



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**STUDI PENGARUH TEKANAN KOMPAKSI DAN WAKTU KALSINASI  
TERHADAP PELLETT ZEOLIT ALAM SEBAGAI *DESICCANT***

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik**

**NIZAR**

**0806331834**

**FAKULTAS TEKNIK**

**PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL**

**DEPOK**


**JULI 2012**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar**

**Nama : Nizar**

**NPM : 0806331834**

**Tanda Tangan : **

**Tanggal : 9 Juli 2012**

## HALAMAN PENGESAHAN

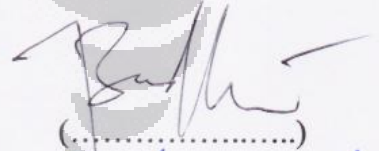
Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Nizar  
NPM : 0806331834  
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material  
Judul Skripsi : Studi Pengaruh Tekanan Kompaksi dan Waktu Kalsinasi Terhadap Pellet Zeolit Alam Sebagai *Desiccant*.

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Metalurgi dan Material, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

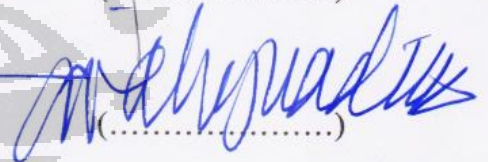
### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Badrul Munir, ST., M.Eng.Sc.



(.....)

Penguji 1 : Prof. Dr. Ir. Johnny Wahyuadi M DEA



(.....)

Penguji 2 : Dr. Ir. Rianti Dewi Sulamet-Ariobimo, M.Eng



(.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 9 Juli 2012

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya yang membuat saya dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan judul “Studi Pengaruh Tekanan Kompaksi dan Waktu Kalsinasi Terhadap Pellet Zeolit Alam Sebagai *Desiccant*” sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Metalurgi dan Material pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Sebagai penulis, saya menyadari bahwa dalam penelitian dan penulisan skripsi ini saya telah banyak mendapatkan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

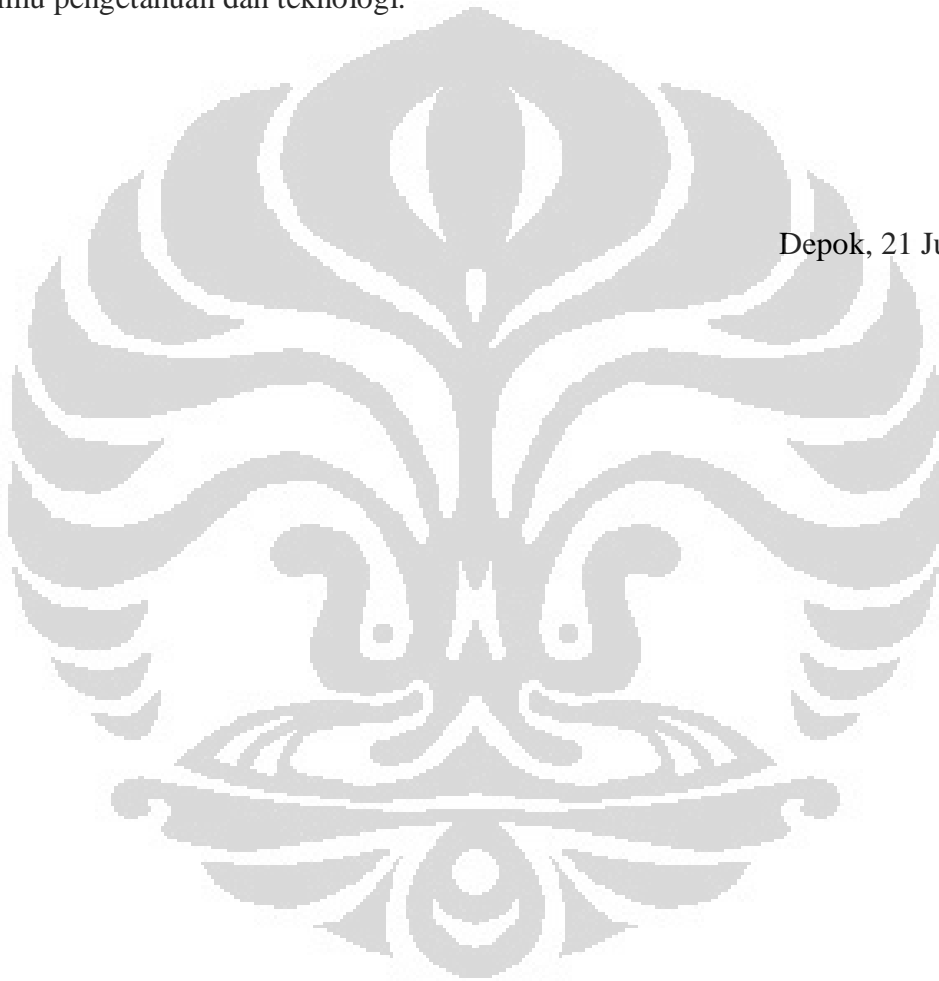
1. Orang tua tercinta Anisah selaku ibu dan Sa'diah selaku nenek serta seluruh keluarga besar atas doa, dukungan dan motivasinya yang tidak pernah henti membuat penulis semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Dr. Badrul Munir, ST, M.Eng.Sc, selaku pembimbing skripsi atas waktu, bimbingan, dan arahnya.
3. Dr. Ir. Akhmad Herman Yuwono M.Phil.Eng, selaku pembimbing akademis yang telah membimbing selama 4 tahun di dunia perkuliahan ini.
4. Ka Misyah Abdullah Bahwal atas ide dan sarannya terhadap tema skripsi ini yang menarik serta bantuannya baik moril dan materil.
5. Yusuf Bayu Widyoseno sebagai rekan dalam penelitian yang menjadi teman untuk berdiskusi dan bertukar pikiran.
6. Seluruh keluarga besar Metalurgi 2008 atas dorongan semangat serta bantuannya dalam menyelesaikan beberapa permasalahan yang timbul dalam penyelesaian skripsi ini.
7. Mas alfan, mas reza, mas arif, bang jali, bang mamat, dan ferdian atas bantuannya.
8. Seluruh kolega RTC UI FM dan Young On Top Campus Ambassador atas kepedulian dan semangatnya yang membuat penulis tidak pernah putus asa dalam menyelesaikan skripsi ini.

9. Dan seluruh teman, sahabat, dan kerabat penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas semua kebaikan dari semua pihak yang telah membantu penulis dalam melaksanakan penelitian dan penulisan skripsi ini. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Depok, 21 Juni 2012

Penulis



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS  
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini, :

Nama : Nizar  
NPM : 0806331834  
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material  
Departemen : Teknik Metalurgi dan Material  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**Studi Pengaruh Tekanan Kompaksi dan Waktu Kalsinasi Terhadap Pellet  
Zeolit Alam Sebagai *Desiccant***

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis atau pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada Tanggal : 9 Juli 2012

Yang menyatakan



(Nizar)

## AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini, :

Nama : Nizar  
NPM : 0806331834  
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material  
Departemen : Teknik Metalurgi dan Material  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

### **Studi Pengaruh Tekanan Kompaksi dan Waktu Kalsinasi Terhadap Pellet Zeolit Alam Sebagai *Desiccant***

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis atau pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada Tanggal : 9 Juli 2012

Yang menyatakan

(Nizar)

## ABSTRAK

Nama : Nizar  
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material  
Judul : Studi Pengaruh Tekanan Kompaksi dan Waktu Kalsinasi  
Terhadap Pellet Zeolit Alam Sebagai Desiccant

Zeolit merupakan salah satu mineral yang banyak terdapat di Indonesia dan mempunyai banyak fungsi seperti untuk penyerapan, katalis, penyaring molekul, dsb. Pada penelitian ini dikhususkan kepada fungsi zeolit sebagai *desiccant* yang mampu menyerap kelembaban. Zeolit serbuk dibentuk menjadi pellet melalui tahap pengayakan, aktivasi, pencampuran, kompaksi, dan kalsinasi. Tekanan kompaksi dan waktu kalsinasi menjadi dua parameter dalam penelitian ini.

Karakterisasi yang dilakukan pada penelitian ini yaitu XRD, SEM dan *sorption-isotherm*. Zeolit yang memiliki kapasitas penyerapan air paling besar yaitu pada kondisi serbuk. Sedangkan dalam bentuk pellet, zeolit yang memiliki kapasitas penyerapan air paling besar yaitu pellet pada kondisi tekanan kompaksi 20 bar dan waktu kalsinasi 1 jam.

Kata kunci:

Zeolit, pellet, *desiccant*, penyerapan, kelembaban



## ABSTRACT

Name : Nizar  
Study Program : Teknik Metalurgi dan Material  
Title : Natural zeolite: Effect of compact pressure and calcination time for desiccant applications.

Zeolite is available in abundant amount in Indonesia. It can be used for many functions such as adsorbent, catalyst, molecular sieve, etc. This research specifically tries to optimize the use of zeolite as a desiccant to adsorb moistures. Zeolite powders are formed into pellets by sieving, activation, mixing, compaction and calcination with variations in compaction pressure and calcination time.

The characterization are done using XRD, SEM and sorption-isotherm. Zeolite powder shows the best water adsorption capacity. As for pellet shape, the best water adsorption capacity is achieved by compaction pressure 20 bar and calcination time 1 hour.

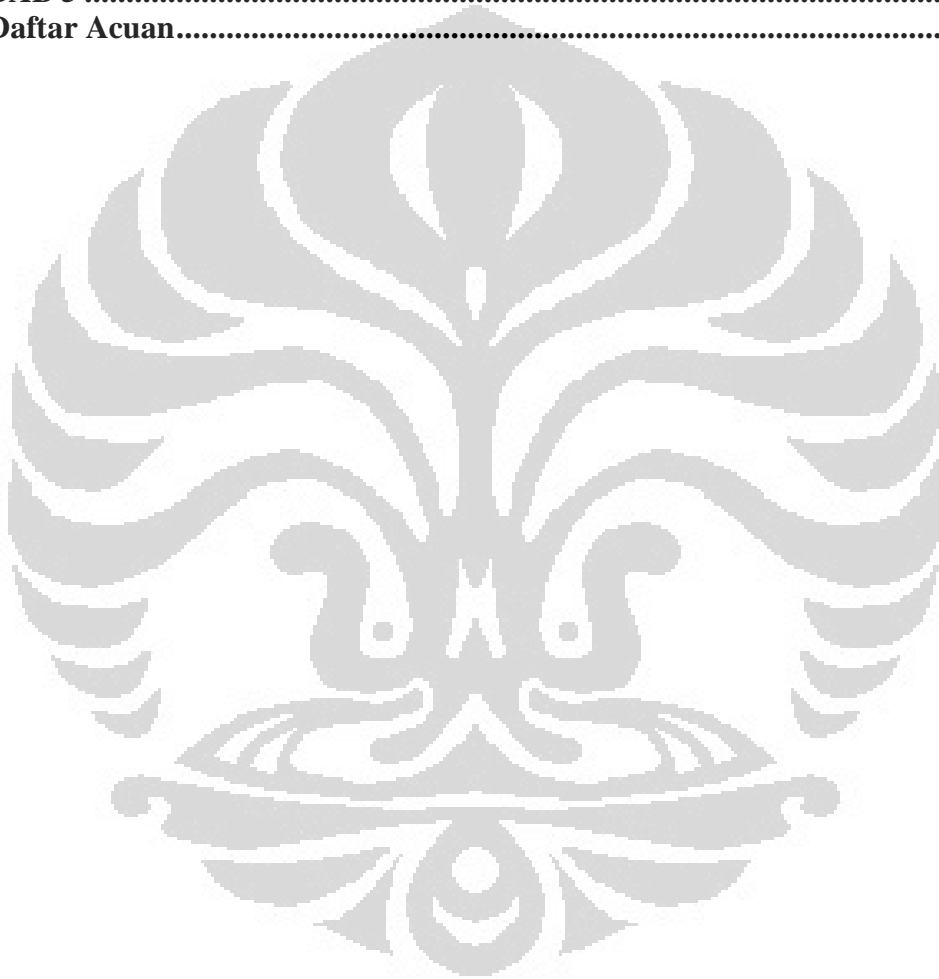
Keyword:

Zeolite, pellet, desiccant, adsorbent, moisture

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS.....</b>	<b>vi</b>
<b>AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB 1 .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Hipotesis.....	4
1.6 Sistematika penulisan.....	4
<b>BAB 2 .....</b>	<b>6</b>
2.1 Zeolit.....	6
2.1.1 Struktur Zeolit.....	6
2.1.2 Klasifikasi Zeolit.....	8
2.1.3 Sifat Zeolit .....	10
2.1.4 Penggunaan Zeolit.....	12
2.1.5 Aktivasi Zeolit .....	13
<b>2.2 Proses Penyerapan.....</b>	<b>13</b>
2.2.1 Jenis-jenis proses penyerapan.....	14
2.2.2 Faktor-faktor yang mempengaruhi daya penyerapan.....	15
2.2.3 Laju penyerapan.....	16
2.2.4 Kandungan Air Bahan.....	17
2.3 Desiccant .....	18
<b>BAB 3 .....</b>	<b>23</b>
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	23
3.2 Variasi Penelitian.....	24
3.3 Alat dan Bahan .....	24
3.4 Prosedur Penelitian .....	25
3.4.1 Persiapan Alat dan Bahan.....	25
3.4.2 Proses Pengayakan.....	25
3.4.3 Proses Aktivasi.....	26
3.4.4 Proses Pencampuran.....	26

3.4.5	Proses Kompaksi.....	27
3.4.6	Proses Kalsinasi .....	28
3.4.7	Pengujian Struktur Kristal .....	29
3.4.8	Pengujian Struktur Mikro .....	31
3.4.9	Pengujian Kapasitas Penyerapan Air .....	34
<b>BAB 4</b>	.....	<b>36</b>
4.1	Pengujian XRD.....	36
4.2	Pengujian SEM.....	39
4.3	Pengujian kapasitas penyerapan air .....	43
<b>BAB 5</b>	.....	<b>47</b>
<b>Daftar Acuan</b>	.....	<b>48</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Klasifikasi Molecular Sieve .....	9
Tabel 2. 2 Jenis-jenis <i>binder</i> .....	19
Tabel 2. 3 Jenis-jenis Pelumas.....	20
Tabel 3. 1 Alat dan bahan.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4. 1 Persentase kapasitas penyerapan air .....	44
Tabel 4. 2 Data penambahan berat zeolit.....	46



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Pellet zeolit .....	2
Gambar 2. 1 Unit pembangun primer zeolit .....	7
Gambar 2. 2 Unit pembangun sekunder zeolit .....	7
Gambar 2. 3 (a) Unit polihedral zeolit (b) proses pembentukan polihedral .....	8
Gambar 2. 4 Ilustrasi penapis molekul oleh rongga zeolit, berdasarkan jari-jari molekul .....	12
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian .....	23
Gambar 3. 2 Hasil proses pengayakan, terlihat warna merah muda yang merupakan pengotor.....	25
Gambar 3. 3 Oven untuk aktivasi dan kalsinasi .....	26
Gambar 3. 4 Zeolit sesudah proses pencampuran (kiri) dan sebelum proses pencampuran (kanan).....	27
Gambar 3. 5 (a) Alat kompaksi (b) cetakan untuk membuat pellet.....	28
Gambar 3. 6 Pellet zeolit setelah dikalsinasi .....	29
Gambar 3. 7 Skema SEM.....	32
Gambar 3. 8 Ilustrasi interaksi elektron sampel .....	33
Gambar 3. 9 Alat Scanning Electron Microscope LEO 420 .....	34
Gambar 3. 10 Diagram Sederhana Rangkaian Alat Sorption-Isotherm (17) .....	34
Gambar 4. 1 Perbandingan hasil XRD beberapa sampel zeolit .....	37
Gambar 4. 2 Perbandingan hasil XRD pada sudut $2\theta$ diantara 20 dan 30 .....	38
Gambar 4. 3 SEM serbuk zeolit awal .....	39
Gambar 4. 4 Hasil pengujian SEM pada serbuk zeolit yang sudah diaktivasi.....	40
Gambar 4. 5 SEM pada pellet zeolit (tekanan kompaksi 20 bar; waktu kalsinasi 1 jam) .....	41
Gambar 4. 6 SEM pada pellet zeolit (tekanan kompaksi 40 bar; waktu kalsinasi 1 jam) .....	42
Gambar 4. 7 SEM pada pellet zeolit (tekanan kompaksi 40 bar; waktu kalsinasi 3 jam) .....	43
Gambar 4. 8 Grafik kapasitas penyerapan air pada zeolit.....	45

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki banyak kekayaan alam. Pegunungan, lautan, hutan dan banyak tempat lainnya yang menjadi suatu nilai tambah bagi negara ini. Disana terdapat banyak mineral yang berguna bagi kehidupan bangsa Indonesia. Ketika gunung mengalami peletusan banyak mineral yang keluar dari dalam bumi. Debu atau lava dari pegunungan yang nantinya mengendap di dalam lautan menghasilkan mineral multifungsi yang biasa disebut dengan zeolit.

Di Indonesia, zeolit terdapat di beberapa wilayah seperti Sukabumi, Bogor, Tasikmalaya, Lampung, Bayah, Malang, dll. Zeolit tersebut biasa disebut dengan zeolit alam. Selain berasal dari alam, zeolit juga dapat dibuat dengan cara sintesis yang sedang banyak dikembangkan oleh para peneliti. Struktur pada zeolit alam sudah terbentuk dari proses hidrotermal secara alamiah, yang terjadi pada daerah pegunungan berapi. Beberapa sifat zeolit antara lain: daya serap (*adsorption*), daya tukar kation (*ion exchange*), dan daya membran (*catalytic activity*).

Zeolit dapat digunakan sebagai batu bangunan, sebagai agregat ringan di semen dan beton, sebagai *filler* dalam kertas, dapat mengambil Cs dan Sr dari limbah nuklir, dapat menghilangkan amonia dari limbah perkotaan, industri, pertanian dan air minum <sup>[1]</sup>. Dan juga dapat digunakan sebagai deodorisasi dari kotoran hewan, lemari es dan sepatu.

*Desiccant* menjadi salah satu aplikasi dari zeolit yang dapat digunakan dibanyak industri. Prinsip dasar *desiccant* yaitu sebagai adsorben, dimana dapat menyerap beberapa molekul seperti *moisture* / uap air. Contohnya, pada jendela yang menggunakan kaca ganda (*double glass window*) biasanya pada bagian tengah disisipkan *desiccant*, agar embun yang biasa terbentuk diantara dua kacanya itu misalnya saat hujan atau pagi hari dapat terserap dalam *desiccant* tersebut.

Untuk penggunaannya sebagai *desiccant*, zeolit biasanya dibentuk dalam bentuk pellet. Pellet adalah produk-produk yang telah diaglomerasi baik secara langsung dengan cara dikompresi atau dengan penambahan sejumlah kecil bahan pengikat. Ada yang berbentuk pellet silinder ataupun pellet yang berbentuk bola (*granular*). Pada penelitian ini pellet yang dibuat adalah pellet yang berbentuk silinder dengan diameter 1 cm seperti gambar 1.1. Untuk membuat menjadi pellet, zeolit yang sudah diproses menjadi bubuk, dilanjutkan dengan proses kompaksi dan kalsinasi agar dapat berbentuk seperti pellet yang kita inginkan.

Proses untuk memperoleh zeolit ini untuk digunakan di berbagai aplikasi tergolong. Tetapi pada kenyataannya, zeolit ini masih belum banyak dikembangkan di berbagai industri. Padahal seperti yang telah dituliskan diatas bahwa di Indonesia ini banyak terdapat zeolit. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan zeolit dalam salah satu aplikasinya yaitu sebagai *desiccant*.



**Gambar 1. 1** Pellet zeolit

## 1.2 Perumusan Masalah

Penelitian ini difokuskan kepada proses pembuatan pellet zeolit yang digunakan sebagai *desiccant*. Zeolit yang awalnya serbuk (*powder*) diproses menjadi pellet dengan cara kompaksi dan kalsinasi sehingga memiliki kapasitas penyerapan air yang diinginkan. Tekanan yang diberikan saat kompaksi dan waktu yang digunakan saat kalsinasi dapat mempengaruhi sifat akhir dari zeolit. Sehingga pada penelitian ini dilakukan proses dengan beberapa tekanan kompaksi dan waktu kalsinasi untuk mendapatkan zeolit dengan hasil yang paling optimal.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

- a. Memahami proses pembuatan *desiccant* berupa zeolit berbentuk pellet dari bentuk awalnya yang berupa serbuk.
- b. Mengetahui tekanan kompaksi dan waktu kalsinasi untuk mendapatkan produk *desiccant* zeolit yang maksimal.
- c. Menganalisa kapasitas penyerapan air *desiccant* zeolit.
- d. Menganalisa struktur kristal dari *desiccant* zeolit.
- e. Menganalisa struktur mikro dari *desiccant* zeolit.

## 1.4 Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian ini melingkupi pembuatan *desiccant* berbentuk pellet dari bentuk awalnya yang berupa serbuk dengan diawali proses pengayakan untuk mendapatkan besar serbuk yang seragam. Kemudian diaktivasi dengan pemanasan dan dilanjutkan dengan mencampurkan dengan air sebanyak 20% berat kering zeolit sebagai binder dan kemudian dikompaksi dengan tekanan 20 bar, dan 40 bar. Hasil dari zeolit yang dikompaksi dimasukkan kedalam oven dengan temperatur 140 °C selama 1 jam, 2 jam, dan 3 jam. Zeolit yang sudah berbentuk pellet dikarakterisasi dengan tiga metode. Pertama, karakterisasi dilakukan dengan menggunakan alat *sorption-isotherm* untuk menganalisa kapasitas penyerapan air. Karakterisasi kedua yaitu dengan menggunakan alat X-Ray Diffraction (XRD) untuk menganalisa komposisi kimia dan struktur kristal.



Dan karakterisasi yang ketiga menggunakan alat SEM untuk menganalisa struktur mikro / profil pori dari zeolit.

### 1.5 Hipotesis

Zeolit merupakan mineral yang efisien untuk digunakan sebagai *desiccant*. Struktur molekulnya yang berongga membuat zeolit ini dapat menyerap air / *moisture* kedalamnya. Proses aktivasi dapat menghilangkan pengotor yang berada di dalam rongga dan juga memperbesar diameter pori, sehingga dapat meningkatkan kapasitas penyerapan air dari *desiccant* zeolit ini. Proses pembuatan pellet dapat dilakukan dengan menggunakan air sebagai binder dan kemudian dikompaksi lalu dikalsinasi sehingga dapat menjadi sebuah *desiccant* yang memiliki kapasitas penyerapan air yang diinginkan.

Karena dalam aplikasi sebagai *desiccant*, yang dibutuhkan dari zeolit ini yaitu pori sebagai wadah penyerap air, maka semakin besar tekanan dari kompaksi, pori yang dihasilkan semakin sedikit sehingga kapasitas penyerapan airnya semakin kecil. Sedangkan untuk waktu kalsinasi, akan memiliki titik optimal pada waktu berapa jam. Karena, jika waktu kalsinasinya terlalu sedikit maka binder atau pelumas yang berlebih belum menguap sehingga menutupi pori dan akan memperkecil kapasitas penyerapan air. Sebaliknya apabila terlalu lama, maka air yang sebagai binder akan banyak yang menguap sehingga zeolit tersebut tidak memiliki cukup penguat sebagai pellet.

### 1.6 Sistematika penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan pada karya tulis ini adalah sebagai berikut:

#### **BAB 1 : PENDAHULUAN**

Menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, hipotesis dan sistematika penulisan.

#### **BAB 2 : DASAR TEORI**

Menjelaskan tentang prinsip dasar *desiccant*, pengertian dan sifat zeolit, metode pengayakan, aktivasi menggunakan metode pengasaman, proses

pembuatan pellet seperti pencampuran, kompaksi, dan kalsinasi serta prinsip dasar karakterisasi sifat fisik, struktur kristal, struktur mikro dan pengujian kapasitas penyerapan air.

### **BAB 3 : METODOLOGI PENELITIAN**

Menjelaskan tentang diagram alir penelitian, parameter penelitian, peralatan penelitian, bahan penelitian, dan prosedur penelitian.

### **BAB 4 : HASIL DAN PEMBAHASAN**

Menjelaskan tentang hasil yang didapat selama penelitian dan menganalisanya, terdiri dari XRD untuk mengetahui komposisi senyawa kimia serta struktur kristal yang terdapat di dalam zeolit. Hasil SEM untuk mengetahui struktur mikro dan profil pori yang terbentuk. Hasil *sorption-isotherm* untuk mengetahui kapasitas penyerapan air.

### **BAB 5 : KESIMPULAN**

Menjelaskan mengenai kesimpulan yang didapat pada penelitian ini.

