

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI ZEOLIT Y DARI LUMPUR
LAPINDO DENGAN VARIASI SUHU HIDROTERMAL
MENGUNAKAN METODE SOL-GEL**

SKRIPSI

Oleh :

UDI TIYAS TOTO H.T.A.R

NIM. 11630063



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

2016

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI ZEOLIT Y DARI LUMPUR LAPINDO
DENGAN VARIASI SUHU HIDROTERMAL MENGGUNAKAN
METODE SOL-GEL**

SKRIPSI

Oleh:
UDI TYAS
NIM. 11630063

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

JURUSAN KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
2016

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI ZEOLIT Y DARI LUMPUR LAPINDO
DENGAN VARIASI SUHU HIDROTERMAL MENGGUNAKAN
METODE SOL-GEL**

SKRIPSI

Oleh:
UDI TYAS
NIM. 11630063

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal: 15 Juni 2016

Pembimbing I

Pembimbing II

Suci Amalia, M.Sc
NIP. 19821104 200901 2 007

Ahmad Hanapi, M.Sc
NIPT. 201402011422

Mengetahui,
Ketua Jurusan Kimia

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

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI ZEOLIT Y DARI LUMPUR LAPINDO
DENGAN VARIASI SUHU HIDROTERMAL MENGGUNAKAN
METODE SOL-GEL**

SKRIPSI

Oleh:
UDI TYAS
NIM. 11630063

**Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 2016**

**Penguji Utama : Elok Kamilah Hayati, M.Si (.....)
NIP. 19790620 200604 2 002**

**Ketua Penguji : Susi Nurul Khalifah, M.Si (.....)
NIPT. 20130902 2 317**

**Sekretaris Penguji : Suci Amalia, M.Sc (.....)
NIP. 19821104 200901 2 007**

**Anggota Penguji : Ahmad Hanapi, M.Sc (.....)
NIPT. 201402011422**

**Mengesahkan,
Ketua Jurusan Kimia**

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

**SURAT PERNYATAAN
ORISINALITAS PENELITIAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Udi Tyas
NIM : 11630063
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Kimia
Judul Penelitian : “Sintesis dan Karakterisasi Zeolit Y dari Lumpur Lapindo dengan Variasi Suhu Hidrotermal Menggunakan Metode Sol-Gel”

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan, maka saya bersedia untuk mempertanggung jawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 06 Juni 2016

Yang Membuat Pernyataan,

Udi Tyas
NIM. 11630063

KATA PENGANTAR



Alhamdulillah rabbil'alam, segala puji bagi Allah SWT pencipta seluruh alam semesta yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi berjudul “Sintesis dan Karakterisasi Zeolit Y dari Lumpur Lapindo dengan Variasi Suhu Hidrotermal Menggunakan Metode Sol-Gel” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si). Penulis menyadari bahwa dalam penyelesaian skripsi ini masih terdapat banyak kesalahan dan kekurangan, akan tetapi semoga segala usaha yang telah dilakukan dapat bermanfaat bagi semua, sebagai ilmu yang bermanfaat dan barokah.

Penulis juga menyadari bahwa selama berlangsungnya penelitian, penyusunan sampai pada tahap penyelesaian skripsi ini tak lepas dari dukungan serta bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu teriring do'a dan ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada:

1. Kedua orang tua serta saudara-saudaraku tercinta yang telah memberikan nasihat, do'a, dan dukungan moril maupun materil untuk penulis dalam menuntut ilmu, sehingga penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan.
2. Bapak Prof. Dr. H. Mudjia Raharjo, M.Si, selaku rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Ibu Dr. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, drh., M.Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.

4. Ibu Elok Kamilah Hayati, M.Si, selaku ketua Jurusan Kimia Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
5. Ibu Suci Amalia, M.Sc, Ibu Susi Nurul Khalifah, M.Si, dan Bapak Hanapi, M.Sc selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak arahan, masukan, serta motivasi dalam membimbing penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
6. Ibu Elok Kamilah Hayati, M.Si, selaku dosen penguji yang telah banyak memberikan masukan dan saran, sehingga skripsi ini bisa menjadi lebih baik.
7. Segenap dosen Jurusan Kimia atas segala ilmu dan bimbingannya.
8. Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maliki Malang atas bantuan dana penelitian melalui Kompetisi Penelitian Mahasiswa.
9. Seluruh laboran dan staf administrasi Kimia atas segala kontribusinya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
10. Teman-teman angkatan 2011 yang telah saling memotivasi dan membantu terselesainya skripsi ini.
11. Seluruh pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menambah khasanah ilmu pengetahuan. *Amin yaa robbal alamiin.*

Malang, 12 Mei 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR PERSAMAAN.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
ABSTRAK.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	8
1.3 Tujuan Penelitian.....	8
1.4 Batasan Masalah.....	8
1.5 Manfaat Penelitian.....	8
1.5.1 Bagi Penulis.....	8
1.5.2 Bagi Masyarakat.....	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Lumpur Lapindo.....	10
2.2 Zeolit Y.....	13
2.3 Sintesis Zeolit Y.....	16
2.4 Karakterisasi Sintesis Zeolit Y.....	20
2.4.1 <i>X-Ray Fluorescence (XRF)</i>	20
2.4.2 <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	21
2.4.3 <i>Fourier Transform Infra-Red (FTIR)</i>	25
2.5 Manusia Sebagai Kholifah di Bumi.....	28

BAB III METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	34
3.2 Alat dan Bahan	34
3.2.1 Alat	34
3.2.2 Bahan	34
3.3 Rancangan Penelitian	34
3.4 Tahapan Penelitian	35
3.5 Prosedur Penelitian	35
3.5.1 Preparasi Lumpur Lapindo	35
3.5.2 Ekstraksi SiO ₂ dari Lumpur Lapindo	36
3.5.3 Sintesis Zeolit Y tanpa Pemeraman	37
3.5.4 Sintesis Zeolit Y	37
3.5.5 Karakterisasi	38
3.5.5.1 <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF).....	38
3.5.5.2 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	38
3.5.5.3 Analisis <i>Fourier Transform Infra-Red</i> (FTIR).....	38
3.5.6 Analisis Data.....	39
3.5.6.1 Analisis Data Menggunakan Match! 2.....	39
3.5.6.2 Analisis Data Ukuran Kristal.....	39
3.5.6.3 Penentuan Parameter Kisi Menggunakan Program Rietica dengan Metode Le Bail	40

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Ekstraksi SiO ₂ dari Lumpur Lapindo	41
4.2 Sintesis Zeolit Y dari SiO ₂ Ekstrak Lumpur Lapindo.....	44
4.3 Karakterisasi	48
4.3.1 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	48
4.3.2 Ukuran Kristal	57
4.3.3 <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR)	59
4.4 Pemanfaatan Lumpur Lapindo dalam Perspektif Islam.....	62

BAB IV PENUTUP

5.1 Kesimpulan.....66

5.2 Saran.....66

DAFTAR PUSTAKA67

LAMPIRAN73

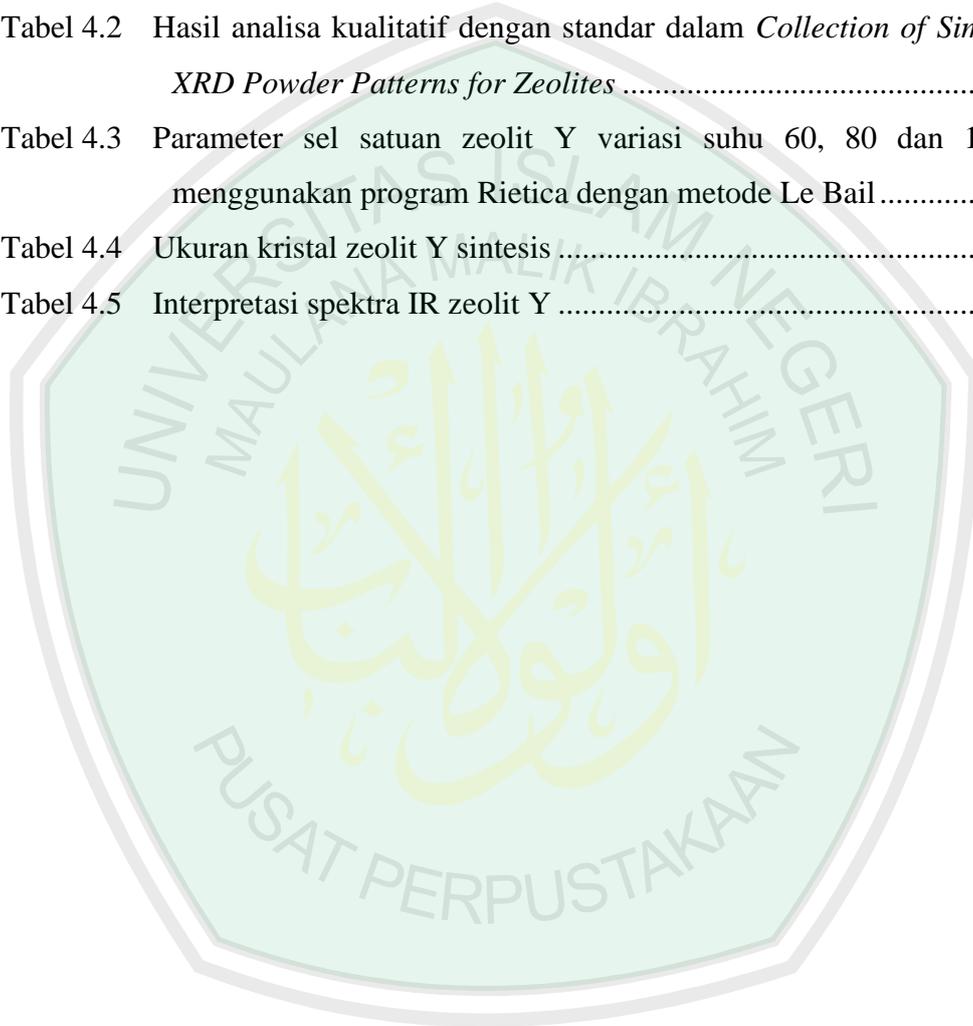


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Hasil XRD lumpur Lapindo dengan aktivasi HCl	12
Gambar 2.2. Hasil FTIR lumpur Lapindo dengan aktivasi HCl.....	12
Gambar 2.3 Kerangka <i>faujasite</i> dan unit penyusunnya: (a) <i>faujasite</i> (b) rongga <i>faujasite</i> (c) <i>window</i> (Salaman, 2004)	13
Gambar 2.4 (a) Zeolit Y (Monsalve, 2004) dan (b) Pori (Cavity/Supercage) zeolit Y.....	14
Gambar 2.5 Proses pembentukan kerangka zeolit.....	15
Gambar 2.6 Proses sol-gel	18
Gambar 2.7 Prinsip Kerja XRF	21
Gambar 2.8 Skema dari berkas sinar X yang memantulkan dari sinar kristal dengan mengikuti Hukum Bragg.....	22
Gambar 2.9 Pola difraktogram sampel zeolit Y	23
Gambar 2.10 Spektra IR zeolit Y	27
Gambar 4.1 Difraktogram SiO ₂ dari lumpur Lapindo	44
Gambar 4.2 Hasil zeolit Y variasi suhu 60, 80 dan 100 °C.....	48
Gambar 4.3 Hasil analisis kualitatif sintesis zeolit Y tanpa pemeraman	49
Gambar 4.4 Hasil analisis kualitatif zeolit dengan standar <i>Collection of Simulated XRD Powder Patterns for Zeolites</i>	50
Gambar 4.5 Hasil analisis sampel variasi 60° dengan program Match! 2	53
Gambar 4.6 Hasil analisis sampel variasi 80° dengan program Match! 2	54
Gambar 4.7 Hasil analisis sampel variasi 100° dengan program Match! 2	55
Gambar 4.8 Hasil karakterisasi zeolit Y sintesis dengan instrumen FTIR	59

