

**KARAKTERISASI TANAH NAPA MENGGUNAKAN FOURIER
TRANSFORM INFRA-RED (FT-IR)**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagai Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains



RINI SUNDARI
NIM. 16070 - 2010

JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2014

PERSETUJUAN SKRIPSI

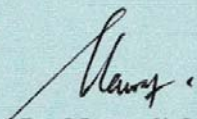
KARAKTERISASI TANAH NAPA MENGGUNAKAN FOURIER TRANSFORM INFRA-RED (FT-IR)

Nama : Rini Sundari
NIM/BP : 16070/2010
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Mei 2014

Disetujui oleh:

Pembimbing I


Dr. Mawardi, M.Si
NIP. 19611123 198903 1 002

Pembimbing II


Hary Sanjaya, S.Si, M.Si
NIP. 19830428 200912 1 007

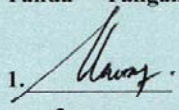
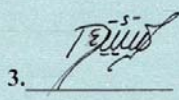
HALAMAN PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

*Dinyatakan Lulus Setelah Dipertahankan di Depan Tim Penguji Skripsi
Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang*

Judul : Karakterisasi Tanah Napa Menggunakan *Fourier Transform Infra-Red* (FT-IR)
Nama : Rini Sundari
TM/NIM : 2010/16070
Program Studi : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Mei 2014

Tim Penguji

No.	Jabatan	Nama	Tanda Tangan
1.	Ketua	: Dr. Mawardi, M.Si	1. 
2.	Sekretaris	: Hary Sanjaya, S.Si, M.Si	2. 
3.	Anggota	: Desy Kurniawati, S.Pd. MSi	3. 
4.	Anggota	: Drs.H. Zul Afkar M.Si	4. 

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Rini Sundari
TM/NIM	: 2010/16070
Tempat/Tanggal Lahir	: Padang Kuning / 18 Agustus 1991
Program Studi	: Kimia
Jurusan	: Kimia
Fakultas	: MIPA
Alamat	: Jl. Gajah 5 No. 6 Air Tawar Padang
No. Hp/Telepone	: 082384137331
Judul Skripsi	: Karakterisasi Tanah Napa Menggunakan <i>Fourier Transform Infra-Red</i> (FT-IR)

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis/skripsi ini adalah hasil dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik (sarjana) baik di UNP maupun perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis/skripsi ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan tim pembimbing.
3. Pada karya tulis/skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain kecuali tertulis dengan jelas dicantumkan pada daftar pustaka.
4. Karya tulis/skripsi ini sah apabila telah ditandatangani **Asli** oleh tim pembimbing dan tim penguji.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran di dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima **Sanksi Akademik** berupa pencabutan gelar akademik yang telah diperoleh karena karya tulis/skripsi ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Padang, Mei 2014
Yang membuat pernyataan.

Rini Sundari
NIM : 16070

ABSTRAK

Rini Sundari (2014): Karakterisasi Tanah Napa Menggunakan *Fourier Transform-Infra Red* (FT-IR)

Tanah napa merupakan tanah yang dihasilkan oleh alam, tanah ini berasal dari bukit cubadak Kec. Situjuah Limo Nagari Kab. 50 Kota. Pada penelitian ini telah dilakukan karakterisasi tanah napa dengan melihat bagaimana pengaruh aktivasi dan kalsinasi tanah napa terhadap gugus fungsi yang diidentifikasi menggunakan *Fourier Transform-Infra Red* (FT-IR) merk: PerkinElmer, Type : FT-IR Spectrometer Frontier. Berdasarkan analisa komposisi kimia tanah napa menggunakan *X-Ray Fluorescence*(XRF) disimpulkan bahwa tanah napa tergolong mineral aluminasilika kelompok zeolit alam. Kemurnian yang rendah dari zeolit alam menyebabkan pemanfaatannya yang tidak optimal dibandingkan dengan zeolit sintetik. Dengan tingkat kemurnian dan memiliki kristalinitas yang tinggi, manfaat dan aplikasi zeolit alam dapat digunakan lebih baik dan efisien. Pada penelitian ini telah dilakukan aktivasi kimia dan fisika tanah napa menggunakan pelarut hidrogen peroksida (10, 20 dan 30 %) dan kalsinasi pada suhu (400, 600 dan 800°C). Tanah napa sebelum dan sesudah aktivasi serta kalsinasi dikarakterisasi menggunakan *Fourier Transform-Infra Red* (FT-IR). Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu optimum untuk kalsinasi tanah napa sebelum aktivasi adalah 600°C, dan konsentrasi optimum hidrogen peroksida 20 %. Aktivasi tanah napa menggunakan hidrogen peroksida 10% dan dilanjutkan kalsinasi pada suhu 600°C merupakan kondisi optimum yang baik untuk aktivasi kimia fisika.

Kata Kunci: Tanah napa, aktivasi, kalsinasi, *Fourier Transform-Infra Red* (FT-IR).

KATA PENGANTAR



Dengan mengucapkan syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberi kekuatan dan kesabaran kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Karakterisasi Tanah Napa Menggunakan *Fourier Transform Infra-Red (FT-IR)*”**. Shalawat dan salam untuk Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan tauladan dalam setiap aktivitas yang kita lalui.

Skripsi ini diajukan sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar sarjana sains di jurusan kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, petunjuk, arahan dan masukan yang berharga dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada :

1. Bapak Dr. Mawardi, M.Si selaku pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan hingga selesainya penelitian dan penulisan skripsi ini.
2. Bapak Hary Sanjaya, M.Si selaku pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan hingga selesainya penelitian dan penulisan skripsi ini.
3. Ibu Sri Benti Etika, M.Si selaku Penasehat Akademik yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama perkuliahan hingga selesainya penelitian dan penulisan skripsi ini.

4. Bapak Drs. H. Zul Afkar, M.S selaku penguji yang telah memberikan masukan dan saran hingga selesainya penelitian dan penulisan skripsi ini.
5. Bapak Ananda Putra, M.Si. Ph.D selaku penguji yang telah memberikan masukan dan saran hingga selesainya penelitian dan penulisan skripsi ini
6. Ibu Desy Kurniawati, S.Pd. M.Si selaku penguji yang telah memberikan masukan dan saran hingga selesainya penelitian dan penulisan skripsi ini
7. Ibu Dra.Andromeda,M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia Universitas Negeri Padang.
8. BapakBudhi Oktavia,Ph.D selaku Ketua Prodi Kimia, Jurusan Kimia, Universitas Negeri Padang.
9. Kedua Orang Tua penulis tercinta yang telah memberikan semangat serta dorongan kepada penulis dalam melakukan setiap aktivitas penelitian.
- 10.Teman-teman kimia tahun 2010 yang telah memberikan masukan dan dorongan kepada penulis dalam pelaksanaan penelitian.

Penulisan skripsi ini mengacu kepada panduan penulisan skripsi (tugas akhir) Universitas Negeri Padang, namun mungkin masih terdapat kekilafan dan kesalahan yang disebabkan oleh kelalain penulis semata.Oleh sebab itu pada kesempatan ini penulis mohon maaf yang sebesar-besarnya.Untuk kesempurnaan skripsi ini, maka dengan kerendahan hati penulis mengharapkan masukan dan saran yang membangun dari semua pihak. Atas masukan dan saran yang diberikan penulis haturkan terima kasih.

Padang, April 2014

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah	3
C. Batasan Masalah	3
D. Rumusan Masalah	4
E. Tujuan Penelitian	4
F. Manfaat Penelitian	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Tanah	6
B. Zeolit.....	9
C. <i>Fourier transform infra-red</i> (FT-IR)	25
BAB III. METODE PENELITIAN	37
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	37
B. Tahapan Penelitian secara Umum.....	37
C. Alat dan Bahan.....	37
1. Alat	37
2. Bahan.....	37

D. Cara Kerja	38
1. Preparasi Tanah Napa.....	38
2. Aktivasi Tanah Napa	38
3. Kalsinasi Tanah Napa.....	39
4. Karakterisasi Tanah Napa.....	39
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	40
A. Karakteristik Tanah Napa	40
B. Aktivasi Tanah Napa.....	41
C. Kalsinasi Tanah Napa	45
D. Kalsinasi Tanah Napa Hasil Aktivasi.....	41
BAB IV. KESIMPULAN DAN SARAN	54
A. Kesimpulan.	54
B. Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Tanah Napa.....	7
Gambar 2. Struktur Dasar Ikatan SiO ₂ dan AlO ₂ dari Zeolit.....	10
Gambar 3. Tipe zeolit A dan X.....	12
Gambar 4. Reaksi pertukaran ion Na dengan K pada <i>molecular sieve</i> 4A.....	13
Gambar 5. <i>Secondary Building Unit</i> (SBU) Dalam Kerangka Zeolit.....	18
Gambar 6. Beberapa Struktur Zeolit.....	19
Gambar 7. Sistem peralatan spektroskopi (FT-IR).....	27
Gambar 8. Diagram interferogram.....	28
Gambar 9. Jenis-jenis vibrasi.....	29
Gambar 10. Hasil Analisis <i>FT-IR</i>	32
Gambar 11. Spetra FT-IR karakterisasi tanah napa.....	40
Gambar 12. Spektra FT-IR tanah napa.....	41
Gambar 13. Spektra FT-IR Tanah napa.....	43
Gambar 14. Spektra FT-IR Tanah napa	44
Gambar 15. Spektra FT-IR Tanah napa hasil kalsinasi.....	45
Gambar 16. Spektra FT-IR Tanah napa hasil kalsinasi.....	48
Gambar 17. Spektra FT-IR Tanah napa hasil kalsinasi.....	50
Gambar 18. Spektra FT-IR Tanah napa hasil kalsinasi.....	52

