zeolit tinggi, stabil terhadap panas dan dehidrasi	Mordenita dengan pori yang lebar
8	Energi Surya	Kandungan zeolit tinggi, cepat kehilangan air pada temperatur rendah	Klinoptilotip, mordenit, khabazit dan erionit

### **Aktivasi Zeolit Alam**

Proses aktivasi zeolit alam sudah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu dengan tujuan yang berbeda-beda. Secara umum, ada tiga proses aktivasi yang bisa dilakukan terhadap zeolit alam, yaitu aktivasi secara fisis dengan pemanasan dan penghalusan serta aktivasi secara kimia dengan asam.

#### **a. Aktivasi secara fisika**

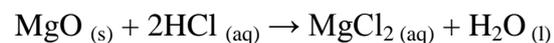
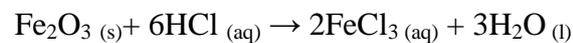
Proses aktivasi secara fisika dilakukan dengan pengecilan ukuran butir, pengayakan dan pemanasan yang bertujuan untuk menghilangkan pengotor-pengotor organik dan menguapkan air yang terperangkap dalam pori-pori kristal sampel sehingga jumlah pori dan luas permukaan spesifiknya bertambah (Lestari, 2010).

#### **b. Aktivasi secara kimia**

Metode ini dilakukan dengan merendam bahan baku pada bahan kimia seperti  $H_3PO_4$ ,  $ZnCl_2$ ,  $KOH$ ,  $HCl$ ,  $H_2SO_4$ ,  $CaCl_2$ ,  $K_2S$ ,  $NaCl$ , dan lain-lain (Danarto, 2008). kelebihan aktivasi secara kimia antara lain memerlukan temperatur yang rendah, menghasilkan kemurnian yang lebih tinggi dan mikropori yang dapat dikontrol (Rosi dkk, 2013).

### **i. Aktivasi dengan asam**

Aktivasi dengan asam dapat dilakukan dengan menggunakan larutan HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> yang bertujuan untuk membersihkan permukaan pori dan membuang senyawa pengganggu. Asam yang sering digunakan sebagai aktivator adalah HCl. Penambahan HCl bertujuan untuk mengeluarkan logam-logam Fe, Mg, dan zat lain yang terikat di sekitar kristal sampel. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Aktivasi menggunakan asam mineral akan melarutkan komponen Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO dan MgO yang mengisi pori-pori adsorben. Ini akan mengakibatkan terbukanya pori-pori yang tertutup sehingga menambah luas permukaan adsorben. Aktivasi zeolit alam Turki dengan menggunakan larutan HCl pada berbagai konsentrasi dan suhu memberikan hasil bahwa aktivasi dengan HCl menyebabkan terjadinya proses dealuminasi zeolit (Ozkan dan Ulku, 2005).

### **ii. Aktivasi dengan basa**

Aktivasi menggunakan larutan basa mampu melarutkan pengotor yang dapat larut dalam basa (misalnya alumina) yang berada di bagian luar kerangka kristal dan yang menutupi pori-pori permukaan zeolit. Aktivasi dengan basa biasanya menggunakan NaOH dan KOH. Aktivator KOH dapat bereaksi dengan karbon sehingga dapat meningkatkan luas permukaan sampel karena pengotor yang menutup pori berkurang (Sudibandriyo, 2011).

Aktivator NaOH dapat menurunkan tingkat kristalinitas sampel. Sampel yang berwujud amorf (tingkat kristalinitasnya rendah) mempunyai kemampuan adsorpsi yang lebih tinggi dari wujud kristalinnya (Widi Astuti). NaOH sebagai aktivator memiliki kelebihan yaitu murah dan tidak korosif (Memoria dkk, 2013).