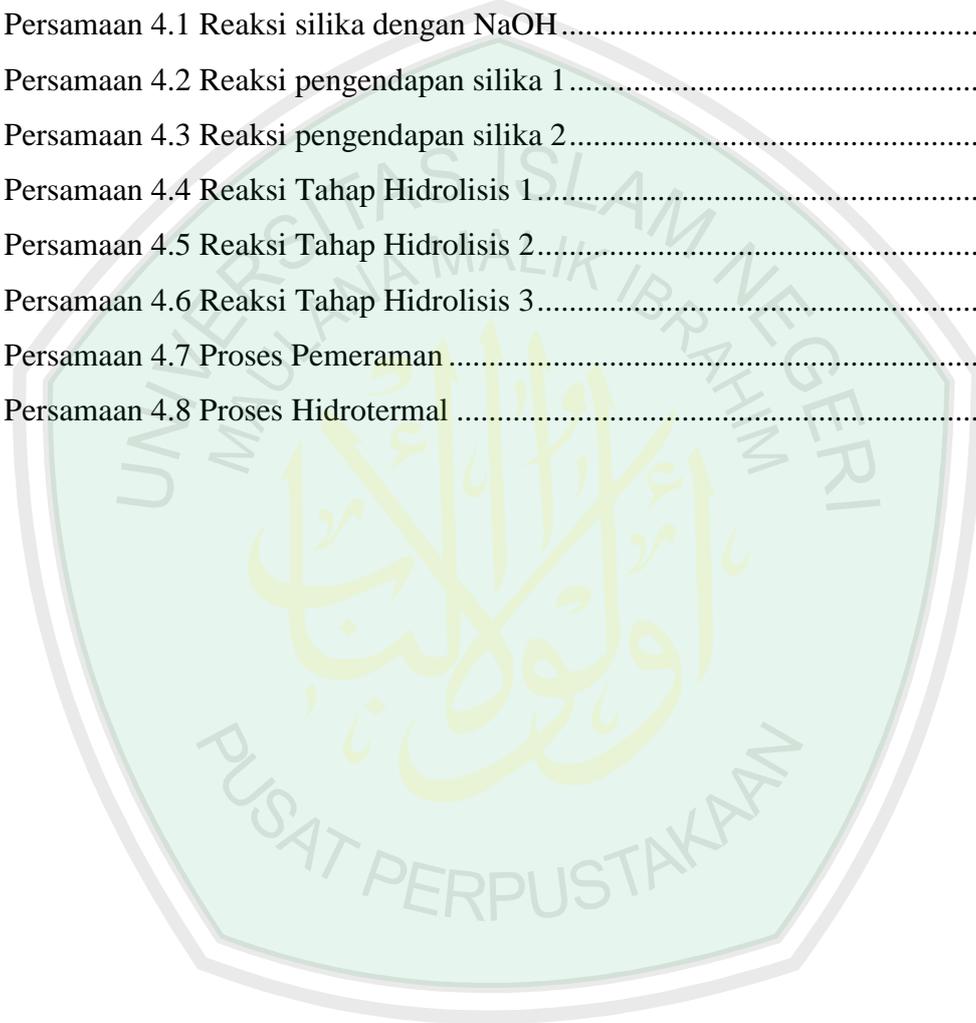
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Hasil analisa XRF lumpur Lapindo.....	11
Tabel 2.2	EDX lumpur Lapindo tanpa aktivasi.....	11
Tabel 2.3	Data bilangan gelombang spektra IR zeolit Y	28
Tabel 4.1	Hasil ekstraksi SiO ₂ dari lumpur Lapindo.....	43
Tabel 4.2	Hasil analisa kualitatif dengan standar dalam <i>Collection of Simulated XRD Powder Patterns for Zeolites</i>	51
Tabel 4.3	Parameter sel satuan zeolit Y variasi suhu 60, 80 dan 100 °C menggunakan program Rietica dengan metode Le Bail.....	57
Tabel 4.4	Ukuran kristal zeolit Y sintesis	58
Tabel 4.5	Interpretasi spektra IR zeolit Y	60



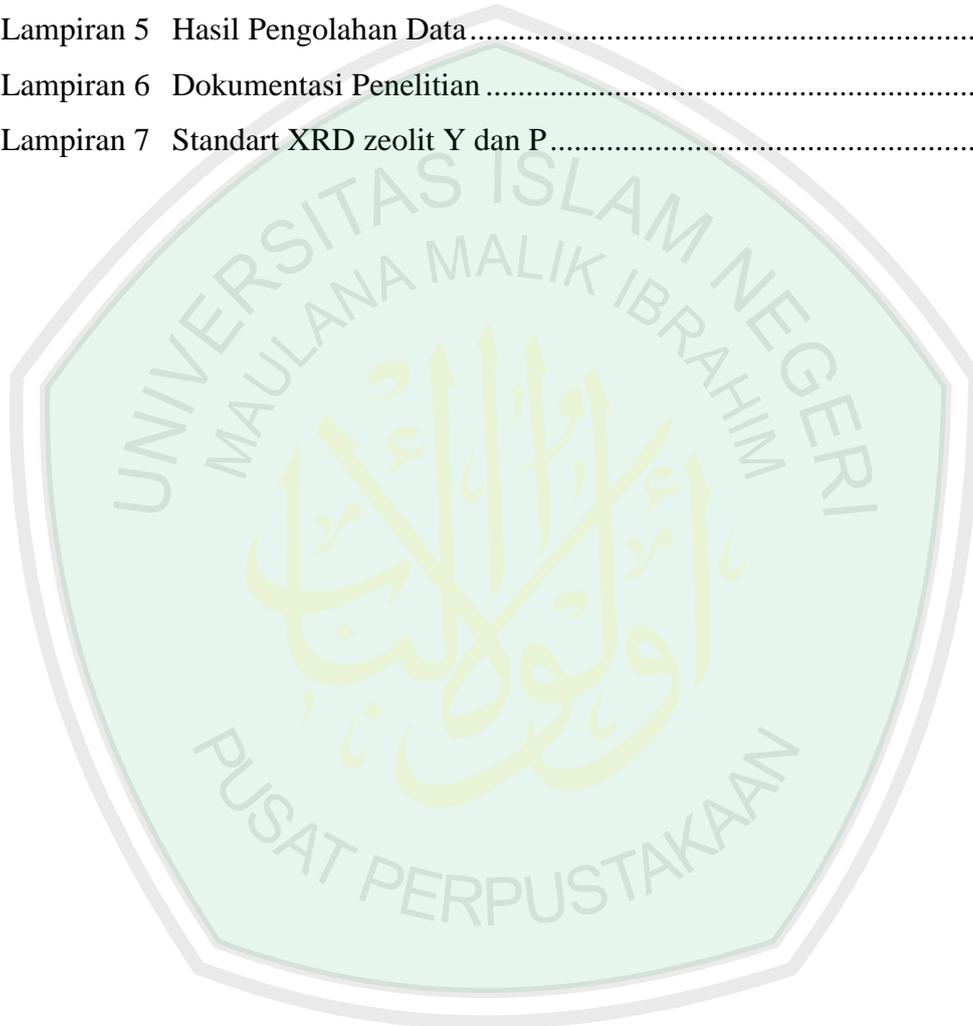
DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1 Persamaan Bragg	23
Persamaan 2.2 Persamaan residual	25
Persamaan 2.3 Persamaan <i>weighted profile</i> (Rwp).....	25
Persamaan 2.4 Persamaan matematis <i>goodness of fit</i> (GoF)	25
Persamaan 4.1 Reaksi silika dengan NaOH.....	42
Persamaan 4.2 Reaksi pengendapan silika 1.....	42
Persamaan 4.3 Reaksi pengendapan silika 2.....	42
Persamaan 4.4 Reaksi Tahap Hidrolisis 1.....	45
Persamaan 4.5 Reaksi Tahap Hidrolisis 2.....	45
Persamaan 4.6 Reaksi Tahap Hidrolisis 3.....	45
Persamaan 4.7 Proses Pemeraman	47
Persamaan 4.8 Proses Hidrotermal	47



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Skema Kerja.....	73
Lampiran 2	Perhitungan dalam Sintesis Zeolit Y	77
Lampiran 3	Perhitungan Larutan.....	79
Lampiran 4	Hasil Karakterisasi.....	81
Lampiran 5	Hasil Pengolahan Data.....	96
Lampiran 6	Dokumentasi Penelitian	100
Lampiran 7	Standart XRD zeolit Y dan P.....	101



ABSTRAK

Tyas, U. 2016. **Sintesis dan Karakterisasi Zeolit Y dari Lumpur Lapindo dengan Variasi Suhu Hidrotermal Menggunakan Metode Sol-Gel**. Skripsi. Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing I: Suci Amalia, M.Sc; Pembimbing II: Hanapi, M.Sc; Konsultan: Susi Nurul Khalifah, M.Si.

Kata kunci : Lumpur Lapindo, Metode Sol-Gel, Variasi Suhu Hidrotermal

Lumpur Lapindo memiliki kandungan silika yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan zeolit. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakter zeolit Y hasil sintesis dengan variasi suhu hidrotermal dan mengetahui pengaruh pemeraman terhadap proses sintesis.

Lumpur Lapindo dicuci dengan HCl untuk mengurangi logam-logam pengotor dilanjutkan dengan proses ekstraksi silika menggunakan metode titrasi asam basa. Sintesis zeolit dilakukan dengan rasio 2,43. Variasi suhu hidrotermal yang digunakan sebesar 60, 80, 100 °C dan 1 variasi suhu hidrotermal 100 °C tanpa pemeraman. Proses ini dilakukan dengan cara mencampurkan bahan dengan komposisi molar 10 Na₂O: 1 Al₂O₃: 15 SiO₂: 300 H₂O, pengadukan selama 30 menit dan diaram selama 24 jam, dilanjutkan dengan kristalisasi selama 48 jam. Karakterisasi meliputi penentuan kadar silika dengan XRF, kristalinitas dan kemurnian zeolit hasil sintesis dengan XRD, dan gugus fungsi dengan FTIR.