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Komposisi Kimia Tanah Napa.....	8
Tabel 2. Contoh Jenis Mineral Zeolit Dan Komposisi Kimiannya.....	14
Tabel 3. Analisa Pembukaan Pori.....	32
Tabel 4. Analisa Kerangka Zeolit.....	32

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Skema rancangan penelitian secara umum.....	58
Lampiran 2. Skema prosedur kerja penelitian.....	59
Lampiran 3. Hasil pengamatan penelitian.....	62

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang kaya dengan sumber daya alam, yang dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang ilmu pengetahuan, kesehatan dan lain-lain. Salah satu mineral alam yang banyak terdapat disekitar pegunungan api wilayah Sumatera Barat. Sebagian besar masyarakat Sumatera Barat menyebutnya tanah napa, tanah napa ini bewarna putih keabu-abuan, dan mempunyai pori-pori yang besar. Selama ini tanah napa dimanfaatkan sebagai bahan pengobatan tradisional yang dapat mengobati berbagai penyakit didalam tubuh, misalnya di Kabupaten Solok Sumatera Barat tanah napa ini digunakan untuk obat sakit perut. Namun saat ini tanah napa tidak lagi digunakan sebagai pengobatan, karena sudah banyaknya obat moderen yang lebih praktis.

Mawardi dkk. (2012), telah melakukan penelitian terhadap tanah napa yang diperoleh dari daerah Kabupaten Solok Sumatera Barat. Berdasarkan data komposisi kimia yang diperoleh disimpulkan bahwa tanah napa yang berasal dari Kabupaten Solok tersebut tergolong mineral alumina silikat kelompok zeolit dengan kandungan rata-rata SiO_2 ; Al_2O_3 ; K_2O ; CaO ; MgO ; dan Fe_2O_3 masing-masing 71,0%; 20,8%; 1,2%; 2,3%; 1,2%; dan 3,6%. Ciri fisik dari tanah napa ini yaitu mempunyai pori-pori besar dan berwarna putih keabu-abuan. Sejenis tanah yang sama juga terdapat di perbukitan Cubadak Kec. Situjuh Limo Nagari Kab. 50 Kota, yang memiliki ciri fisik yang sama dengan

tanah napa Kabupaten Solok, masyarakat setempat juga menyebutnya tanah napa.

Tanah napa dari bukit Cubadak Kec. Situjuh Limo Nagari Kab. 50 Kota belum diketahui karakter dan kandungan mineralnya, agar potensi ini dapat dikembangkan secara optimal, perlu dilakukan karakterisasi lebih lanjut. Menurut Omisanya dkk. (2012), untuk karakterisasi alumina silikat yang merupakan salah satu kandungan utama zeolit alam biasanya menggunakan berbagai instrument kimia seperti *X-Ray Diffraction* (XRD), *X-Ray Fluorescence* (XRF), *Scanning Electron Microscopy* (SEM), dan *Thermal Gravimetric Analysis/Differential Thermal Analysis* (DTA/TGA) dan *Fourier Transform-Infra Red* (FTIR). Pada penelitian ini, akan dilakukan karakterisasi tanah napa menggunakan instrument *Fourier Transform-Infra Red* (FTIR) dengan membandingkan data spektrum FT-IR tanah napa sebelum dan sesudah aktivasi (pemurnian).

Mineral zeolit adalah suatu kelompok mineral alumina silikat terhidrasi dari logam alkali dan alkali tanah (terutama Ca, dan Na), dengan rumus umum $L_mAl_xSi_yO_z.nH_2O$ dimana L adalah logam. Mineral alumina silikat ini merupakan salah satu kandungan utama zeolit alam. Zeolit alam banyak ditemukan di pegunungan api yang mengandung batuan atau rempah-rempah gunung api seperti batuan piroklastik berbutir halus (tuf), yang merupakan sumber mineral zeolit. Zeolit alam mengandung lebih dari 50 mineral yang berbeda jenis mineral, zeolit yang umum terdapat di alam diantaranya mordenite, clinoptilolite, phillipsite, dan chabazite (Tsitsishvili dkk dalam

Heraldry dkk, 2003). Clinoptilolite adalah salah satu jenis mineral zeolit alam yang biasa digunakan untuk mengurangi logam berat dan ammonia dalam larutan (Demir dkk dalam Heraldry dkk, 2003).

Kemurnian yang rendah dari zeolit alam menyebabkan pemanfaatannya yang tidak optimal dibandingkan dengan zeolit sintetik. Dengan tingkat kemurnian dan memiliki kristalinitas yang tinggi, manfaat dan aplikasi zeolit alam dapat digunakan lebih baik dan efisien.

Oleh sebab itu, dalam penelitian ini, akan dilakukan karakterisasi tanah napa menggunakan *Fourier Transform-Infra Red* (FTIR).

B. Identifikasi Masalah

Dari hasil analisa sebelumnya tanah napa tergolong mineral amlumina silikat, yang merupakan salah satu komposisi dari zeolit alam. Kemurnian zeolit alam yang rendah akan menyebabkan pemanfaatannya yang tidak optimal dibandingkan zeolit sintetik. Maka pada penelitian ini akan dilakukan karakterisasi tanah napa dengan melihat bagaimana pengaruh aktivasi dan kalsinasi tanah napa terhadap gugus fungsi menggunakan *Fourier Transform-Infra Red* (FT-IR).

C. Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terfokus, maka perlu dilakukan beberapa pembatasan masalah. Sebagai pembatasan masalah penelitian yaitu :

1. Tanah napa yang digunakan adalah tanah napa berasal dari bukit Cubadak Kec Situjuh Limo Nagari Kab 50 Kota.

2. Penentuan pengaruh aktivasi dan kalsinasi tanah napa terhadap gugus fungsi yang diidentifikasi menggunakan *Fourier Transform-Infra Red* (FTIR).
3. Pengaktivasi yang digunakan adalah hidrogen peroksida (H_2O_2) dengan konsentrasi 10, 20 dan 30 %.
4. Tanah napa sebelum dan sesudah aktivasi dikalsinasi pada suhu 400 $^{\circ}C$, 600 $^{\circ}C$ dan 800 $^{\circ}C$.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan dari uraian diatas, maka penulis merumuskan suatu masalah yaitu:

1. Bagaimana Karakterisasi Tanah napa yang berasal dari kabupaten 50 kotayang dilihat dari data spektrum *Fourier Transform-Infra Red* (FTIR) ?
2. Bagaimana pengaruh aktivasi dan kalsinasi tanah napa terhadap gugus fungsi yang dilihat dari data spektrum *Fourier Transform-Infra Red* (FT-IR) ?

E. Tujuan Penelitian

Secara umum tujuan penelitian adalah untuk mengkarakterisasi tanah napa yang berasal dari kabupaten 50 kota. Secara khusus tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh aktivasi dan kalsinasi tanah napa terhadap gugus fungsi yang dilihat dari data spektrum *Fourier Transform-Infra Red* (FT-IR).

2. Membandingkan data spektrum FT-IR tanah napa sebelum dan sesudah aktivasi dan kalsinasi.

F. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi kepada pembaca mengenai Karakteristik Tanah napa yang ditunjukkan dengan menggunakan *Fourier Transform-Infra Red* (FTIR).
2. Memberikan informasi pada pembaca bagaimana pengaruh aktivasi dan kalsinasi tanah napa terhadap gugus fungsi yang dilihat dari data spektrum *Fourier Transform-Infra Red* (FT-IR).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanah

1. Pengertian Tanah

Tanah adalah bahan mineral yang tidak padat (*unconsolidated*) terletak dipermukaan bumi, yang telah dan akan tetap mengalami perlakuan dan dipengaruhi oleh faktor-faktor genetik dan lingkungan yang meliputi bahan induk, iklim (termasuk kelembaban dan suhu), organisme (makro dan mikro) dan topografi pada suatu periode waktu tertentu. Pada mulanya tanah dipandang sebagai lapisan permukaan bumi (*natural body*) yang berasal dari bebatuan (*natural material*) yang telah mengalami serangkaian pelapukan oleh gaya-gaya alam (*natural force*), sehingga membentuk *regolit* (lapisan berpatikel halus) (Hanafiah, 2005).

Jika tanah digali sampai kedalaman tertentu dari penampang vertikalnya dapat dilihat gradasi warna yang membentuk lapisan-lapisan (horizon) atau biasa disebut profil tanah. Tanah merupakan unsur kehidupan yang paling penting. Komponen anorganik tanah sangat penting dalam produktivitas tanah. Dalam bentuk koloid komponen anorganik merupakan penyimpanan air dan nutrient yang dapat tersedia bagi tanaman bila diperlukan. Unsur- unsur dalam tanah, seperti Al, Fe, Si, Ca, Na, K dan Mg serta oksigen dapat bergabung membentuk fraksi mineral anorganik, seperti kuarsa (SiO_2), *orthoclase* (KAlSi_3O_8), *albite* (NaAl SiO_3) dan *Magnetit* (Fe_3O_4) (Rianti,2012).