Dari proses aktivasi zeolit baik secara asam maupun basa, diperoleh hasil bahwa zeolit yang diaktivasi dengan basa akan menjadi lebih polar bila dibandingkan dengan zeolit yang diaktivasi dengan asam (Jozefaciuk dan Bowanko, 2002). Perlakuan dengan asam terhadap zeolit terbukti akan menyebabkan zeolit menjadi lebih hidrofob, sehingga daya adsorpsinya terhadap air akan berkurang. Semakin tinggi konsentrasi asam yang digunakan maka daya adsorpsi zeolit terhadap uap air menjadi semakin kecil (Ozkan dan Ulku, 2005).

### **Adsorpsi**

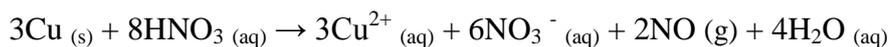
Sorpsi adalah proses penyerapan ion oleh partikel penyerap (sorban). Proses sorpsi dibedakan menjadi dua yaitu adsorpsi dan absorpsi. Dinamakan proses adsorpsi jika ion tersebut tertahan dipermukaan partikel penyerap (sorban), sedangkan dinamakan absorpsi jika proses pengikatan ini berlangsung sampai di dalam partikel penyerap.

Adsorpsi termasuk salah satu sifat dasar benda, dimana benda mempunyai gaya tarik antar molekul. Adanya medan gaya menimbulkan daerah rendah energi disekitar permukaan padatan, sehingga densitas molekul didekat lapisan permukaan umumnya lebih besar dibandingkan di dalam fluida itu sendiri.

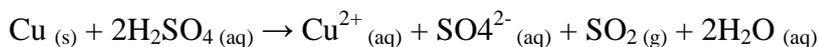
Adsorpsi oleh zat padat dibedakan menjadi dua, yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia. Adsorpsi fisika disebabkan oleh gaya *van der Waals*. Pada adsorpsi fisika, molekul-molekul teradsorpsi pada permukaan dengan ikatan yang lemah. Adsorpsi fisika umumnya terjadi pada temperatur rendah dan dengan bertambahnya temperatur jumlah adsorpsi akan berkurang. Pada adsorpsi kimia, molekul-molekul yang teradsorpsi pada permukaan bereaksi secara kimia, sehingga terjadi pemutusan dan pembentukan ikatan (Adamson, 1990).

### **Logam Tembaga**

Tembaga adalah logam merah muda yang lunak, dapat ditempa, dan liat. Ia melebur pada 1038°C. Karena potensial elektrode standarnya positif, (+0,34V untuk pasangan Cu<sup>2+</sup>/Cu), tembaga tak larut dalam asam klorida dan asam sulfat encer, meskipun dengan adanya oksigen tembaga bisa larut sedikit. Memiliki diameter 8,92, jari-jari atom 1,173 Å, dan jari-jari ion 0,96 Å (Vogel, 1994). Asam nitrat yang sedang pekatnya (8M) dengan mudah melarutkan tembaga:



Asam sulfat pekat panas juga melarutkan tembaga :

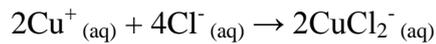
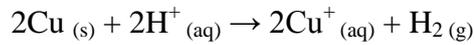


Tembaga mudah pula larut dalam air raja :



Tembaga tidak larut dalam air atau uap air dan asam-asam encer seperti HCl encer dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> encer, tetapi asam klorida pekat dan mendidih melarutkan logam tembaga dan membebaskan gas hidrogen. Hal ini disebabkan oleh terbentuknya

ion kompleks  $\text{CuCl}_2^-$  (aq) yang mendorong reaksi kesetimbangan bergeser ke arah produk.