Analisis XRF menunjukkan kandungan ekstrak silika dari Lumpur Lapindo sebesar 96,8 %. Analisis XRD menunjukkan bahwa sintesis zeolit menghasilkan campuran zeolit Y dan P. Zeolit Y sintesis mempunyai kristalinitas dan kemurnian tertinggi pada variasi suhu 80 °C yaitu sebesar 95,83 %. Sintesis tanpa pemeraman menghasilkan silika amorf. Analisis FTIR menunjukkan puncak-puncak yang muncul merupakan gugus fungsi dari kerangka zeolit. Puncak khas dari zeolit tipe faujasit yang terjadi pada daerah bilangan gelombang 470-450 cm⁻¹. Ukuran kristal zeolit Y rata-rata dibawah 100 nm, perbandingannya variasi suhu 80 °C < 100 °C < 60 °C.

ABSTRACT

Tyas, U. 2016. **Synthesis and Characterization of Zeolite Y from Lapindo Mud with Temperature Variations Using Hydrothermal Method of Sol-Gel**. Thesis. Chemistry Department, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim Islamic State University of Malang. Supervisor I: Suci Amalia, M.Sc; Supervisor II: Hanapi, M.Sc; Consultant: Susi Nurul Khalifah, M.Si.

Keywords : Lapindo Mud, Sol-Gel Method, Temperature Variations, Zeolite Y.

Lapindo mud has silica content which can be used as raw material for the manufacture of zeolites. The purpose of this research is to know the character zeolite Y synthesis results with temperature variations and to know the influence of hydrothermal curing process synthesis.

Lapindo mud was washed with HCl to reduce pollutant metals continued with the process of extraction silica acid base titration method. Synthesis of zeolite is carried out by a ratio of 2,43. Hydrothermal temperature variations used by 60, 80, 100 °C and one 100 °C hydrothermal temperature variations without curing. This process is done by mixing the ingredients with the molar composition of 10 Na₂O: 1 Al₂O₃: 15 SiO₂: 300 H₂O, stirring for 30 minutes and aging for 24 hours, followed by crystallization during 48 hours. Characterization includes the determination of the levels of silica with XRF, crystallinity and purity of zeolite synthesis proceeds by XRD, and functional groups with FTIR.

XRF analysis shows the content of the extract silica from Lapindo Mud of 96,8%. XRD analysis showed that the synthesis of zeolites and zeolite mixture produces Y and P. Zeolite Y synthesis has the highest purity and crystallinity on variations in temperature 80 °C of 95,83%. Synthesis of amorphous silica without curing produces. FTIR analysis shows the peaks that appear is the functional group of the Zeolite Framework. The typical peaks of zeolite type faujasit that occurs in the area of wave number 470-1500 cm⁻¹. The size of the crystals zeolite Y average under 100 nm, the comparison of variation in temperature is 80 °C < 100 °C < 60 °C.

الملخص

تياس ، عو. ٢٠١٦. اصطناعي وخصائص زيوليت Y من وحل لابندو بتفاوت درجة الحرارة حيدراتيرمال باستخدام طريقة سول-جيل. البحث. قسم الكيمياء كلية العلوم والتكنولوجيا جامعة مولانا مالك إبراهيم الاسلامية الحكومية مالانج. المشرفة الأولى : سوجي عملية الماجستير، المشرف الثاني : احمد حنفي الماجستير، المستشار : سوسي نور الخليفة الماجستير.

كلمات البحث: وحل لابندو، طريقة سول-جيل، تنوع درجة الحرارة حيدراتيرمال

يشتمل لومبور لابندو السيليكا التي يمكن استخدامها كمادة خام لتصنيع الزيوليت. والغرض من هذا البحث هو معرفة خصائص زيوليت Y من توليف مع تفاوت درجات الحرارة ومعرفة تأثير الابدعية علي عملية التوليف.

يُغسل لومبور لابندو مع ٢ م HCl للحد من المعادن الملوثة ويستمر مع عملية استخراج سيليكا يستخدم أسلوب معايرة أسام باسا. يتم توليف زيوليت بنسبة ٢،٤٣. تفاوت درجة الحرارة المائية الحرارية المستخدمة من قبل ٦٠، ٨٠، ١٠٠ °C و ١ من تفاوت درجة الحرارة ١٠٠ °C دون علاج. تتم هذه العملية بخلط المكونات مع تكوين المولى ١٠ : Na₂O : Al₂O₃ : SiO₂ : H₂O ٣٠٠ : ١٥ ، إثارة لمدة ٣٠ دقيقة والمحتضنة لمدة ٢٤ ساعة، تليها تبلور خلال ٤٨ ساعة. ويشمل توصيف تحديد مستويات السيليكا مع XRF وكريستاليني ونقاء زيوليت توليف العائدات من زرد، وبالمجموعات الوظيفية. FTIR

ويبين تحليل XRF محتوى السيليكا مقتطف من الطين لابندو ٩٦.٨ في المائة. وقد أظهر أن تركيب الزيوليتات وخليط زيوليت تنتج زيوليت Y وزيوليت p. زيوليت Y توليف تحليل زرد أعلى درجات النقاء وكريستاليني على التغيرات في درجة الحرارة ٨٠ في المائة أي ٩٥.٨٣%. وتنتج توليف والسيليكا غير متبلور دون علاج. ويبين تحليل FTIR التي تظهر القمم هي المجموعة الوظيفية في "إطار الزيوليت". قمم نموذجية من زيوليت نوع فاوحاسيت التي تحدث في مجال موجه رقم ٤٧٠-١٥٠٠ سم^{-١}. متوسط حجم البلورات زيوليت Y أصغر من ١٠٠ نانومتر، مقارنة بتفاوت في درجة الحرارة قائد ٨٠ > ١٠٠ > ٦٠ °C

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lumpur Lapindo merupakan suatu bencana nasional dari pengeboran minyak oleh PT. Lapindo Brantas Inc. Mineral yang seharusnya berada di dalam tanah terangkat ke atas dalam bentuk lumpur yang dikenal sebagai lumpur panas Sidoarjo. Menurut Fadli, dkk. (2013) lumpur Lapindo memiliki banyak mineral alam yang berpotensi untuk dieksplorasi. Semburan lumpur panas Lapindo yang berlangsung di Kecamatan Porong Kabupaten Sidoarjo menghasilkan limbah yang sangat berlimpah sehingga membuat masyarakat terganggu jika limbah tersebut tidak dikelola dengan baik (Novianti, 2007). Aplikasi dari lumpur tersebut masih dalam taraf penelitian awal sehingga nilai jual dari limbah tersebut masih sangat rendah.

Allah SWT yang Maha Bijaksana tidak menurunkan cobaan sedemikian besar kecuali memberikan hikmah bagi mereka yang mau berfikir. Manusia wajib berprasangka baik terhadap Allah SWT sehingga menimbulkan keyakinan dan semangat perbaikan diri. Meskipun musibah ini diakibatkan oleh manusia sendiri, tetapi Allah masih memberikan kepercayaan kepada manusia untuk mengelolanya sejak ditunjuk sebagai khalifah di bumi seperti yang termaktub dalam ayat surat Al-Baqoroh ayat 30:

وَإِذْ قَالَ رَبُّكَ لِلْمَلٰٓئِكَةِ اِنِّيْ جَاعِلٌ فِى الْاَرْضِ خَلِيْفَةً ۗ قَالُوْۤا اَتَجْعَلُ فِيْهَا مَنْ يُفْسِدُ فِيْهَا
وَيَسْفِكُ الدِّمَآءَ وَنَحْنُ نُسَبِّحُ بِحَمْدِكَ وَنُقَدِّسُ لَكَ ۗ قَالَ اِنِّيْۤ اَعْلَمُ مَا لَا تَعْلَمُوْنَ ﴿٣٠﴾

Dan (ingatlah) tatkala Tuhan engkau berkata kepada Malaikat : Sesungguhnya Aku hendak menjadikan di bumi seorang khalifah. Berkata mereka : Apakah Engkau hendak menjadikan padanya orang yang merusak di dalamnya dan menumpahkan darah, padahal kami bertasbih dengan memuji Engkau dan memuliakan Engkau ? Dia berkata : Sesungguhnya Aku lebih mengetahui apa yang tidak kamu ketahui (Al-Baqoroh: 30)

Menurut tafsir Ibnu Katsir pertanyaan malaikat pada ayat diatas bukan bermaksud menentang Allah, bukan juga karena dorongan dengki terhadap manusia, sebagaimana yang diduga oleh sebagian ulama' tafsir. Tetapi malaikat bermaksud untuk meminta informasi dan pengetahuan tentang hikmah yang terkandung dalam penciptaan itu. Kemudian maksud dari jawaban Allah "*sesungguhnya Aku lebih mengetahui apa yang tidak kalian ketahui*" adalah Allah mengetahui hal-hal yang tidak diketahui malaikat menyangkut kemaslahatan yang jauh lebih kuat dalam penciptaan jenis makhluk ini daripada kerusakan-kerusakan yang malaikat sebutkan itu. Karena Allah akan menjadikan dari kalangan mereka nabi-nabi dan rasul-rasul; diantara mereka ada para siddiqin, para syuhadak, orang-orang sholeh, ahli ibadah, dan manusia-manusia ulul albab.

Ulul albab adalah istilah khusus yang dipakai Al-qur'an untuk menyebut sekelompok manusia pilihan semacam intelektual. Sehingga ayat itu memberikan keyakinan bahwa selain tabiat manusia yang membuat kerusakan, sebagian manusia (ulul albab) lain juga diberi kemampuan akal untuk memperbaiki dan memanfaatkan apa yang ada di bumi. Manusia dengan pengetahuannya yang tinggi dapat memanfaatkan lumpur Lapindo yang merupakan bagian dari alam.

Luapan lumpur Lapindo menyebabkan beberapa orang meneliti kandungan di dalamnya untuk mengambil senyawa-senyawa yang bermanfaat untuk digunakan dalam industri. Salah satunya hasil penelitian yang dilakukan oleh Jalil, dkk. (2010) bahwa kandungan senyawa yang ada dalam lumpur

Lapindo adalah Na_2O 5,59 %, MgO 2,62 %, Al_2O_3 23,80 %, SiO_2 53,40 %, Cl 2,89 %, K_2O 1,63 %, CaO 2,40 %, FeO 5,47 %. Ternyata silika dan alumina adalah komponen terbesar penyusun lumpur Lapindo. Untuk itu lumpur Lapindo mempunyai potensi yang sangat memungkinkan untuk digunakan sebagai salah satu pengembangan sumber produksi silika. Maka dari itu sumber silika yang besar pada lumpur Lapindo dapat digunakan sebagai bahan pembuatan zeolit.