2. Tanah Napa

Tanah napa merupakan tanah yang dihasilkan oleh alam. Tanah ini berada pada perbukitan yang terletak di daerah Aripantepatnya di Kabupaten Solok. Tanah ini berasal dari pelapukkan batuan feldspatik yang berpindah jauh dari batuan induknya karena tenaga eksogen kerak. Adapun warna jenis tanah napa ini adalah putih keabu-abuan. Seperti yang di tunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Tanah Napa

Analisis komposisi material tanah napa yang berasal dari Solok dengan *X-Ray Fluorescence*(XRF) memperlihatkan bahwa tanah napa merupakan mineral alumina silikat kelompok zeolit dengan komposisi seperti tergambar dalam tabel 1.

Tabel 1.komposisi kimia Tanah Napa

Komposisi	%
SiO ₂	71.0 %
Al ₂ O ₃	20.8 %
Fe ₂ O ₃	3.6 %
CaO	2.3 %
MgO	1.2 %

(Mawardi, 2013).

Telah dilakukan penelitian, di laboratorium PT Semen Padang, dimana tanah napa digunakan sebagai zat addtif pada semen sebagai pengganti *fly ash*. Juga telah diteliti sifat adsorpsi tanah napa terhadap logam krom(III), berupa kation dan krom(IV), berupa anion dalam larutan serta penggunaan untuk tujuan *preconcentrtion* logam berat kromium yang terdapat dalam bentuk *trace element*. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa tanah napa sangat berpotensi digunakan sebagai zat additif dalam industri semen dan sebagai adsorben logam berat dalam limbah cair.

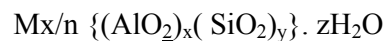
Sebagaimana telah dikemukakan bahwa tanah napa diduga mineral aluminasilikat kelompok zeolit, yang cadangannya melimpah di beberapa daerah di Sumatera Barat dan merupakan material alam yang nilai komersialnya sangat tinggi karena kegunaannya sangat luas dalam bidang *water treatment, wastewater teratment, agriculture, horticulture, aquaculture, household product*, dan *industrial product* (Mawardi, 2013)

B. Zeolit

Zeolit merupakan senyawa kristal aluminasilikat dari unsur-unsur golongan IA dan IIA seperti natrium, kalium, magnesium, dan kalsium. Zeolit dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok besar yaitu zeolit alam dan zeolit sintetis. Zeolit alam adalah zeolit yang diperoleh dari endapan di alam, sedangkan zeolit sintetis adalah zeolit yang direkayasa dari bahan berkemurnian tinggi, mempunyai jenis kation tunggal, mempunyai ukuran pori, saluran dan rongga tertentu (Mortimer & Taylor dalam Kahidir, 2011). Zeolit secara umum memiliki ukuran pori yang bervariasi tergantung pada jenis zeolit tersebut. Zeolit sintetis (lebih dikenal dengan *molecular sieve*) memiliki pori yang seragam tergantung pada spesifikasi dari zeolit tersebut.

Zeolit juga mempunyai struktur mikroporous sehingga dapat menyediakan tempat yang besar untuk terjadinya reaksi serta memungkinkan reaksi dapat berlangsung pada tekanan yang lebih tinggi. Rasio Si/Al yang cukup tinggi pada zeolit menyebabkan zeolit bersifat hidrofobik-organofilik yang akan mendukung proses difusi reaktan. Dimensi molekular zeolit juga menyebabkan zeolit selektif terhadap reaktan, produk, serta keadaan transisi (Hamdan, 1992, dalam windarti dan Ahmad, 2004).

Zeolit memiliki rumus empiris :



dengan :

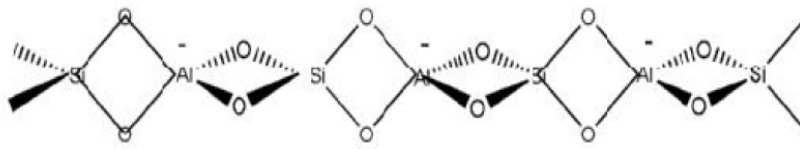
$\text{M}_{x/n}$ = Kation non kerangka yang dapat dipertukarkan dengan valensi n.

$\{\}$ = Kerangka aluminosilikat

$z\text{H}_2\text{O}$ = Air zeolitik non kerangka

$y > x$ (Hamdan, 1992, dalam widiawati. 2005).

Zeolit merupakan suatu kristalin aluminosilikat terhidrat dengan stuktur terbuka secara tiga dimensi yang dapat dipreparasi untuk meningkatkan aktivitasnya (Barthomeuf et.al., 1985, dalam windarti dan Ahmad, 2004).



Gambar 2. Struktur dasar ikatan SiO_2 dan AlO_2 dari zeolit

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

Unit tetrahedral silika dan alumina terbentuk dari 4 atom oksigen yangmengelilingi satu atom Si atau Al. Tiap atom oksigen bermuatan negatif 2 dantiap atom silikon bermuatan positif 4. Adanya atom Al yang bervalensi 3menyebabkan tetrahedron alumina menjadi bermuatan negatif, sehinggamemerlukan kation untuk memenuhi sistem kenetralan. Oleh karena itu dalamstruktur kerangkanya, zeolit memiliki Na^+ , K^+ , atau Ca^{2+} (Davis,

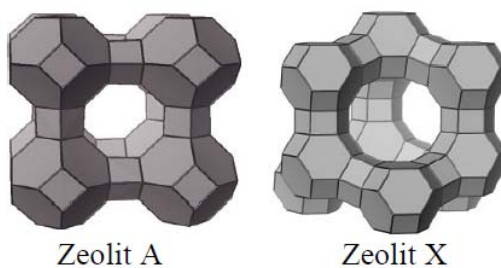
1991, dalam Widiawati, 2005). Kation-kation ini bersifat dapat dipertukarkan. Dalam struktur kristalnya Si yang bervalensi 4 dapat digantikan dengan Al yang bervalensi 3 sampai 50 %, sehingga dengan mengatur bahan dasar maka rasio Si/Al dapat dibuat bervariasi (Schweitzer, 1979, dalam Widiawati, 2005)

Zeolit memiliki rongga-rongga yang berisi air hidrat. Air ini dapat diusir dengan melakukan pemanasan. Posisi air hidrat dapat digantikan oleh molekul- molekul gas atau cairan pada saat proses adsorpsi. Air yang menempati rongga ini dapat mencapai 28,3% berat zeolit anhidrat (Schweitzer, 1979, dalam Widiawati, 2005). Zeolit mempunyai struktur berongga dan biasanya rongga ini diisi oleh air dan kation yang bisa dipertukarkan dan memiliki ukuran pori yang tertentu. Oleh sebab itu zeolit dapat dimanfaatkan sebagai : penyaring molekuler, penukar ion, penyerap bahan (adsorben), dan katalisator (Sutarti dan Rahmawati, 1994, dalam Widiawati, 2005).

Zeolit memiliki tiga sifat sehingga membuatnya unik dan digolongkan terpisah dengan tanah liat ataupun $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ sintetis. Pertama, zeolit bersifat sangat kristalin dengan struktur yang tertata dengan baik. Kerangka aluminosilikat membungkus rongga yang ditempati oleh ion-ion besar dan molekul-molekul air. Jalan menuju rongga dari berbagai ukuran molekul adalah melalui jaringan terbuka dengan diameter berkisar 0,3 – 1,0 nm yang terdapat dalam dimensi molekuler. Bentuk dan ukuran pori menentukan molekul-molekul mana yang masuk ke dalam rongga dan mana yang tidak, sehingga zeolit disebut sebagai *molecular sieve*. Kedua, ion-ion di dalam rongga mudah dipertukarkan dengan sejumlah besar ion elektrovalen. Ion-ion

ini memberikan gaya elektrostatik atau polarisasi yang berlawanan dengan dimensi rongga yang kecil. Ketiga, ion-ion yang masuk ke dalam rongga melalui mekanisme pertukaran ion memiliki aktivitas yang terpisah dengan aktivitas zeolit itu sendiri. Berat jenis zeolit berkisar antara 1,9 - 2,2 g/ml dan dapat menjadi lebih tinggi apabila mengandung ion Ba dan Sr, yaitu berkisar antara 2,5 - 2,8 g/ml. Bobot jenis dan warna zeolit sangat dipengaruhi oleh kandungan material yang terdapat pada zeolit itu sendiri

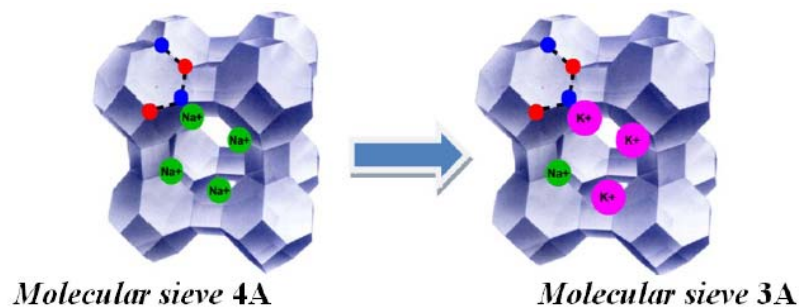
Zeolit molecular sieve bersifat kristalin, material dengan porositas tinggi, termasuk dalam kelas aluminosilikat. Kristal ini ditandai dengan sistem pori tiga dimensi dengan diameter pori-pori yang tergambar dengan tepat. Struktur kristalografik yang sesuai dibentuk melalui struktur tetrahedral (AlO_4) dan (SiO_4). Struktur tetrahedral tersebut merupakan kerangka dasar untuk berbagai struktur zeolit. Zeolit seperti zeolit A dan X paling umum digunakan sebagai adsorben komersial.