Ada dua deret senyawa tembaga. Senyawa-senyawa tembaga(I) diturunkan dari senyawa tembaga(I) oksida ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) yang berwarna merah, dan mengandung ion tembaga(I),  $\text{Cu}^+$ . Senyawa-senyawa ini tak berwarna, kebanyakan garam tembaga(I) tak larut dalam air, perilakunya mirip perilaku senyawa perak(I). Senyawa tembaga(I) mudah dioksidasikan menjadi senyawa tembaga(II), yang dapat diturunkan dari tembaga(II) oksida,  $\text{CuO}$ , hitam. Garam-garam tembaga(II) umumnya berwarna biru, baik dalam bentuk hidrat, padat, maupun dalam larutan air. Warna ini benar-benar khas hanya untuk ion tetraakuocuprum(II)  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$  saja. Garam-garam tembaga(II) anhidrat, seperti tembaga(II) sulfat anhidrat  $\text{CuSO}_4$ , berwarna putih (atau sedikit kuning). Dalam larutan air selalu terdapat ion kompleks tetraakuo (Vogel, 1990:229).

### **Sifat Pertukaran Ion Zeolit**

Pertukaran ion adalah suatu proses dimana ion berada pada pori-pori padatan yang tidak larut yang dapat ditukar dengan ion yang dibawa oleh larutan selama kontak dengan solid tersebut. Sifat pertukaran ion dari lempung dan zeolit telah dikenali dan dipelajari selama lebih dari satu abad (Skoog dkk, 2004). Terdapat banyak tipe penukar ion yang berasal dari mineral alumina silikat diantaranya zeolit yang mempunyai struktur tiga dimensi dan mineral tanah liat. Berikut

adalah beberapa contoh jenis mineral zeolit penting beserta nilai KTK dapat dilihat di tabel 4 :

**Tabel 4. Contoh Jenis Mineral Zeolit dan Nilai KTK**

Mineral zeolit	Komposisi	Perbandingan Si/Al	KTK (meq/100g)
Analsim	$\text{Na}_{16}(\text{Al}_{16}\text{Si}_{32}\text{O}_{96}) \cdot 16\text{H}_2\text{O}$	1,4 – 3,0	4,5
Kabazit	$(\text{Na}_2\text{Ca})_6 (\text{Al}_{12}\text{Si}_{24}\text{O}_{72}) \cdot 40\text{H}_2\text{O}$	1,4 – 4,3	3,7
Klinoptilotit	$(\text{Na}_3\text{K}_3)(\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72}) \cdot 24 \text{H}_2\text{O}$	2,7 – 5,4	2,2
Erionit	$(\text{NaCa}0,5\text{K}) (\text{Al}_9\text{Si}_{27}\text{O}_{72}) \cdot 27 \text{H}_2\text{O}$	2,3 – 3,4	3,1
Heulandit	$(\text{Ca}_4)(\text{Al}_8\text{Si}_{28}\text{O}_{72}) \cdot 24 \text{H}_2\text{O}$	4,0 – 6,1	3,2
Laumontit	$(\text{Ca}_4)(\text{Al}_8\text{Si}_{16}\text{O}_{48}) \cdot 16 \text{H}_2\text{O}$	1,3 – 3,3	4,3
Mordenit	$\text{Na}_8(\text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{96}) \cdot 24 \text{H}_2\text{O}$	4,17 – 5,0	2,3
Filipsit	$(\text{NaK})_5(\text{Al}_5\text{Si}_{11}\text{O}_{32}) \cdot 20 \text{H}_2\text{O}$	1,7 – 3,3	3,9
Natrolit	$\text{Na}_4(\text{Al}_4\text{Si}_6\text{O}_{20}) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1,5	5,2

Sumber: Mumpton 1999; Rouquerol *et al.* 1999; Suhala & Arifin 1997; Robson & Lillerud 2001; Treacy & Higgins 2007 dalam Khaidir, 2011

Kapasitas tukar kation (KTK) merupakan salah satu parameter tanah yang bergantung kepada kemampuan tanah untuk menarik, mempertahankan kation yang dapat ditukar ( $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  dll). Banyak faktor yang mempengaruhi KTK tanah khususnya pH tanah, tekstur, dan kandungan materi organik. pH tanah merupakan parameter yang penting dan berkorelasi dengan KTK (Foth, 1990).

Menaiknya pH, kadar materi organik dan liat/lempung menyebabkan KTK yang tinggi karena meningkatnya jumlah muatan negatif pada permukaan yang menarik dan menahan kation.