Zeolit merupakan mineral alumina silikat terhidrat yang tersusun atas tetrahedral-tetrahedral alumina (Al_4^{5-}) dan silika (SiO_4^{4-}) yang membentuk struktur bermuatan negatif dan berongga terbuka/berpori. Berdasarkan asalnya zeolit dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu zeolit alam dan zeolit sintetis. Pertama adalah zeolit alam. Pada umumnya, zeolit alam dibentuk oleh reaksi dari air pori dengan berbagai material seperti gelas, *poorly crystalline clay*, *plagioklas*, ataupun silika. Bentuk zeolit mengandung perbandingan yang besar dari M^{2+} dan H^+ pada Na^+ , K^+ dan Ca^{2+} . Menurut Tsitsishvili, dkk (1992) bahwa zeolit alam selalu diperoleh dalam keadaan tidak murni, biasanya ada bersama-sama dengan mineral-mineral lain dan oksida-oksida bukan komponen zeolit, sedangkan jumlah dan jenis mineral komponen penyusun suatu zeolit dari satu daerah dengan daerah lain dapat berbeda, hal ini tergantung pada proses alam pada saat pembentukan zeolit.

Kedua adalah zeolit sintetis, yaitu mineral zeolit sintetis yang dibuat tidak sama persis dengan mineral zeolit alam. Zeolit sintetis mempunyai sifat fisis yang jauh lebih baik. Beberapa ahli menamakan zeolit sintetis sama dengan nama mineral zeolit alam dengan menambahkan kata sintetis di belakangnya, dalam dunia perdagangan muncul nama zeolit sintetis seperti zeolit A, zeolit K-C dll.

Zeolit sintetis terbentuk ketika gel yang terkristalisasi pada temperatur kamar sampai dengan 200 °C pada tekanan atmosferik ataupun autogenous. Metode ini sangat baik diterapkan pada logam alkali untuk menyiapkan campuran gel yang reaktif dan homogen (Breck, 1974). Struktur gel terbentuk karena polimerisasi anion aluminat dan silikat. Komposisi dan struktur gel hidrat ini ditentukan oleh ukuran dan struktur dari jenis polimerisasi. Zeolit dibentuk dalam kondisi hidrotermal, bahan utama pembentuknya adalah aluminat silikat (gel) dan berbagai logam sebagai kation. Komposisi gel, sifat fisik dan kimia reaktan, serta jenis kation dan kondisi kristalisasi sangat menentukan struktur yang diperoleh.

Pada penelitian ini dilakukan sintesis zeolit Y karena memiliki banyak manfaat. Diantaranya Zeolit Y dapat digunakan sebagai katalis dalam perengkahan minyak bumi Selain itu zeolit Y digunakan untuk memindahkan sulfur dioksida (SO₂) dari suatu gas sisa dengan cara absorpsi. Zeolit Y juga dapat digunakan sebagai bahan bangunan dan ornamen, bahan puzolan dan semen portland-puzolan, bahan agregat ringan, bahan pengembang dan pengisi, bahan pembuat tapal gigi, dll (Saputra, 2006).

Bahan utama sintesis zeolit Y adalah silika yang dapat diperoleh dari bahan alam atau dari hasil sintesis (silika sintetis) (Ulfah, dkk., 2006). Silika sintetis lebih bersih dari mineral – mineral pengotor sehingga akan menghasilkan zeolit yang lebih murni. Namun silika sintetis cukup sulit didapatkan. Menurut Hanafi dan Nandang (2011) silika sintetis terbentuk pada suhu pengabuan 500 – 600 °C selama 4 jam, sedangkan pada suhu pengabuan 700 – 800 °C selama 4 jam terbentuk fasa kristalinnya.

Silika dari bahan alam dapat digunakan sebagai alternatif untuk mengurangi biaya sintesis zeolit (Ulfah, dkk., 2006). Namun silika dari bahan alam umumnya ditemukan dengan kemurnian rendah, yaitu masih bercampur dengan senyawa – senyawa pengotor lain. Bahan alam ini apabila digunakan untuk mensintesis zeolit Y maka akan menghasilkan zeolit dengan kristalinitas rendah. Penelitian-penelitian sebelumnya tentang zeolit Y mengindikasikan bahwa proses sintesis dari bahan alami secara kuantitatif masih belum banyak. Usaha-usaha sebelumnya untuk mensintesis zeolit Y hanya menghasilkan produk reaksi dengan kandungan zeolit Y lebih rendah dari 50 % (Yoshida dan Inoue, 1986). Namun demikian, zeolit Y mudah disintesis dari $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ gel yang dibuat dari reagen kimia murni, dengan atau tanpa penambahan benih (Barrer, 1982).

Penelitian Vaughan, dkk. (1979) mengungkapkan berbagai metode untuk mensintesis jenis zeolit Y dimana sumber silika, alumina, natrium hidroksida dan air dicampur lalu dibagi pusat nukleasi alumino-silikat. Dalam mensintesis zeolit yang khas sebelum mencampur semua bahan adalah direaksikan pada suhu sekitar $100\text{ }^\circ\text{C}$, untuk mendapatkan jenis zeolit Y dalam hasil yang sesuai dengan reaktan alumina. Namun, sampai saat ini, metode penemuan sebelumnya paling praktis untuk mensintesis jenis zeolit Y hanya memerlukan natrium hidroksida dan silikat, terutama dimana jumlah komersial dari jenis zeolit Y yang memiliki kemurnian tinggi diperoleh dari zeolit yang memiliki silika relatif tinggi untuk rasio alumina, yaitu $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ lebih dari sekitar 4,5.

Silika perlu diekstrak dari lumpur Lapindo untuk mendapatkan kemurnian yang lebih tinggi. Ekstraksi dapat dilakukan dengan berbagai metode. Salah satu

metode ekstraksi SiO_2 dari lumpur Lapindo adalah menggunakan NaOH yang akan menghasilkan larutan Na_2SiO_3 dan kemudian ditambahkan HCl sehingga didapat endapan silika (Sodiq, dkk. 2012). Menurut Fadli, dkk (2013) yang mengekstraksi lumpur Lapindo menggunakan metode kontinyu dengan merendam dalam HCl dan direaksikan dengan KOH 10 M sehingga didapatkan kemurnian SiO_2 sebesar 98,81 %. SiO_2 dengan kemurnian tinggi merupakan bahan yang sangat berpotensi menghasilkan silika sintesis murni. Zeolit sintesis yang dihasilkan dari bahan ekstraksi silika memiliki kelebihan, yaitu tingkat kemurnian yang tinggi.

Sintesis Zeolit Y dapat dilakukan pada rasio Si/Al antara 1,5 – 3 (Kasmui., dkk. 2008). Pada penelitian ini, sintesis zeolit Y dilakukan dengan rasio Si/Al 2,43 untuk menyeimbangkan pH pada metode hidrotermal agar dapat terbentuk kristal zeolit (Fathizadeh dan Ordou, 2011). Sintesis zeolit Y dapat dilakukan pada rasio Si/Al 2,43 dikarenakan pada rasio ini merupakan distribusi dari daerah di antara puncak NaY pada spektrum yang mana merupakan karakteristik dari faujasit (Ginter, Bell, & Radke, 1992).

Sintesis zeolit ini dilakukan dengan menggunakan metode sol-gel dan suhu hidrotermal. Beberapa keuntungan menggunakan metode sol-gel dalam sintesis zeolit adalah karena metode ini menghasilkan derajat kristalinitas dan kemurnian yang tinggi, memperkecil distribusi ukuran partikel, selain itu sintesisnya satu tahap (Romimoghadam, dkk., 2012). Keuntungan menggunakan metode hidrotermal adalah dapat dilakukan pada suhu rendah dan juga dapat menghasilkan produk kristal yang homogen, tidak membutuhkan waktu banyak dan menjaga kemurnian bahan karena sampel dimasukkan ke dalam teflon dan

bejana baja (reaktor hidrotermal) yang tertutup rapat sehingga terjaga dari kontaminasi luar (Sugiarti, 2012). Menurut Jumaeri, dkk., (2007) fenomena yang muncul akibat kenaikan suhu menyebabkan bertambahnya intensitas fase kristalin dan semakin berkurangnya fase amorf. Hal ini menunjukkan adanya kenaikan kristalinitas produk hidrotermal akibat kenaikan suhu.

Hasil akhir dari sintesis zeolit dipengaruhi beberapa faktor, salah satunya ialah suhu hidrotermal. Menurut Kondru., dkk. (2011) pada sintesis zeolit Y dari abu terbang (*fly ash*) dengan suhu hidrotermal 100 °C selama 10 jam dan 90 °C selama 17 jam menghasilkan kristalinitas 65,79 % dan 45,3 %. Pada penelitian Sang, dkk. (2005) didapatkan hasil sintesis zeolit Y menggunakan variasi suhu hidrotermal 40, 60, dan 100 °C. Pada suhu 40 °C masih berupa amorf, suhu 60 dan 100 °C terbentuk zeolit Y dengan kristalinitas yang semakin tinggi seiring bertambahnya suhu, sedangkan pada suhu 120 °C menghasilkan produk campuran antara zeolit Y dan P (*phillipsite*). Pada penelitian Christidis., dkk. (2008) didapatkan zeolit Y dengan kemurnian 95% menggunakan pemeraman 24 jam dan kristalisasi selama 12 jam dengan $95 \pm 1^\circ\text{C}$.

Pada penelitian ini akan dilakukan sintesis zeolit Y dari lumpur Lapindo sebagai sumber silika menggunakan variasi suhu hidrotermal 60, 80, dan 100 °C. Hasil sintesis zeolit Y ini akan dikarakterisasi menggunakan XRF untuk mengetahui *persentase* kandungan silikanya. XRD (*X-Ray Diffraction*) untuk mengetahui tingkat kristalinitas dan kemurnian zeolit Y hasil sintesis dan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) untuk menganalisa gugus fungsi zeolit Y hasil sintesis.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah diuraikan, rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana hasil karakterisasi zeolit Y sintesis dari lumpur Lapindo dengan variasi suhu hidrotermal menggunakan metode sol-gel?

1.3 Tujuan

Tujuan pada penelitian ini adalah untuk mengetahui karakter hasil sintesis zeolit Y dari lumpur Lapindo dengan variasi suhu hidrotermal menggunakan metode sol-gel.