## BAB 2

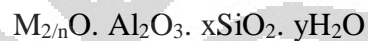
### DASAR TEORI

#### 2.1 Zeolit

Pada tahun 1756, seorang ahli mineralogi Swedia bernama FAF Cronstedt menemukan mineral baru yang tampak melepas air bila dipanaskan. Karena sifat tersebut, maka ia menamai mineral tersebut zeolit berdasarkan bahasa Yunani yaitu *zein* dan *lithos* yang berarti batu yang mendidih. <sup>[2]</sup>

##### 2.1.1 Struktur Zeolit

Zeolit merupakan mineral yang tersusun dari kerangka aluminosilikat yang mempunyai rongga yang berisi kation yang dapat dipertukarkan dan molekul air yang dapat bergerak bebas <sup>[3]</sup> dengan rumus empiris:



M = kation alkali atau alkali tanah

n = valensi logam alkali

x = bilangan tertentu (2 s.d 10)

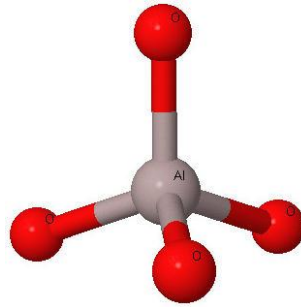
y = bilangan tertentu (2 s.d 7)

Berdasarkan rumus di atas dapat disimpulkan bahwa zeolit terbagi menjadi tiga komponen yaitu kerangka alumina silikat, kation dan molekul air. Kation dan molekul air tidak termasuk pada kerangka alumina silikat, tetapi mengisi rongga di antara kerangka.

Kerangka alumina silikat dari zeolit tersusun atas tiga unit pembangun, yaitu:

- a. Unit pembangun primer

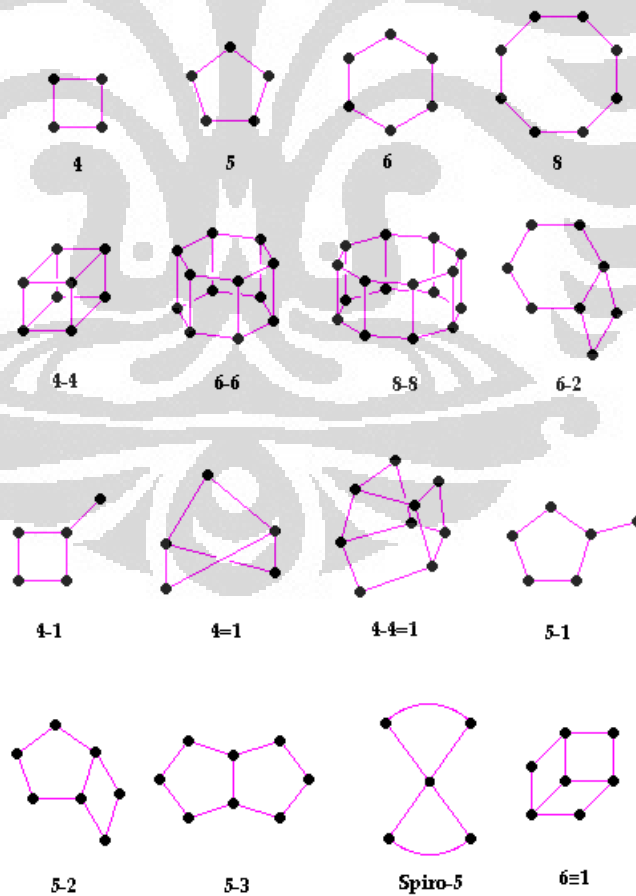
Kerangka dasar struktur zeolit terdiri dari unit-unit tetrahedral dengan atom pusat silikon atau aluminium dan empat atom oksigen pada ujung sudut-sudutnya, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Unit pembangun primer zeolit<sup>[4]</sup>

b. Unit pembangun sekunder

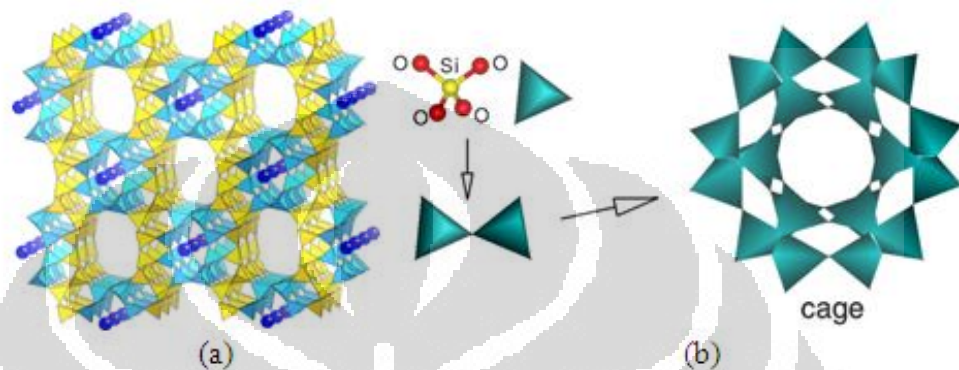
Unit-unit tetrahedral  $\text{SiO}_4$  dan  $\text{AlO}_4$  saling berhubungan dengan pemakaian bersama atom oksigen membentuk unit pembangun sekunder yang berupa cincin 4, cincin 5, cincin 6, dan sebagainya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Unit pembangun sekunder zeolit<sup>[5]</sup>

c. Unit polihedral

Unit pembangun sekunder saling berhubungan membentuk suatu polihedral yang merupakan struktur kristal zeolit seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 (a) Unit polihedral zeolit<sup>[6]</sup> (b) proses pembentukan polihedral<sup>[7]</sup>

### 2.1.2 Klasifikasi Zeolit

Berdasarkan cara memperolehnya, zeolit dapat digolongkan menjadi dua kelompok yaitu:

1. Zeolit Alam

Zeolit alam dapat ditemukan pada banyak tempat di dunia dimana pada tempat tersebut pernah terjadi aktivitas gunung berapi yang dekat dengan air. Zeolit alam terbentuk melalui proses alam berupa zeolitisasi betuan vulkanik dengan air lingkungan (air hidrologi) pada sistem terbuka maupun tertutup. Kondisi batuan, tanah dan lingkungan tempat pembentukannya mempengaruhi sifat-sifat fisik, kimia, dan struktur mineral zeolit alam sehingga muncul beragam jenis zeolit alam.

2. Zeolit sintesis

Zeolit sintesis diperoleh melalui proses sintesa dan merupakan hasil rekayasa dari manusia.

Pada saat ini dikenal sekitar 40 jenis mineral zeolit alam, meskipun yang mempunyai nilai komersial ada sekitar 12 jenis, diantaranya klinoptilolit,

mordenit, filipsit, kabsit dan erionit. Zeolit sintetik dihasilkan dari beberapa perusahaan seperti Union Carbide, ICI dan Mobil Oil dan lebih dari 100 jenis telah dikenal strukturnya antara lain zeolit A, X, Y, grup ZSM/AlPO<sub>4</sub> (*Zeolite Sieving Materials/Aluminium Phosphate*) dan bahkan akhir-akhir ini dikenal grup zeotip, yaitu material seperti zeolit tetapi bukan senyawa alumino-silikat.

Tabel 2. 1 Klasifikasi Molecular Sieve<sup>[8]</sup>

<i>Molecular Sieve</i>	<i>Framework structure (IZA code)</i>	<i>Ring Size</i>
Li-X	FAU	12
LiNa-X	FAU	12
Na-X	FAU	12
Mg-X	FAU	12
Na-LSX	FAU	12
Ca-Y	FAU	12
H-Y	FAU	12
K-Y	FAU	12
Li-Y	FAU	12
Mg-Y	FAU	12
Na-Y	FAU	12
Rb-Y	FAU	12
Na-EMT	EMT	12
Ca-L	LTL	12
K-L	LTL	12
ZSM-20	FAU/EMT	12
Na-Omega	MAZ	12
Mordenite	MOR	12
Clinoptilolite	HEU	10
Silicalite-1	MFI	10
Na-ZK-5	KFI	8
CaNa-A-60	LTA	8
Mg-A	LTA	8
Na-A	LTA	8
ZSM-34	ERI/OFF	8
Erionite	ERI	8
Analcime	ANA	8
K-P	GIS	8
Na-P	GIS	8
Ca-P	GIS	8

### 2.1.3 Sifat Zeolit

Karena sifat fisika dan kimia dari zeolit yang unik, sehingga dalam dasawarsa ini, zeolit oleh para peneliti dijadikan sebagai mineral serba guna. Sifat-sifat unik tersebut meliputi dehidrasi, adsorpsi dan penyaring molekul, katalis dan penukar ion.

#### ✓ Sifat Dehidrasi

Zeolit mempunyai sifat dehidrasi (melepaskan molekul H<sub>2</sub>O) apabila dipanaskan. Pada umumnya struktur kerangka zeolit akan menyusut. Tetapi kerangka dasarnya tidak mengalami perubahan secara nyata. Disini molekul air (H<sub>2</sub>O) seolah-olah mempunyai posisi yang spesifik dan dapat dikeluarkan secara reversibel.

H<sub>2</sub>O yang berada di dalam mineral zeolit dapat dibagi menjadi 2 bagian, yaitu molekul air yang berada di luar sistem dan yang terikat di dalam sistem kristal zeolit. Air yang berada di luar sistem kristal zeolit dapat menguap jika dipanaskan pada suhu 105 °C selama 24 jam, sedangkan molekul air yang terikat di dalam sistem kristal hanya dapat terlepas pada pemanasan dengan suhu 300-400 °C selama 2-3 jam. Zeolit yang telah kehilangan air kristal dapat menyerap kation dengan efektif ke dalam rongga-rongganya daripada zeolit yang masih mengikat molekul air kristal.

#### ✓ Sifat Adsorpsi

Sifat zeolit sebagai adsorben dan penyaring molekul, dimungkinkan karena struktur zeolit yang berongga, sehingga zeolit mampu menyerap sejumlah besar molekul yang berukuran lebih kecil atau sesuai dengan ukuran rongganya. Selain itu kristal zeolit yang telah terdehidrasi merupakan adsorben yang selektif dan mempunyai efektivitas adsorpsi yang tinggi.

#### ✓ Sifat Katalis

Kemampuan zeolit sebagai katalis terjadi didalam pori-pori kristal zeolit. Oleh karena itu sifat zeolit yang sangat penting sebagai katalis adalah ukuran pori-pori dan volume kosong yang besar, disamping itu

perbandingan atom Si dan Al mempengaruhi sifat zeolit sebagai katalis. Sifat-sifat tersebut dapat terjadi karena struktur dan sifat muatan listrik yang dimiliki oleh kerangka zeolit baik pada permukaan maupun didalam rongganya.

Zeolit baru akan bekerja sesuai dengan struktur kimiawinya setelah mengalami proses pengolahan. Zeolit adalah salah satu diantara sekian banyak mineral senyawa alumina silikat, dengan kerangka struktur 3 dimensi senyawa alumina silikat terdiri dari dua bagian yaitu bagian netral dan bagian yang bermuatan.

Bagian netral semata-mata dibangun oleh silikon dan oksigen,serta jenisnya bervariasi antara  $\text{SiO}_4$  sampai  $\text{SiO}_2$ . Bagian muatan dibangun oleh ion alumina dan oksigen, dalam bagian ini terjadi penggantian ion pusat silikon bervalensi empat dengan kation aluminium yang bervalensi tiga, sehingga setiap penggantian ion silikon oleh ion aluminium memerlukan satu ion logam alkali tanah yang monovalen atau setengah ion logam bivalen seperti  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ , dll, untuk menetralkan muatan listriknya. Sebagai katalis zeolit mempunyai keistimewaan berupa lama pemakaian (*life time*) yang lebih panjang bila dibandingkan dengan bahan katalis lainnya.

✓ Sifat Penukar Kation

Sedangkan sifat zeolit sebagai penukar ion karena adanya kation logam alkali dan alkali tanah. Kation tersebut dapat bergerak bebas didalam rongga dan dapat dipertukarkan dengan kation logam lain dengan jumlah yang sama. Pertukaran kation zeolit pada dasarnya adalah fungsi dari derajat substitusi Si oleh Al dalam struktur kristal zeolit. Makin banyak Al yang menggantikan posisi Si, maka makin tinggi muatan negatif yang dihasilkan, dan penetralan akan dilakukan oleh kation alkali dan alkali tanah.

Sifat pertukaran kation zeolit tergantung dari beberapa faktor, yaitu topologi kerangka zeolit, ukuran dan bentuk rongga zeolit, kerapatan muatan pada saluran rongga zeolit, valensi dan kerapatan muatan ion dalam rongga zeolit dan konsentrasi dan komposisi elektrolit pada larutan luar.



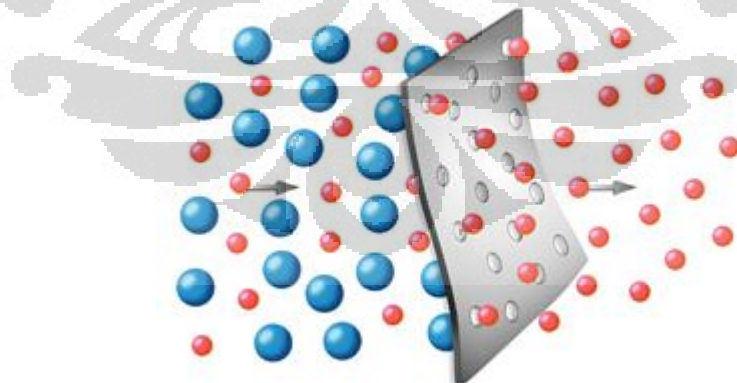
✓ Sifat Penyaring atau Pemisah

Salah satu keunggulan zeolit dibandingkan dengan kebanyakan media penyerap atau pemisah (seperti silika gel) adalah strukturnya yang membentuk media berpori dengan distribusi diameter yang sangat selektif, sehingga dengan struktur ini zeolit mampu memisahkan zat berdasarkan perbedaan ukuran, bentuk, dan polaritas dari molekul yang disaring.

#### 2.1.4 Penggunaan Zeolit

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 penukar ion, penyaring molekul, katalisator, dan adsorben misalnya pada *desiccant*.

Sebagai adsorben, zeolit adalah material yang unik. Pada kondisi normal, pusat rongga yang besar dan saluran-salurannya terisi oleh molekul-molekul air, membentuk bola-bola hidrat di sekeliling kation. Jika air dihilangkan, molekul zat dengan *cross sectional diameter* tertentu akan dapat melewati dan menempati saluran-saluran dan rongga zeolit. Molekul yang terlalu besar akan ditolak, sehingga zeolit sering dikatakan sebagai penyaring molekul (*molecular sieve*) yang diilustrasikan pada Gambar 2.4.



**Gambar 2. 4** Ilustrasi penapis molekul oleh rongga zeolit, berdasarkan jari-jari molekul [9]

Namun kapasitas adsorpsi zeolit terhadap gas tidak sebesar adsorben lain seperti alumina, silika dan karbon teraktivasi, karena ukuran cincin  $O_2$  yang

seragam pada struktur rangkanya, sehingga distribusi ukuran pori menjadi relatif sempit. Kelemahan ini tertutupi dengan selektivitas zeolit yang tinggi terhadap gas-gas yang berkadar rendah (*trace*) dalam suatu sistem. Sifat ini diperlukan dalam aplikasi proses penurunan kadar air hingga kurang dari 0,01 ppm. Dari data diketahui bahwa das alam yang keluar dari sumur pengeboran kandungan airnya mencapai 10 ppm.

### 2.1.5 Aktivasi Zeolit

Sebelum digunakan sebagai adsorben, zeolit alam harus diaktifkan terlebih dahulu agar jumlah pori-pori yang terbuka lebih banyak sehingga luas permukaan pori-pori bertambah. Proses aktivasi zeolit dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu secara fisis dan kimiawi.

Aktivasi secara fisis berupa pemanasan zeolit dengan tujuan untuk menguapkan air yang terperangkap dalam pori-pori kristal zeolit sehingga luas permukaan pori-pori bertambah. Pemanasan dilakukan dalam oven biasa pada suhu 300-400 °C (untuk skala laboratorium) atau menggunakan tungku putar dengan pemanasan secara penghampaan selama 3 jam atau penghampaan selama 5 – 6 jam (skala besar).

Aktivasi secara kimia dilakukan dengan larutan asam  $H_2SO_4$  atau basa NaOH dengan tujuan untuk membersihkan permukaan pori, membuang senyawa pengotor dan mengatur kembali letak atom yang dipertukarkan. Pereaksi kimia ditambahkan pada zeolit yang telah disusun dalam tangki dan diaduk dalam jangka waktu tertentu. Zeolit kemudian dicuci dengan air sampai netral dan selanjutnya dikeringkan. Zeolit yang cocok untuk adsorben yaitu apabila diaktifkan akan memberikan rasio Si/Al yang tinggi (10-100). Zeolit dengan rasio Si/Al tinggi bersifat hidrofobik. <sup>[10]</sup>

## 2.2 Proses Penyerapan

Udara terdiri dari sejumlah molekul gas yang bergerak bebas sepanjang garis lurus ke segala arah. Molekul-molekul tersebut saling bertabrakan, setiap kali bertabrakan molekul gas yang bersangkutan mengalami perubahan kecepatan

dan arah pergerakan. Molekul uap air sebagai salah satu molekul gas yang terdapat dalam udara juga mengalami hal tersebut. Selama pengembaraannya, molekul-molekul uap air mungkin pula bertabrakan dengan permukaan suatu padatan. Pada saat bertabrakan dengan permukaan padatan, ada dua kemungkinan yang akan dialami oleh molekul uap air.

Pertama, molekul uap air tersebut akan terpelanting secara elastis dengan sudut refleksi sama dengan sudut datangnya. Kedua, kemungkinan terbesar yang sering terjadi adalah molekul uap air tersebut melekat beberapa saat pada permukaan padatan sebelum kembali terlepas, sehingga konsentrasi uap air pada permukaan padatan menjadi lebih besar daripada konsentrasi uap air di udara. Hal ini kemudian muncul sebagai suatu fenomena yang disebut dengan proses penyerapan.<sup>[11]</sup>

### 2.2.1 Jenis-jenis proses penyerapan

Berdasarkan interaksi molekular antara permukaan material penyerap (adsorben) dan material yang diserap (adsorbat), proses penyerapan dibagi menjadi dua jenis yaitu sebagai berikut:

1. Penyerapan secara fisika (*physical adsorption*)

Penyerapan secara fisika adalah proses penyerapan yang disebabkan oleh gaya tarik-menarik intermolekular antara molekul adsorben dan molekul adsorbat tanpa terjadi reaksi kimia antara keduanya. Penyerapan secara fisika ini berlangsung relatif cepat dan bersifat reversibel. Pada proses penyerapan secara fisika, adsorbat tidak terikat terlalu kuat pada permukaan adsorben, sehingga adsorbat dapat bergerak dari suatu bagian permukaan ke bagian permukaan lainnya.

2. Penyerapan secara kimia (*chemisorption/absorption*)

Penyerapan secara kimia adalah proses penyerapan yang disebabkan oleh interaksi secara kimiawi antara molekul adsorben dan molekul adsorbat. Adanya panas yang dihasilkan pada proses ini merupakan panas yang dibebaskan pada proses kimia.

Dalam penelitian ini hanya menitikberatkan pada proses penyerapan secara fisika (adsorpsi) sehingga tidak ada perubahan komposisi kimia pada adsorben. Dengan demikian, perhitungan dalam proses termodinamika yang terjadi dilakukan tanpa memperhitungkan reaksi kimia yang mungkin terjadi.

### 2.2.2 Faktor-faktor yang mempengaruhi daya penyerapan

Beberapa faktor yang mempengaruhi daya penyerapan diantaranya:

1. Tekanan adsorbat

Pada penyerapan secara fisika, kenaikan tekanan adsorbat dapat menaikkan jumlah yang diserap. Sedangkan pada penyerapan secara kimia terjadi sebaliknya.

2. Temperatur absolut

Pada adsorpsi fisika, berkurangnya temperatur akan menambah jumlah adsorbat yang terserap dan sebaliknya.

3. Ukuran molekul adsorbat

Molekul-molekul adsorbat yang dapat diserap adalah molekul yang memiliki diameter lebih kecil daripada diameter adsorben.

4. Interaksi potensial

Interaksi potensial tergantung pada sifat adsorbat dan adsorben yang bersangkutan. Sifat-sifat adsorben yang penting pengaruhnya antara lain:

- a. Luas permukaan

Karena adsorpsi adalah peristiwa yang terjadi pada permukaan suatu zat, maka semakin besar luas permukaan adsorben akan semakin besar pula daya penyerapannya.

- b. Kemurnian adsorben

Adsorben yang lebih murni mempunyai daya penyerapan yang lebih baik.

c. Jenis atom/gugus fungsi yang ada di permukaan adsorben

Sifat ini penting pengaruhnya karena sifat-sifat atom di permukaan berkaitan dengan interaksi molekul antara adsorbat dan adsorben yang lebih besar bagi suatu adsorbat tertentu.

### 2.2.3 Laju penyerapan

Dalam periode laju penyerapan konstan pergerakan kadar uap air pada zat padat sangat cepat untuk mendapatkan kondisi jenuh pada permukaan. Jika kalor hanya didapat dari konveksi dengan udara yang lebih panas, temperatur permukaannya adalah temperatur *wet bulb* pada kondisi tersebut. Laju penyerapan dalam kg/s dapat ditulis:

$$\frac{dw}{dt} = \frac{hA(T_a - T_w)}{\Delta h_v} = k_g A(p - p_s) \quad (2.1)$$

Keterangan:

$k_g$  = koefisien perpindahan massa (kg/(m<sup>2</sup>s, Pa))

$p_s$  = tekanan uap air pada temperatur permukaan (N/M<sup>2</sup>, Pa)

$p$  = tekanan parsial uap air dari sejumlah udara (N/M<sup>2</sup>, Pa)

Dalam praktisnya penggunaan persamaan dengan variabel suhu ( $T$ ) dapat memperkecil kesalahan perhitungan dibanding dengan tekanan ( $p$ ). Jika kalor didapat dari konveksi, konduksi dan radiasi temperatur permukaan akan lebih tinggi dari temperatur *wet bulb*.

Perhitungan laju penyerapan, merupakan suatu faktor penting yang digunakan untuk menunjukkan kemampuan zeolit dalam menyerap uap air dari udara. Pada penelitian ini akan dilihat laju penyerapan zeolit pada setiap kondisi udara pengujian (RH yang berbeda).

Tahapan dalam menghitung laju penyerapan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menghitung perubahan *moisture content* terhadap waktu menggunakan rumus berikut ini:

$$\frac{\Delta X}{\Delta t} = \frac{(X_i - X_{i-1})}{(t_i - t_{i-1})} \quad (2.2)$$

Keterangan:

$\Delta X/\Delta t$  = perubahan moisture content terhadap waktu

$X_i$  = massa zeolit pada waktu  $i$

$X_{i-1}$  = massa zeolit pada waktu  $i-1$

$t_i$  = waktu saat pengukuran

$t_{i-1}$  = waktu sebelum  $t$

2. Menghitung laju penyerapan dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$\frac{dw}{dt} = \frac{m_z}{A} \left( \frac{\Delta X}{\Delta t} \right) \quad (2.3)$$

Keterangan:

$dw/dt$  = laju penyerapan (gr H<sub>2</sub>O/m<sup>2</sup> menit)

$m_z$  = massa zeolit kering

$A$  = luas permukaan zeolit yang kontak dengan udara

#### 2.2.4 Kandungan Air Bahan

Kandungan air bahan yang terdapat pada suatu bahan terdiri dari tiga jenis. Masing-masing air bahan tersebut adalah: <sup>[11]</sup>

1. Air bebas (*free water*)

Air bebas adalah air yang terdapat pada permukaan bahan. Air bebas ini dapat dengan mudah diuapkan dengan proses pengeringan. Untuk menguapkan air bebas diperlukan energi yang lebih sedikit dibandingkan dengan menguapkan air terikat. Air yang dapat diuapkan disebut "*vaporable water*".

2. Air yang terikat secara fisik

Merupakan bagian air bahan yang terdapat dalam jaringan matriks bahan (tenunan bahan) karena adanya ikatan-ikatan fisik. Bagian air ini terdiri dari:

- a. Air terikat menurut sistem kapiler. Karena adanya pipa-pipa kapiler maka dapat terjadi pergerakan air pada bahan.
  - b. Air adsorpsi. Air ini terdapat pada tenunan-tenunan bahan karena adanya tenaga penyerapan dari dalam bahan. Air ini akan menyebabkan pengembangan volume bahan, tetapi air ini tidak merupakan komponen penyusun bahan tersebut.
  - c. Air yang terkurung diantara tenunan bahan karena adanya hambatan mekanis. Air ini sangat sukar diuapkan pada proses pengeringan.
3. Air yang terikat secara kimiawi
- Air bahan yang terikat secara kimiawi adalah:
- a. Air yang terikat sebagai air kristal, atau kristal yang mengikat molekul air. Misalnya,  $\text{NaCl} \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CuSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$
  - b. Air yang terikat dalam sistem dispersi koloidal, terdiri dari partikel-partikel yang bentuk dan ukurannya beragam. Partikel-partikel yang terdispersi dalam air ini bermuatan listrik positif atau negatif sehingga dapat menarik partikel yang berlawanan.