Menurut Hedstrom (2001) zeolit alam adalah mineral alumina silikat dengan kapasitas tukar kation (KTK) yang tinggi dan sifat selektif yang tinggi terhadap ammonium. Klinoptilolit (mineral yang umumnya digunakan untuk pengolahan limbah cair) mempunyai sifat pemisahan ion (*ion sieve*), KTK tinggi dan mempunyai sifat affinitas terhadap ammonium. Klinoptilolit mempunyai struktur kerangka tetrahedral dengan empat atau lima cincin saluran yang membentuk saluran pemisah ion. Diameter saluran berada diantara 3-8Å. Klinoptilolit tidak hanya dapat memisahkan ion tetapi juga mempunyai KTK yang disebabkan substitusi silika ( $\text{Si}^{4+}$ ) oleh alumunium ( $\text{Al}^{3+}$ ) karena jari-jari ion  $\text{Si}^{4+}$  dan ion  $\text{Al}^{3+}$  sama, sehingga menyebabkan muatan negatif pada struktur kisi mineral.

#### **Metode Penentuan KTK dengan Barium Klorida ( $\text{BaCl}_2$ )**

Berbagai metode telah dilakukan untuk mengukur KTK dan kation yang dapat dipertukarkan. Metode yang paling sering digunakan adalah berdasarkan pertukaran kation tanah dengan larutan garam yang diketahui konsentrasinya yang mengandung kation yang tidak terkandung dalam tanah tersebut dan deteksi kation dengan standar teknik seperti absorpsi atomik, spektrofotometri atau titrasi (Bergaya dkk, 2006). Pada penelitian ini penentuan KTK dilakukan dengan metode Barium Klorida ( $\text{BaCl}_2$ ). Metode ini diadopsi dan diterima sebagai metode standard internasional. Metode ini mempunyai kelebihan yaitu dapat diulang,

presisi, langsung dalam mengukur KTK (Ross, D. S dan Quirine Ketterings, 2011).

Metode ini diperkenalkan pertama kali oleh Gillman pada tahun 1979. Pada tahun 1986 Gillman dan Sumpter melakukan perubahan bersama-sama. Pada tahun 1994 telah dilakukan uji dan standarisasi sehingga pada saat itu telah banyak implementasinya. Metode ini menjadi ISO 11260.

Adapun keuntungan dari metode ini adalah kemampuan ulang yang tinggi, presisi, pengukuran langsung KTK tanah. Sedangkan kekurangan metode ini adalah memakan waktu yang lama, memerlukan peralatan tertentu, dan menghasilkan limbah yang berbahaya ( $BaCl_2$ ). Bahaya barium bagi kesehatan manusia yaitu dalam jangka panjang dapat menyebabkan naiknya tekanan darah dan terganggunya sel saraf. Garam barium juga dapat merusak hati, Jantung, dan kelumpuhan.

## **Instrumentasi**

### **1. X-Ray Fluorescence ( XRF )**

X-Ray Fluorescence (XRF) adalah suatu teknik analisis yang menggunakan interaksi sinar X untuk menentukan komposisi unsurnya. XRF secara luas digunakan sebagai alat karakterisasi cepat di banyak laboratorium dan industri untuk aplikasi yang beragam seperti metalurgi, forensik, polimer, elektronik, arkeologi, analisis lingkungan, geologi dan pertambangan. Kemajuan terbaru dalam teknologi sinar-x (X-Ray) telah menghasilkan pengembangan instrumen

XRF yang mampu menganalisis resolusi dengan kecepatan tinggi, yang sekarang dipakai oleh peneliti dan analis dalam aplikasi dibidangnya masing-masing.

Prinsip kerja metode analisis XRF berdasarkan terjadinya tumbukan atom-atom pada permukaan sampel (bahan) oleh sinar-X. Hasil analisis kualitatif ditunjukkan oleh puncak spektrum yang mewakili jenis unsur sesuai dengan energi sinar-X karakteristiknya, sedang analisis kuantitatif diperoleh dengan cara membandingkan intensitas sampel dengan standar (Kriswarini dkk, 2010).