1.4 Batasan Masalah

1. Sumber silika yang digunakan untuk sintesis zeolit Y dari lumpur Lapindo Sidoarjo.
2. Parameter yang digunakan adalah variasi suhu hidrotermal 60, 80 dan 100 °C.
3. Karakterisasi yang digunakan pada hasil sintesis zeolit adalah XRD dan FTIR.
4. Rasio molar Si/Al = 2,43.

1.5 Manfaat Penelitian

1.5.1 Bagi Penulis

Dapat mengetahui hubungan langsung antara ilmu kimia teoritis dan praktis khususnya pada proses sintesis zeolit Y dari lumpur Lapindo Sidoarjo yang telah diperoleh selama penelitian.

1.5.2 Bagi Masyarakat

Dapat memberikan informasi tentang proses sintesis zeolit Y dari lumpur Lapindo Sidoarjo yang efektif dengan variasi waktu hidrotermal, sehingga masyarakat lebih dapat memanfaatkan lumpur tersebut.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lumpur Lapindo

Lumpur Lapindo Sidoarjo merupakan lumpur panas yang menyembur keluar pada saat pengeboran minyak bumi di Dusun Balongnongo Desa Renokenongo Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo Jawa Timur, sejak tanggal 29 Mei 2006. Pada awalnya volume rata-rata semburan mencapai ± 100.000 m³/hari. Pada tahun 2012 volume lumpur yang keluar sebesar 25.000-50.000 m³/hari menurut data BPLS (Badan Penanggulangan Lumpur Sidoarjo, 2012). Akibat dari penyemburan lumpur Sidoarjo ini adalah tergenangnya tanah pemukiman warga Porong seluas ± 700 ha. Dampak lainnya adalah akumulasi volume lumpur yang terus bertambah sehingga menyebabkan tanggul penampungan penuh dan tidak mampu menampung lumpur yang keluar lagi. Faktanya tanggul yang digunakan untuk menampung lumpur sekarang sudah mencapai tinggi antara 11-12 meter. Hal ini menjadi pertimbangan karena semakin tinggi tanggul maka semakin beresiko untuk terjadinya tanggul jebol. Hal ini sangat dihindarkan karena letak tanggul persis di sebelah jalan raya yang biasa digunakan untuk menghubungkan kota Surabaya-Malang, sehingga dapat membahayakan pengguna jalan raya. Oleh karena itu pihak BPLS membuang sebagian lumpur ke sungai Porong, namun hal ini memiliki dampak negatif (Valentino, dkk., 2012). Fenomena tersebut membuat berbagai pihak melakukan penelitian guna memperoleh solusi yang tepat.

Salah satu hasil penelitian yang dilakukan Jalil, dkk (2010) menunjukkan bahwa lumpur Lapindo memiliki densitas yang tinggi karena kandungan oksida dan ukuran partikel-partikelnya. Karakter dari lumpur Lapindo terlihat pada Tabel 2.1 :

Tabel 2.1 Hasil analisa XRF lumpur Lapindo

No.	Unsur	Berat (%)
1	SiO ₂	53,40
2	Al ₂ O ₃	23,80
3	Na ₂ O	5,59
4	Fe ₂ O ₃	5,47
5	Cl	2,89
6	MgO	2,62
7	CaO	2,40
8	K ₂ O	1,63
9	SO ₃	1,24
10	TiO ₂	0,63

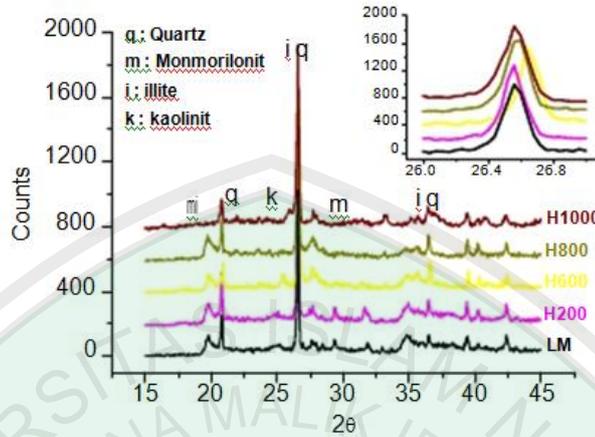
Sedangkan menurut Mustopa dan Risanti (2013) bahwa unsur terbanyak pada lumpur Lapindo adalah O, Si, dan Al sehingga lumpur didominasi senyawa alumina (Al₂O₃) dan silika (SiO₂). Hal ini berdasarkan angka hasil EDX lumpur tidak teraktivasi pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 EDX lumpur Lapindo tanpa aktivasi

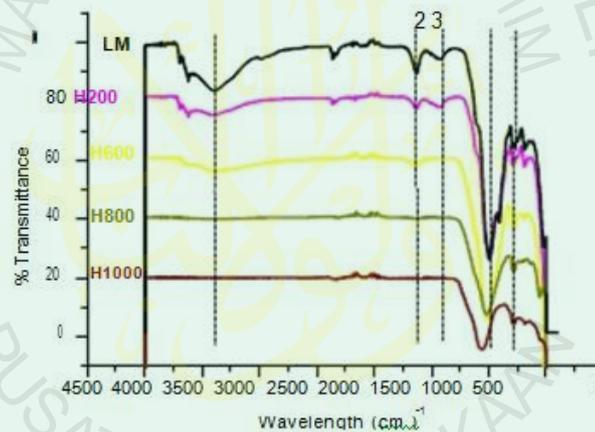
Jenis Unsur	Wt%	At%
O	41,81	56,54
Al	15,21	12,70
Si	29,56	22,25
lainnya	13,43	8,51

Pola difraksi XRD pada Gambar 2.1 menunjukkan bahwa puncak yang tertinggi berada pada (2θ) 26° yang dimiliki oleh quartz atau illite (ICCD No. 00-003-0427; ICCD No. 01-078-5140). Lumpur yang diaktivasi dengan HCl akan

memiliki puncak lebih tinggi dibandingkan dengan aktivasi basa (Mustopa dan Risanti, 2013).



Gambar 2.1 Hasil XRD lumpur Lapindo dengan aktivasi HCl



Gambar 2.2 Hasil FTIR lumpur Lapindo dengan aktivasi HCl

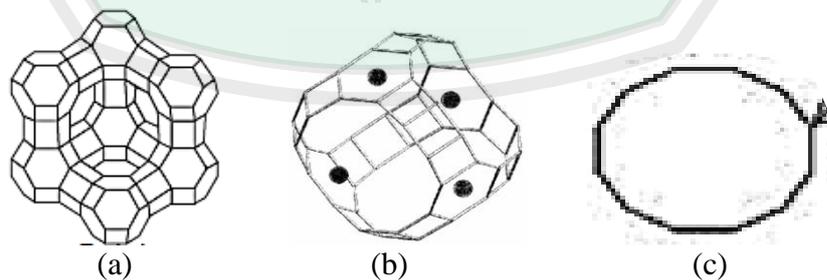
Menurut Bakri, dkk., (2012) bahwa hasil analisa FTIR pada Gambar 2.2 menunjukkan bahwa seluruh puncak yang muncul berkurang terhadap peningkatan suhu kalsinasi. Terdapat 5 jenis puncak yang digambarkan dengan garis lurus. Puncak yang pertama pada $\lambda=3400 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan ikatan O-H-O. Sedangkan puncak yang kedua pada $\lambda= 1640 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan gugus hidroksil (-OH). Puncak yang ketiga pada $\lambda= 1410 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan ikatan O-C-O. Puncak keempat pada $\lambda= 1000 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan ikatan antara unsur Si

dan Al, sedangkan puncak kelima pada $\lambda = 800 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan ikatan Si-O-OH.

Menurut Agus Farid dkk. (2013) yang telah melakukan penelitian terhadap kandungan lumpur Lapindo, didapatkan bahwa kandungan silika dalam material lumpur Lapindo mencapai 46,7 %. Dari hal tersebut dapat disimpulkan bahwa material lumpur Lapindo memiliki potensi yang cukup besar untuk dijadikan sebagai sumber silika di Indonesia (Fauzan, dkk., 2013). Oleh karena itu bisa dijadikan sumber silika dalam pembuatan zeolit Y.

2.1 Zeolit Y

Setiap zeolit dibedakan berdasarkan komposisi kimia, struktur, sifat kimia dan sifat fisika yang terkait dengan strukturnya. *Faujasite* merupakan jenis zeolit yang tersusun dari 10 unit sangkar beta sebagai unit pembangun sekundernya (Gambar 2.3.a). Perbedaan *faujasite* dengan jenis zeolit yang lain adalah pada komposisi dan distribusi kation, rasio Si/Al dan keteraturan Si/Al pada pusat tetrahedral.

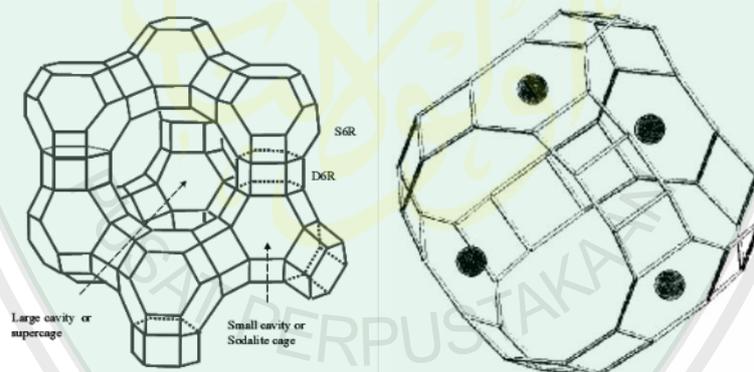


Gambar 2.3 Kerangka *faujasite* dan unit penyusunnya: (a) *faujasite* (b) rongga *faujasite* (c) *window* (Salaman, 2004)

Setiap unit sangkar β penyusun *faujasite* dihubungkan melalui cincin S6R (*single six ring*) membentuk rongga yang berbentuk seperti atom karbon dalam

intan (*diamond*) (Gambar 2.3.b). Rongga *faujasite* tersusun dari delapan belas unit S4R (*single four ring*), empat unit S6R dan empat unit segi dua belas yang merupakan *window* rongga (Gambar 2.3.c) (Salaman, 2004).