Gambar 3. Tipe zeolit A dan X

Kehadiran alumina di dalam kerangka zeolit menyebabkan zeolit memperlihatkan muatan negatif yang diseimbangkan oleh kation-kation positif

yang menghasilkan medan elektrostatik yang kuat pada permukaan internal zeolit. Kation-kation tersebut dapat dipertukarkan untuk memperoleh ukuran pori yang diharapkan atau karakteristik adsorpsi dari zeolit. Sebagai contoh, bentuk natrium dari zeolit A memiliki pori terbuka yang berukuran kira-kira 4 Å yang disebut sebagai penyaring molekular (*molecular sieve*) 4A. Jika ion natrium dipertukarkan dengan ion kalium yang lebih besar, pori terbuka dari zeolit berkurang sampai sekitar 3 Å (*molecular sieve* 3A). Pada pertukaran ion dengan kalsium, satu ion kalsium mengganti dua ion natrium yang menyebabkan pori terbuka zeolit menjadi lebih luas sampai kira-kira 5 Ångstrom (*molecular sieve* 5A). Pertukaran ion dengan kation-kation lain kadang-kadang digunakan untuk tujuan pemisahan zat tertentu.



Gambar 4. Reaksi pertukaran ion Na dengan K pada *molecular sieve* 4A

Jadi secara umum zeolit *molecular sieve* memiliki sifat penyerapan yang selektif, karena ukuran pori yang seragam dari struktur zeolit dan kapasitas serapan yang tinggi untuk unsur-unsur polar pada konsentrasi rendah. Berikut adalah beberapa contoh jenis mineral zeolit penting beserta rumus kimianya (Tabel 2).

Tabel 2. Contoh jenis mineral zeolit dan komposisi kimianya.

Mineral Zeolit	Komposisi	V Pori (Cm ³ /g)	Diameter Pori (Å)	KTK (Meq/100g)
Analsim	Na ₁₆ (Al ₁₆ Si ₃₂ O ₉₆). 16H ₂ O	0,18	2,6	4,54
Kabasit	(Na ₂ Ca) ₆ (Al ₁₂ Si ₂₄ O ₇₂). 40H ₂ O	0,47	3,7 – 4,2	3,84
Klinoptiolite	(Na ₃ K ₃) (Al ₆ Si ₃₀ O ₇₂). 24H ₂ O	0,34	3,9 – 5,4	2,16
Erionit	(NaCa _{0,5} K) (Al ₉ Si ₂₇ O ₇₂). 27H ₂ O	0,35	3,6 – 5,2	3,12
Ferrierit	(Na ₂ Mg ₂) (Al ₆ Si ₃₀ O ₇₂). 18H ₂ O	0,28	3,4 – 5,5	2,33
Heulandit	(Ca ₄) (Al ₈ Si ₂₈ O ₇₂). 24H ₂ O	0,39	4,0 – 7,2	2,91
Laumontit	(Ca ₄) (Al ₈ Si ₁₆ O ₄₈). 16H ₂ O	0,34	4,6 – 6,3	4,25
Mordenit	Na ₈ (Al ₈ Si ₄₀ O ₉₆). 24H ₂ O	0,28	2,9 – 7,0	2,29
Filipsit	(NaK) ₅ (Al ₅ Si ₁₁ O ₃₂). 20H ₂ O	0,31	2,8 – 4,8	3,31
Na-A	Na ₁₂ (Al ₁₂ Si ₁₂ O ₄₈). 27H ₂ O	0,29	3,0 – 5,0	7,00
Na-X	Na ₈₆ (Al ₈₆ Si ₁₀₆ O ₃₈₄). 260H ₂ O	0,36	10,0	6,40

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

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 (Mortimer & Taylor dalam 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. Telah diketahui lebih dari 150 tipe zeolit sintetis dan 40 mineral zeolit.

Zeolit memiliki fungsi sebagai katalis karena sifat-sifat pada permukaannya. Kation yang menetralkan muatan negatif dalam zeolit dapat dipertukarkan dengan kation lain dan dengan proses pemanasan akan terbentuk tapak asam bronsted. Tapak asam bronsted merupakan donor proton, dengan demikian akan dapat meningkatkan aktivitas katalis zeolit.

1. Ragam Zeolit

Menurut proses pembentukannya zeolit dapat digolongkan menjadi 6 kelompok, yaitu:

a. Zeolit Alam

Zeolit alam yaitu zeolit yang terbentuk karena adanya proses perubahan alam (zeolitisasi) dari batuan vulkanik tuf.

b. Zeolit sintesis

Zeolit sintesis yaitu zeolit yang dengan sengaja direkayasa oleh manusia secara proses kimia (Sutarti dan Rahmawati, 1994, dalam widhiawati, 2005). Sifat zeolit sangat tergantung dari jumlah komponen Al dan Si dari zeolit tersebut. Oleh sebab itu zeolit sintesis dikelompokkan sesuai dengan perbandingan kadar komponen Al dan Si dalam zeolit menjadi :

c. Zeolit Kadar Si Rendah (kaya Al)

Kadar maksimum Al dalam zeolit ini memiliki perbandingan Si / Al mendekati 1 dan keadaan ini menyebabkan daya pertukaran ion dari zeolit maksimum. Zeolit jenis ini mempunyai pori-pori, komposisi, dan saluran

rongga optimum sehingga mempunyai nilai ekonomi tinggi karena sangat efektif dipakai untuk pemisahan atau pemurnian dengan kapasitas besar. Contoh zeolit Si rendah adalah zeolit X dan zeolit A.

d. Zeolit Kadar Si Sedang

Zeolit ini mempunyai perbandingan kadar Si/Al 1-5. Kerangka tetrahedral Al dari zeolit jenis ini tidak stabil terhadap asam dan panas, namun ada pula zeolit yang mempunyai perbandingan Si / Al = 5 sangat stabil yaitu zeolit mordenit. Maka diusahakan untuk membuat zeolit dengan kadar Si yang lebih tinggi dari 1 yang kemudian diperoleh zeolit Y dengan perbandingan kadar Si/ Al antara 1-3. Contoh zeolit Si sedang adalah zeolit Omega (sintesis).

e. Zeolit Kadar Si Tinggi

Zeolit ini mempunyai perbandingan kadar Si/ Al antara 10–100 bahkan lebih dengan sifat permukaan yang kadang-kadang tidak dapat diperkirakan sebelumnya. Sifatnya sangat hidrofilik dan mampu menyerap molekul yang tidak polar, sehingga baik digunakan sebagai katalisator asam untuk hidrokarbon. Contoh zeolit jenis ini yaitu zeolit ZSM-11, ZSM-21, dan ZSM-24.

f. Zeolit Si

Zeolit ini memiliki kerangka tanpa Al sama sekali atau tidak mempunyai substitusi sama sekali. Zeolit ini memiliki sifat sangat hidrofilik–hidrofobik sehingga dapat mengeluarkan atau memisahkan suatu molekul

organik dari suatu campuran air. Contoh: zeolit silikat (Sutarti dan Rahmawati, 1994, dalam Widiawati, 2005).

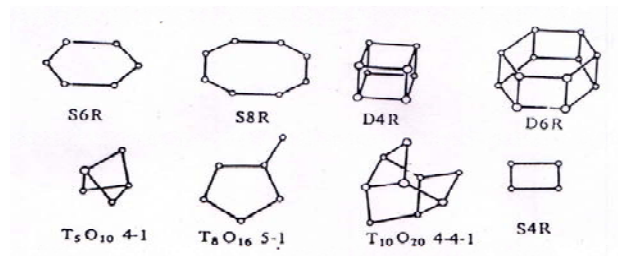
ZSM-5 (Zeolite Secony Mobile-5) adalah salah satu jenis zeolit yang banyak digunakan. ZSM-5 adalah zeolit dengan rasio silika dan alumina yang tinggi. ZSM-5 merupakan material yang seluruh strukturnya mempunyai struktur pori dua dimensi yang menyilang. ZSM-5 mempunyai dua jenis pori, keduanya dibentuk oleh oksigen cincin enam. Jenis pori yang pertama berbentuk lurus dan elips. Jenis pori yang kedua porinya lurus pada sudut kanan, polanya zig-zag dan melingkar. ZSM-5 merupakan salah satu zeolit dengan kerangka tipe MFI, memiliki diameter pori 0,54 nm dan rasio Si/Al bervariasi dari 10 sampai ratusan. Zeolit ini biasa disintesis dengan menggunakan kation Na^+ sebagai ion penyeimbang kerangka yang bermuatan negatif. Ion Na^+ dapat ditukar dengan kation lain yang dapat memasuki pori dalam modifikasi zeolit (Petushkov, dkk, dalam Septiana, 2012).