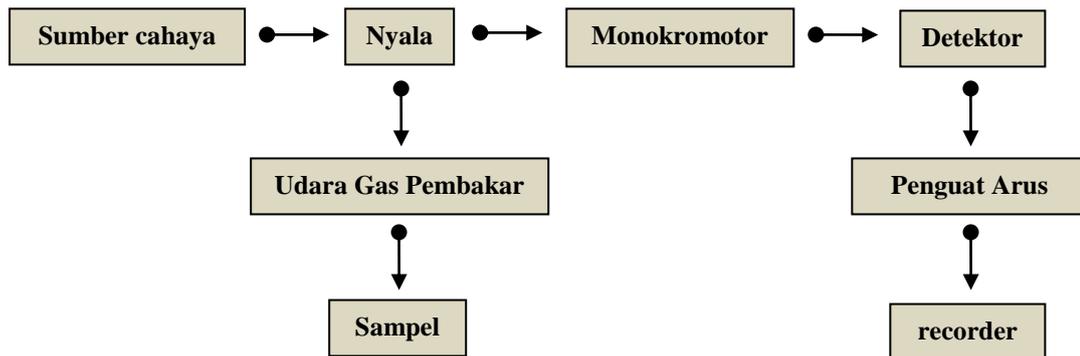
## **2. Atomic Absorption Spectroscopy ( AAS )**

Atomic absorption spectroscopy (AAS) adalah suatu teknik analisis yang umumnya digunakan untuk penentuan unsur-unsur logam dan metaloid yang berdasarkan pada absorpsi radiasi oleh atom bebas unsur logam tersebut. Teknik AAS berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom menyerap cahaya, tergantung pada sifat unsur dan panjang gelombang tertentu. Cahaya yang diserap mempunyai cukup energi untuk menyebabkan atom mengalami transisi elektronik dari tingkat dasar ke tingkat transisi elektronik dan tingkat dasar ke tingkat tereksitasi. Tingkat energi elektronik suatu unsur bersifat spesifik, sehingga energi yang diserap untuk menimbulkan transisi juga bersifat khas. Teknik AAS digunakan untuk penentuan logam berat karena memiliki tingkat akurasi, presisi, sensitivitas dan selektivitas yang baik, serta harga operasi yang murah (Skoog et al. 2007).

Prinsip dasar *Atomic Absorption Spectroscopy* adalah interaksi antara radiasi elektromagnetik dengan sampel. *Atomic Absorption Spectroscopy* merupakan

metode yang sangat tepat untuk analisis zat pada konsentrasi rendah (Khopkar, 1990).

Secara garis besar instrumentasi dari *Atomic Absorption spectroscopy* dapat digambarkan sebagai berikut :



**Gambar 4. Skema Peralatan Atomic Absorption Spectroscopy**

### 3. Fourier Transformation Infrared ( FTIR)

Spektroskopi inframerah adalah ilmu yang mempelajari interaksi sinar inframerah dengan materi. Frekuensi dari vibrasi kerangka pada daerah inframerah tengah ( $300-1300\text{ cm}^{-1}$ ) menyediakan informasi tentang komposisi dan sifat-sifat yang berhubungan dengan interaksi tetrahedral  $\text{SiO}_4$  dan  $\text{AlO}_4$ . Kenampakan spektra inframerah dapat berkorelasi dengan kehadiran tipe-tipe unit struktural tertentu. Dasar pembacaan FTIR dikemukakan oleh Flanigen, Khatami, dan Szymanski (FKS). Prinsipnya didasarkan pada dua tipe vibrasi, yaitu :

- Vibrasi internal dari tetrahedral  $\text{TO}_4$  (  $T = \text{Si, Al}$  ) atau unit primer pada kerangka zeolit, yang sensitif terhadap komposisi kerangka,
- Vibrasi yang berkaitan dengan hubungan eksternal antar tetrahedral, yang sensitif terhadap topologi kerangka secara keseluruhan. ( hamdan, 1992 ).