### 2.3 *Desiccant*

*Desiccant* merupakan zat alami atau sintetis yang mampu menyerap atau menyerap uap air akibat perbedaan tekanan uap air antara udara sekitarnya dan permukaan *desiccant*. Mereka ditemui dalam bentuk cair dan padat. *Desiccant* bentuk cair dan padat memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Selain memiliki suhu regenerasi yang lebih rendah dan fleksibilitas dalam pemanfaatan, *desiccant* cair memiliki tekanan yang lebih rendah daripada udara luar. *Desiccant* padat yang kompak, kurang tahan terhadap korosi. *Desiccant* yang umum digunakan selain zeolit yaitu lithium klorida, trietilen glikol, gel silika, oksida aluminium, larutan litium bromida, dll. <sup>[12]</sup>

Dalam aplikasinya biasanya *desiccant* ini dimasukkan kedalam sebuah wadah seperti kantung kertas sehingga mudah untuk dipindahkan ke tempat dimana *moisture* / uap air ingin diserap. *Desiccant* biasanya digunakan dalam bentuk pellet.

Pellet memiliki bentuk silinder terkadang dengan lubang di pusatnya yang rasio tinggi / diameternya kurang dari 1. Namun dalam beberapa kasus ada pula yang rasio tinggi / diameternya hingga 50-200 %. Karakteristik material yang dapat dibuat pellet:

- Memiliki ukuran partikel yang seragam.
- Memiliki kandungan kelembaban tertentu.
- Partikel bersifat free flowing.
- Partikel dapat mengisi cetakan.
- Dapat menggumpal pada saat dipadatkan.

Proses pembuatan pellet pada prinsipnya sama dengan proses pembuatan pil pada industri farmasi, dimana sejumlah bahan dicampur dengan sejumlah kecil *binder* (guna mempertahankan bentuk baru yang permanen) lalu dimasukkan ke dalam suatu cetakan yang sebelumnya telah diolesi sejumlah kecil pelumas, kemudian ditekan.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi pembuatan pellet, diantaranya:

a. *Binder*

*Binder* ini memiliki fungsi untuk merekatkan bahan sehingga kekuatan pelet meningkat. Apabila *binder* kelebihan, maka akan menyebabkan berkurangnya luas permukaan material yang dipelletkan. Sebaliknya apabila jumlah *binder* terlalu sedikit akan menyebabkan pellet mudah pecah. Klasifikasi *binder* yang digunakan dalam pembuatan pellet pada berbagai material dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Jenis-jenis binder <sup>[13]</sup>

<i>BINDER</i>	% BERAT KERING	NILAI
Pitch, Asphaltum	2 – 50	D
Resin	0.5 – 5	A
Air	0.5 – 25	A

Keterangan:    A = sangat bagus      C = cukup  
                       B = bagus                        D = buruk



### b. Pelumas

Pelumas memiliki fungsi untuk membantu pemindahan gaya tekanan dan mengurangi tertinggalnya material pada permukaan cetakan. Terdiri atas pelumas internal (yang dicampurkan bersama dengan material) dan pelumas eksternal (yang dioleskan pada permukaan cetakan). Pelumas internal umumnya mengurangi sifat-sifat ikatan. Jika terlalu sedikit pelumas yang digunakan maka pellet akan sulit dikeluarkan dari dalam cetakan, sehingga besar kemungkinan pellet akan retak atau pecah. Penggunaan pelumas yang berlebih juga akan merugikan karena tertutupnya pori-pori material yang hendak dipelletkan. Klasifikasi pelumas yang digunakan dalam pembuatan pellet pada berbagai material dapat dilihat Tabel 2.3.

**Tabel 2. 3** Jenis-jenis Pelumas<sup>[13]</sup>

PELUMAS	% BERAT KERING	NILAI
Graphite	0.25 – 2	A
Aluminium	0.25 – 2	B
Magnesium, Kalsium	0.25 – 2	A
Lithium, Zinc	0.25 – 2	A
Asam Stearat	0.25 – 2	B
Sterotex	0.25 – 2	A
Bedak	1 – 5	C
Air	0.1 – 5	A

### c. Tekanan

Peristiwa pembuatan pellet terjadi bila sejumlah tekanan diaplikasikan pada suatu sistem tertentu dalam ruangan yang terbatas. Keberhasilan dari operasi ini sebagian tergantung pada keefektifan penggunaan dan aplikasi pemindahan tekanan eksternal. Sebagian lagi oleh karena sifat fisik dari material.

Karena penelitian ini digunakan air sebagai *binder*, maka mekanisme pengikatan material oleh air (sebagai liquid yang bergerak) dibedakan atas tiga bentuk) :

- (i) Bentuk *Perpendicular*, jika sejumlah kecil liquid diikat sebagai *discrete lens-shaped rings* pada titik kontak partikel.
- (ii) Bentuk *Funicular*, dengan meningkatnya kandungan liquid cincin bersatu dan terdapat jaringan liquid yang tersebar ke udara secara kontinyu
- (iii) Bentuk *Capillary*, jika seluruh ruang pori dalam aglomerat terisi penuh.

#### d. Kalsinasi

Kalsinasi adalah proses penghilangan air, karbon dioksida atau gas lain yang mempunyai ikatan kimia dengan bijih. Contoh; Hidrat, karbonat. Proses ini dilakukan pada temperatur tinggi namun bijih itu tidak mengalami leleh, pada proses ini juga tidak terjadi penambahan reagen. Kalsinasi adalah proses endotermik artinya memerlukan panas dan juga lebih endotermik daripada proses *drying*. Penghilangan air dalam senyawa karbonat dilakukan dalam berbagai variasi temperatur tergantung jenis senyawa dan ikatan air pada senyawa.

Kalsinasi adalah *thermal treatment* / dekomposisi thermal ( penguraian dengan temperatur ) yang dilakukan terhadap bijih, dalam hal ini batu kapur agar terjadi dekomposisi dan juga untuk mengeleminasi senyawa yang berikatan secara kimia dengan batu kapur yaitu karbon dioksida dan air. Proses yang dilakukan adalah pemanggangan dengan temperatur yang bervariasi bergantung dari jenis senyawa karbonat. Contoh: Hidrat, karbonat,  $\text{FeCO}_3$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ,  $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$ , dan lain-lain. Kebanyakan senyawa karbonat berdekomposisi pada temperatur rendah. Contoh,  $\text{MgCO}_3$  pada temperatur  $417\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\text{MnCO}_3$  pada temperatur  $377\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\text{FeCO}_3$  pada temperatur  $400\text{ }^\circ\text{C}$ , untuk kalsium karbonat diperlukan suhu  $900\text{ }^\circ\text{C}$

Kalsinasi merupakan bagian akhir dari pembuatan peller yang bertujuan:

- Menghilangkan bahan-bahan yang berlebih seperti binder dan pelumas, yang bersifat volatil, anion/kation yang tidak stabil dan material yang

ditambahkan pada sebelumnya tetapi tidak diinginkan pada produk akhir.

- Menguapkan H<sub>2</sub>O dan pengotor lain yang berupa senyawa organik atau gas-gas yang berasal dari sisa asam.
- Meningkatkan kekuatan akhir pellet.

Penggunaan temperatur kalsinasi yang kurang dari semestinya mengakibatkan tujuan dari kalsinasi tidak tercapai, sebaliknya temperatur kalsinasi yang berlebihan juga akan menyebabkan:

- Sintering yang akan mengakibatkan menurunnya aktivitas material yang dipelletkan, karena berkurangnya luas permukaan dan tereduksinya ukuran pori sehingga terjadi pula pembatasan difusi.
- Kerusakan struktur dalam pellet

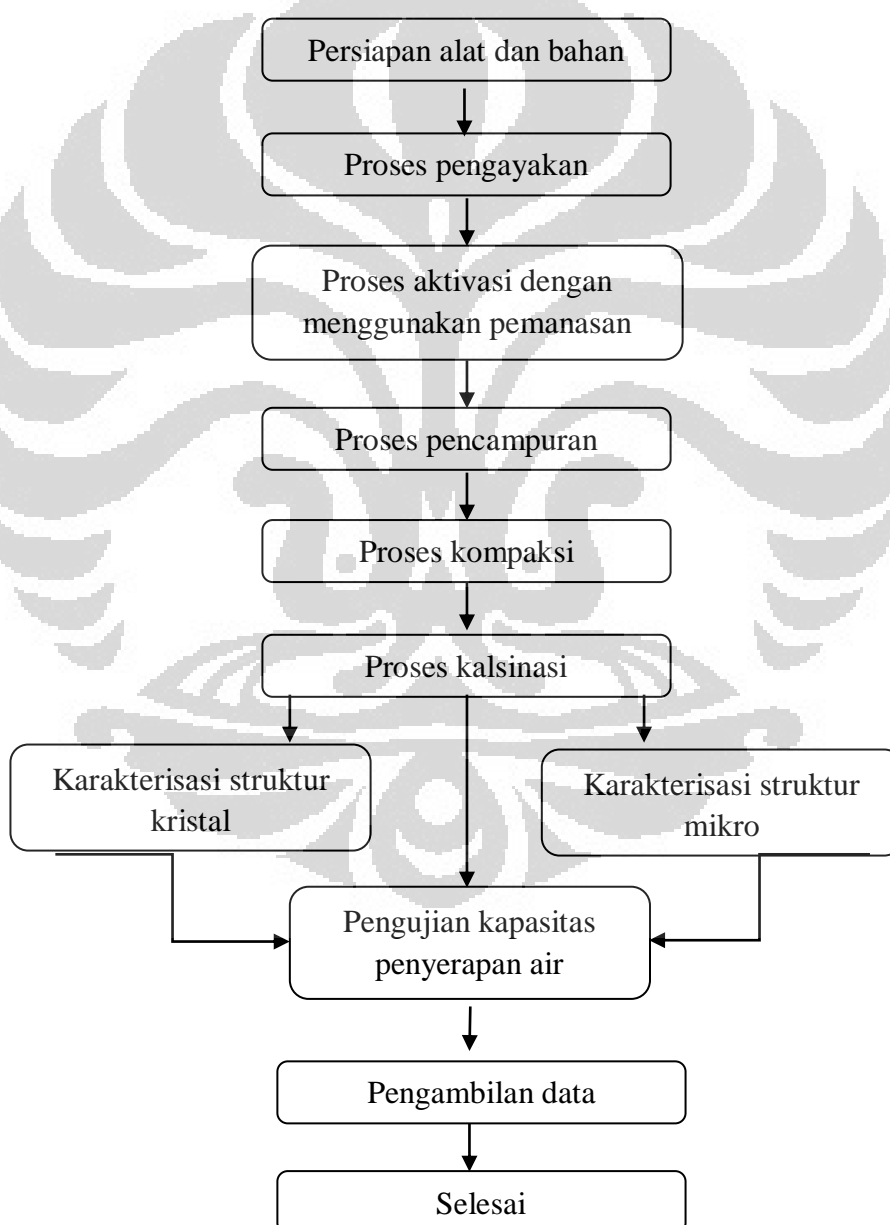
Pada prinsipnya, temperatur kalsinasi yang tepat adalah temperatur dimana bahan-bahan yang ditambahkan itu terdekomposisi. Umumnya pada zeolit, kalsinasi dilakukan pada suhu 400 °C. Ada pula beberapa kasus yang digunakan temperatur 400 – 450 °C. Jika hanya untuk menghilangkan air sebagai binder dipakai temperatur 140 – 160 °C

## BAB 3

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan berdasarkan tahapan yang terlihat pada diagram alir penelitian di Gambar 3.1.



**Gambar 3. 1** Diagram alir penelitian

Secara garis besar, penelitian ini dibagi dalam beberapa tahap yaitu (i). Pengayakan, (ii). Proses aktivasi, (iii). Proses pencampuran (mixing), (iv). Proses kompaksi, (v). Proses kalsinasi, (vi). Karakterisasi fisik, (vii). Karakterisasi struktur kristal, (viii). Karakterisasi mikro, dan (ix). Pengujian kapasitas penyerapan air.

### 3.2 Variasi Penelitian

Merujuk pada tujuan dari penelitian ini, terdapat beberapa hal yang menjadi acuan dalam pembuatan *desiccant* zeolit.

- Pengayakan dilakukan dengan ayakan berukuran 70 mesh.
- Aktivasi dilakukan dengan pemanasan dengan temperatur 300 °C selama 3 jam.
- Dalam proses kompaksi digunakan berbagai variasi tekanan yaitu 20 bar, 40 bar.
- Proses kalsinasi dilakukan dengan temperatur 140 °C dengan variasi waktu kalsinasi yaitu 1 jam, 2 jam, 3 jam.

### 3.3 Alat dan Bahan

Alat:

- |                                   |                |
|-----------------------------------|----------------|
| • Alat pengayak ( <i>siever</i> ) | • Mixer        |
| • Porselen                        | • Label        |
| • Sarung tangan                   | • Heater       |
| • Masker                          | • Aerator      |
| • Klip plastik                    | • Tray         |
| • Timbangan                       | • Beaker Glass |
| • Mesin cetak pelet               | • Mesin XRD    |
| • Oven                            | • Mesin SEM    |

Bahan:

- Serbuk zeolit
- Aquades

### 3.4 Prosedur Penelitian

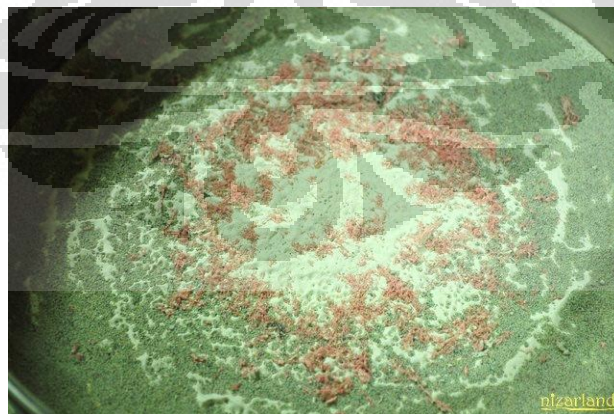
#### 3.4.1 Persiapan Alat dan Bahan

Untuk melakukan penelitian ini diperlukan beberapa alat dan bahan yang tertera pada point 3.3. Maka sebelum dimulai penelitian ini kita harus menyiapkan semua alat dan bahan tersebut agar penelitian ini dapat berjalan sesuai dengan rencana.

#### 3.4.2 Proses Pengayakan

Proses pengayakan ini bertujuan untuk mendapatkan distribusi besar partikel yang merata. Dengan distribusi partikel yang merata dan ukuran partikel yang relatif besar (70 mesh) maka akan memperbesar pori yang mungkin terbentuk diantara partikel serbuk zeolit yang akan dibuat pellet nantinya.

Selain itu pengayakan ini juga berfungsi untuk memisahkan zeolit dari pengotor seperti yang terlihat pada gambar 3.2.



**Gambar 3. 2** Hasil proses pengayakan, terlihat warna merah muda yang merupakan pengotor

Untuk melakukan proses ini maka dilakukan langkah sebagai berikut:

- a. Masukkan serbuk zeolit kedalam alat pengayak.
- b. Operasikan alat pengayak tersebut selama  $\pm 15$  menit.
- c. Serbuk zeolit yang sudah memiliki ukuran seragam (70 mesh), dimasukkan kedalam bak kecil untuk dilanjutkan ke proses selanjutnya.

### 3.4.3 Proses Aktivasi

Proses aktivasi ini memiliki tujuan untuk menguapkan pengotor yang berupa senyawa pengotor yang menutupi pori zeolit, sehingga luas permukaan pada pori zeolit semakin besar yang nantinya akan meningkatkan kapasitas penyerapan air.

Untuk melakukan proses aktivasi maka dilakukan langkah sebagai berikut:

- a. Masukkan zeolit kedalam suatu wadah (porselen) yang kemudian dimasukkan ke dalam oven.
- b. Operasikan oven dengan temperatur  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$  selama 3 jam
- c. Setelah operasi selesai, diamkan serbuk zeolit hasil aktivasi hingga temperatur turun ke suhu ruang.



Gambar 3. 3 Oven untuk aktivasi dan kalsinasi

### 3.4.4 Proses Pencampuran

Proses pencampuran menggunakan air yang berfungsi sebagai *binder* dalam pembuatan pellet zeolit. Air sebagai binder ini optimal dengan komposisi 20% dari berat kering zeolit<sup>[14]</sup>. Proses pencampuran ini harus merata agar pellet tidak mudah pecah. Indikator yang sudah merata atau tidaknya proses pencampuran ini ada pada perubahan warna. Apabila serbuk zeolit sudah tercampur rata dengan air maka warnanya akan berubah dari hijau keputihan menjadi hijau tua seperti gambar 3.3.

Untuk melakukan proses ini maka dilakukan langkah sebagai berikut:

- a. Masukkan serbuk zeolit hasil proses pengayakan kedalam mixer
- b. Masukkan aquades sebanyak 20% dari berat kering zeolit kedalam mixer
- c. Operasikan mixer selama 10-15 menit hingga serbuk zeolit dan air tercampur merata.
- d. Kemudian masukan hasil zeolit proses pencampuran ini ke dalam bak kecil untuk dilanjutkan ke proses selanjutnya.



**Gambar 3. 4** Zeolit sesudah proses pencampuran (kiri) dan sebelum proses pencampuran (kanan)

### 3.4.5 Proses Kompaksi

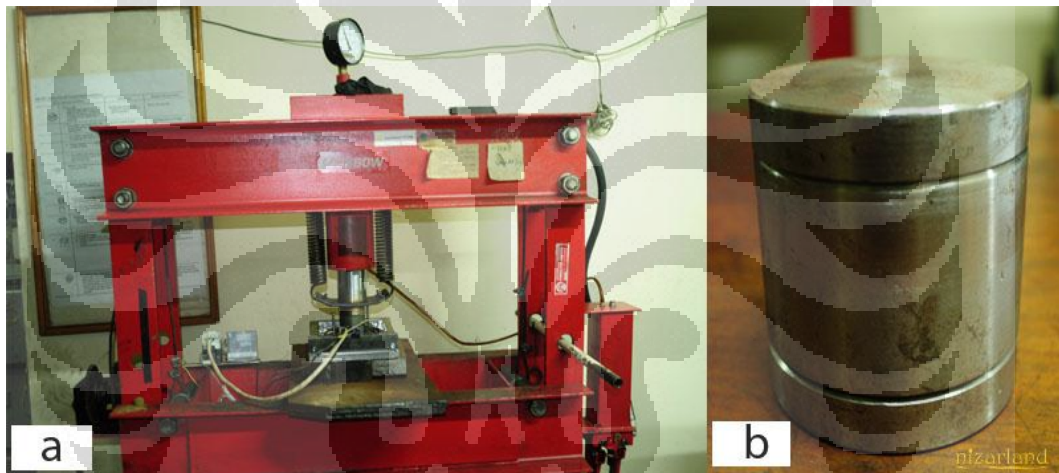
Proses kompaksi ini merupakan proses pembantukan pellet. Hal yang perlu diperhatikan dalam proses kompaksi ini yaitu cetakan harus diberikan pelumas yang cukup agar tidak terjadi gesekan antar dinding cetakan dan zeolit yang menyebabkan retaknya pellet zeolit. Proses kompaksi menjadi salah satu



parameter dalam penelitian ini. Oleh karena itu, akan digunakan dua variasi tekanan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap sifat pellet zeolit sebagai *desiccant*.

Untuk melakukan proses ini maka dilakukan langkah sebagai berikut:

- a. Masukkan zeolit hasil proses pencampuran kedalam mesin cetak pelet.
- b. Operasikan mesin tersebut dengan tekanan 20 bar dan 40 bar.
- c. Hasil proses kompaksi ini dimasukkan kedalam klip plastik sesuai tekanan mesin cetak pelet masing-masing dan berikan label pada masing-masing plastik untuk mencatat tekanannya



**Gambar 3. 5** (a) Alat kompaksi (b) cetakan untuk membuat pellet

### 3.4.6 Proses Kalsinasi

Proses kalsinasi ini bertujuan untuk menghilangkan air dan pelumas yang berlebih pada pellet zeolit. Selain itu juga kalsinasi ini dapat meningkatkan kekuatan dari pellet zeolit itu sendiri. Waktu tahan dari kalsinasi ini menjadi parameter dalam penelitian ini. Ada tiga variasi waktu tahan yang nantinya akan mempengaruhi sifat pellet zeolit sebagai *desiccant*.

Untuk melakukan proses ini maka dilakukan langkah sebagai berikut:

- a. Masukkan pelet hasil proses kompaksi ke dalam oven
- b. Operasikan oven tersebut dengan suhu 140 °C dengan waktu 1 jam, 2 jam, dan 3 jam
- c. Lakukan pendinginan menggunakan suhu ruangan sampai suhu pelet menjadi normal
- d. Masukkan pelet tersebut kedalam klip plastik yang berbeda sesuai lama waktu kalsinasinya dan berikan label pada masing-masing plastik untuk mencatat waktu kalsinasinya.



**Gambar 3. 6** Pellet zeolit setelah dikalsinasi

### **3.4.7 Pengujian Struktur Kristal**

Pengujian difraksi sinar-X (*X-ray diffraction/XRD*) merupakan salah satu metode karakterisasi material yang paling tua dan paling sering digunakan hingga sekarang ini. Sinar X pertama kali ditemukan pada 1895 oleh Wilhelm C Rontgen. Energi dari sinar X besar karena memiliki panjang gelombang 10 sampai 0.0001 nm. Energi yang besar ini dapat menembus ke dalam material dan memberikan informasi mengenai struktur fasa, dengan pengolahan lebih lanjut, ukuran butir atau kristalit juga dapat diketahui. Salah satu informasi dari reaksi

tersebut adalah penghamburan (difraksi). Sifat inilah yang dimanfaatkan sebagai salah satu teknik untuk karakterisasi material.

Tiga komponen dasar dari XRD yaitu: tabung sinar-X, tempat objek yang diteliti, dan detektor sinar X. Prinsip kerja dari spektroskopi XRD ialah sebagai berikut, sinar X dihasilkan dari penembakan target (logam anoda) oleh elektron berenergi tinggi yang berasal dari hasil pemanasan filament dari tabung sinar X. Tabung sinar X terdiri atas filament (katoda) yang berfungsi sebagai sumber elektron, ruang vakum sebagai pembebas hambatan, target sebagai anoda, dan sumber tegangan listrik.

Perbedaan tegangan akan menyebabkan percepatan elektron menembaki objek, kemudian mendifraksikan sinar segala arah. Objek dan detektor berputar untuk menangkap dan merekam intensitas refleksi sinar X. Pola difraktogram yang dihasilkan berupa deretan puncak-puncak difraksi dengan intensitas relative bervariasi sepanjang nilai  $2\theta$  tertentu.

Difraksi sinar X digunakan untuk karakterisasi serbuk zeolit. Difraksi menggunakan radiasi  $\text{CuK}\alpha$  dengan  $\lambda = 1,5406 \text{ \AA}$ . Secara khusus untuk menentukan pengukuran besar kristalin zeolit dilakukan dengan mengolah data yang diperoleh dari hasil XRD yaitu dengan menggunakan Persamaan Scherrer, sesuai dengan Persamaan 3.1 berikut:

$$D = \frac{k\lambda}{\beta \cos\theta} \quad (3.1)$$

dimana, D adalah ukuran diameter kristalit, k adalah konstanta Scherer ( $=0.89$ ),  $\lambda$  adalah panjang gelombang difraksi sinar-X yang digunakan ( $\lambda = 1.54056 \text{ \AA}$ ),  $\beta$  adalah lebar pertengahan dari puncak difraksi maksimum (*full width at half maximum*, FWHM) dihitung dalam radian; dan  $\theta$  adalah sudut difraksi (*Bragg Angle*) yang terbaca oleh mesin XRD. Dari persamaan ini akan didapatkan besar ukuran kristalit rata rata.