2. Struktur bangun zeolit

Struktur zeolit adalah kompleks yaitu merupakan polimer kristal anorganik didasarkan kerangka tetrahedral yang diperluas tak terhingga dari AlO_4 dan SiO_4 dan dihubungkan satu dengan lainnya melalui pembagian bersama ion oksigen (Ulfah *et al* dalam Khaidir, 2011).

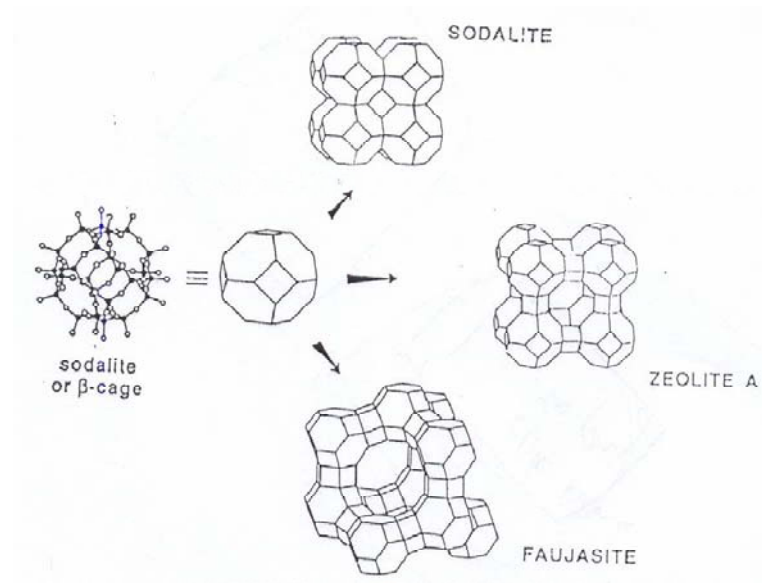
Bentuk dari kerangka zeolit digambarkan sebagai “*Secondary Building Unit*” (SBU), sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 1. Dalam SBU ini keberadaan Si atau Al pada masing-masing sudut ditunjukkan dalam

bentuklingkaran, sedangkan atom oksigen yang berada dekat titik tengah garis tidak diperlihatkan.



Gambar 5. *Secondary Building Unit* (SBU) dalam Kerangka Zeoli (Breck, 1974, dalam widaiwati, 2005).

Unit sodalit (β cage) terdiri dari cincin 6 atau cincin 4 yang bergabung bersama membentuk kuboktahedron (oktahedra terpancung) dan diilustrasikan dalam Gambar 2. Masing-masing sodalit cage terdiri dari 24 rantai tetrahedra. Apabila sodalit cage dihubungkan melalui cincin ganda empat maka akan terbentuk zeolit A, tetapi apabila dihubungkan melalui cincin ganda enam maka terbentuk zeolit X dan zeolit Y (Gambar 3). Ini menghasilkan bentuk cage yang lebih luas terdiri dari 26 unit tetrahedral (Hamdan, 1992, dalam widaiwati, 2005).



Gambar 6. Beberapa Struktur Zeolit. (a) Sodalit; (b) Zeolit A; (c) Zeolit Faujasit (Hamdan, 1992 dalam widiawati, 2005).

3. Sifat Fisika Dan Kimia Zeolit

Zeolit dalam keadaan murni tidak berwarna, beberapa kristal mineral zeolit sangat transparan sehingga sulit melihatnya dalam batuan. Sejumlah pengotor menyebabkan zeolit berwarna. Warna tersebut akan bervariasi tergantung pada banyaknya kejadian yang terjadi pada proses pembentukannya (Breck, 1974, dalam widiawati, 2005).

Zeolit dapat dimanfaatkan sebagai penyaring molekuler, penukar ion, penyerap bahan dan katalisator dengan sifat-sifat meliputi:

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°C - 400°C sehingga zeolit dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan. Beberapa jenis mineral zeolit mampu menyerap gas sebanyak 30 % dari beratnya dalam keadaan kering. Selektivitas adsorpsi zeolit terhadap ukuran molekul tertentu dapat disesuaikan dengan jalan dealkalinasi; dealuminasi secara hidrotermal; dan perubahan perbandingan kadar Si dan Al.

d. Penukar Ion

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

e. Katalisis

Adanya ruang kosong yang akan membentuk saluran di dalam struktur zeolit merupakan ciri khusus dari zeolit. Zeolit merupakan katalisator yang baik karena mempunyai pori-pori yang besar

dengan permukaan yang maksimum (Sutarti dan Rahmawati, dalam widiawati, 2005).

Zeolit digunakan sebagai pengemban (penyokong) karena struktur kristalnya berpori dan memiliki luas permukaan yang besar, tersusun oleh kerangka silika alumin. Zeolit alam memiliki stabilitas termal yang tinggi, harganya murah serta keberadaannya cukup melimpah. Penggunaan zeolit secara umum digunakan untuk detergen, industri petrokimia dan pertambangan minyak, katalis, adsorben, pemisah gas, agrikultural, dan hortikultural, pigmen, dan perhiasan. Kemurnian yang rendah dari zeolit alam menyebabkan pemanfaatannya yang tidak optimal dibandingkan dengan zeolit sintetis. Dengan tingkat kemurnian dan memiliki kristalinitas yang tinggi, manfaat dan aplikasi zeolit alam dapat digunakan lebih baik dan efisien (Mawardi dkk, 2013).

4. Aktivasi Zeolit Alam

Zeolit alam adalah zeolit yang ditambang langsung dari alam. Dengan demikian harganya jauh lebih murah daripada zeolit sintetis. Zeolit alam merupakan mineral yang jumlahnya banyak tetapi distribusinya tidak merata, seperti klinoptilolit, mordenit, phillipsit, chabazit dan laumontit. Namun zeolit alam memiliki beberapa kelemahan, diantaranya mengandung banyak pengotor seperti Na, K, Ca, Mg dan Fe serta kristalinitasnya kurang baik. Keberadaan pengotor-pengotor tersebut dapat mengurangi aktivitas dari zeolit. Untuk memperbaiki karakter zeolit alam sehingga dapat digunakan sebagai katalis, adsorben, atau aplikasi lainnya, biasanya dilakukan aktivasi dan modifikasi terlebih dahulu. Selain untuk

menghilangkan pengotor-pengotor yang terdapat pada zeolit alam, proses aktivasi zeolit juga ditujukan untuk memodifikasi sifat-sifat dari zeolit, seperti luas permukaan dan keasaman. Luas permukaan dan keasaman yang meningkat akan menyebabkan aktivitas katalitik dari zeolit meningkat. Salah satu kelebihan dari zeolit adalah memiliki luas permukaan dan keasaman yang mudah dimodifikasi (Yuanita, 2010).

Aktivasi merupakan proses untuk menaikkan kapasitas adsorpsi sehingga diperoleh sifat yang diinginkan sesuai dengan penggunaannya. Tujuan aktivasi zeolit adalah untuk menghasilkan luas permukaan yang lebih luas melalui pembentukan struktur berpori dan juga untuk menghilangkan senyawa-senyawa pengotor (Rosdiana, 2006).

Aktivasi zeolit alam dapat dilakukan baik secara fisika maupun secara kimia. Aktivasi secara fisika dilakukan melalui pengecilan ukuran butir, pengayakan, dan pemanasan pada suhu tinggi, tujuannya untuk menghilangkan pengotor-pengotor organik, memperbesar pori, dan memperluas permukaan. Sedangkan aktivasi secara kimia dilakukan melalui pengasaman. Tujuannya untuk menghilangkan pengotor anorganik. Pengasaman ini akan menyebabkan terjadinya pertukaran kation dengan H^+ (Ertan, 2005, dalam Yuanita, 2010).

a. Aktivasi secara Kimia

Aktivasi secara kimia bertujuan untuk membersihkan permukaan pori, membuang senyawa pengotor, mengatur kembali letak atom yang dipertukarkan. Prinsip aktivasi secara kimia ini adalah penambahan

pereaksi tertentu sehingga didapatkan pori-pori zeolit yang bersih (aktif). Aktivasi secara kimia dapat dilakukan dengan menggunakan asam-asam mineral atau basa-basa kuat (Is Fatimah.2000).