Selain itu dari FTIR kita dapat mengetahui keasaman kerangka (pada permukaan internal atau eksternal) dan dapat mendeteksi apakah bersifat asam bronsted atau asam lewis ( trombeeta et al,. 2000 ).

Jacobs & martens (1987) menuliskan vibrasi FTIR dari beberapa zeolit, diantaranya seperti Tabel 5 berikut ini :

**Tabel 5. Vibrasi FTIR**

Vibrasi Internal			symbol
	cm <sup>-1</sup>	Maks ( cm <sup>-1</sup> )	
Uluran asimetris	950 – 1250	1146	<b>vs</b>
Uluran simetris	650 – 720	729	<b>w</b>
Tekukan T - O	420 - 500	443	<b>s</b>

Vibrasi eksternal			symbol
	cm-1	Maks ( cm-1 )	
Uluran asimetris	1050 – 1150	1068	<b>sh</b>
Uluran simetris	750 – 820	781	<b>m</b>
Cincin asimetris	500 - 650	573	<b>w</b>
Pori terbuka	300 - 420	364	

Alvarez et al ( 1997 )

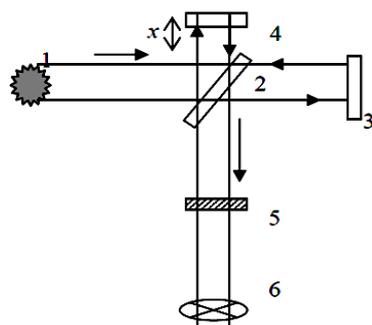
**Sh** = bahu, **vs** = sangat kuat, **m** = sedang, **w** = lemah, **s** = kuat

### **Keuntungan dan kelemahan spektroskopi inframerah**

Ada beberapa keuntungan dari spektroskopi inframerah sebagai suatu teknik dari kimia analisis

- a. Semua senyawa yang berbentuk padatan, cairan, gas, bubuk, dan polimer dapat dianalisis.

- b. Spektra inframerah kaya informasi yaitu posisi-posisi puncak, intensitas puncak, pelebaran puncak, dan puncak yang tajam pada spektrum.
- c. Spektroskopi inframerah adalah teknik yang relatif cepat. Semua sampel dapat disiapkan, discan dan hasilnya diplot dalam waktu kurang dari lima menit.



Keterangan:

1. Sumber cahaya IR polikromatik
2. Beam splitter
3. Cermin tetap (Cermin 1)
4. Cermin dapat digerakkan naik atau turun (Cermin 2)
5. Sampel
6. Detektor dengan PMT

**Gambar 5. Komponen *Fourier Transform-Infra Red* ( FT-IR )**

#### 4. X-Ray Diffraction ( XRD)

Difraksi sinar X (X-ray Diffractometer), atau yang sering dikenal dengan XRD merupakan instrumen yang digunakan untuk mengidentifikasi material kristalit maupun non-kristalit dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel. Difraksi sinar-X terjadi pada hamburan elastis foton-foton sinar-X oleh atom dalam sebuah kisi periodik. Sinar-X adalah gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang 0,5-2,0 mikron (Chorkendroff, 2003).

Kegunaan XRD dan aplikasinya :

- Membedakan antara material yang bersifat kristal dengan amorf

- Mengukur macam-macam keacakan dan penyimpangan kristal.
- Karakterisasi material kristal
- Identifikasi mineral-mineral yang berbutir halus seperti tanah liat
- Penentuan dimensi-dimensi sel satuan

Karakterisasi ini dilakukan dengan cara menginterpretasi pola difraksi dari hamburan sinar X pada contoh. Sekitar 2 g serbuk contoh dimasukkan ke dalam kuvet aluminium, kemudian permukaan serbuk dipadatkan dan diratakan dengan menggunakan sepotong kaca. Kaca tersebut ditekan sambil digerak-gerakkan diatas permukaan kuvet yang berisi serbuk, sehingga serbuk menjadi padat dan permukaannya rata dan sejajar dengan permukaan kuvet, selanjutnya diradiasi dengan sinar X (Lempang dkk, 2011).