Untuk menghindari terjadinya kesalahan akibat pelebaran (*broadening*) pada puncak puncak difraksi karena faktor instrumen dan regangan, maka digunakan persamaan

$$B_{\text{total}} = B_{\text{kristal}} + B_{\text{regangan}} + B_{\text{instrumen}} \quad (3.2)$$

Perlu diperhatikan kurva yang dihasilkan menunjukkan tipikal Lorentzian, Gaussian, dan atau campuran keduanya yang akan memberikan perbedaan perhitungan,

$$\text{Lorentzian: } Br = B_{\text{total}} - B_{\text{instrumen}} \quad (3.4)$$

$$\text{Gaussian: } Br^2 = B_{\text{total}}^2 - B_{\text{instrumen}}^2 \quad (3.5)$$

$$\text{Campuran: } Br^2 = (B_{\text{total}}^2 - B_{\text{instrumen}}^2) (B_{\text{total}}^2 - B_{\text{instrumen}}^2)^{1/2} \quad (3.6)$$

Persamaan di atas dapat dituliskan secara ringkas:

$$B \cos \varnothing = \frac{k\lambda}{t} + n \sin \varnothing \quad (3.7)$$

$$y = c + mx \quad (3.8)$$

Konstanta  $c$  dapat dicari dengan memanfaatkan grafik pengolahan data pelebaran pada beberapa puncak data, dimana:

$$c = \frac{k\lambda}{t} \quad (3.9)$$

Nilai ukuran kristalit rata-rata ( $t$ ) bias didapatkan:

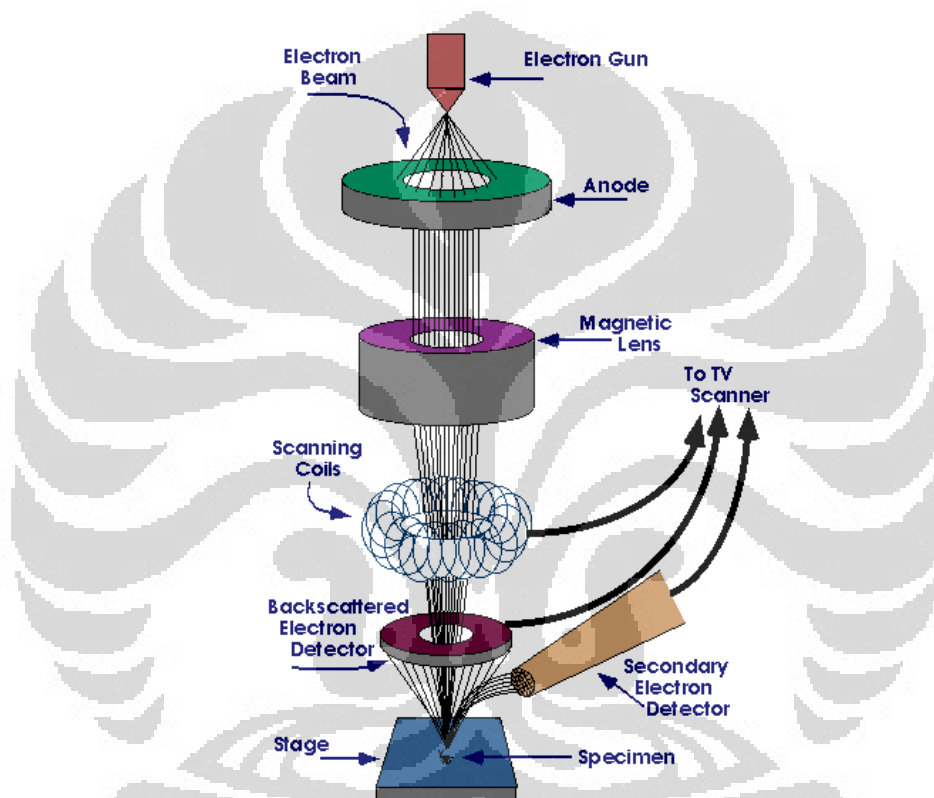
$$t = \frac{k\lambda}{c} \quad (3.10)$$

### 3.4.8 Pengujian Struktur Mikro

*Scanning Electron Microscope* (SEM) adalah satu jenis mikroskop elektron dimana gambar dari suatu sampel dihasilkan dengan cara memindai permukaan sampel dengan *high-energy beam of electrons*. Elektron-elektron berinteraksi dengan atom-atom sehingga menghasilkan sinyal yang memberikan informasi tentang topografi permukaan sampel, komposisi kimia (menggunakan EDS), struktur kristal, dan sifat-sifat lainnya seperti konduktivitas listrik. Karakterisasi

SEM ini dilakukan dengan tujuan hasil dari gambar SEM akan menggambarkan pori – pori dan sifat permukaan zeolit

Jenis sinyal dihasilkan oleh SEM meliputi *secondary electrons*, *back-scattered electrons*, karakteristik sinar X, *light (cathodoluminescence)*, *specimen current* dan *transmitted electrons*. Skema dari SEM dapat dilihat pada Gambar 3.6. <sup>[15]</sup>

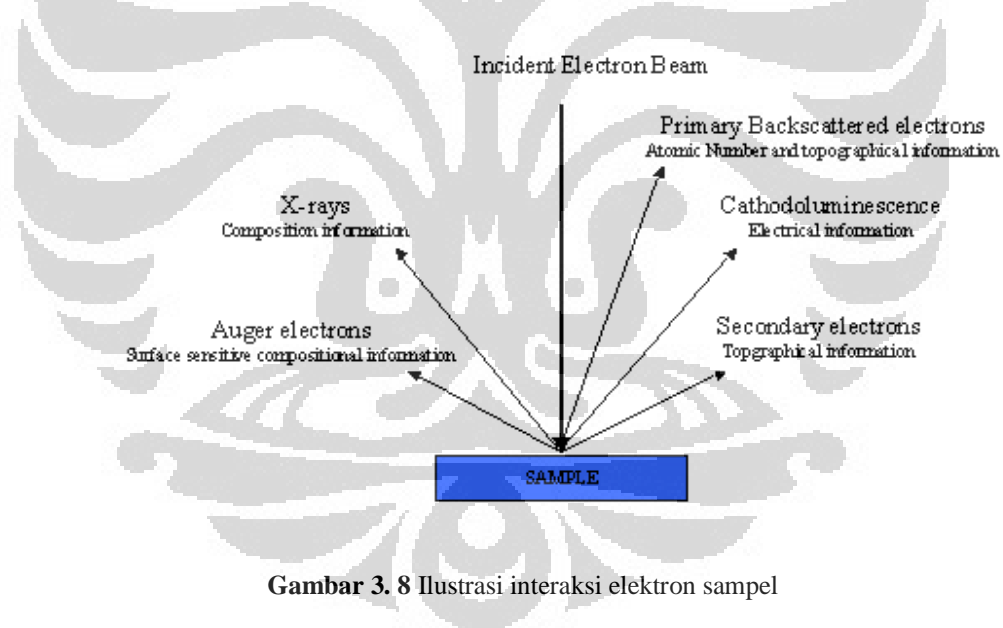


Gambar 3. 7 Skema SEM

*Secondary electron* berguna untuk menghasilkan gambar SEM. *Secondary electron* ini sangat penting untuk menunjukkan morfologi dan topografi pada sampel. Sedangkan *backscattered electron* untuk menggambarkan kontras dalam komposisi pada sampel multifasa. Semakin besar nomor atom maka semakin terang gambar yang dihasilkan. X-Ray dihasilkan oleh tumbukan inelastis dari elektron-elektron dalam discrete orbital dari atom-atom dalam sampel. Karena elektron tereksitasi kembali ke energi yang lebih rendah, menghasilkan sinar X

dari panjang gelombang tetap. Karakteristik sinar X dihasilkan untuk masing-masing elemen dalam suatu material yang “tereksitasi” oleh electron beam. Ilustrasi interaksi antara elektron dengan sampel dapat dilihat pada Gambar 3.7. [16]

Sampel yang ingin diuji dengan SEM harus memiliki konduktivitas yang baik, semakin baik konduktivitasnya maka akan menghasilkan gambar yang baik pula. Bila sampel tidak cukup konduktif maka sampel harus dilapisi dengan Pt, Au, atau C (inert). Ukuran sampel juga kecil karena disesuaikan dengan tempat sampelnya, sampel berukuran maksimal 1 inch dalam diameter dan 1 cm (tinggi max). Sampel diletakkan pada stub. Biasanya sampel diberi *carbon tape* konduktif agar sampel tidak bergerak saat dilakukan pengujian. Selain itu, *carbon tape* ini juga berfungsi untuk mengalirkan listrik ke sampel agar sampel tetap konduktif.



Gambar 3. 8 Ilustrasi interaksi elektron sampel

Setelah preparasi sampel selesai, sampel akan dimasukkan ke *electron chamber* yang kemudian akan ditembakkan oleh *electron gun* untuk proses scanning. Elektron yang berinteraksi dengan atom akan menghasilkan gambar yang akan diamati dengan monitor. Perbesaran dapat dilakukan untuk kualitas gambar yang lebih baik dan pengamatan permukaan yang lebih detail. Dengan menggunakan SEM maka dapat terlihat pori dan permukaan dari karbon aktif.

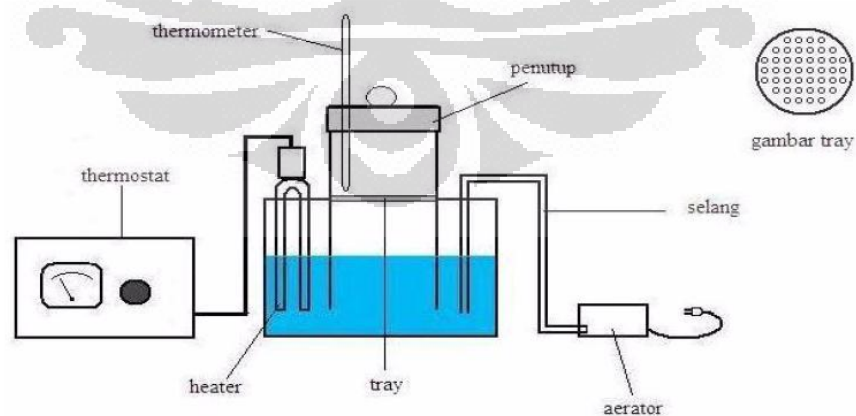
Alat SEM yang digunakan pada penelitian ini berupa LEO 420i dimana dapat dilihat pada Gambar 3.8.



**Gambar 3. 9** Alat Scanning Electron Microscope LEO 420

### 3.4.9 Pengujian Kapasitas Penyerapan Air

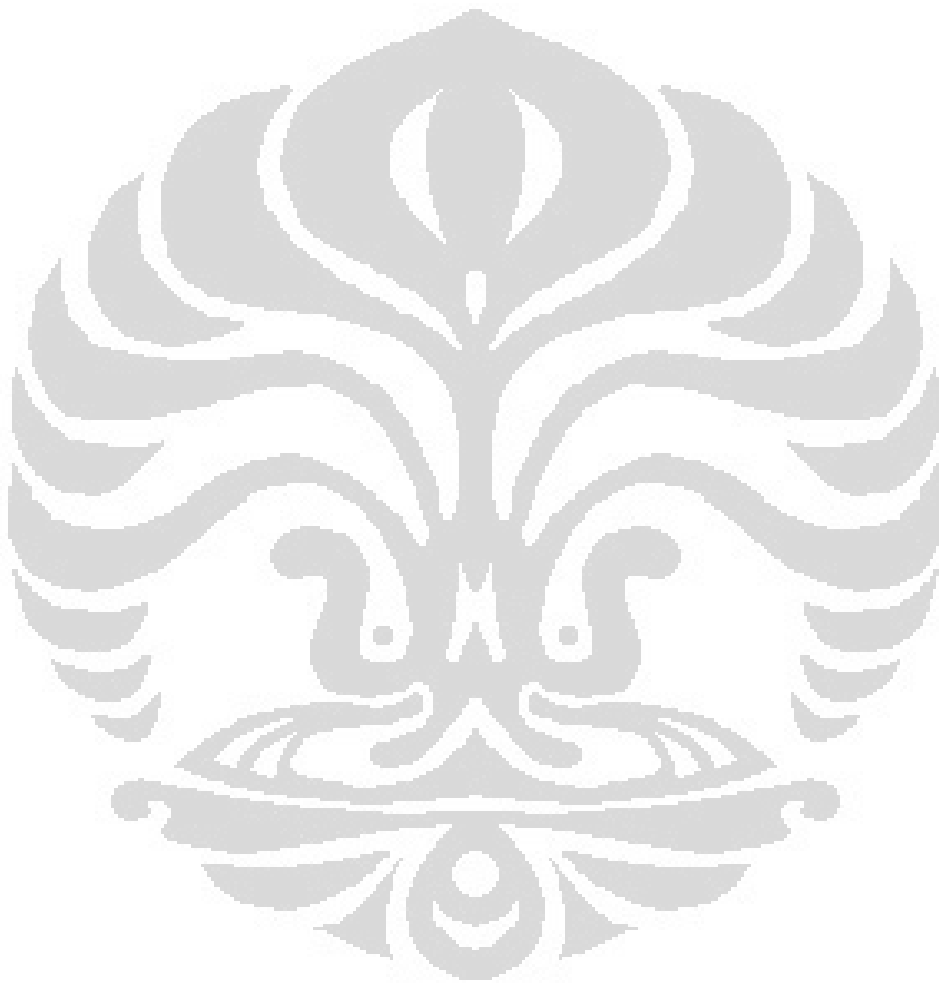
Pengujian kapasitas penyerapan air ini dilakukan menggunakan alat *sorption-isotherm*. Dimana air akan dipanaskan sampai temperatur 50 °C dan zeolit diletakan diatasnya sehingga uap nantinya akan terserap oleh zeolit dan dihitung berdasarkan penambahan berat dari zeolit tersebut.



**Gambar 3. 10** Diagram Sederhana Rangkaian Alat Sorption-Isotherm [17]

Adapun prosedur pengujian kapasitas adsorpsi adalah sebagai berikut:

- a. Letakan 2 gr pelet zeolit ke dalam alat *sorption-isotherm*.
- b. Hidupkan alatnya dan atur suhu pemanasan air pada suhu 50 °C.
- c. Amati pertambahan berat zeolit tiap interval waktu 10 menit.
- d. Setelah selesai simpan zeolit dalam tempat kedap udara.





## **BAB 4**

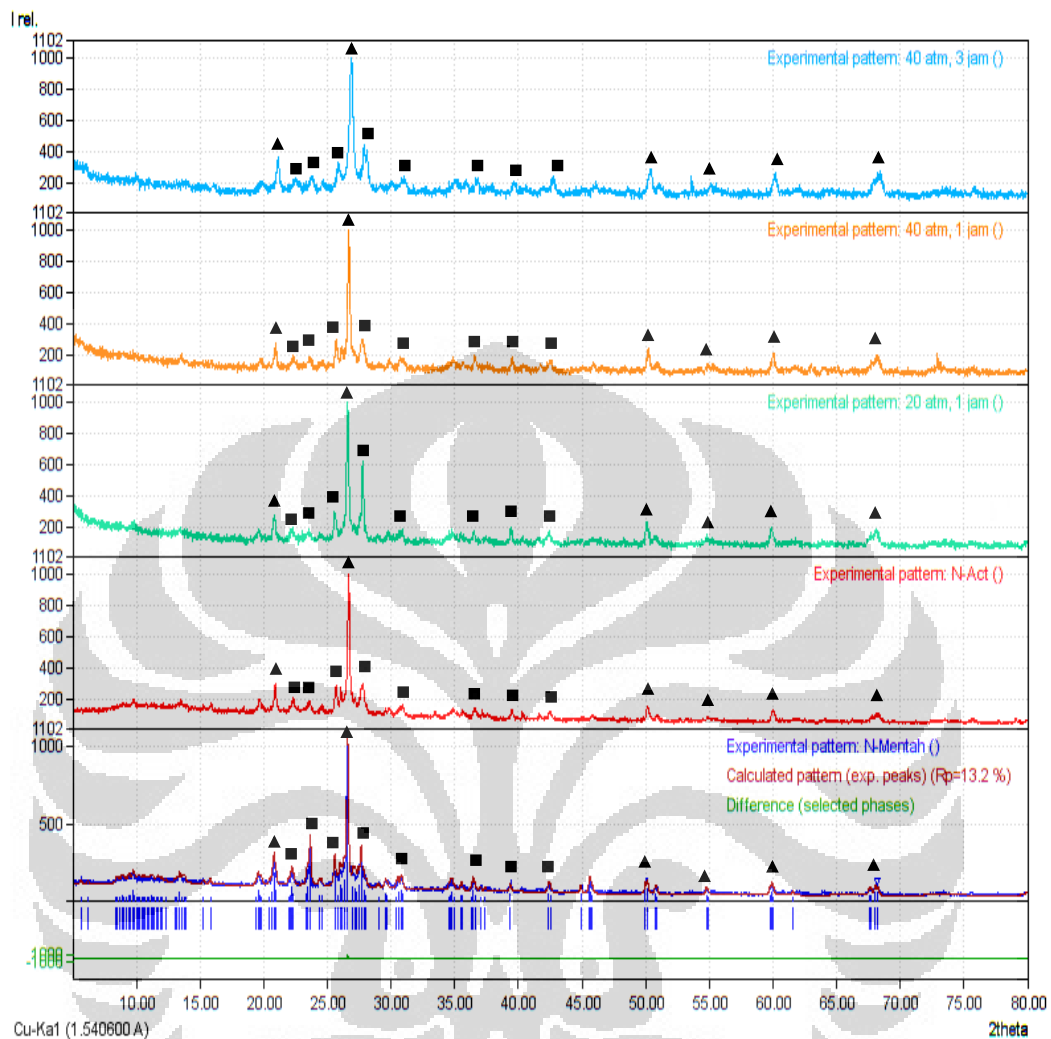
### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Dalam bab ini akan dibahas hasil-hasil yang diperoleh selama tahapan penelitian studi pengaruh tekanan kompaksi dan waktu kalsinasi terhadap pellet zeolit alam sebagai desiccant. Zeolit yang awalnya berupa serbuk diproses sehingga menjadi sebuah pellet yang nantinya akan digunakan sebagai desiccant. Untuk mengetahui seberapa besar kapasitas penyerapan air, bagaimana struktur kristal yang terbentuk selama pemrosesan dan profil pori dari zeolit ini, dilaksanakan beberapa pengujian seperti pengujian kapasitas penyerapan air, pengujian struktur kristal menggunakan XRD, dan pengujian profil pori menggunakan SEM.

#### **4.1 Pengujian XRD**

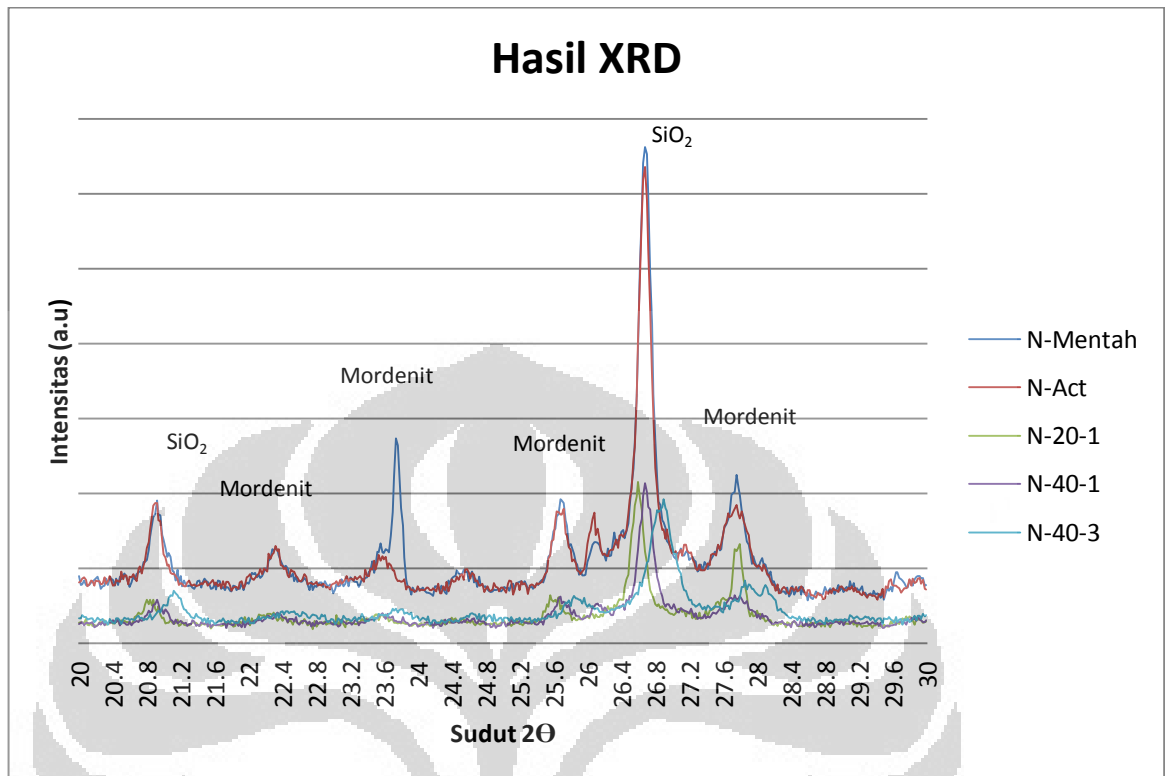
Pengujian XRD dilakukan untuk mengetahui komposisi kimia dari zeolit alam serta menganalisa pengaruh dari tekanan kompaksi dan waktu kalsinasi terhadap tingkat kristalinitas dari zeolit. Hasil pengujian XRD dapat dilihat pada gambar 4.1.

Pada gambar tersebut dapat dilihat perbandingan hasil XRD dari beberapa sampel zeolit. Hasil XRD yang berada paling bawah diantara gambar 4.1 merupakan sampel serbuk zeolit awal. Kemudian di atasnya terdapat hasil XRD dari serbuk zeolit yang telah diaktivasi dengan menggunakan pemanasan 300 °C selama 3 jam. Dan diikuti dengan tiga hasil XRD di atasnya yaitu sampel yang berupa pellet zeolit dengan tekanan kompaksi 20 bar dan waktu kalsinasi 1 jam. Lalu, sampel yang berupa pellet zeolit dengan tekanan kompaksi 40 bar dan waktu kalsinasi 1 jam. Dan yang paling atas merupakan hasil XRD dari pellet zeolit dengan tekanan kompaksi 40 bar dan waktu kalsinasi 3 jam.



**Gambar 4. 1** Perbandingan hasil XRD beberapa sampel zeolit

Berdasarkan data XRD, struktur yang terbentuk pada zeolit tersebut yaitu silika, dan mordenit yang didalamnya terdapat kalsium, natrium, dan kalium. Silika ditunjukkan dengan simbol segitiga (▲), sedangkan mordenit ditunjukkan dengan simbol kotak (■). Secara umum, mungkin tidak terlihat adanya perbedaan dari kelima sampel ini. Namun, sebenarnya ada beberapa perbedaan dari kelima sampel ini yang dapat dilihat jelas pada gambar 4.2. Pada gambar tersebut dibandingkan intensitas peak dari kelima sampel zeolit



**Gambar 4. 2** Perbandingan hasil XRD pada sudut 2theta diantara 20 dan 30

Seperti yang terlihat pada gambar 4.2, perbandingan yang paling terlihat jelas yaitu antara zeolit serbuk (awal dan telah teraktivasi) dengan zeolit yang sudah berbentuk pellet. Pada pellet zeolit, peak yang dihasilkan tidak setinggi pada serbuk dan terlihat banyak pelebaran peak. Hal ini merupakan pembuktian bahwa terjadi *amorphization* dimana fasa zeolit menjadi *amorphus*.<sup>[18]</sup>

Tekanan kompaksi yang diberikan pada saat pembentukan pellet mengakibatkan ada ketidakteraturan struktur zeolit. Sehingga tingkat kristalinitas dari pada pellet zeolit semakin menurun sehingga terbentuk fasa *amorphus* yang dapat mengurangi intensitas peak pada hasil XRD.

Tidak terlihat perbedaan yang signifikan antara intensitas pellet dengan waktu kalsinasi 1 jam dan 3 jam. Berarti tidak ada pengaruh yang terlalu signifikan terhadap parameter waktu kalsinasi dari mulai 1 jam, 2 jam, dan 3 jam.

## 4.2 Pengujian SEM

Pengujian SEM ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan profil pori dari masing-masing sampel. Sampel yang dilakukan uji SEM ini juga sama dengan pengujian XRD. Serbuk zeolit awal yang belum diberi perlakuan apapun, serbuk zeolit yang telah diaktivasi dengan pemanasan 300 °C, pellet zeolit dengan tekanan kompaksi 20 bar dan waktu kalsinasi 1 jam, pellet zeolit dengan tekanan kompaksi 40 bar dan waktu kalsinasi 1 jam, serta pellet zeolit dengan tekanan kompaksi 40 bar dan waktu kalsinasi 3 jam. Dibawah ini merupakan beberapa gambar hasil pengujian SEM.

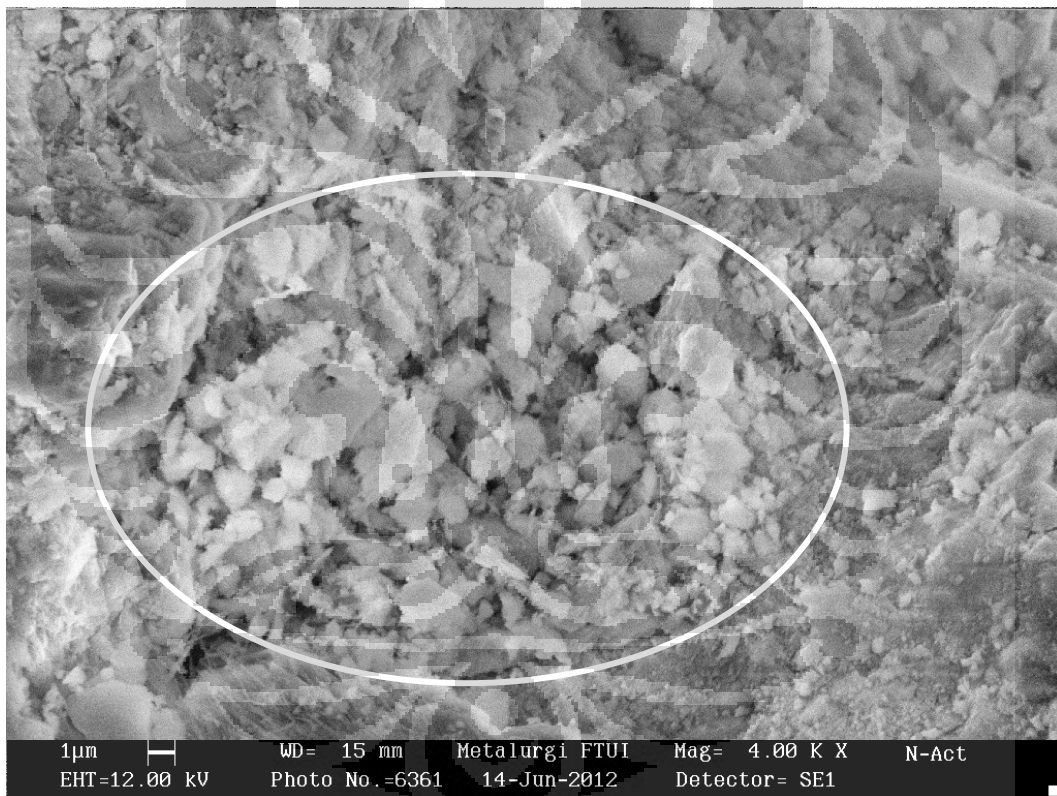


**Gambar 4. 3** SEM serbuk zeolit awal

Berdasarkan gambar 4.3 dapat dilihat bahwa dengan perbesaran 4000 X, pori zeolit masih tidak terlihat terlalu banyak. Pori zeolit ditandai dengan lingkaran putih. Karena pori masih tertutup oleh senyawa pengotor dan air yang

memang sudah berada berada disana dan mengisi pori zeolit tersebut. Sehingga pori yang terbentuk masih sangat sedikit.