Perbandingan Si/Al dapat dimodifikasi menggunakan asam-asam mineral (Barrer, 1978). Tsitsislivili et al. (1992) mendapatkan bahwa perlakuan asam pada clinoptilolit dapat meningkatkan porositas dan kapasitas adsorpsi untuk molekul-molekul yang relatif besar. Polaritas zeolit bergantung pada perbandingan $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ yang terkandung dalam zeolit. Polaritas menurun dengan meningkatnya perbandingan $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (Derouane.1985). Peningkatan perbandingan $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ pada perlakuan asam dapat disebabkan oleh terjadinya proses dealuminasi. Dealuminasi yaitu suatu teknik modifikasi zeolit melalui pengurangan aluminium di kerangka maupun pada permukaan zeolit. Zeolit biasanya dilengkapi lebih dari satu sisi untuk pertukaran kation (Kgs Ahmadi. 2009).

b. Aktivasi secara Fisika

Aktivasi secara fisika dilakukan dengan pemanasan pada suhu tinggi (kalsinasi). Pemanasan ini akan melepaskan air yang terangkap pada pori-pori kristal zeolit. Aktivasi secara fisika ini akan meningkatkan luas permukaan pori-pori zeolit karena pemanasan zeolit akan meningkatkan porositas (Kgs Ahmadi. 2009).

Proses aktivasi secara fisika dilakukan dengan cara pemanasan baik secara kontak langsung maupun tak langsung (sistem vakum) dengan tujuan menguapkan air kristal yang terperangkap di dalam pori-

pori zeolit sehingga luas permukaan internal pori meningkat (Is Fatimah.2000).

c. Aktivasi Kimia Fisika

Aktivasi kimia fisika merupakan suatu metode untuk mengaktivasi zeolit dengan cara menggabungkan kedua cara aktivasi tersebut. Pertama-tama dilakukan aktivasi kimia yaitu dengan cara penambahan pereaksi tertentu dapat berupa asam ataupun basa. Selanjutnya proses aktivasi dilanjutkan dengan pemanasan pada temperatur tertentu dengan tujuan menguapkan air kristal yang terperangkap di dalam pori-pori zeolit sehingga luas permukaan internal pori meningkat(Is Fatimah.2000).

Ahmadi (2009),telah melaporkan zeolit yang diaktivasi secara kimia fisika dapat memperbaiki kualitas kualitas minyak goreng bekas penggorengan keripik tempe.Zeolit dengan aktivasi HCl 6N dan temperatur pemanasan 600°C secara akumulatif menunjukkan kinerja terbaik dalam memperbaiki kualitas minyak goreng bekas penggorengan keripik tempe.

C. Fourier Transform Infrared (FT-IR)

Spektroskopi inframerah adalah ilmu yang mempelajari interaksi sinar inframerah dengan materi. Hampir setiap senyawa yang memiliki ikatan kovalen, apakah senyawa organik atau anorganik akan menyerap berbagai frekuensi radiasi elektromagnetik dalam daerah spektrum inframerah. Energi vibrasi dari suatu molekul dapat dideteksi dan diukur pada spektrum inframerah. Dari pengukuran spektroskopi inframerah diperoleh spektrum inframerah yaitu plot dari pengukuran intensitas sinar inframerah versus panjang gelombang atau bilangan gelombang dari sinar. Alat yang digunakan untuk memperoleh spektrum inframerah adalah spektrofotometer inframerah. Spektroskopi inframerah adalah alat yang sensitive terhadap kehadiran gugus fungsi kimia dalam suatu sampel, seperti $\text{C}=\text{O}$, $\text{CH}_3-\text{C}=\text{C}$, dan lain-lain. Penggunaan spektrum inframerah untuk penentuan struktur senyawa organik biasanya antara $650\text{--}4000\text{ cm}^{-1}$. Daerah dibawah frekuensi 650 cm^{-1} dinamakan inframerah jauh dan daerah di atas frekuensi 4000 cm^{-1} dinamakan inframerah dekat. Letak puncak serapan dapat dinyatakan dalam satuan frekuensi ν (detik^{-1} atau Hz), panjang gelombang, λ (μm) atau bilangan gelombang (cm^{-1}). Bilangan gelombang merupakan kebalikan dari panjang gelombang.

$$\nu(\text{cm}^{-1}) = \frac{1}{\lambda \text{ cm}}$$

(Irma Mon dan Isniyeti. 2012)

1. Proses Serapan Inframerah

Jumlah energi yang diperlukan untuk meregangkan suatu ikatan tergantung pada tegangan ikatan dan massa atom yang terikat. Bilangan gelombang suatu serapan dapat dihitung menggunakan persamaan yang diturunkan dari Hukum Hooke.

$$v = \frac{1}{2\pi c} \left[\frac{f(m_1 + m_2)}{m_1 m_2} \right]^{1/2}$$

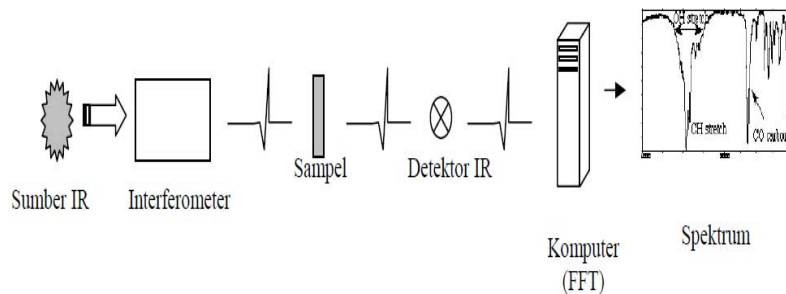
Persamaan di atas menghubungkan bilangan gelombang dari vibrasi regangan (v) terhadap konstanta gaya ikatan (f) dan massa atom (dalam gram) yang digabungkan oleh ikatan (m_1 dan m_2). Konstanta gaya merupakan ukuran tegangan dari suatu ikatan. Persamaan tersebut menunjukkan bahwa ikatan yang lebih kuat dan atom yang lebih ringan menghasilkan frekuensi yang lebih tinggi. Semakin kuat suatu ikatan, makin besar energi yang dibutuhkan untuk meregangkan ikatan tersebut. Frekuensi vibrasi berbanding terbalik dengan massa atom sehingga vibrasi atom yang lebih berat terjadi pada frekuensi yang lebih rendah (Bruce, 2001 dalam Budi Gunawan dan Citra dewi azhri, 1979).

Pancaran infra merah pada umumnya mengacu pada bagian spektrum elektromagnetik yang terletak di antara daerah tampak dan daerah gelombang mikro. Sebagian besar kegunaannya terbatas di daerah antara 4000 cm^{-1} dan 666 cm^{-1} ($2,5\text{-}15,0 \text{ }\mu\text{m}$). Akhir-akhir ini muncul perhatian pada daerah infra merah dekat, $14.290\text{-}4000 \text{ cm}^{-1}$ ($0,7\text{-}2,5 \text{ }\mu\text{m}$) dan

daerahinframerah jauh, $700\text{-}200\text{ cm}^{-1}$ ($14,3\text{-}50\text{ }\mu\text{m}$) (Silverstein, 1967 dalam Budi Gunawan dan Citra dewi azhri, 1979).

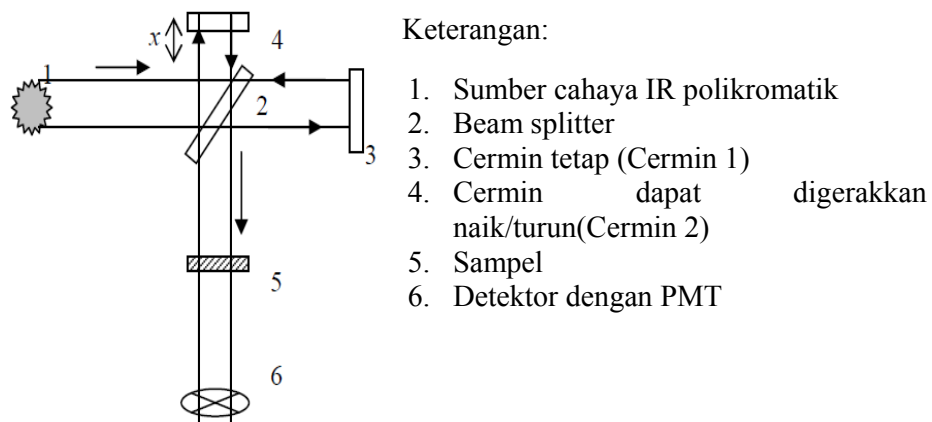
2. Komponen Fourier Transform-Infra Red (FT-IR)

spektroskopi inframerah transformasifourier (*Fourier Transform Infra-Red* (FTIR)) yang memiliki banyak keunggulan dibanding spektroskopi inframerah diantaranya yaitu lebih cepat karena pengukuran dilakukan secara serentak (simultan), serta mekanik optik lebih sederhana dengan sedikit komponen yang bergerak. Sistem peralatan *fourier transform infrared* (FT-IR) dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 7. Sistem peralatan spektroskopi (FT-IR)

Pada alat optik ini terdiri dari beberapa bagian yaitu interferometer untuk mengubah cahaya inframerah yang polikromatik menghasilkan beberapa berkas cahaya membentuk sinyal interferogram. Diagram interferogram dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Diagram interferogram

a. Beam splitter

Beam splitter digunakan untuk memecah dan menyatukan kembali berkas sinar karena sifatnya dapat meneruskan (transmisi) dan memantulkan (refleksi) sinar yang mengenainya. Berkas sinar hasil penggabungan dan 2 berkas yang telah dipecah akan terjadi interferensi dengan bervariasi jarak tempuh berkas dengan mengubah posisi cermin 2 menjauh dan mendekat.

b. Cermin datar

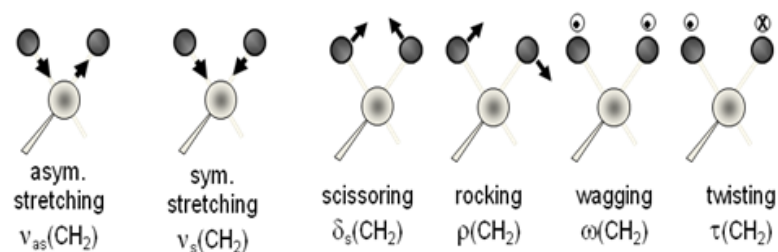
Cermin datar berjumlah 2 buah digunakan untuk memantulkan dari beam splitter kembali ke beam splitter lagi untuk digabung agar terjadi proses interferensi gelombang cahaya. Salah satu cermin (cermin 1) dapat digerakkan mendekati atau menjauhi beam splitter, sedangkan cermin yang lain (cermin 2) dibuat tetap. Ukuran cermin ini disesuaikan dengan lebar cahaya yang terbentuk yaitu dengan

bentuk lingkarandengan diameter sekitar 5 cm (Jatmiko dan Sofjan. 2008).