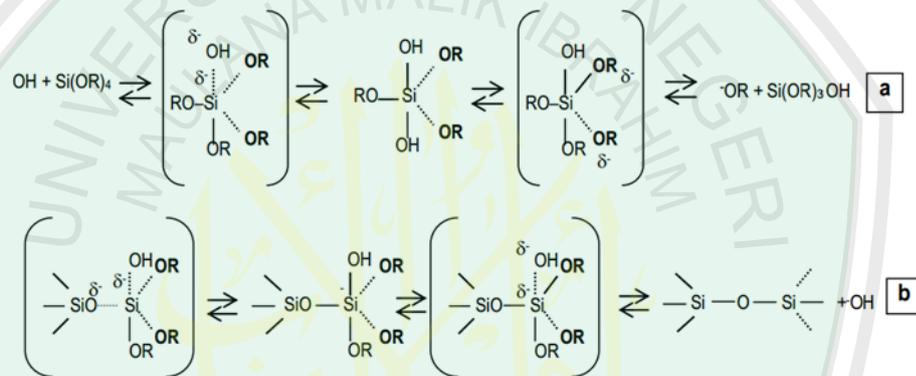
Salah satu jenis *faujasite* yang banyak dikembangkan ialah zeolit Y. Zeolit Y merupakan zeolit sintetik jenis faujasit yang kaya akan silika dengan bentuk struktur SBU D6R (Zahro dkk, 2014). Rasio molar untuk zeolit Y adalah rentang rasio 1-3 (Saputra dkk, 2006). Zeolit Y biasanya berbentuk Na-zeolit dengan rumus kimia $\text{Na}_{56}(\text{AlO}_2)_{56}(\text{SiO}_2)_{136} \cdot 25\text{H}_2\text{O}$, mempunyai simetri kubik dengan panjang sisi unit sel sebesar $24,345 \text{ \AA}$. Sel satuan adalah sel terkecil yang masih menunjukkan sistem kristalnya (Hwang et al., 2000) Struktur dasar zeolit Y dan pori (*supercage*) zeolit Y disajikan dalam Gambar 2.4.



Gambar 2.4 (a) Zeolit Y (Monsalve, 2004) dan (b) Pori (*Cavity/Supercage*) zeolit Y (Koller, dkk., 1997)

Struktur zeolit Y terdiri dari muatan negatif, kerangka tiga dimensi *tetrahedral* SiO_4 dan AlO_4 yang bergabung membentuk *oktahedral* terpancung (*sodalite*), seperti pada Gambar 2.4. Jika 6 buah *sodalite* terhubung oleh prisma *hexagonal* akan membentuk tumpukan *tetrahedral*. Jenis tumpukan ini membentuk lubang besar (*supercages*) dan berdiameter 13 \AA . Lubang-lubang

(*supercages*) dapat terbentuk dari 4 kristal *tetrahedral* yang tersebar, yang masing-masing mempunyai 12 cincin oksigen dan berdiameter 7,4 Å. Lubang-lubang tersebut bila saling bersambung (12) maka akan membentuk sistem pori-pori yang besar dari zeolit. Setiap atom aluminium di koordinat *tetrahedral* dalam kerangka membawa muatan negatif. Muatan negatif dalam kerangka ini digantikan oleh kation yang berada diposisi kerangka non spesifik (Szostak, 1989).



Gambar 2.5 Proses pembentukan kerangka zeolit (Feijen, dkk., 1994)

Adanya konsentrasi ion OH^- yang relatif besar dalam sistem larutan/gel silikat-aluminat pada proses pembentukan zeolit akan meningkatkan rasio Si/Al terlarut namun hal tersebut juga dapat menyebabkan terjadinya proses hidrolisis gel silikat-aluminat dan menyebabkan terbentuknya keadaan transisi Si dalam bilangan koordinasi lima yang akan melemahkan terjadinya ikatan siloksan. Peningkatan ion OH^- dalam sistem gel silika aluminat juga menyebabkan penurunan kemampuan hidrolisis (Gambar 2.5.a) dan kemampuan kondensasi (Gambar 2.5.b) spesies silikat melalui proses deprotonasi, namun akan meningkatkan laju pembentukan kerangka silika alumina (Feijen, dkk., 1994).

Peningkatan laju kristalisasi tersebut mengakibatkan pembentukan kerangka silika alumina cenderung mengarah ke struktur silika alumina yang memiliki kestabilan relatif lebih tinggi dan lebih mudah terbentuk, dalam hal ini adalah struktur kerangka hidroksi sodalit. Sedangkan proses pembentukan kerangka faujasit membutuhkan laju kristalisasi yang relatif lambat dengan rasio Si/Al sistem gel silika-alumina relatif tinggi (Feijen, dkk., 1994).

2.3 Sintesis Zeolit Y

Metode yang sering digunakan dalam sintesis zeolit Y ialah mencampurkan semua bahan sehingga membentuk gel yang disebut dengan sol gel. Proses sol gel dapat didefinisikan sebagai proses pembentukan senyawa anorganik melalui reaksi kimia dalam larutan pada suhu rendah, dimana dalam proses tersebut terjadi perubahan fasa dari suspensi koloid (sol) membentuk fasa cair kontinyu (gel) (Fernandez, 2011).

Proses sol gel dapat didefinisikan sebagai proses pembentukan senyawa anorganik melalui reaksi kimia dalam larutan pada suhu rendah. Proses tersebut terjadi perubahan fasa dari suspensi koloid (sol) membentuk fasa cair kontinyu (gel) (Fernandez, 2011).

A. Hidrolisis

Pada tahap pertama logam prekursor (alkoksida) dilarutkan dalam alkohol dan terhidrolisis dengan penambahan air pada kondisi asam, netral atau basa menghasilkan sol koloid. Faktor yang sangat berpengaruh terhadap proses hidrolisis adalah rasio air/prekursor dan jenis katalis hidrolisis yang digunakan. Peningkatan rasio pelarut/prekursor akan meningkatkan reaksi hidrolisis yang

mengakibatkan reaksi berlangsung cepat sehingga waktu gelasi lebih cepat (Fernandez, 2011).

B. Kondensasi

Tahapan ini terjadi proses transisi dari sol menjadi gel. Reaksi kondensasi melibatkan senyawa hidroksil untuk menghasilkan polimer dengan ikatan M-O-M. Pada berbagai kasus, reaksi ini juga menghasilkan produk samping berupa air atau alkohol (Fernandez, 2011).

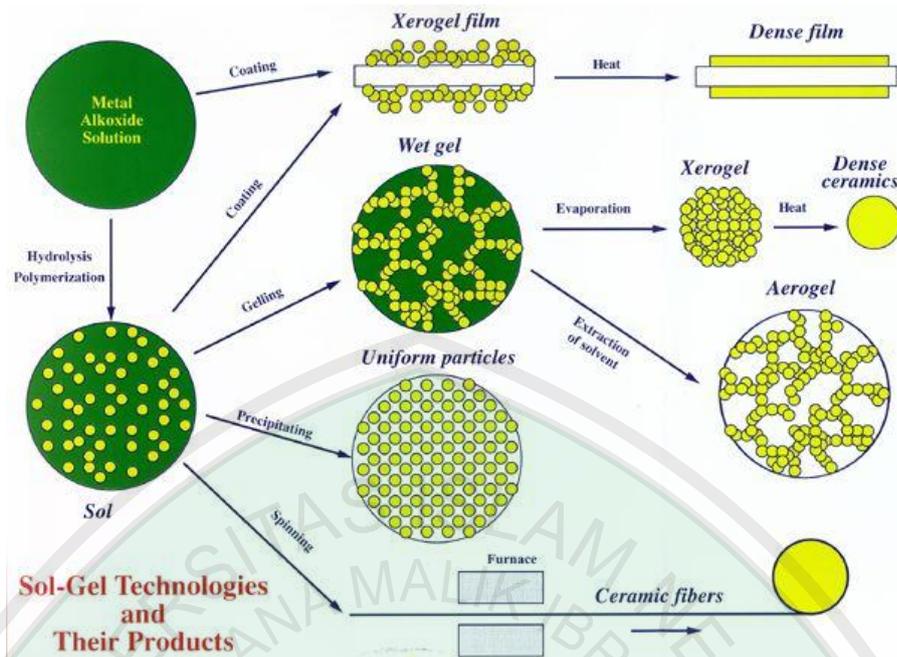
C. Pemeraman (Ageing)

Setelah reaksi hidrolisis dan kondensasi, dilanjutkan dengan proses pematangan gel yang terbentuk. Proses ini lebih dikenal dengan proses ageing. Pada proses pematangan ini, terjadi reaksi pembentukan jaringan gel yang lebih kaku, kuat, dan menyusut di dalam larutan (Fernandez, 2011).

D. Pengeringan

Tahapan terakhir adalah proses penguapan larutan dan cairan yang tidak diinginkan untuk mendapatkan struktur sol gel yang memiliki luas permukaan yang tinggi (Fernandez, 2011).

Proses pembuatan sol-gel dalam sintesis zeolit Y dilakukan untuk mendapatkan xerogel yang akan dijadikan powder dengan proses pemanasan. Hal ini dijelaskan dalam Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Proses sol-gel (Widodo, 2010)

Metode sol-gel dikenal sebagai salah satu metode sintesis nanopartikel yang cukup sederhana dan mudah. Metode ini merupakan salah satu “*wet method*” karena pada prosesnya melibatkan larutan sebagai medianya. Pada metode sol-gel, sesuai dengan namanya larutan mengalami perubahan fase menjadi sol (koloid yang mempunyai padatan tersuspensi dalam larutannya) dan kemudian menjadi gel (koloid tetapi mempunyai fraksi solid yang lebih besar daripada sol) (Fernandez, 2011).

Kelebihan metode sol gel dibandingkan dengan metode konvensional, antara lain (Fernandez, 2011):

- a. Kehomogenan yang lebih baik
- b. Kemurnian yang tinggi
- c. Suhu relatif rendah
- d. Tidak terjadi reaksi dengan senyawa sisa
- e. Kehilangan bahan akibat penguapan dapat diperkecil
- f. Mengurangi pencemaran udara

Gel yang terbentuk ini kemudian dipanaskan dengan menggunakan metode hidrotermal. Pemanasan dengan menggunakan hidrotermal melibatkan air dan panas, dimana larutan prekursor dipanaskan pada temperatur relatif tinggi ($\pm 100\text{ }^{\circ}\text{C}$) dalam wadah tertutup. Keadaan tersebut dimaksudkan agar terjadi kesetimbangan antara uap air dan larutan. Wadah yang tertutup menjadikan uap air tidak akan keluar, sehingga tidak ada bagian dari larutan yang hilang dan komposisi larutan prekursor tetap terjaga (Oye, dkk., 2001).

Hidrotermal merupakan proses kristalisasi dalam sintesis zeolit Y, proses ini dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor (Szostak, 1989), yaitu:

1. Komposisi larutan, yang terdiri dari $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, $[\text{OH}^-]$, kation anorganik dan organik, anion (selain $[\text{OH}^-]$), $[\text{H}_2\text{O}]$.
2. Waktu kristalisasi.
3. Suhu kristalisasi.
4. Beberapa faktor pengadukan, misalnya senyawa tambahan, jenis pengaduk, tipe arah pengaduk.