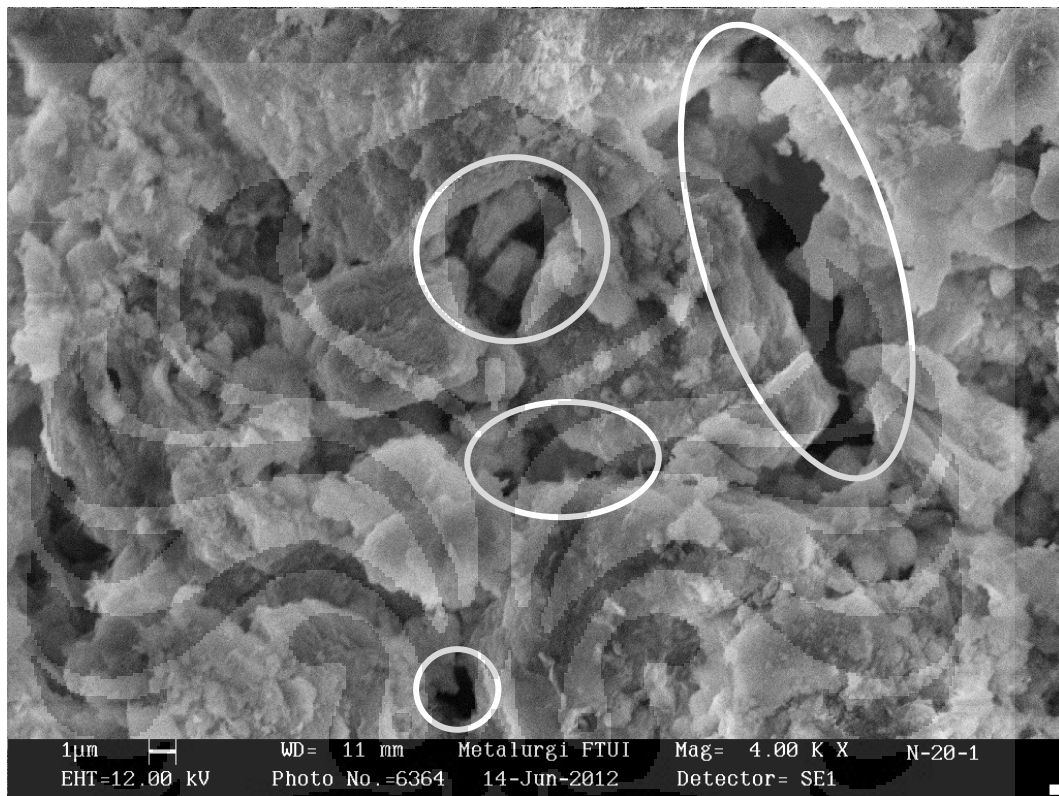
Oleh karena itu perlu diberikan perlakuan dengan pemanasan 300 °C. Dapat terlihat jelas pada gambar 4.4, dimana serbuk zeolit yang sudah diaktivasi memiliki pori lebih banyak dibandingkan dengan serbuk awal zeolit. Hal ini sebagai salah satu pembuktian bahwa aktivasi berfungsi untuk menghilangkan senyawa volatil dan air pada zeolit sehingga diameter pori zeolit semakin besar yang nantinya akan meningkatkan nilai kapasitas penyerapan air pada zeolit alam.



**Gambar 4. 4** Hasil pengujian SEM pada serbuk zeolit yang sudah diaktivasi

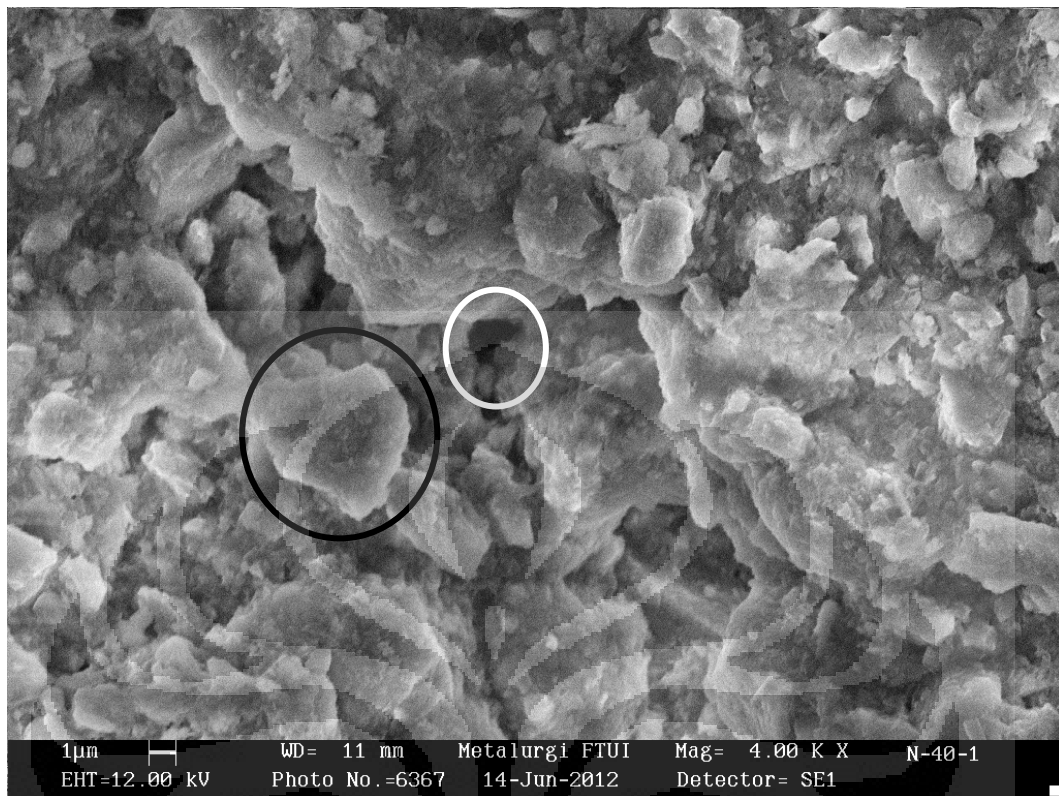
Kemudian pada gambar 4.5, dapat terlihat bahwa pellet zeolit yang diberikan tekanan 20 bar saat kompaksi dan waktu kalsinasi selama 1 jam butirnya lebih besar dibandingkan dengan serbuk. Hal ini dikarenakan setelah kompaksi dan kalsinasi, butir-butir kecil yang pada serbuk akan menempel dan

terjadi pembesaran butir <sup>[18]</sup> <sup>[19]</sup>. Pembesaran butir ini juga mengakibatkan dengan berkurangnya volume pori. Pori ditandai dengan lingkaran yang berwarna putih. Hal ini yang membuat pellet zeolit menjadi semakin kuat tetapi mempunyai kapasitas penyerapan air yang lebih kecil daripada zeolit berupa serbuk.



**Gambar 4. 5** SEM pada pellet zeolit (tekanan kompaksi 20 bar; waktu kalsinasi 1 jam)

Pada gambar 4.6 merupakan sampel yang berupa pellet zeolit dengan tekanan kompaksi 40 bar dan waktu kalsinasi 3 jam. Terlihat pori yang terbentuk lebih kecil dibandingkan gambar 4.5. Hal ini dikarenakan, tekanan kompaksi mempengaruhi pori dan densitas dari zeolit <sup>[20]</sup>. Semakin tinggi tekanan kompaksi yang diberikan, maka pori yang dihasilkan semakin kecil dan densitas semakin besar. Hal ini yang mempengaruhi lebih kecilnya kapasitas penyerapan air pada pellet zeolit dengan tekanan kompaksi 20 bar dibandingkan dengan pellet zeolit yang dibentuk dengan tekanan kompaksi 40 bar.

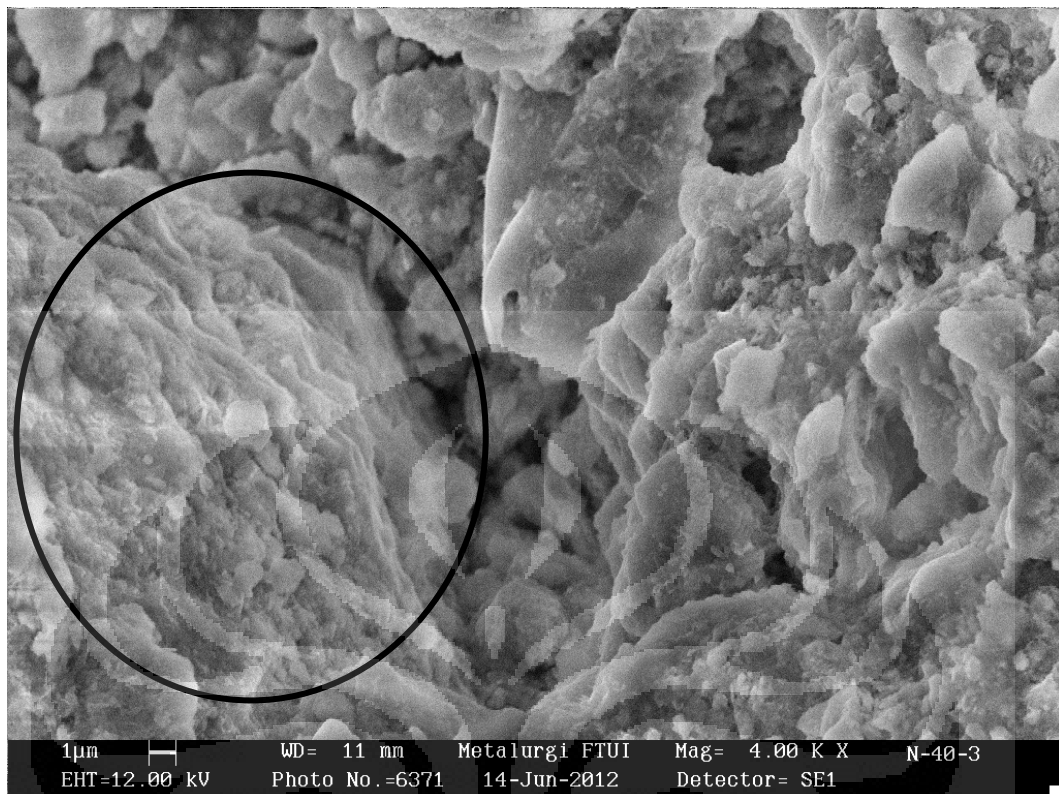


**Gambar 4. 6** SEM pada pellet zeolit (tekanan kompaksi 40 bar; waktu kalsinasi 1 jam)

Gambar 4.5 dan 4.6 menunjukkan pengaruh tekanan terhadap pori yang terbentuk. Sedangkan untuk mengetahui pengaruh waktu kalsinasi, gambar 4.5 dibandingkan dengan 4.6 yang mempunyai tekanan kompaksi yang sama tetapi waktu kalsinasi yang berbeda, 1 jam dan 2 jam.

Pada gambar 4.7 terlihat butir zeolit yang lebih besar dibandingkan dengan gambar 4.6. Butir ditunjukkan dalam lingkaran yang berwarna hitam. Hal ini dikarenakan, pada saat kalsinasi terjadi perbesaran butir yang menyebabkan pori zeolit semakin sedikit. Semakin besar butir yang terbentuk maka pori yang terbentuk semakin sedikit dan densitas semakin naik <sup>[18]</sup>. Hal ini yang menyebabkan bahwa semakin lama waktu kalsinasi, maka kapasitas penyerapan airnya semakin menurun.





**Gambar 4. 7** SEM pada pellet zeolit (tekanan kompaksi 40 bar; waktu kalsinasi 3 jam)

### 4.3 Pengujian kapasitas penyerapan air

Pengujian kapasitas penyerapan air dilakukan menggunakan metode *sorption-isotherm*. Sampel berupa zeolit serbuk dan zeolit berbentuk pellet dengan berbagai variasi tekanan kompaksi dan waktu kalsinasi. Kapasitas penyerapan air dari zeolit ditandai dengan pertambahan berat yang nantinya akan dibandingkan dengan berat awal dari masing-masing sampel untuk mendapatkan persentase penyerapan zeolit.

Berdasarkan tabel 4.1 dapat dilihat bahwa persentase kapasitas penyerapan air yang paling tinggi yaitu pada zeolit serbuk. Kemudian diikuti oleh zeolit berbentuk pellet dengan tekanan kompaksi 20 bar dan selanjutnya pellet dengan tekanan 40 bar. Tekanan kompaksi mengakibatkan pellet semakin padat, berkurangnya porositas dan luas permukaan.



**Tabel 4. 1** Persentase kapasitas penyerapan air

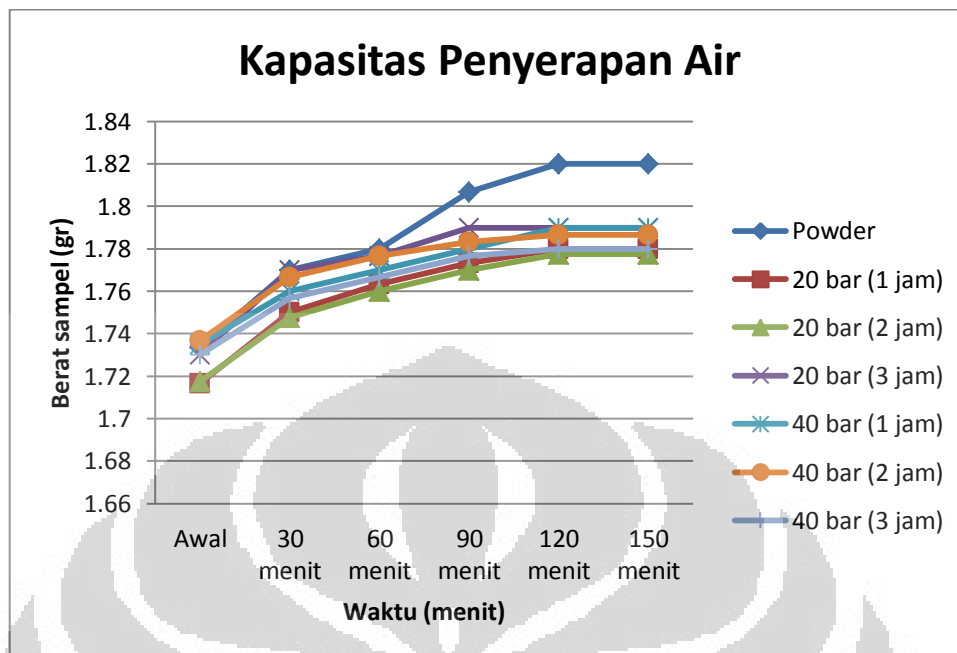
Sampel	% Penyerapan
Serbuk	5.00%
20 bar (1 jam)	3.69%
20 bar (2 jam)	3.49%
20 bar (3 jam)	3.47%
40 bar (1 jam)	3.17%
40 bar (2 jam)	2.88%
40 bar (3 jam)	2.89%

Porositas dan luas permukaan berbanding lurus dengan kapasitas penyerapan air pada zeolit. Semakin besar porositas dan luas permukaan, maka semakin besar kapasitas penyerapan air pada zeolit. Begitu pula sebaliknya, semakin kecil porositas dan luas permukaan, maka semakin kecil pula kapasitas penyerapan air pada zeolit.

Waktu kalsinasi juga memiliki pengaruh terhadap kapasitas penyerapan air. Berdasarkan tabel 4.1 dapat dilihat bahwa semakin lama waktu kalsinasi, maka semakin berkurang kapasitas penyerapan air pada zeolit.

Kalsinasi pada pembentukan pellet zeolit bertujuan untuk menghilangkan *binder* dan pelumas yang berlebih serta meningkatkan kekuatan dari pellet tersebut. Semakin lama waktu kalsinasi, maka tingkat kristalinitas dari zeolit semakin meningkat dan porositas semakin berkurang<sup>[18]</sup>.

Pada pellet zeolit dengan tekanan 20 bar, semakin lama waktu kalsinasi, maka semakin berkurang kapasitas penyerapan air. Seperti yang telah dituliskan diatas bahwa semakin lama waktu kalsinasi, maka akan berkurangnya porositas<sup>[18]</sup>. Pada zeolit porositas mempunyai peranan yang penting. Karena molekul air yang terserap oleh zeolit ini akan terletak pada porinya. Semakin kecil porositas dari zeolit, maka semakin kecil kapasitas penyerapan airnya.



**Gambar 4. 8** Grafik kapasitas penyerapan air pada zeolit

Sedangkan pada pellet zeolit dengan tekanan 20 bar, terdapat sedikit perbedaan dengan pellet zeolit yang dikompaksi dengan tekanan 40 bar. Pada waktu kalsinasi 1 jam dan 2 jam, terdapat penurunan kapasitas penyerapan air. Dan mengalami sedikit kenaikan kapasitas penyerapan air pada pellet dengan waktu kalsinasi 3 jam. Dari persentase kapasitas penyerapan air yang sebesar 3,17% pada pellet dengan waktu kalsinasi 1 jam dan mengalami penurunan menjadi 2,88% pada pellet dengan waktu kalsinasi 2 jam. Hal ini sudah sesuai dengan pembahasan diatas, bahwa semakin lama waktu kalsinasi, maka semakin kecil porositas dari zeolit yang mengakibatkan berkurangnya kapasitas penyerapan air.

Pada pellet zeolit dengan tekanan kompaksi 40 bar dan waktu kalsinasi 3 jam, kapasitas penyerapan airnya sebesar 2,89%. Terdapat peningkatan kapasitas penyerapan air dari waktu kalsinasi 2 jam dan 3 jam pada pellet dengan tekanan 40 bar ini walaupun tidak terlalu signifikan. Hal ini dikarenakan, pada saat kalsinasi terdapat peningkatan tekanan internal yang dapat merusak kisi kristal dan struktur kerangka pada zeolit. Pada pellet dengan tekanan kompaksi 20 bar, waktu kalsinasi 3 jam kisi kristal dan struktur kerangka zeolit masih cukup untuk

menahan tekanan internal. Tetapi pada zeolit dengan kompaksi 40 bar dan waktu kalsinasi 3 jam, zeolit ini tidak mampu untuk mempertahankan kisi kristal dan struktur kerangkanya karena tidak hanya tekanan internal yang mengakibatkan kerusakan ini. Tetapi juga tekanan kompaksi dari pellet yang sebesar 40 bar dimana dua kali lipat lebih tinggi daripada pellet dengan tekanan 20 bar.

Dibawah ini merupakan tabel dari penambahan berat zeolit pada pengujian kapasitas penyerapan air setiap 30 menit selama 150 menit. Pengujian ini dilakukan hanya sampai 150 menit. Seperti yang terlihat ditabel bahwa pada waktu 150 menit di pengujian ini zeolit sudah mencapai titik jenuhnya dan tidak ada penambahan berat lagi dari waktu 120 menit menuju 150 menit.

**Tabel 4. 2** Data penambahan berat zeolit

Sampel	Berat (gr)					
	Awal	30 menit	60 menit	90 menit	120 menit	150 menit
Powder	1.73	1.77	1.78	1.81	1.82	1.82
20 bar (1 jam)	1.72	1.75	1.76	1.77	1.78	1.78
20 bar (2 jam)	1.72	1.75	1.76	1.77	1.78	1.78
20 bar (3 jam)	1.73	1.77	1.78	1.79	1.79	1.79
40 bar (1 jam)	1.74	1.76	1.77	1.78	1.79	1.79
40 bar (2 jam)	1.74	1.77	1.78	1.78	1.79	1.79
40 bar (3 jam)	1.73	1.76	1.77	1.78	1.78	1.78

## BAB 5

### KESIMPULAN

1. Zeolit sebagai *desiccant* dapat dibentuk menjadi pellet dengan tahapan pengayakan, aktivasi, mixing, kompaksi, dan kalsinasi
2. Zeolit yang paling optimal untuk dibuat sebagai desiccant yaitu zeolit yang berbentuk serbuk. Atau zeolit dengan tekanan kompaksi 20 bar dan waktu kalsinasi 1 jam jika ingin menggunakan zeolit dalam bentuk pellet.
3. Kombinasi antara perbedaan tekanan dan waktu kalsinasi secara nyata dapat diamati pengaruhnya terhadap kapasitas penyerapan air. Di antara zeolit berbentuk serbuk, pellet hasil kompaksi dan kalsinasi, kapasitas penyerapan air yang terbaik dihasilkan dari sampel serbuk, yaitu sebesar 5 %. Sementara, kapasitas penyerapan air yang terkecil dihasilkan dari sampel pellet pada tekanan 40 bar dan kalsinasi 2 jam, yaitu sebanyak 2,88%.
4. Fasa yang terbentuk pada zeolit ini yaitu silika dan mordenit. Tekanan kompaksi akan membuat struktur kristal menjadi amorphus.
5. Semakin besar tekanan kompaksi yang diberikan, maka pori zeolit yang terbentuk semakin kecil. Semakin lama waktu kalsinasi yang diberikan, maka butir yang terbentuk semakin besar.

## Daftar Acuan

1. Mumpton, Frederick A. *La roca magica: Uses of natural zeolites in agriculture and industry*. s.l. : The National Academy of Sciences, 1999.
2. Dyer, Alan. Zeolites. King R. B. *Encyclopedia of Inorganic Chemistry vol. 8*. England : John Wiley & Sons, 1994.
3. Smith, J. V. Origin of structure of zeolite. J. A. Rabo. *Zeolite Chemistry and Catalysis*. Washington D. C. : American Chemical Society, 1976.
4. D. A. Carr, M. M. Lach-hab, Shujiang Yang. Structure-Adaptive Materials Prediction. 2007. <http://www.cmasc.gmu.edu/sampproject.html>. diakses pada 22 Maret 2012.
5. Structure. <http://www.ch.ic.ac.uk/vchemlib/course/zeolite/structure.html>. diakses pada 22 Maret 2012.
6. Peskov, Max. Zeolites. <http://asdn.net/asdn/chemistry/zeolites.shtml>. diakses pada 22 Maret 2012.
7. Bell, R.G. What are Zeolites ? Mei 2001. <http://www.bza.org/zeolites.html>. diakses pada 22 Maret 2012.
8. Eng-Poh Ng, Svetlana Mintova. *Nanoporous materials with enhanced hydrophilicity and high water sorption capacity*. Microporous and Mesoporous Materials 114. France : Elsevier, 2007.
9. Multiple Roads to the Hydrogen Car. [http://www.ornl.gov/info/ornlreview/v38\\_1\\_05/article06.shtml](http://www.ornl.gov/info/ornlreview/v38_1_05/article06.shtml). diakses pada 22 Maret 2012.
10. Yoediertiny, D. *Modifikasi Zeolit Alam Malang dan Lampung dengan Pertukaran Kation Menggunakan Larutan NaCl dan CaCl<sub>2</sub> serta Karakterisasinya*. Depok : Universitas Indonesia, 1996.

11. Danuargo, A.K. *Equilibrium Moisture Content dan Laju Penyerapan Uap Air Zeolit Mordenit*. Depok : Universitas Indonesia, 2002.
12. K. Daou, R.Z.W., Z.Z. Xia. *Desiccant cooling air conditioning: a review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews 10. China : Elsevier, 2004.
13. Perry, Robert H., and Cheal H, Clinton. *Chemical Engineers Handbook*. s.l. : McGraw-Hill Kogakusha Ltd, 1973.
14. Muharyani, Tri. *Pengaruh komposisi binder terhadap sifat-sifat pellet zeolit alam Lampung termodifikasi sebagai adsorben uap air*. Depok : Universitas Indonesia, 1997.
15. Schweitzer, Jim. Scanning Electron Microscope.  
<http://www.purdue.edu/rem/rs/sem.htm>. diakses pada 15 April 2012.
16. Scanning Electron Microscopy. September 2, 2003.  
[http://www.sckcen.be/microstructure/Infrastructure/SEM/Infrastructure\\_SEM.htm](http://www.sckcen.be/microstructure/Infrastructure/SEM/Infrastructure_SEM.htm)  
. diakses pada 15 April 2012.
17. Rini, D.K. and F.A. L. *Optimasi Aktivasi Zeolit Alam Untuk Dehumidifikasi*. Semarang : Universitas Diponegoro, 2010.
18. Xu, R., et al. *Chemistry of Zeolites and Related Porous Materials: Synthesis and Structure*. China : Wiley, 2007.
19. Lin, Xin, et al. *Effect of molding pressure on fabrication of low-crystalline calcite block*. Material Science. Japan : Springer, 2007.
20. D.C. Freeman, JR., et al. *Process For Compaction Of Zeolite Powders*. 3,213,164 United States of America, October 19, 1965.