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. Kesimpulan**

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Hasil aktivasi zeolit alam dengan menggunakan variasi konsentrasi HCl dan KOH menunjukkan bahwa zeolit alam teraktivasi paling baik pada aktivator HCl 1 M.
2. Karakterisasi zeolit alam menggunakan beberapa instrument diantaranya XRD, XRF, dan FTIR menunjukkan bahwa zeolit alam dari PT. Bratako Bandung, memiliki ukuran kristal 132,25 nm dan ukuran butir rata-rata  $55,104 \cdot 10^{-7}$  m sedangkan kadar SiO<sub>2</sub> dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> adalah 82,119% dan 12.089 .
3. Diperoleh kapasitas serapan dan efisiensi tertinggi zeolit alam sebelum aktivasi dan sesudah aktivasi adalah konsentrasi 50 ppm .
4. Nilai kapasitas tukar kation zeolit alam sebelum dan sesudah aktivasi adalah 6.630864 meq/g dan 4.894856 meq/g

#### **B. Saran**

Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengaplikasikan penggunaan zeolit alam sebagai pengisi kolom kromatografi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adamson, A. W. 1990. *Physical Chemistry of Surface*. Fifth edition. New York John Wiley and Sons, Inc.
- Amsiri. 2010. *Penyerapan Merkuri Dalam Limbah Simulasi Menggunakan Zeolit Klinoptilolit*. Jakarta. UIN Syarif Hidayatullah
- Astuti F, Widi dan Widhi Mahatmanti. *Aktivasi Abu Layang Batubara dan Aplikasinya Sebagai Adsorben Timbal dalam Pengolahan Limbah Elektroplating*. Fakultas Teknik, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang
- Atkins, P. W, 1990. *Physical Chemistry. 4th ed*. New York: W.H. Freeman.
- Bergaya, F., Lagaly, G., Vayer, M. 2006. Cation and Anion Exchange. In B. G. F., *Handbook of Clay Science, Developments in Clay Science* (pp. p.p. 979-1001). Amsterdam: Elsevier
- Butland, T.D., 2008, Adsorption Removal of Tertiary Butyl Alcohol from Wastewater by Zeolite, Thesis of Worcester Polytechnic Institute.
- Ertan A. dan Ozkan C.F. (2005). CO<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub> Adsorption the Acid (HCl, HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, and H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) Treated Zeolites. *Adsorption 11* , 151-156.
- Fatimah, Is. 2000. Penggunaan Na-Zeolit Alam Teraktivasi sebagai Penukar Ion Cr(III) dalam Larutan. *Logika*. Volume 4. Hal: 25-34
- Hamdan H. 1992. Introduction to zeolites synthesis, characterization, and modification, Malaysia ; Universiti Teknologi Malaysia.
- Hedstrom, Annelie. 2001. Ion exchange of ammonium in zeolites: a literature review. *Journal of Environmental Engineering, Vol. 127, No. 8*
- Flanigen, G.M dan Khatami. 1997. Infrared Structural Studies of Zeolite Frameworks, *Union Carbide Corporation*. New York; pp. 16. 201-207
- Foth, H. D. 1990. *Fundamentals of Soil Sciens*. Canada: John Wiley & Sons. Inc
- Handayani, Murni dan Eko Sulistiyono. 2009. *Uji Persamaan Langmuir dan Freunlich Pada Penyerapan Limbah Chrom (VI) Oleh Zeolit*. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir. Bandung : PTNBR-BATAN
- I.chorkendroff, J.W. Niemantsverdi. Concepts of Modern Catalysis and Kinetics. Wiley-VCH GmbH&Co. New York. 2003. Hal 143 -147