3. Jenis-jenis vibrasi

Dalam molekul sederhana, beratom dua atau beratom tiga tidak sukar untuk menentukan jumlah dan jenis vibrasinya dan menghubungkan vibrasi-vibrasi tersebut dengan energi tersebut. Tetapi untuk molekul-molekul beratom banyak, analisa jumlah dan jenis vibrasi itu menjdai sukar sekali atau tidak mungkin sekali karena bukan saja disebabkan besarnya jumlah pusat-pusat vibrasi, melainkan juga harus diperhitungkan jadinya saling mempengaruhi (interaksi) beberapa pusat vibrasi. Ada dua jenis vibrasi yaitu:

- Vibrasi ulur (*Stretching Vibration*), yaitu vibrasi yang mangakibatkan perubahan panjang ikatan suatu ikatan.
- Vibrasi tekuk (*Bending vibration*), yaitu vibrasi yang mengakibatkan perubahan sudut ikatan antara dua ikatan. Vibrasi tekuk ini sendiri dibagi lagi menjadi empat yaitu sciccoring, rocking, wagging, dan twisting.



Gambar 9. Jenis-jenis vibrasi

Jumlah jenis vibrasi normal, diperlukan 3 koordinat untuk menentukan satu posisi dalam ruang. Untuk N titik (atau N atom) dihasilkan $3N$ derajat kebebasan. Pergerakan molekul melibatkan: translasi, rotasi, dan vibrasi. Vibrasi untuk molekul tidak linier adalah memerlukan 3 derajat kebebasan untuk translasi, 3 derajat kebebasan untuk rotasi dan biasanya $(3N-6)$ untuk beberapa jenis vibrasi. Sedangkan vibrasi untuk molekul linier memerlukan 3 derajat kebebasan untuk translasi, 2 derajat kebebasan untuk rotasi (rotasi pada sumbu ikatan tak mungkin) dan tersisa $(3N-5)$ kemungkinan jenis vibrasi.

Contoh: vibrasi untuk molekul CO_2 , karena CO_2 termasuk molekul linier maka vibrasi molekul CO_2 adalah $3(3)-5=4$ jenis vibrasi.

Tidak semua vibrasi yang teramati, hal ini disebabkan karena:

- a. Molekul simetri tidak merubah momen dipol, maka penyerapan tidak terjadi.
- b. Bila frekuensi vibrasi berdekatan.
- c. Bila intensitas terlalu rendah, maka signal akan terkubur dalam bising (noise).
- d. Bila frekuensi di luar jangkauan alat (bila angka gelombang di bawah 600 cm^{-1})

Untuk memahami vibrasi regang yang terjadi di dalam molekul, dilakukan anggapan bahwa vibrasi molekul itu analog dengan osilator harmonis. Atas dasar anggapan itu frekuensi vibrasi molekul dihitung dengan persamaan :

$$v = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{\mu}} \text{ dimana } v = \frac{c}{\lambda}$$

$$\lambda^{-1} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k(m_1+m_2)}{m_1 \times m_2}}$$

dengan λ^{-1} = bilangan gelombang

k = tetapan gaya untuk ikatan kimia

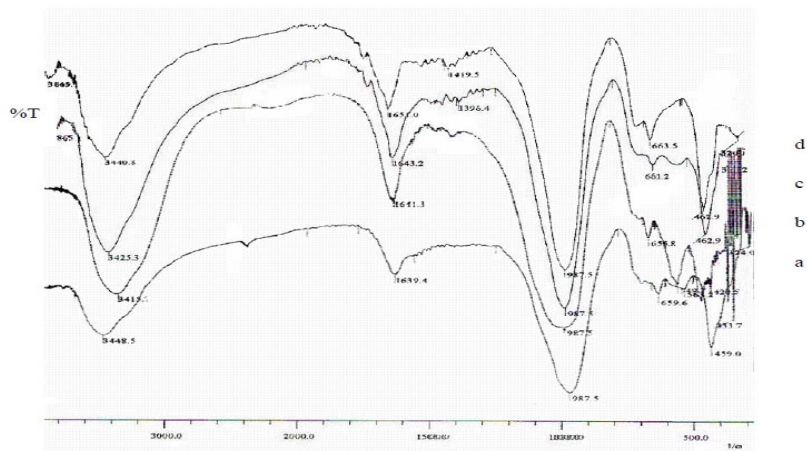
m_1 = massa atom 1

m_2 = massa atom 2

harga tetapan gaya (k), untuk ikatan tunggal $\pm 5 \times 10^5$ dyne cm^{-1} , ikatan ganda $\pm 2 \times (5 \times 10^5$ dyne $\text{cm}^{-1})$, ikatan ganda tiga $3 \times (5 \times 10^5$ dyne $\text{cm}^{-1})$.
 10^3 dyne $\text{cm}^{-1} = 1$ nm^{-1} (Irma Mon dan Isnietti, 2012).

4. Analisis Gugus Fungsional Dari Zeolit

Analisis gugus fungsional dengan *FT-IR* dimaksudkan untuk mengetahui terbentuknya struktur kerangka aluminosilikat zeolit. Analisis ini dilakukan dengan cara membandingkan puncak spektrum produk sintesis dengan standar *FT-IR*. Frekuensi vibrasi kerangka-kerangka tertentu pada daerah IR-tengah menyediakan informasi mengenai komposisi dan cara setiap tetrahedral SiO_4 dan AlO_4 terikat satu sama lain. Informasi struktur lain yang didapat dari spektra IR-tengah adalah komposisi Si/Al kerangka, terbentuknya pori dan adanya air zeolitik (Flanigen, dalam Widiawati, 2005)



Gambar 10. Hasil Analisis *FT-IR* Pada Rasio SiO₂ /Al₂O₃ Reaktan(a) 3; (b) 1; (c) 5; (d) 7

Tabel 3. Analisa pembukaan pori

Keterangan	Bilangan gelombang (cm ⁻¹)				
	Standar	Z ₁	Z ₃	Z ₅	Z ₇
Pembukaan	300-400	333,7	324,0	322,2	320,0

Dari Gambar 7 dan Tabel 3 di atas terlihat bahwa pada masing-masing produk Z₁, Z₃, Z₅, Z₇ terjadi pembukaan pori yang masing-masing ditandai dengan adanya puncak pada bilangan gelombang 333,7 cm⁻¹; 324,0 cm⁻¹; 322,2 cm⁻¹; 320,0 cm⁻¹. Pembukaan pori ini disebabkan karena adanya gerakan dari cincin tetrahedral. Pita terlihat tampak jelas pada spektra produk yang terbentuk, ini terjadi karena produk memiliki struktur kubik.

Tabel 4. Analisa kerangka zeolit

Keterangan	Bilangan gelombang (cm ⁻¹)				
	Standar	Z ₁	Z ₃	Z ₅	Z ₇
Vibrasi bengkokan Si-O/Al-O	420-500	420,5	462,9	462,9	462,9

Vibrasi eksternal dari cincin ganda D4R atau D6R	500-650	549,7	563,2	-	-
Regangan simetris O-Si-O atau O-Al-O	650-750	655,8	659,6	661,2	663,5
Regangan asimetris O-Si-O atau O-Al-O	950-1250	987,5	987,5	987,5	987,5

Terbentuknya kerangka zeolit pada Z1 ditandai dengan puncak-puncak pada bilangan gelombang $420,5 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya vibrasi bengkokan Si-O atau Al-O; Puncak spektra pada bilangan gelombang $549,7 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya vibrasi eksternal dari cincin ganda D4R atau D6R; puncak spektra pada bilangan gelombang $655,8 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya regangan simetris O-Si-O atau O-Al-O; puncak spektra pada bilangan gelombang $987,5 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya regangan asimetris O-Si-O atau Al-O-Al.