\*\*\*\*\*

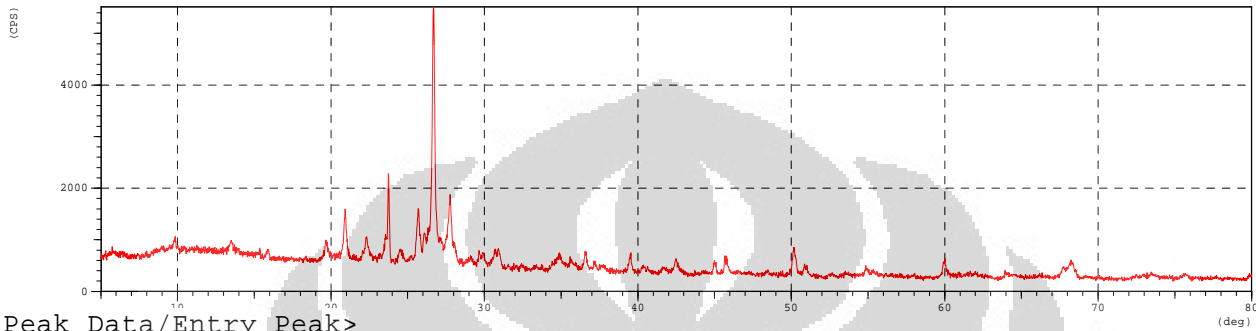
SEARCH / MATCH RESULT

\*\*\*\*\*

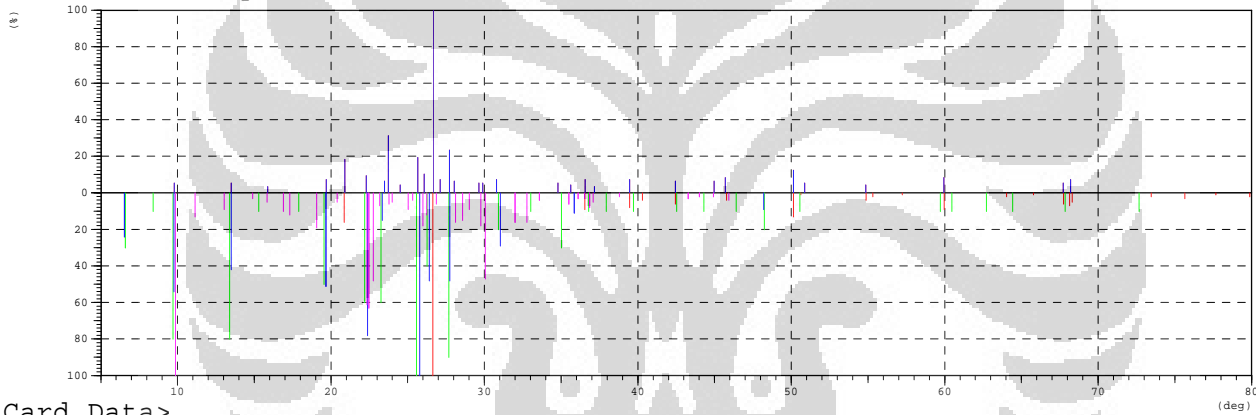
<Unknown Data>

Group Name : 0609  
Data Name : N-Mentah  
File Name : N-Mentah.PKR  
Sample Name : N-Mentah  
Comment :  
Date & Time : 06-13-12 10:17:47

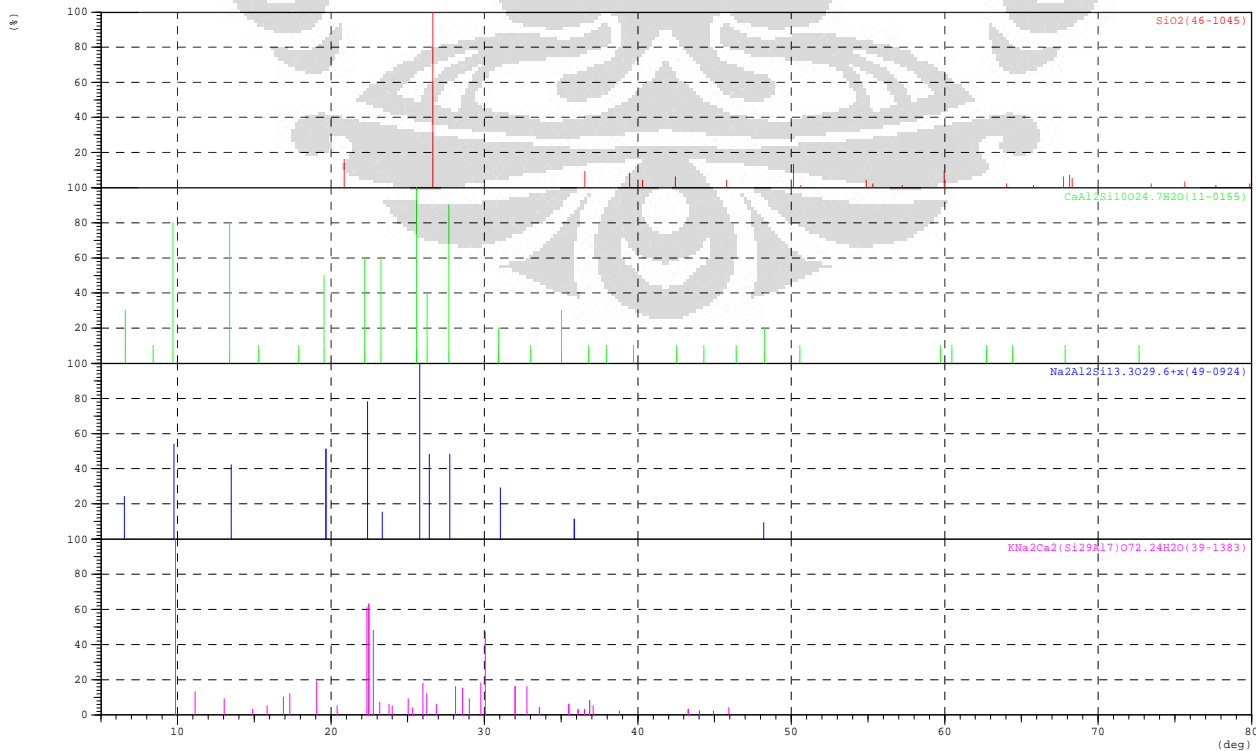
<Raw Data>



<Peak Data/Entry Peak>



<Card Data>



\*\*\*\*\*

## SEARCH / MATCH RESULT

\*\*\*\*\*

Group Name : 0609  
 Data Name : N-Mentah  
 File Name : N-Mentah.PKR  
 Sample Name : N-Mentah  
 Comment :

&lt;Entry Card&gt;

No.	Card	Chemical Formula	S	L	d	I	R
		Chemical Name (Mineral Name)	Dx		WT%	S.G.	
1	46-1045	SiO <sub>2</sub> Silicon Oxide ( Quartz, syn )	0.967	0.545(12/58)	0.907	0.901	0.445
				2.65		P3221	
2	11-0155	CaAl <sub>2</sub> Si <sub>10</sub> O <sub>24</sub> .7H <sub>2</sub> O Calcium Aluminum Silicate Hydrate ( Morden	0.200	0.552(16/29)	0.681	0.576	0.216
				-----		-----	
3	49-0924	Na <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> Si <sub>13.30</sub> 29.6+x Sodium Aluminum Silicate ( Mordenite, syn	0.279	0.714(10/14)	0.771	0.371	0.204
				-----		Cmc21	
4	39-1383	KNa <sub>2</sub> Ca <sub>2</sub> (Si <sub>29</sub> Al <sub>7</sub> )O <sub>72</sub> .24H <sub>2</sub> O Potassium Sodium Calcium Aluminum Silicate	0.300	0.340(16/47)	0.712	0.177	0.000
				2.17		I2/m	





Group Name : 0609  
 Data Name : N-Mentah  
 File Name : N-Mentah.PKR  
 Sample Name : N-Mentah  
 Comment :

<Card List>

No.	Card	Chemical Formula	S	L	d	I	R
		Chemical Name (Mineral Name)	Dx WT%		S.G.		
1	46-1045	SiO2 Silicon Oxide ( Quartz, syn )	0.967	0.545(12/58) 2.65	0.907	0.901	0.445 P3221
2	47-0751	Na2O-Al2O3-SiO2-H2O Sodium Aluminum Silicate Hydrate	0.075	0.667( 4/ 6) 0.49	0.664	0.589	0.261 I
3	24-1046	Na6.4Al6.4Si9.6O32.4.6H2O Sodium Aluminum Silicate Hydrate ( Phillip	0.084	0.667( 4/ 6)	0.650	0.595	0.258 -----
4	11-0155	CaAl2Si10O24.7H2O Calcium Aluminum Silicate Hydrate ( Morden	0.200	0.552(16/29)	0.681	0.576	0.216 -----
5	9-0456	(Na,Ca)(Si,Al)4O8 Sodium Calcium Aluminum Silicate ( Albite,	0.235	0.684(13/19) 2.62	0.794	0.397	0.216 P-1
6	44-0248	NaAlSiO4.xH2O Sodium Aluminum Silicate Hydrate ( Chabazi	0.166	0.857(12/14)	0.586	0.414	0.208 -----
7	49-0924	Na2Al2Si13.3O29.6+x Sodium Aluminum Silicate ( Mordenite, syn	0.279	0.714(10/14)	0.771	0.371	0.204 Cmc21
8	20-0212	CaO.Al2O3.zSiO2.xH2O Calcium Aluminum Silicate Hydrate	0.191	0.500(15/30)	0.765	0.511	0.195 -----
9	9-0465	(Ca,Na)(Al,Si)2Si2O8 Sodium Calcium Aluminum Silicate ( Anorthi	0.232	0.684(13/19) 2.77	0.707	0.380	0.184 P-1
10	20-0452	CaAl2Si2O8.4H2O Calcium Aluminum Silicate Hydrate ( Gismon	0.843	0.400(24/64) 2.22	0.719	0.633	0.182 P21/c
11	31-1271	1.08Na2O.Al2O3.1.68SiO2.1.8H2O Sodium Aluminum Silicate Hydrate	0.074	0.571( 4/ 7)	0.415	0.709	0.168 -----
12	35-0061	H8Si8O20.xH2O Hydrogen Silicate Hydrate	0.225	0.667(16/24)	0.670	0.348	0.156 -----
13	12-0247	NaAlSiO4.xH2O Sodium Aluminum Silicate Hydrate	0.168	0.529( 9/17)	0.606	0.468	0.150 -----
14	38-0194	H-Al2O3-SiO2 Aluminum Hydrogen Silicate	0.176	0.429( 6/14)	0.607	0.566	0.147 -----
15	47-0288	Na2O-Al2O3-SiO2 Sodium Aluminum Silicate	0.222	0.542(13/24)	0.642	0.413	0.143 -----
16	47-0356	Na39.8Al70.4Si41.2O207.9 Sodium Aluminum Silicate ( Chabazite-Na, s	0.235	0.900( 9/10) 4.76	0.423	0.374	0.142 R-3m
17	31-1270	1.0Na2O.Al2O3.1.68SiO2.1.73H2O Sodium Aluminum Silicate Hydrate	0.146	0.600( 6/10)	0.516	0.432	0.134 -----
18	38-0019	Na2Si3O7 Sodium Silicate	0.321	0.414(12/29)	0.734	0.416	0.126 -----
19	23-0529	Na2Si2O5 Sodium Silicate ( Natrosilite, syn )	0.249	0.462(18/39) 2.57	0.569	0.479	0.126 P21/a
20	29-0372	CaSiO3 Calcium Silicate ( Wollastonite 1/11A/10,	0.196	0.319(22/69) 2.91	0.674	0.564	0.121 P1

\*\*\*\*\*

## SEARCH / MATCH RESULT

\*\*\*\*\*

Group Name : 0609  
 Data Name : N-Mentah  
 File Name : N-Mentah.PKR  
 Sample Name : N-Mentah  
 Comment :

## &lt;Card List&gt;

No.	Card	Chemical Formula	S	L	d	I	R
		Chemical Name (Mineral Name)	Dx		WT%	S.G.	
21	26-1047	CaAl <sub>2</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>12</sub> .4H <sub>2</sub> O	0.315	0.514(19/37)	0.600	0.370	0.114
		Calcium Aluminum Silicate Hydrate ( Laumon	2.31	-----		Im	
22	19-1178	NaAlSi <sub>2</sub> O <sub>6</sub> .3H <sub>2</sub> O	0.433	0.388(19/49)	0.665	0.422	0.109
		Sodium Aluminum Silicate Hydrate ( Chabazi	2.05	-----		R-3m	
23	18-1202	(Ca,Na)(Si,Al) <sub>4</sub> O <sub>8</sub>	0.349	0.385(20/52)	0.790	0.357	0.109
		Sodium Calcium Aluminum Silicate ( Anorthi	2.78	-----		P-1	
24	45-0406	283SiO <sub>2</sub> .Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.324	0.538(14/26)	0.608	0.327	0.107
		Aluminum Oxide Silicate	-----	-----	-----	-----	
25	39-1383	KNa <sub>2</sub> Ca <sub>2</sub> (Si <sub>29</sub> Al <sub>7</sub> )O <sub>72</sub> .24H <sub>2</sub> O	0.300	0.340(16/47)	0.712	0.177	0.000
		Potassium Sodium Calcium Aluminum Silicate	2.17	-----		I2/m	

\*\*\*\*\*

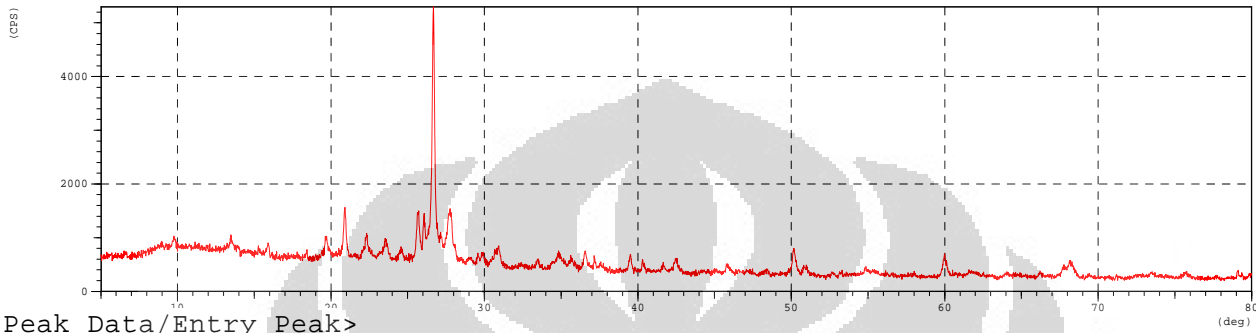
SEARCH / MATCH RESULT

\*\*\*\*\*

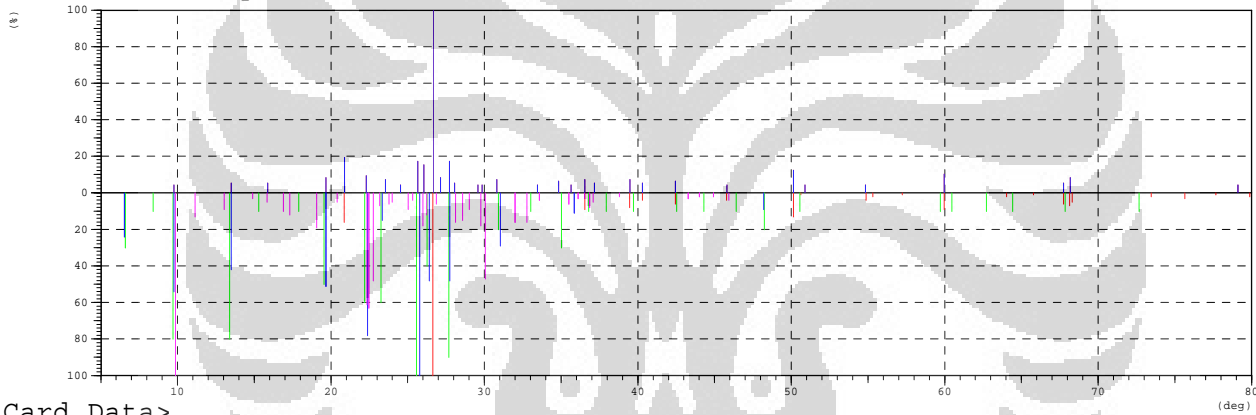
<Unknown Data>

Group Name : 0609  
Data Name : N-Act  
File Name : N-Act.PKR  
Sample Name : N-Act  
Comment :  
Date & Time : 06-13-12 09:23:21

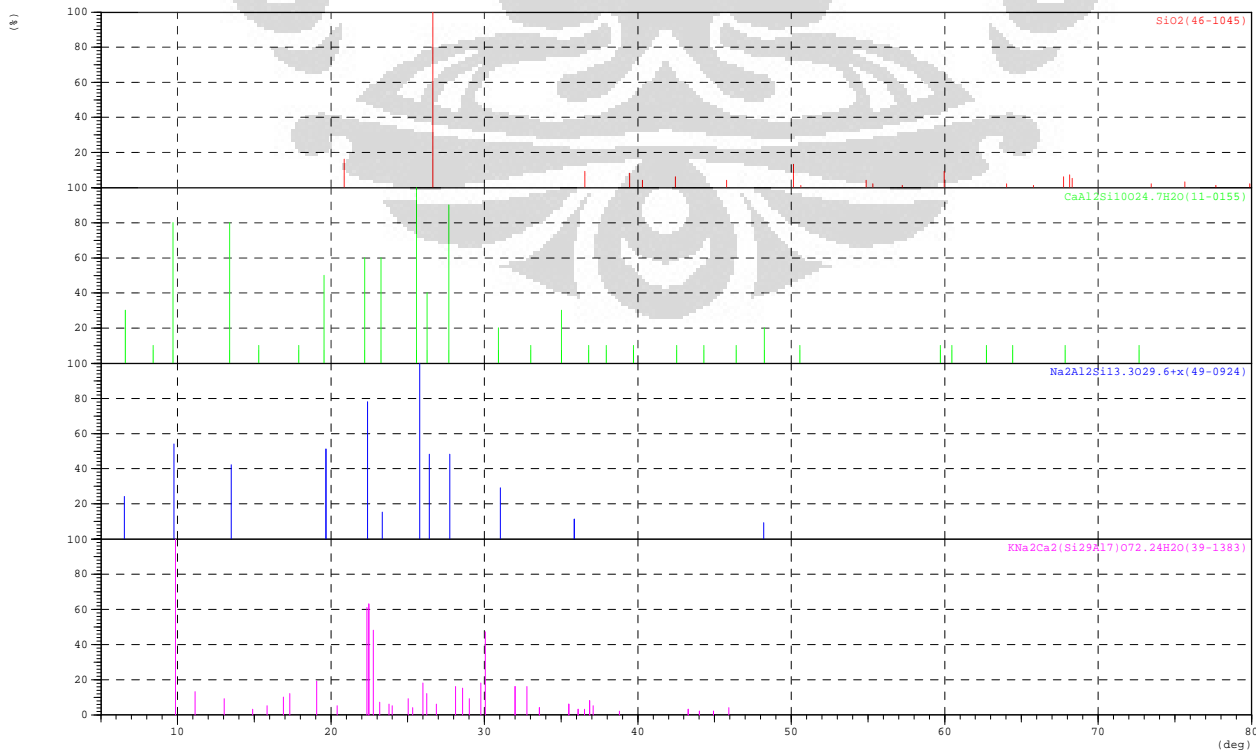
<Raw Data>



<Peak Data/Entry Peak>



<Card Data>



\*\*\*\*\*

## SEARCH / MATCH RESULT

\*\*\*\*\*

Group Name : 0609  
 Data Name : N-Act  
 File Name : N-Act.PKR  
 Sample Name : N-Act  
 Comment :

&lt;Entry Card&gt;

No.	Card	Chemical Formula	S	L	d	I	R
		Chemical Name (Mineral Name)	Dx		WT%	S.G.	
1	46-1045	SiO <sub>2</sub> Silicon Oxide ( Quartz, syn )	0.973	0.591(13/58)	2.65	0.936	0.912 0.505 P3221
2	11-0155	CaAl <sub>2</sub> Si <sub>10</sub> O <sub>24</sub> .7H <sub>2</sub> O Calcium Aluminum Silicate Hydrate ( Morden	0.203	0.586(17/29)	-----	0.649	0.563 0.214 -----
3	49-0924	Na <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> Si <sub>13.30</sub> 29.6+x Sodium Aluminum Silicate ( Mordenite, syn	0.265	0.714(10/14)	-----	0.770	0.371 0.204 Cmc21
4	39-1383	KNa <sub>2</sub> Ca <sub>2</sub> (Si <sub>29</sub> Al <sub>7</sub> )O <sub>72</sub> .24H <sub>2</sub> O Potassium Sodium Calcium Aluminum Silicate	0.330	0.362(17/47)	2.17	0.635	0.191 0.000 I2/m

Group Name : 0609  
 Data Name : N-Act  
 File Name : N-Act.PKR  
 Sample Name : N-Act  
 Comment :

<Card List>

No.	Card	Chemical Formula	S	L	d	I	R
		Chemical Name (Mineral Name)	Dx		WT%	S.G.	
1	46-1045	SiO2 Silicon Oxide ( Quartz, syn )	0.973	0.591(13/58)	0.936	0.912	0.505
			2.65		-----	P3221	
2	11-0155	CaAl2Si10O24.7H2O Calcium Aluminum Silicate Hydrate ( Morden	0.203	0.586(17/29)	0.649	0.563	0.214
			-----		-----	-----	
3	20-0212	CaO.Al2O3.zSiO2.xH2O Calcium Aluminum Silicate Hydrate	0.176	0.533(16/30)	0.721	0.549	0.211
			-----		-----	-----	
4	49-0924	Na2Al2Si13.3O29.6+x Sodium Aluminum Silicate ( Mordenite, syn	0.265	0.714(10/14)	0.770	0.371	0.204
			-----		-----	Cmc21	
5	44-0248	NaAlSiO4.xH2O Sodium Aluminum Silicate Hydrate ( Chabazi	0.172	0.857(12/14)	0.587	0.380	0.191
			-----		-----	-----	
6	20-0452	CaAl2Si2O8.4H2O Calcium Aluminum Silicate Hydrate ( Gismon	0.827	0.417(25/64)	0.737	0.619	0.190
			2.22		-----	P21/c	
7	46-1448	NaCa2Al5Si4O20.6H2O Sodium Calcium Aluminum Silicate Hydrate (	0.365	0.517(15/29)	0.615	0.596	0.190
			2.28		-----	P	
8	12-0247	NaAlSiO4.xH2O Sodium Aluminum Silicate Hydrate	0.140	0.529( 9/17)	0.600	0.595	0.189
			-----		-----	-----	
9	9-0456	(Na,Ca)(Si,Al)4O8 Sodium Calcium Aluminum Silicate ( Albite,	0.193	0.737(14/19)	0.719	0.352	0.187
			2.62		-----	P-1	
10	9-0465	(Ca,Na)(Al,Si)2Si2O8 Sodium Calcium Aluminum Silicate ( Anorthi	0.183	0.737(14/19)	0.693	0.359	0.183
			2.77		-----	P-1	
11	38-0194	H-Al2O3-SiO2 Aluminum Hydrogen Silicate	0.221	0.500( 7/14)	0.635	0.553	0.176
			-----		-----	-----	
12	31-1271	1.08Na2O.Al2O3.1.68SiO2.1.8H2O Sodium Aluminum Silicate Hydrate	0.078	0.571( 4/ 7)	0.385	0.691	0.152
			-----		-----	-----	
13	47-0356	Na39.8Al70.4Si41.2O207.9 Sodium Aluminum Silicate ( Chabazite-Na, s	0.235	0.900( 9/10)	0.458	0.363	0.150
			4.76		-----	R-3m	
14	35-0061	H8Si8O20.xH2O Hydrogen Silicate Hydrate	0.241	0.625(15/24)	0.653	0.364	0.149
			-----		-----	-----	
15	38-0261	Na1.98Al2Si4.55O13.09.5.49H2O Sodium Aluminum Silicate Hydrate	0.161	0.500( 9/18)	0.604	0.490	0.148
			-----		-----	-----	
16	47-0288	Na2O-Al2O3-SiO2 Sodium Aluminum Silicate	0.203	0.500(12/24)	0.617	0.477	0.147
			-----		-----	-----	
17	31-1270	1.0Na2O.Al2O3.1.68SiO2.1.73H2O Sodium Aluminum Silicate Hydrate	0.137	0.600( 6/10)	0.495	0.480	0.143
			-----		-----	-----	
18	38-0019	Na2Si3O7 Sodium Silicate	0.314	0.483(14/29)	0.629	0.462	0.140
			-----		-----	-----	
19	47-0162	Na12Al12Si12O48.27H2O Sodium Aluminum Silicate Hydrate	0.124	0.636( 7/11)	0.407	0.518	0.134
			-----		-----	-----	
20	23-0529	Na2Si2O5 Sodium Silicate ( Nacrosilite, syn )	0.245	0.487(19/39)	0.557	0.493	0.134
			2.57		-----	P21/a	