Menurut Akbar, dkk. (2011), peningkatan temperatur pada sintesis zeolit akan mempercepat pembentukan kristal dan meningkatkan ukuran kristal yang diperoleh. Tujuan kajian pengaruh temperatur adalah ingin mendapatkan kondisi temperatur sintesis yang optimum dalam mensintesis zeolit. Peningkatan temperatur pada sintesis zeolit tertentu akan mempercepat laju pertumbuhan kristal.

Temperatur berperan penting pada sintesis zeolit Y, karena dapat memudahkan proses pengeringan dan pembentukan kristal. Berdasarkan penelitian Prasetya (2009) pemanasan dilakukan mula-mula pada suhu $25\text{ }^{\circ}\text{C}$

untuk mengetahui ada tidaknya pengurangan molekul air pada suhu 25 °C. Pemanasan berikutnya pada suhu 200 – 500 °C bertujuan untuk menghilangkan molekul air yang berada pada zeolit Y. Variasi temperatur dilakukan dengan rentang 50 °C, tujuannya untuk mengetahui perubahan jumlah molekul air dan ukuran pori zeolit Y setiap kenaikan temperatur 50 °C.

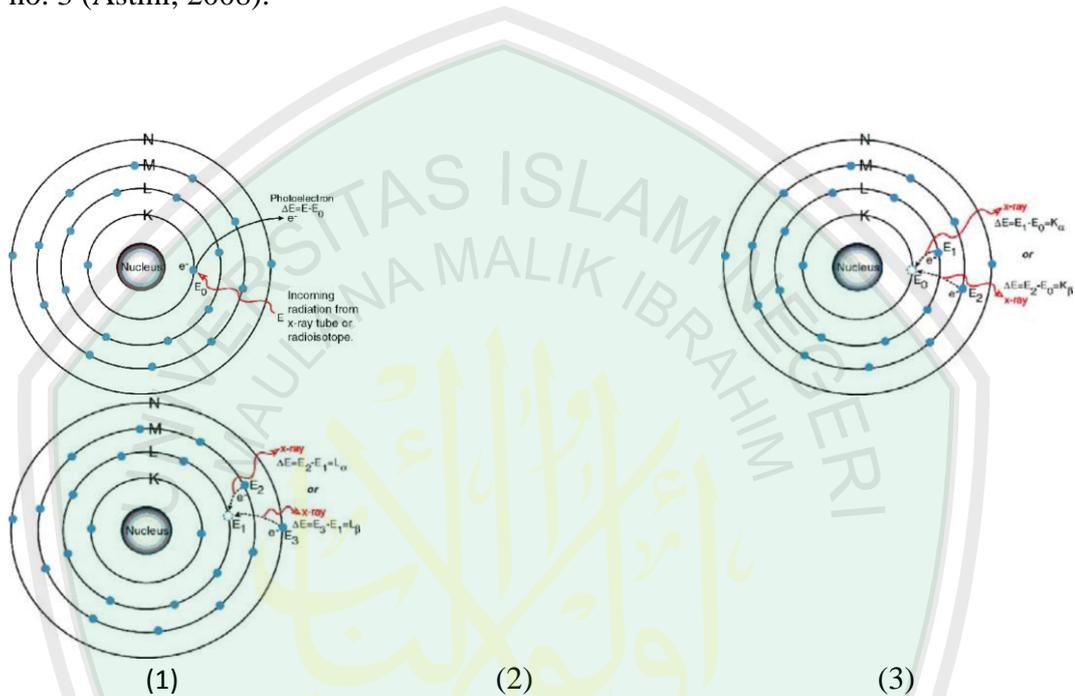
Sintesis zeolit Y dilakukan dengan rasio molar $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 2,43 dalam kondisi hidrotermal pada tekanan atmosfer (Fathizadeh dan Ordou, 2011). Hasilnya menunjukkan bahwa zeolit Y dapat dibuat dengan komposisi molar 10 Na_2O : 1 Al_2O_3 : 15 SiO_2 : 300 H_2O dengan suhu temperatur kristalisasi antara 60 – 100 °C selama 12 jam. Rasio $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ akan berpengaruh pada ukuran kristal zeolit, kristalinitas zeolit, luas permukaan zeolit dan keasaman dari zeolit (Sang, dkk., 2005).

2.4 Karakterisasi Sintesis Zeolit Y

2.4.1 *X-Ray Fluorescence (XRF)*

XRF merupakan salah satu metode analisis yang digunakan untuk analisis unsur dalam bahan secara kualitatif dan kuantitatif. Prinsip kerja metode analisis XRF berdasarkan terjadinya tumbukan atom-atom pada permukaan sampel (bahan) oleh sinar-X dari sumber sinar-X (Jenkin, 1988). Bagian dari skema XRF ditunjukkan Gambar 2.7 no. 1 menunjukkan selama proses jika *x-ray* mempunyai energi yang cukup maka elektron akan terlempar dari kulitnya yang lebih dalam (tereksitasi), menciptakan lowongan pada kulitnya, lowongan itu mengakibatkan kondisi yang tidak stabil pada atom. Untuk menstabilkan kondisi maka elektron dari luar ditransfer untuk menutupi lowongan

tersebut seperti ditunjukkan no. 2. Proses tersebut memberikan karakteristik dari *x-ray*, yang energinya berasal dari perbedaan energi ikatan antar kulit yang berhubungan. Karena sepektrum *x-ray* maka pada saat penyinaran suatu material akan didapatkan *multiple peak* pada intensitas yang berbeda, seperti pada Gambar no. 3 (Astini, 2008).



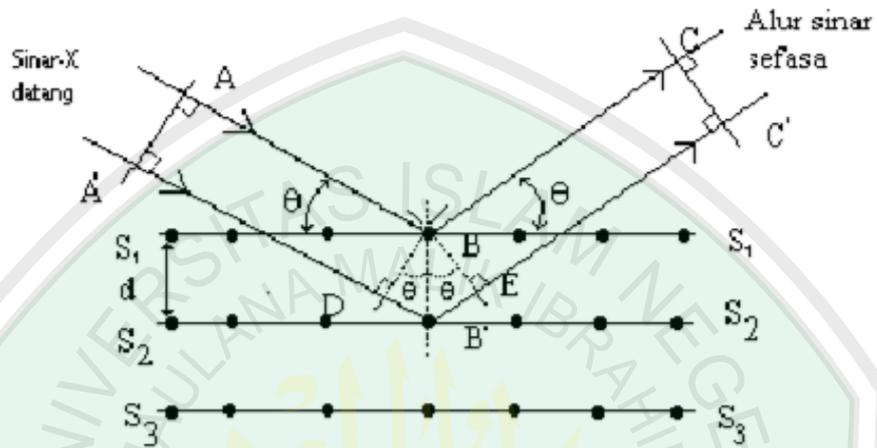
Gambar 2.7 Prinsip kerja XRF (dimulai dari no 1 - 3) (Astini, 2008)

2.4.2 X-Ray Diffraction (XRD)

Difraksi sinar-X merupakan suatu metode analisis yang didasarkan pada interaksi antara materi dengan radiasi elektromagnetik sinar-X yaitu pengukuran radiasi sinar-X yang terdifraksi oleh bidang kristal. Penghamburan sinar-X oleh unit-unit pada kristal, akan menghasilkan pola difraksi yang digunakan untuk menentukan susunan partikel pada pola padatan (Goldberg, dkk., 2004).

Difraksi sinar-X digunakan untuk mengidentifikasi fasa produk dan menghitung tingkat kristalinitas berdasarkan intensitas tertinggi. Fasa padatan

sintesis diidentifikasi dengan membandingkan langsung dengan referensi yang diambil dari *collection of simulated XRD powder patterns for zeolites* (Cheng, dkk., 2005):



Gambar 2.8 Skema dari berkas sinar X yang memantulkan dari sinar kristal dengan mengikuti Hukum Bragg (Hayati, 2007)

Spektroskopi XRD digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel. Dasar dari penggunaan XRD untuk mempelajari kisi kristal adalah berdasarkan persamaan Bragg seperti ditunjukkan pada Persamaan 2.1. W.L Bragg menggambarkan difraksi sinar-X oleh kristal ditunjukkan seperti pada Gambar 2.7 (Aineto, Acosta, & Iglesias, 2006). Sedangkan hasil difraktogram zeolit Y ditunjukkan Gambar 2.8 yang menunjukkan bahwa 3 puncak tertinggi zeolit Y standart terdapat pada sudut $2\theta = 6,19^\circ, 15,61^\circ$ dan $23,58^\circ$ (Kurniasari, 2012).

$$n\lambda = 2.d.\sin \theta \dots\dots\dots (2.1)$$

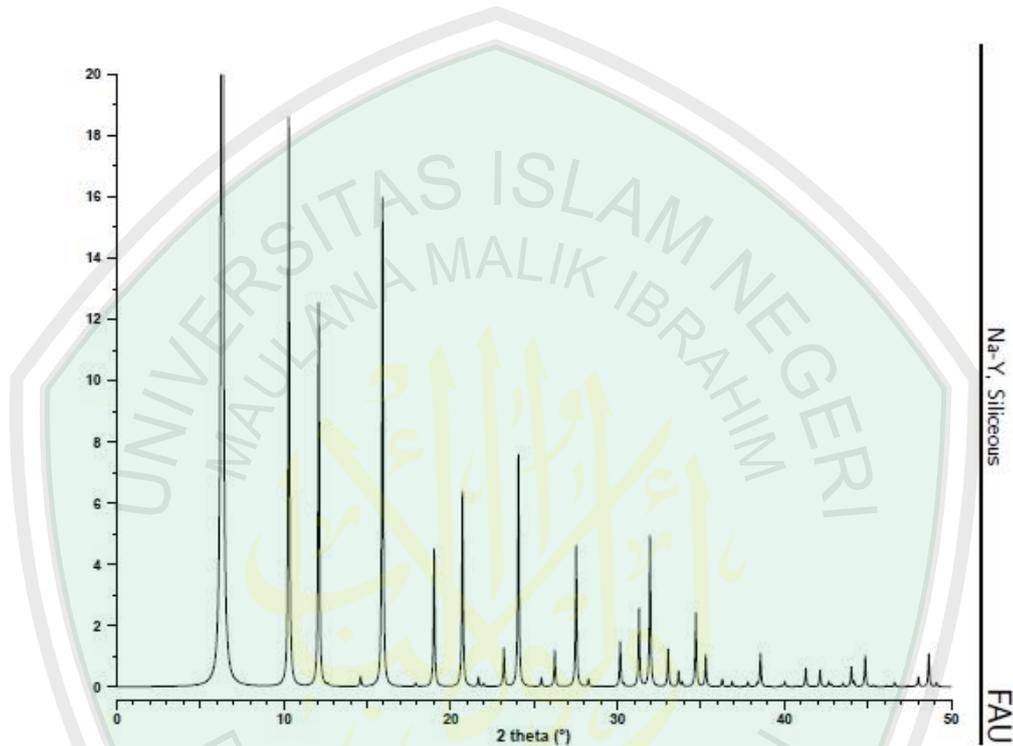
keterangan :

λ : Panjang gelombang sinar X yang digunakan

θ : Sudut antara sinar datang dengan bidang normal

d : Jarak antara dua bidang kisi

n : Bilangan bulat yang disebut sebagai orde pembiasan



Gambar 2.9 Pola difraktogram sampel zeolit Y (Treacy dan Higgins, 2001)

Beberapa informasi yang dapat diperoleh dari XRD adalah sebagai berikut

(Ginting, dkk, 2005) :

- Posisi puncak difraksi memberikan gambaran tentang parameter kisi (a), jarak antar bidang (d_{hkl}), struktur kristal dan orientasi dari sel satuan.
- Intensitas relatif puncak difraksi memberikan gambaran tentang posisi atom dalam sel satuan.