Untuk produk Z3, terbentuknya kerangka zeolit ditandai dengan puncak-puncak pada bilangan gelombang $462,9 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya vibrasi bengkokan Si-O atau Al-O; adanya vibrasi eksternal dari cincin ganda D4R atau D6R ditandai dengan puncak spektra pada bilangan gelombang $563,2 \text{ cm}^{-1}$, adanya regangan simetris O-Si-O atau O-Al-O ditandai dengan puncak spektra pada bilangan gelombang $659,6 \text{ cm}^{-1}$, serta adanya regangan asimetris O-Si-O atau Al-O-Al yang ditandai dengan puncak spektra pada bilangan gelombang $987,5 \text{ cm}^{-1}$.

Terbentuknya kerangka zeolit juga ditemukan pada Z5. Hal ini ditandai dengan puncak-puncak pada bilangan gelombang, antara lain: $462,9$

cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi bengkokan Si-O atau Al-O, adanya regangansimetris O-Si-O atau O-Al-O yang muncul pada bilangan gelombang $661,2 \text{ cm}^{-1}$, puncak spektra pada bilangan gelombang $987,5 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya rentangan asimetris O-Si-O atau Al-O-Al.

Untuk produk Z7 terbentuknya kerangka zeolit, yaitu adanya vibrasi bengkokan Si-O atau Al-O ditandai dengan puncak spektra pada bilangan gelombang $462,9 \text{ cm}^{-1}$, adanya regangan simetris O-Si-O atau O-Al-O ditandai dengan puncak spektra pada bilangan gelombang $663,5 \text{ cm}^{-1}$, serta adanya rentangan asimetris O-Si-O atau Al-O-Al ditandai dengan puncak spektra pada bilangan gelombang $987,5 \text{ cm}^{-1}$ (Widiawati, 2011).

5. 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 relative cepat dan mudah. Semua sampel dapat disiapkan, discan, dan hasilnya diplot dalam waktu kurang dari lima menit. Spektroskopi inframerah merupakan teknik yang sensitive. Spektrum didapat dengan

menggunakan sedikit sampel yaitu 5 ng (5×10^{-9} gram) atau dalam microgram biasanya dapat dideteksi.

Meskipun banyak keuntungan dari spektroskopi inframerah (IR), tapi ada yang tidak cocok untuk beberapa sample. Suatu sample harus mengandung ikatan-ikatan kimia untuk menghasilkan spektrum IR. Atom atau ion-ion monoatomik tidak memiliki spectra IR demikian juga untuk gas-gas mulia seperti helium dan argon. Ion-ion monoatomik seperti Pb^{2+} yang dilarutkan dalam air tidak memiliki ikatan kimia sehingga tidak memiliki spectra IR. Jadi spectra IR tidak dapat digunakan untuk analisis air. Molekuler diatomik homonuklir tidak memiliki spectra IR karena tidak punya momen dipole seperti halnya gas nitrogen dan oksigen. Jadi tidak mungkin menentukan jumlah oksigen dan nitrogen dalam udara menggunakan spektrokopi IR.

Jika komposisi adalah kompleks, spektrum itu banyak dan sukar diketahui, maka komposisi sampel harus sederhana . sebelum membaca spektrum IR, sampel harus dimurnikan terlebih dahulu. Larutan encer juga sulit untuk dianalisis karena ia merupakan pengabsorpsi IR yang kuat. Pada beberapa sampel biasa digunakan cairan / pelet NaCl dan KBr. Ada berbagai teknik untuk persiapan sampel, bergantung pada bentuk fisik sampel yang akan dianalisis. Jika zat yang akan dianalisis berbentuk padat, maka ada dua metode untuk persiapan sampel ini, yaitu melibatkan penggunaan Nujol mull atau pelet KBr. Cara persiapan sampel dengan menggunakan Nujol mull yaitu: sampel digerus dengan mortar dan pestle

agar diperoleh bubuk yang halus. Dalam jumlah sedikit bubuk tersebut dicampur dengan Nujol mull agar terbentuk pasta, kemudian beberapa tetes pasta ini ditempatkan antara dua plat sodium klorida (plat ini tidak mengabsorpsi inframerah). Kemudian plat ditempatkan dalam tempat sampel pada alat spektroskopi inframerah untuk dianalisis.

Jika menggunakan pelet KBr, sedikit sampel padat (kira-kira 1-2 mg), kemudian ditambahkan bubuk KBr murni (kira-kira 200 mg) dan diaduk hingga rata. Campuran ini kemudian ditempatkan dalam cetakan dan ditekan dengan menggunakan alat tekanan mekanik. Tekanan ini dipertahankan beberapa menit, kemudian sampel (pelet KBr yang terbentuk) diambil dan kemudian ditempatkan dalam tempat sampel pada alat spektroskopi inframerah untuk dianalisis. Jika sampel yang dianalisis berbentuk cairan, yaitu bentuk yang paling sederhana dan metode yang paling umum pada persiapan sampel. Setetes sampel ditempatkan antara dua plat KBr atau plat NaCl untuk membuat film tipis. Kemudian plat ditempatkan dalam tempat sampel alat spektroskopi inframerah untuk dianalisis. Jika sampel berupa gas, dibutuhkan sebuah sel silinder / tabung gas dengan jendela pada setiap akhir pada sebuah material yang tidak aktif inframerah seperti KBr, NaCl atau CaF_2 . Sel biasanya mempunyai inlet dan outlet dengan keran untuk mengaktifkan sel agar memudahkan pengisian dengan gas yang akan dianalisis (Irma Mon dan Isniyeti. 2012).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kondisi optimum suhu kalsinasi yang digunakan untuk aktivasi fisika tanah napa sebelum aktivasi kimia diperoleh pada suhu 600°C , sedangkan konsentrasi optimum hidrogen peroksida yang digunakan adalah 20 %.
2. Aktivasi tanah napa menggunakan hidrogen peroksida 10% dan dilanjutkan kalsinasi pada suhu 600°C merupakan kondisi optimum yang baik untuk aktivasi kimia fisika, Sedangkan pada hidrogen peroksida 30 % kalsinasi 400, 600 dan 800°C menunjukkan terjadinya kerusakan pada struktur mineral aluminasilika yang terkandung dalam tanah napa.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka disarankan untuk peneliti selanjutnya :

1. Melakukan penelitian lebih lanjut mengenai karakterisasi tanah napa menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk melihat morfologi permukaan dan X-Ray Diffraction (XRD) untuk jenis kristal.

2. Melakukan penelitian lebih lanjut mengenai modifikasi tanah napa agar dapat dimanfaatkan sebagai adsorben, sehingga didapat adsorben dengan kapasitas serapan yang lebih tinggi.
3. Melakukan penelitian lebih lanjut untuk mempelajari aplikasi dan pemanfaatan tanah napa sebagai adsorben zat warna atau limbah organik maupun anorganik lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Eddy Heraldly. 2003. "Characterization And Activation Of Natural Zeolit From Ponorogo". *Indonesian Journal Of Chemistry*. Vol.3. no. 2. Hml. 91-97
- Gunawan, Budi dan Citra Dewi Azhari. 1979. "Karakterisasi Spektrofotometri I R Dan Scanning Electron Microscopy (S E M) Sensor Gas Dari Bahan Polimer Poly Ethelyn Glycol (P E G)". *ISSN: 1979-6870*
- Hanafiah, Ali Kemas. (2005). *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Jakarta : Rajagrafindo Persada
- Jatmiko dan Sofjan. 2008. "Rancang Bangun Spektroskopi FT-IR (*Fourier Transform-Infra Red*) Untuk Penentuan Kualitas Susu Sapi". *ISSN: 1410-9662*. Vol. 11. No. 1. Hlm. 23-28
- Khaidir. 2011. *Modifikasi Zeolit Alam Sebagai Material Molecular Sieve Dan Aplikasinya Pada Proses Dehidrasi Bioetanol*. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Mawardi, dkk. 2013. *Kajian Pemanfaatan Tanah Napa Sumatera Barat Sebagai Material Adsorben Logam Berat Dan Bahan Organik Toksik Dalam Larutan*. Padang: universitas negeri padang
- Mon, Irma dan Isnietti. 2012. *Penentuan Struktur Senyawa Organik*. Padang: Universitas Negeri Padang
- Omisanya dkk. 2012. "Synthesis And Characterisation Of Zeolite For Adsorption Refrigeration Application". *Pelagia Research Library*. Vol. 3. Hlm. 3746-3754
- Rosdiana, tina. 2006. *Pencirian Dan Uji Aktivitas Katalitik Zeolit Alam Teraktivasi*. Skripsi. Bogor. Institut Pertanian Bogor
- Septiana, B dan Prasetyoko. 2011. "Sintesis ZSM-5 Berbahan Dasar Kaolin Menggunakan Metode Hidrotermal". *Jurnal Sian dan Seni* . Vol. 1. No 1. Hlm. 1-4
- Sihaloho, Rianti. 2012. *Pengaruh Penggunaan Sumber Silika Alumina Terhadap Karakteristik Semen Yang Dihasilkan*. Skripsi. Padang: FMIPA Universitas Negeri Padang
- Sunardi, dkk. 2009. "Adsorpsi Asam Giberelin Pada Kaolin Alam Asal Tatakan, Kalimantan Selatan". *Jurnal Kimia Indonesia*. Vol. 9. No. 3. Hlm. 373-379