Group Name : 0609  
 Data Name : N-Act  
 File Name : N-Act.PKR  
 Sample Name : N-Act  
 Comment :

<Card List>

No.	Card	Chemical Formula	S	L	d	I	R
		Chemical Name (Mineral Name)	Dx		WT%	S.G.	
21	19-1178	NaAlSi <sub>2</sub> O <sub>6</sub> .3H <sub>2</sub> O Sodium Aluminum Silicate Hydrate ( Chabazi	0.432	0.408(20/49)	0.677	0.471	0.130
22	26-1047	CaAl <sub>2</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>12</sub> .4H <sub>2</sub> O Calcium Aluminum Silicate Hydrate ( Laumon	0.314	0.568(21/37)	0.572	0.375	0.122
23	13-0562	Ca <sub>2</sub> Al <sub>3</sub> (SiO <sub>4</sub> )(Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> )(O,OH) <sub>2</sub> Calcium Aluminum Silicate Hydroxide ( Zois	0.211	0.371(13/35)	0.678	0.474	0.119
24	45-0406	283SiO <sub>2</sub> .Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Aluminum Oxide Silicate	0.339	0.577(15/26)	0.600	0.342	0.119
25	11-0220	NaAlSiO <sub>4</sub> Sodium Aluminum Silicate	0.332	0.625(15/24)	0.537	0.340	0.114
26	18-1198	NaAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> .xH <sub>2</sub> O Sodium Aluminum Silicate Hydrate	0.309	0.583(21/36)	0.526	0.370	0.113
27	29-0372	CaSiO <sub>3</sub> Calcium Silicate ( Wollastonite-1\ITA\RG,	0.212	0.304(21/69)	0.634	0.580	0.112
28	44-0104	Na <sub>0.22</sub> Al <sub>2</sub> Si <sub>29.90</sub> O <sub>64.45.9.9</sub> H <sub>2</sub> O Sodium Aluminum Silicate Hydrate ( Ferrier	0.280	0.478(22/46)	0.572	0.400	0.109
29	15-0179	CaAl <sub>2</sub> (SiO <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> .6H <sub>2</sub> O Calcium Aluminum Silicate Hydrate	0.145	0.577(15/26)	0.568	0.317	0.104
30	24-0894	(Ca,Na) <sub>1.3</sub> (Si,Al) <sub>9</sub> O <sub>18.8</sub> H <sub>2</sub> O Sodium Calcium Aluminum Silicate Hydrate (	0.168	0.444(16/36)	0.676	0.336	0.101
31	39-1383	KNa <sub>2</sub> Ca <sub>2</sub> (Si <sub>29</sub> Al <sub>7</sub> )O <sub>72.24</sub> H <sub>2</sub> O Potassium Sodium Calcium Aluminum Silicate	0.330	0.362(17/47)	0.635	0.191	0.000

\*\*\*\*\*

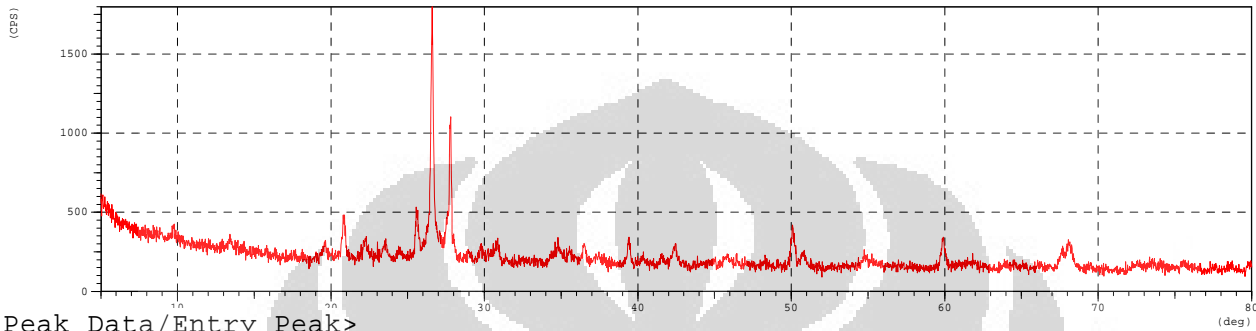
SEARCH / MATCH RESULT

\*\*\*\*\*

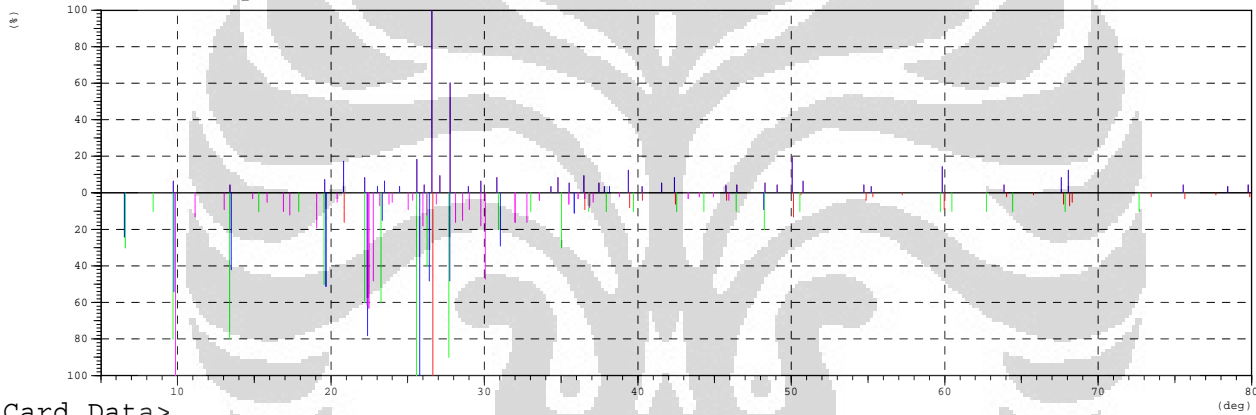
<Unknown Data>

Group Name : 0609  
Data Name : N-20-1  
File Name : N-20-1.PKR  
Sample Name : 20 atm, 1 jam  
Comment :  
Date & Time : 06-13-12 11:02:04

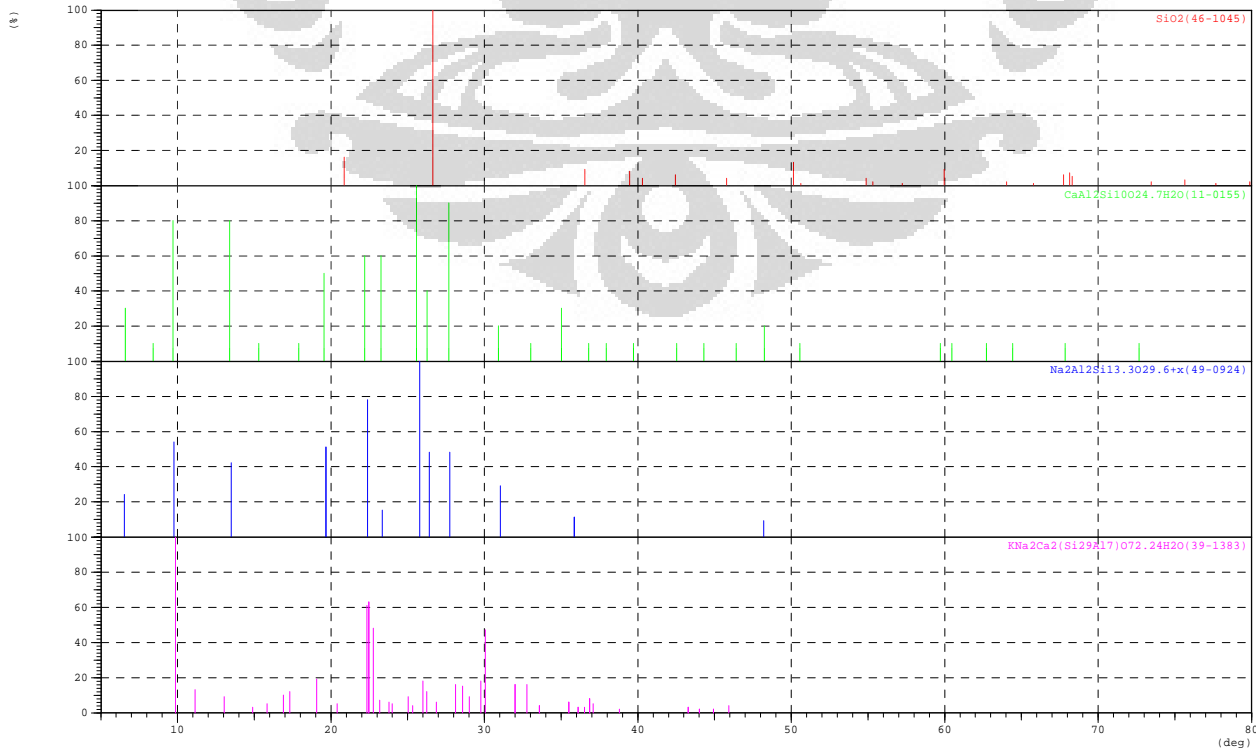
<Raw Data>



<Peak Data/Entry Peak>



<Card Data>



\*\*\*\*\*

## SEARCH / MATCH RESULT

\*\*\*\*\*

Group Name : 0609  
 Data Name : N-20-1  
 File Name : N-20-1.PKR  
 Sample Name : 20 atm, 1 jam  
 Comment :

&lt;Entry Card&gt;

No.	Card	Chemical Formula	S	L	d	I	R
		Chemical Name (Mineral Name)	Dx		WT%	S.G.	
1	46-1045	SiO <sub>2</sub> Silicon Oxide ( Quartz, syn )	0.995	0.773(17/58)	0.815	0.836	0.527
2	11-0155	CaAl <sub>2</sub> Si <sub>10</sub> O <sub>24</sub> .7H <sub>2</sub> O Calcium Aluminum Silicate Hydrate ( Morden	0.269	0.655(19/29)	0.739	0.414	0.200
3	49-0924	Na <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> Si <sub>13.30</sub> 29.6+x Sodium Aluminum Silicate ( Mordenite, syn	0.336	0.786(11/14)	0.712	0.322	0.180
4	39-1383	KNa <sub>2</sub> Ca <sub>2</sub> (Si <sub>29</sub> Al <sub>7</sub> )O <sub>72</sub> .24H <sub>2</sub> O Potassium Sodium Calcium Aluminum Silicate	0.323	0.362(17/47)	0.571	0.244	0.000



Group Name : 0609  
 Data Name : N-20-1  
 File Name : N-20-1.PKR  
 Sample Name : 20 atm, 1 jam  
 Comment :

<Card List>

No.	Card	Chemical Formula	S	L	d	I	R
		Chemical Name (Mineral Name)	Dx		WT%	S.G.	
1	46-1045	SiO2 Silicon Oxide ( Quartz, syn )	0.995	0.773(17/58)	0.815	0.836	0.527
			2.65		-----	P3221	
2	47-0751	Na2O-Al2O3-SiO2-H2O Sodium Aluminum Silicate Hydrate	0.072	0.667( 4/ 6)	0.972	0.467	0.303
			0.49		-----	I	
3	24-1046	Na6.4Al6.4Si9.6O32.4.6H2O Sodium Aluminum Silicate Hydrate ( Phillip	0.072	0.667( 4/ 6)	0.883	0.449	0.265
			-----		-----	-----	
4	20-0452	CaAl2Si2O8.4H2O Calcium Aluminum Silicate Hydrate ( Gismon	0.910	0.517(31/64)	0.712	0.566	0.208
			2.22		-----	P21/c	
5	2-0392	Ca3Al10O18 Calcium Aluminum Oxide	0.119	0.677(21/31)	0.534	0.561	0.203
			-----		-----	-----	
6	11-0155	CaAl2Si10O24.7H2O Calcium Aluminum Silicate Hydrate ( Morden	0.269	0.655(19/29)	0.739	0.414	0.200
			-----		-----	-----	
7	29-0290	Ca2Al2Si3O10(OH)2 Calcium Aluminum Silicate Hydroxide ( Preh	0.168	0.520(13/25)	0.661	0.548	0.188
			2.91		-----	Pbm2	
8	49-0924	Na2Al2Si13.3O29.6+x Sodium Aluminum Silicate ( Mordenite, syn	0.336	0.786(11/14)	0.712	0.322	0.180
			-----		-----	Cmc21	
9	47-0288	Na2O-Al2O3-SiO2 Sodium Aluminum Silicate	0.320	0.542(13/24)	0.607	0.533	0.175
			-----		-----	-----	
10	49-0919	Na1.46Al2Si7.67O19.07.xH2O Sodium Aluminum Silicate Hydrate	0.155	0.625(10/16)	0.571	0.458	0.163
			-----		-----	-----	
11	38-0194	H-Al2O3-SiO2 Aluminum Hydrogen Silicate	0.188	0.643( 9/14)	0.531	0.473	0.161
			-----		-----	-----	
12	9-0456	(Na,Ca)(Si,Al)4O8 Sodium Calcium Aluminum Silicate ( Albite,	0.232	0.737(14/19)	0.694	0.312	0.160
			2.62		-----	P-1	
13	35-0061	H8Si8O20.xH2O Hydrogen Silicate Hydrate	0.314	0.667(16/24)	0.543	0.398	0.144
			-----		-----	-----	
14	23-0529	Na2Si2O5 Sodium Silicate ( Natrosilite, syn )	0.304	0.590(23/39)	0.536	0.454	0.144
			2.57		-----	P21/a	
15	9-0465	(Ca,Na)(Al,Si)2Si2O8 Sodium Calcium Aluminum Silicate ( Anorthi	0.255	0.632(12/19)	0.688	0.327	0.142
			2.77		-----	P-1	
16	20-0212	CaO.Al2O3.zSiO2.xH2O Calcium Aluminum Silicate Hydrate	0.225	0.467(14/30)	0.712	0.423	0.141
			-----		-----	-----	
17	47-0356	Na39.8Al70.4Si41.2O207.9 Sodium Aluminum Silicate ( Chabazite-Na, s	0.209	0.900( 9/10)	0.500	0.300	0.135
			4.76		-----	R-3m	
18	32-0995	SiO2.0.2H2O Silicon Oxide Hydrate	0.215	0.786(11/14)	0.584	0.292	0.134
			-----		-----	-----	
19	44-0104	Na0.22Al2Si29.9O64.45.9.9H2O Sodium Aluminum Silicate Hydrate ( Ferrier	0.256	0.522(24/46)	0.660	0.364	0.125
			-----		-----	-----	
20	29-0372	CaSiO3 Calcium Silicate ( Wollastonite 1/11A/10,	0.214	0.348(24/69)	0.741	0.471	0.121
			2.91		-----	P1	

\*\*\*\*\* SEARCH / MATCH RESULT \*\*\*\*\*

Group Name : 0609  
 Data Name : N-20-1  
 File Name : N-20-1.PKR  
 Sample Name : 20 atm, 1 jam  
 Comment :

<Card List>

No.	Card	Chemical Formula	S	L	d	I	R
		Chemical Name (Mineral Name)	Dx		WT%	S.G.	
21	46-1448	NaCa <sub>2</sub> Al <sub>5</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>20</sub> .6H <sub>2</sub> O Sodium Calcium Aluminum Silicate Hydrate (	0.466	0.448(13/29)	0.637	0.417	0.119
			2.28		-----	P	
22	11-0046	Al <sub>2</sub> SiO <sub>5</sub> Aluminum Silicate ( Kyanite )	0.498	0.431(28/65)	0.665	0.416	0.119
			3.67		-----	P-1	
23	38-0261	Na <sub>1.98</sub> Al <sub>2</sub> Si <sub>4.55</sub> O <sub>13.09</sub> .5.49H <sub>2</sub> O Sodium Aluminum Silicate Hydrate	0.170	0.500( 9/18)	0.521	0.427	0.111
			-----		-----	-----	
24	13-0129	Na-Ca-Al-SiO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O Sodium Calcium Aluminum Silicate Hydrate	0.184	0.500(14/28)	0.517	0.423	0.109
			-----		-----	-----	
25	45-0406	283SiO <sub>2</sub> .Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Aluminum Oxide Silicate	0.301	0.577(15/26)	0.665	0.282	0.108
			-----		-----	-----	
26	41-1480	(Na,Ca)Al(Si,Al) <sub>3</sub> O <sub>8</sub> Sodium Calcium Aluminum Silicate ( Albite,	0.721	0.500(33/71)	0.626	0.341	0.107
			2.64		-----	P-1	
27	10-0393	Na(Si <sub>3</sub> Al)O <sub>8</sub> Sodium Aluminum Silicate ( Albite, disorde	0.621	0.571(24/42)	0.668	0.274	0.105
			2.61		-----	P-1	
28	42-0217	Na <sub>6</sub> [AlSiO <sub>4</sub> ] <sub>6</sub> Sodium Aluminum Silicate	0.155	0.640(16/32)	0.480	0.341	0.105
			1.88		-----	P-43n	
29	41-1486	CaAl <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub> Calcium Aluminum Silicate ( Anorthite, ord	0.636	0.449(35/83)	0.608	0.382	0.104
			2.76		-----	P-1	
30	29-0373	Ca <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O Calcium Silicate Hydrate	0.270	0.361(26/72)	0.690	0.404	0.101
			2.72		-----	P212121	
31	35-0498	NaCa <sub>2</sub> Al <sub>5</sub> Si <sub>5</sub> O <sub>20</sub> .6H <sub>2</sub> O Sodium Calcium Aluminum Silicate Hydrate (	0.278	0.444(24/56)	0.590	0.383	0.100
			2.36		-----	Pnnb	
32	39-1383	KNa <sub>2</sub> Ca <sub>2</sub> (Si <sub>29</sub> Al <sub>7</sub> )O <sub>72</sub> .24H <sub>2</sub> O Potassium Sodium Calcium Aluminum Silicate	0.323	0.362(17/47)	0.571	0.244	0.000
			2.17		-----	I2/m	

\*\*\*\*\*

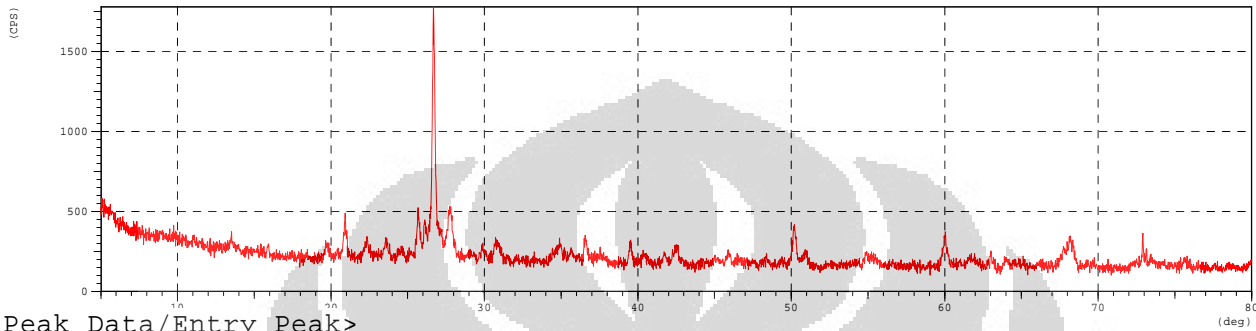
SEARCH / MATCH RESULT

\*\*\*\*\*

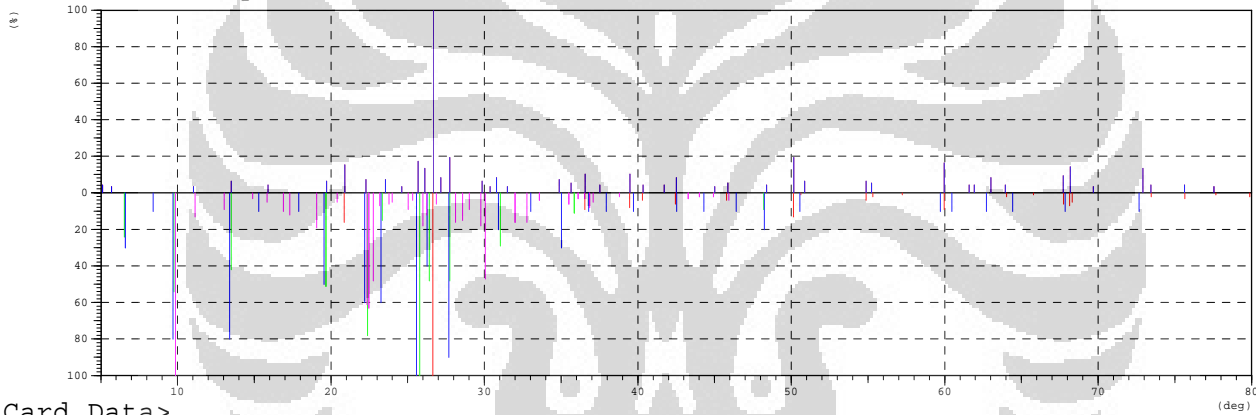
<Unknown Data>

Group Name : 0609  
Data Name : N-40-1  
File Name : N-40-1.PKR  
Sample Name : 40 atm, 1 jam  
Comment :  
Date & Time : 06-13-12 11:47:14

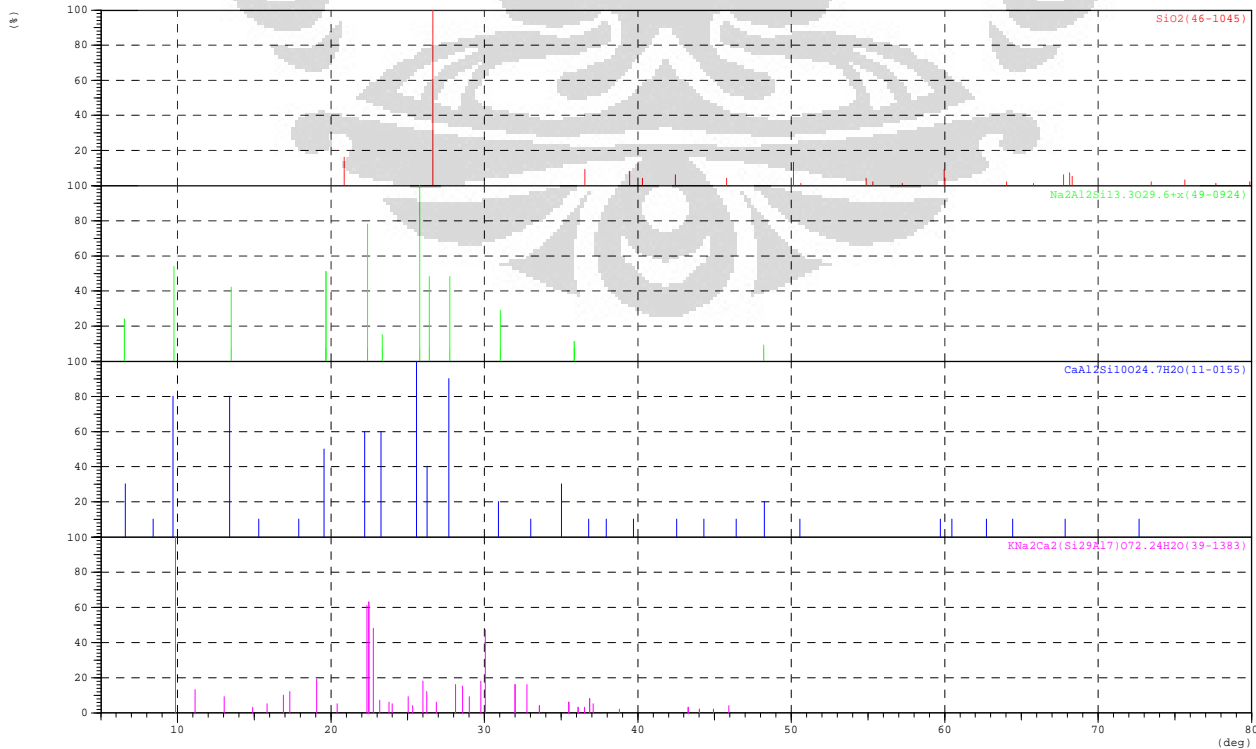
<Raw Data>



<Peak Data/Entry Peak>



<Card Data>



\*\*\*\*\*

## SEARCH / MATCH RESULT

\*\*\*\*\*

Group Name : 0609  
 Data Name : N-40-1  
 File Name : N-40-1.PKR  
 Sample Name : 40 atm, 1 jam  
 Comment :

&lt;Entry Card&gt;

No.	Card	Chemical Formula	S	L	d	I	R
		Chemical Name (Mineral Name)	Dx		WT%	S.G.	
1	46-1045	SiO <sub>2</sub> Silicon Oxide ( Quartz, syn )	0.995	0.818(18/58)	0.891	0.803	0.586
				2.65		P3221	
2	49-0924	Na <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> Si <sub>13.30</sub> 29.6+x Sodium Aluminum Silicate ( Mordenite, syn	0.295	0.714(10/14)	0.727	0.370	0.192
				-----		Cmc21	
3	11-0155	CaAl <sub>2</sub> Si <sub>10</sub> O <sub>24</sub> .7H <sub>2</sub> O Calcium Aluminum Silicate Hydrate ( Morden	0.266	0.690(20/29)	0.598	0.483	0.199
				-----		-----	
4	39-1383	KNa <sub>2</sub> Ca <sub>2</sub> (Si <sub>29</sub> Al <sub>7</sub> )O <sub>72</sub> .24H <sub>2</sub> O Potassium Sodium Calcium Aluminum Silicate	0.473	0.362(17/47)	0.567	0.248	0.000
				2.17		I2/m	



Group Name : 0609  
 Data Name : N-40-1  
 File Name : N-40-1.PKR  
 Sample Name : 40 atm, 1 jam  
 Comment :

<Card List>

No.	Card	Chemical Formula	S	L	d	I	R
		Chemical Name (Mineral Name)	Dx		WT%	S.G.	
1	46-1045	SiO2 Silicon Oxide ( Quartz, syn )	0.995	0.818(18/58)	0.891	0.803	0.586
			2.65		-----	P3221	
2	12-0247	NaAlSiO4.xH2O Sodium Aluminum Silicate Hydrate	0.156	0.765(13/17)	0.660	0.473	0.239
			-----		-----	-----	
3	20-0452	CaAl2Si2O8.4H2O Calcium Aluminum Silicate Hydrate ( Gismon	0.913	0.500(30/64)	0.767	0.620	0.238
			2.22		-----	P21/c	
4	9-0456	(Na,Ca)(Si,Al)4O8 Sodium Calcium Aluminum Silicate ( Albite,	0.203	0.684(13/19)	0.750	0.360	0.185
			2.62		-----	P-1	
5	32-0994	SiO2.0.04H2O Silicon Oxide Hydrate	0.147	0.556( 5/ 9)	0.636	0.486	0.172
			-----		-----	-----	
6	19-0150	Ca0.2Al2Si4O10(OH)2.6H2O Calcium Aluminum Silicate Hydroxide Hydrat	0.095	0.526(10/22)	0.652	0.501	0.172
			1.94		-----	P	
7	23-0529	Na2Si2O5 Sodium Silicate ( Natrosilite, syn )	0.288	0.590(23/39)	0.546	0.520	0.167
			2.57		-----	P21/a	
8	31-0582	H2Si2O5 Hydrogen Silicate	0.113	0.636( 7/11)	0.436	0.597	0.166
			-----		-----	-----	
9	46-0750	Al2Si5O0103 Aluminum Silicate	0.240	0.739(17/23)	0.677	0.317	0.158
			1.55		-----	R-3m	
10	48-0733	Na2Al2Si5O14 Sodium Aluminum Silicate	0.454	0.576(19/33)	0.586	0.460	0.155
			-----		-----	-----	
11	9-0465	(Ca,Na)(Al,Si)2Si2O8 Sodium Calcium Aluminum Silicate ( Anorthi	0.208	0.632(12/19)	0.666	0.365	0.154
			2.77		-----	P-1	
12	42-0216	Na6[AlSiO4]6.4H2O Sodium Aluminum Silicate Hydrate	0.188	0.737(14/23)	0.652	0.315	0.151
			2.13		-----	P-43n	
13	47-0705	H3Na0.6Al2Si45O94.8 Hydrogen Sodium Aluminum Silicate	0.168	0.556(10/18)	0.712	0.364	0.144
			-----		-----	-----	
14	16-0612	Na2O.Al2O3.2.1SiO2.xH2O Sodium Aluminum Oxide Silicate Hydrate	0.120	0.545(12/22)	0.548	0.481	0.144
			-----		-----	-----	
15	38-0019	Na2Si3O7 Sodium Silicate	0.348	0.483(14/29)	0.655	0.447	0.141
			-----		-----	-----	
16	2-0077	Ca4Al2O7.xH2O Calcium Aluminum Oxide Hydrate	0.140	0.519(14/30)	0.623	0.437	0.141
			-----		-----	-----	
17	44-0248	NaAlSiO4.xH2O Sodium Aluminum Silicate Hydrate ( Chabazi	0.207	0.786(11/14)	0.499	0.357	0.140
			-----		-----	-----	
18	10-0460	Na2Al2Si2O8.H2O Sodium Aluminum Silicate Hydrate	0.133	0.536(15/28)	0.527	0.492	0.139
			-----		-----	-----	
19	11-0221	NaAlSiO4 Sodium Aluminum Silicate	0.259	0.750( 9/13)	0.501	0.355	0.133
			2.40		-----	F	
20	38-0194	H-Al2O3-SiO2 Aluminum Hydrogen Silicate	0.176	0.429( 6/14)	0.567	0.540	0.131
			-----		-----	-----	

Group Name : 0609  
 Data Name : N-40-1  
 File Name : N-40-1.PKR  
 Sample Name : 40 atm, 1 jam  
 Comment :

<Card List>

No.	Card	Chemical Formula	S	L	d	I	R
		Chemical Name (Mineral Name)	Dx		WT%	S.G.	
21	31-0581	H2Si2O5 Hydrogen Silicate	0.190	0.632(12/19)	0.534	0.387	0.131
				2.02	-----	P*/c	
22	31-1271	1.08Na2O.Al2O3.1.68SiO2.1.8H2O Sodium Aluminum Silicate Hydrate	0.089	0.571( 4/ 7)	0.353	0.606	0.122
				-----	-----	-----	
23	1-1156	Al2Ca Aluminum Calcium	0.137	0.444( 4/17)	0.749	0.363	0.121
				2.41	-----	Fd-3m	
24	11-0220	NaAlSiO4 Sodium Aluminum Silicate	0.333	0.708(17/24)	0.549	0.304	0.118
				-----	-----	-----	
25	29-0372	CaSiO3 Calcium Silicate ( Wollastonite-1\ITA\RG,	0.283	0.420(29/69)	0.609	0.436	0.111
				2.91	-----	P1	
26	10-0393	Na(Si3Al)O8 Sodium Aluminum Silicate ( Albite, disorde	0.571	0.548(23/42)	0.667	0.300	0.109
				2.61	-----	P-1	
27	11-0046	Al2SiO5 Aluminum Silicate ( Kyanite )	0.461	0.462(30/65)	0.641	0.370	0.109
				3.67	-----	P-1	
28	18-1202	(Ca,Na)(Si,Al)4O8 Sodium Calcium Aluminum Silicate ( Anorthi	0.361	0.481(25/52)	0.728	0.291	0.102
				2.78	-----	P-1	
29	11-0357	Ca5Al6O14 Calcium Aluminum Oxide	0.306	0.500(31/62)	0.570	0.352	0.101
				3.04	-----	C2221	
30	39-1380	Na2Al2Si4O12.8H2O Sodium Aluminum Silicate Hydrate ( Faujasi	0.192	0.543(19/35)	0.568	0.325	0.100
				1.94	-----	Fd-3m	
31	45-0406	283SiO2.Al2O3 Aluminum Oxide Silicate	0.306	0.500(13/26)	0.668	0.300	0.100
				-----	-----	-----	
32	49-0924	Na2Al2Si13.3O29.6+x Sodium Aluminum Silicate ( Mordenite, syn	0.295	0.714(10/14)	0.727	0.370	0.192
				-----	-----	Cmc21	
33	11-0155	CaAl2Si10O24.7H2O Calcium Aluminum Silicate Hydrate ( Morden	0.266	0.690(20/29)	0.598	0.483	0.199
				-----	-----	-----	
34	39-1383	KNa2Ca2(Si29Al7)O72.24H2O Potassium Sodium Calcium Aluminum Silicate	0.473	0.362(17/47)	0.567	0.248	0.000
				2.17	-----	I2/m	

\*\*\*\*\*

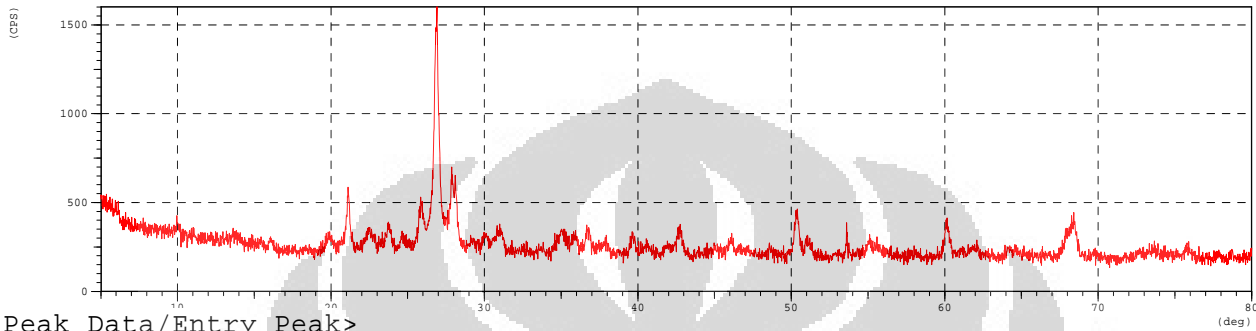
SEARCH / MATCH RESULT

\*\*\*\*\*

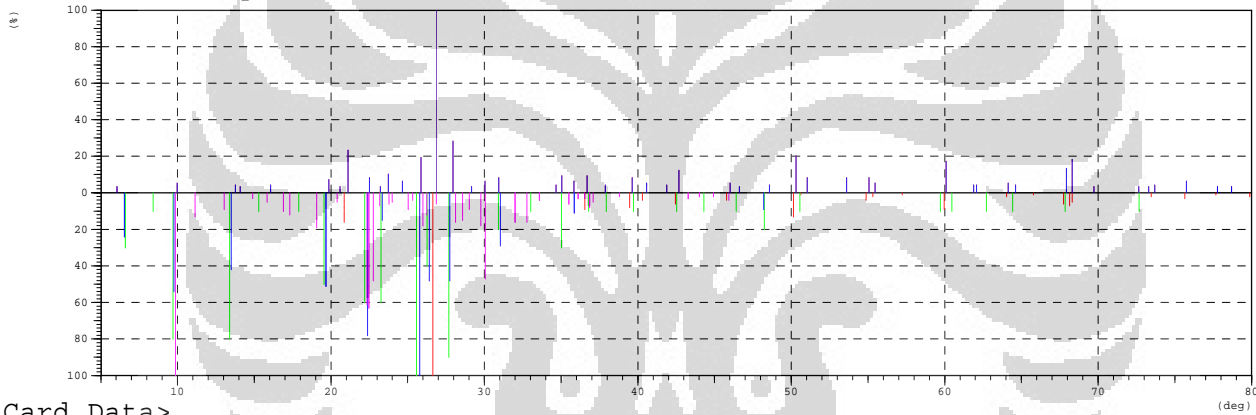
<Unknown Data>

Group Name : 0609  
Data Name : N-40-3  
File Name : N-40-3.PKR  
Sample Name : 40 atm, 3 jam  
Comment :  
Date & Time : 06-13-12 12:32:00

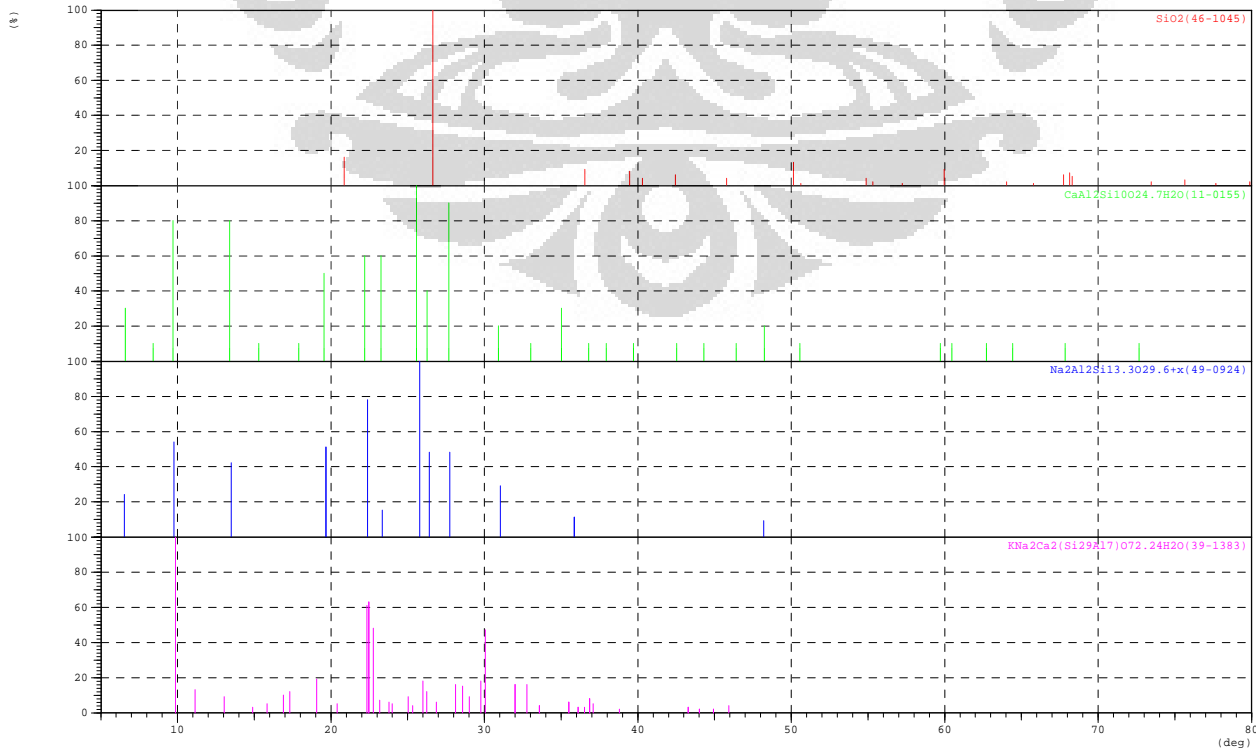
<Raw Data>



<Peak Data/Entry Peak>



<Card Data>



Group Name : 0609  
 Data Name : N-40-3  
 File Name : N-40-3.PKR  
 Sample Name : 40 atm, 3 jam  
 Comment :

<Entry Card>

No.	Card	Chemical Formula	S	L	d	I	R
		Chemical Name (Mineral Name)	Dx		WT%	S.G.	
1	46-1045	SiO <sub>2</sub> Silicon Oxide ( Quartz, syn )	1.000	0.773(17/58)	0.669	0.746	0.386
				2.65		P3221	
2	11-0155	CaAl <sub>2</sub> Si <sub>10</sub> O <sub>24</sub> .7H <sub>2</sub> O Calcium Aluminum Silicate Hydrate ( Morden	0.241	0.690(20/29)	0.623	0.438	0.188
				-----		-----	
3	49-0924	Na <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> Si <sub>13.3</sub> O <sub>29.6+x</sub> Sodium Aluminum Silicate ( Mordenite, syn	0.281	0.857(12/14)	0.565	0.361	0.175
				-----		Cmc21	
4	39-1383	KNa <sub>2</sub> Ca <sub>2</sub> (Si <sub>29</sub> Al <sub>7</sub> )O <sub>72</sub> .24H <sub>2</sub> O Potassium Sodium Calcium Aluminum Silicate	0.324	0.319(15/47)	0.731	0.190	0.000
				2.17		I2/m	



\*\*\*\*\* SEARCH / MATCH RESULT \*\*\*\*\*

Group Name : 0609  
 Data Name : N-40-3  
 File Name : N-40-3.PKR  
 Sample Name : 40 atm, 3 jam  
 Comment :

<Card List>

No.	Card	Chemical Formula	S	L	d	I	R
		Chemical Name (Mineral Name)	Dx		WT%	S.G.	
1	46-1045	SiO2 Silicon Oxide ( Quartz, syn )	1.000	0.773(17/58)	0.669	0.746	0.386
			2.65		-----	P3221	
2	47-0288	Na2O-Al2O3-SiO2 Sodium Aluminum Silicate	0.292	0.625(15/24)	0.616	0.577	0.222
			-----		-----	-----	
3	31-1271	1.08Na2O.Al2O3.1.68SiO2.1.8H2O Sodium Aluminum Silicate Hydrate	0.096	0.571( 4/ 7)	0.661	0.567	0.214
			-----		-----	-----	
4	10-0033	Na6Al4Si4O17 Sodium Aluminum Silicate	0.247	0.889( 8/12)	0.590	0.403	0.212
			2.69		-----	F-43m	
5	2-0392	Ca3Al10O18 Calcium Aluminum Oxide	0.121	0.581(18/31)	0.591	0.615	0.211
			-----		-----	-----	
6	23-0529	Na2Si2O5 Sodium Silicate ( Natrosilite, syn )	0.300	0.590(23/39)	0.669	0.514	0.203
			2.57		-----	P21/a	
7	46-0747	Al2Si5O10 Aluminum Silicate	0.122	0.600( 9/15)	0.669	0.486	0.195
			-----		-----	-----	
8	11-0155	CaAl2Si10O24.7H2O Calcium Aluminum Silicate Hydrate ( Morden	0.241	0.690(20/29)	0.623	0.438	0.188
			-----		-----	-----	
9	11-0221	NaAlSiO4 Sodium Aluminum Silicate	0.276	0.667( 8/13)	0.588	0.469	0.184
			2.40		-----	F	
10	49-0673	NaSi33O66.5.xH2O Sodium Silicate Hydrate	0.168	0.556( 5/ 9)	0.662	0.499	0.183
			-----		-----	-----	
11	20-0212	CaO.Al2O3.zSiO2.xH2O Calcium Aluminum Silicate Hydrate	0.174	0.500(15/30)	0.685	0.531	0.182
			-----		-----	-----	
12	20-0452	CaAl2Si2O8.4H2O Calcium Aluminum Silicate Hydrate ( Gismon	0.880	0.550(33/64)	0.648	0.502	0.179
			2.22		-----	P21/c	
13	10-0031	Na4Al2Si2O9 Sodium Aluminum Silicate	0.237	0.889( 8/12)	0.590	0.334	0.175
			2.96		-----	F-43m	
14	35-0061	H8Si8O20.xH2O Hydrogen Silicate Hydrate	0.310	0.625(15/24)	0.639	0.438	0.175
			-----		-----	-----	
15	49-0924	Na2Al2Si13.3O29.6+x Sodium Aluminum Silicate ( Mordenite, syn	0.281	0.857(12/14)	0.565	0.361	0.175
			-----		-----	Cmc21	
16	24-1046	Na6.4Al6.4Si9.6O32.4.6H2O Sodium Aluminum Silicate Hydrate ( Phillip	0.072	0.667( 4/ 6)	0.574	0.449	0.172
			-----		-----	-----	
17	31-1233	SiO2 Silicon Oxide	0.414	0.667(14/21)	0.593	0.430	0.170
			3.52		-----	P	
18	48-0733	Na2Al2Si5O14 Sodium Aluminum Silicate	0.489	0.515(17/33)	0.737	0.445	0.169
			-----		-----	-----	
19	43-0023	Al2Si7O143.H2O Aluminum Silicate Hydrate	0.154	0.583( 7/12)	0.671	0.427	0.167
			-----		-----	-----	
20	15-0179	CaAl2(SiO3)4.6H2O Calcium Aluminum Silicate Hydrate	0.186	0.654(17/26)	0.709	0.342	0.159
			-----		-----	-----	

Group Name : 0609  
 Data Name : N-40-3  
 File Name : N-40-3.PKR  
 Sample Name : 40 atm, 3 jam  
 Comment :

<Card List>

No.	Card	Chemical Formula	S	L	d	I	R
		Chemical Name (Mineral Name)	Dx		WT%	S.G.	
21	47-0751	Na <sub>2</sub> O-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -SiO <sub>2</sub> -H <sub>2</sub> O Sodium Aluminum Silicate Hydrate	0.072	0.667( 4/ 6)	0.502	0.467	0.156
				0.49	-----	I	
22	44-0248	NaAlSiO <sub>4</sub> .xH <sub>2</sub> O Sodium Aluminum Silicate Hydrate ( Chabazi	0.192	0.714(10/14)	0.719	0.299	0.154
				-----	-----	-----	
23	33-1205	Na <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> Si <sub>3</sub> O <sub>10</sub> .2H <sub>2</sub> O Sodium Aluminum Silicate Hydrate ( Tetrana	0.291	0.519(14/27)	0.581	0.500	0.151
				2.22	-----	I-42d	
24	42-0215	Na <sub>8</sub> [AlSiO <sub>4</sub> ] <sub>6</sub> (OH) <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O Sodium Aluminum Silicate Hydroxide Hydrate	0.207	0.667(18/36)	0.587	0.349	0.137
				2.29	-----	P-43n	
25	12-0247	NaAlSiO <sub>4</sub> .xH <sub>2</sub> O Sodium Aluminum Silicate Hydrate	0.184	0.529( 9/17)	0.571	0.440	0.133
				-----	-----	-----	
26	48-0730	Na <sub>1.88</sub> Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> .77O <sub>9</sub> .48 Sodium Aluminum Silicate	0.316	0.545(12/22)	0.685	0.349	0.130
				-----	-----	-----	
27	38-0019	Na <sub>2</sub> Si <sub>3</sub> O <sub>7</sub> Sodium Silicate	0.381	0.483(14/29)	0.590	0.456	0.130
				-----	-----	-----	
28	38-0194	H-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -SiO <sub>2</sub> Aluminum Hydrogen Silicate	0.190	0.571( 8/14)	0.571	0.397	0.129
				-----	-----	-----	
29	11-0401	Na <sub>4</sub> Al <sub>3</sub> Si <sub>3</sub> O <sub>12</sub> (OH) Sodium Aluminum Silicate Hydroxide	0.211	0.542(13/37)	0.645	0.368	0.129
				2.21	-----	P-43n	
30	11-0357	Ca <sub>5</sub> Al <sub>6</sub> O <sub>14</sub> Calcium Aluminum Oxide	0.317	0.565(35/62)	0.607	0.371	0.127
				3.04	-----	C2221	
31	10-0478	Al <sub>4</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>10</sub> .H <sub>2</sub> O Aluminum Silicate Hydrate	0.270	0.517(15/32)	0.660	0.368	0.126
				-----	-----	-----	
32	10-0460	Na <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub> .H <sub>2</sub> O Sodium Aluminum Silicate Hydrate	0.183	0.536(15/28)	0.542	0.421	0.122
				-----	-----	-----	
33	40-0100	Na <sub>8</sub> (AlSiO <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> (OH) <sub>2</sub> Sodium Aluminum Silicate Hydroxide	0.266	0.750(15/20)	0.520	0.311	0.121
				2.31	-----	P-43n	
34	9-0456	(Na,Ca)(Si,Al) <sub>4</sub> O <sub>8</sub> Sodium Calcium Aluminum Silicate ( Albite,	0.216	0.579(11/19)	0.575	0.360	0.120
				2.62	-----	P-1	
35	25-1332	Si <sub>3</sub> O <sub>6</sub> .H <sub>2</sub> O Silicon Oxide Hydrate ( Silhydrite )	0.316	0.533( 8/15)	0.605	0.353	0.114
				2.12	-----	P	
36	41-1478	Na(Si <sub>2</sub> Al) <sub>6</sub> .H <sub>2</sub> O Sodium Aluminum Silicate Hydrate ( Analcim	0.326	0.581(18/34)	0.553	0.351	0.113
				2.27	-----	Ia-3d	
37	38-0238	Na <sub>1.84</sub> Al <sub>2</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>11</sub> .92.7H <sub>2</sub> O Sodium Aluminum Silicate Hydrate ( Faujasi	0.401	0.655(19/29)	0.507	0.326	0.108
				0.06	-----	F	
38	39-1380	Na <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>12</sub> .8H <sub>2</sub> O Sodium Aluminum Silicate Hydrate ( Faujasi	0.330	0.657(23/35)	0.572	0.277	0.104
				1.94	-----	Fd-3m	
39	47-0003	0.8CaO.0.2Na <sub>2</sub> O.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .3.0SiO <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O Sodium Calcium Aluminum Silicate Hydrate	0.361	0.604(32/53)	0.565	0.305	0.104
				0.05	-----	Fd-3m	
40	16-0839	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> .5H <sub>2</sub> O Sodium Silicate Hydrate	0.386	0.363(29/80)	0.692	0.407	0.102
				-----	-----	-----	

\*\*\*\*\* SEARCH / MATCH RESULT \*\*\*\*\*

Group Name : 0609  
 Data Name : N-40-3  
 File Name : N-40-3.PKR  
 Sample Name : 40 atm, 3 jam  
 Comment :

<Card List>

No.	Card	Chemical Formula	S	L	d	I	R
		Chemical Name (Mineral Name)	Dx		WT%	S.G.	
41	15-0776	Al6Si2O13	0.302	0.434(23/63)	0.581	0.400	0.101
		Aluminum Silicate ( Mullite, syn )	3.17		-----	Pbam	
42	39-1383	KNa2Ca2(Si29Al7)O72.24H2O	0.324	0.319(15/47)	0.731	0.190	0.000
		Potassium Sodium Calcium Aluminum Silicate	2.17		-----	I2/m	