- c. Bentuk puncak difraksi memberikan gambaran tentang ukuran kristalis dan ketidaksempurnaan kisi.

Data hasil analisis XRD juga dapat dilakukan *refinement* (penghalusan) dengan metode *Le Bail* menggunakan program *Rietica*. Pada metode *Le Bail* intensitas dari berbagai macam pemantulan sinar dihitung dengan menggunakan suatu model acuan struktur yang sesuai. Dalam metode *Le Bail* ini dilakukan pergeseran nilai-nilai parameter kisi sehingga dihasilkan kemiripan struktur yang maksimal antara hasil difraksi sinar-X yang dihasilkan dengan struktur model acuan yang digunakan. Nilai-nilai parameter kisi tersebut, hasil dari pergeseran yang dilakukan akan menjadi parameter kisi dari difraksi sinar-X serbuk hasil eksperimen (Rusli, 2011).

Kemiripan nilai parameter kisi yang dihasilkan dari metode *Le Bail* dengan parameter kisi standar merupakan indikator bahwa struktur hasil sintesis memiliki struktur mirip dengan standar (Rusli, 2011). Menurut Wijayanti (2007) menyatakan bahwa kualitas penghalusan dengan teori kuadrat terkecil dipengaruhi nilai residu yaitu residu profil (R_p), residu profil berbobot atau *weighted profile* (R_{wp}), dan *goodness of fit* atau GoF (χ^2).

Residu profil (R_p) dan residu profil berbobot (R_{wp}) menentukan kualitas penghalusan yang dilakukan, semakin kecil nilai residu yang didapat maka semakin baik proses *refinement* karena semakin tinggi tingkat kecocokan antara data teoritis dengan data observasi (Putra dan Priyono, 2015). *Goodness of fit* (GoF) adalah suatu model statistika yang menggambarkan kecocokan antara eksperimen dengan standar. Adanya nilai GoF mengindikasikan ketidaksesuaian antara nilai eksperimen dengan standar (Olivares dan Forero, 2010).

Persamaan residual sebagai berikut (Wijayanti, 2007):

$$R_P = \frac{\sum_i |I_{io} - I_{ic}|}{\sum_i I_{io}} \dots\dots\dots (2.2)$$

Persamaan *weighted profile* (Rwp) sebagai berikut (Wijayanti, 2007):

$$R_{WP} = \left[\frac{\sum_i w_i (I_{io} - I_{ic})^2}{\sum_i w_i I_{io}^2} \right]^{1/2} \dots\dots\dots (2.3)$$

Persamaan matematis *goodness of fit* (GoF) atau χ^2 yang merupakan indikator keberhasilan penghalusan sebagai berikut (Wijayanti, 2007):

$$GoF = \left[\frac{R_{wp}}{R_{exp}} \right]^2 \dots\dots\dots (2.4)$$

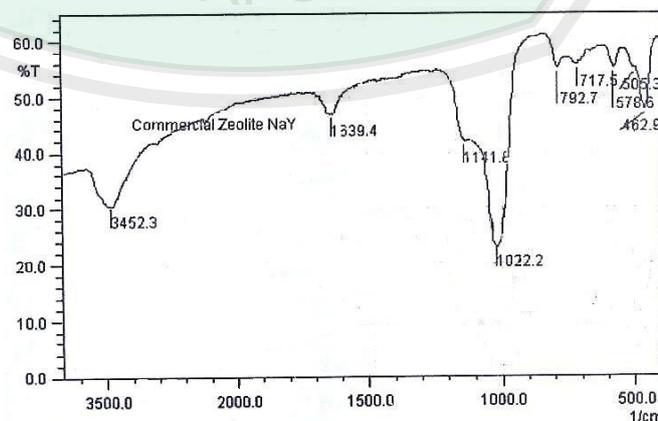
Menurut Kisi (1994) proses penghalusan sebaiknya dihentikan jika:

- a. Terdapat kesesuaian antara pola difraksi hasil eksperimen dengan teoritis.
- b. Nilai faktor Rp, Rwp dan GoF dapat diterima.
- c. Semua parameter yang dihaluskan memiliki arti fisis.

2.4.3 *Spektrofotometer Inframerah*

Spektroskopi inframerah atau *fourier transform infrared* (FTIR) adalah metode analisis yang digunakan untuk identifikasi jenis senyawa dengan berdasarkan spektra absorpsi sinar inframerahnya. Metode ini dapat menentukan komposisi gugus fungsi dari senyawa sehingga dapat membantu memberikan informasi untuk penentuan struktur molekulnya. Sampel yang digunakan dapat berupa padatan, cairan ataupun gas. Analisa dengan metode ini didasarkan pada fakta bahwa molekul memiliki frekuensi spesifik yang dihubungkan dengan vibrasi internal dari atom gugus fungsi (Sibilia, 1996).

Karakterisasi zeolit hasil dengan spektrofotometer inframerah bertujuan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terdapat dalam suatu senyawa, seperti halnya dengan tipe penyerapan energi yang lain maka molekul akan tereksitasi ke tingkatan energi yang lebih tinggi bila menyerap radiasi inframerah. Penyerapan radiasi inframerah merupakan proses kuantisasi dan hanya frekuensi (energi) tertentu dari radiasi inframerah yang akan diserap oleh molekul. Pada spektroskopi inframerah, inti-inti atom yang terikat secara kovalen akan mengalami getaran bila molekul menyerap radiasi inframerah dan energi yang diserap menyebabkan kenaikan pada amplitudo getaran atom-atom yang terikat. Panjang gelombang serapan oleh suatu tipe ikatan tertentu bergantung pada macam ikatan tersebut, oleh karena itu tipe ikatan yang berlainan akan menyerap radiasi inframerah pada panjang gelombang karakteristik yang berlainan. Akibatnya setiap molekul akan mempunyai spektrum inframerah yang karakteristik pada konsentrasi ukur tertentu, yang dapat dibedakan dari spektrum lainnya melalui posisi dan intensitas pita serapan, sehingga dapat digunakan untuk penjelasan struktur, identifikasi dan analisis kuantitatif (Sastrohamidjojo, 1992).



Gambar 2.10 Spektra IR zeolit Y (Rahman, dkk., 2009)

Hasil FTIR Penelitian Rahman, dkk. (2009) yang ditunjukkan Gambar 2.9 merupakan gambar spektrum FTIR dari zeolit Y yang menunjukkan bahwa adanya serapan kuat di daerah bawah 1200 cm^{-1} . Vibrasi frekuensi zeolit yang hasil dari jenis *stretching* dan *bending* unit T-O diamati pada rentang daerah $300 - 1300\text{ cm}^{-1}$. Dapat dilihat pada Data bilangan gelombang spektra IR zeolit Y Tabel 2.1 (Flanigen, 1980).

Hal ini menunjukkan bahwa adanya SiO_4 atau AlO_4 . Menurut Murni dan Helmawati (2006) Zeolit secara umum mempunyai daerah serapan infra merah yang khas di sekitar bilangan gelombang $1200\text{-}300\text{ cm}^{-1}$ karena pada daerah ini memuat vibrasi fundamental kerangka tertrahedral ($\text{SiO}_4/\text{AlO}_4$) yang merupakan satuan-satuan pembangun kerangka zeolit.

Tabel 2.3 Data bilangan gelombang spektra IR zeolit Y

Vibrasi Internal	
Vibrasi ulur asimetri O-T-O	1250 – 950
Vibrasi ulur simetri O-T-O	720 – 650
Cincin ganda	500 – 420
Vibrasi Hubungan Eksternal	
Vibrasi tekuk T-O	650 – 500
Pembukaan pori	420 – 300
Vibrasi ulur simetri O-T-O	75 – 850
Vibrasi ulur asimetri O-T-O	1150 – 1050

2.5 Manusia Sebagai Khalifah di Bumi

Alam semesta merupakan suatu tempat berkumpulnya ciptaan Tuhan. Penciptaan alam semesta telah tertuang dalam berbagai kitab-Nya, salah satunya

yaitu Al-Qur'an. Al-Qur'an merupakan sumber dari ilmu pengetahuan dan hukum-hukum islam. Apabila kita menyimak dan mengkaji Al-Qur'an, kita akan menemukan sebuah korelasi antara makhluk hidup dengan lingkungan. Makhluk hidup yang berada dalam suatu lingkaran lingkungan hidup mempunyai hubungan yang sangat erat antara satu dengan yang lainnya. Efek yang ditimbulkan oleh hubungan erat ini membuat suatu tatanan lingkungan hidup (*ekosistem*) yang mempunyai sebuah keseimbangan di dalamnya. Kaitan penciptaan alam semesta ini tertuang dalam Qur'an surat Ali Imron 190-191 :

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِّأُولِي الْأَبْصَارِ
(۱۹۰) الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ
السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَاطِلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ (۱۹۱)

Yang artinya “Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal.(190). (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): "Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha Suci Engkau, maka peliharalah kami dari siksa neraka(191)”.

Surat Ali Imron 190-191 memiliki korelasi dengan ayat sebelumnya yang ditafsirkan tentang penciptaan alam semesta. Abi Fida dalam tafsir *al-Qur'an al-Adzim* menafsirkan firman Allah *إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ* dijelaskan bahwa ihwal ketinggian dan keluasan langit, kerendahan dan ketebalan bumi serta tanda-tanda kekuasaan yang besar terdapat pada keduanya, baik tanda-tanda yang bergerak maupun yang diam, lautan, hutan, pepohonan, barang tambang, serta berbagai jenis makanan, warna dan buah-buahan yang bermanfaat. Selanjutnya Firman Allah *وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ* dijelaskan bahwa pergantian malam dan siang yang pergi dan datang serta susul-menyusul dalam hal panjang, pendek dan sedang, dan

semua itu merupakan penetapan dari yang Maha perkasa lagi Maha mengetahui (Al-fida, 1991). Penggalan ayat terakhir لايت لاولي الألباب dijelaskan dengan makna *tazakkur* (mengingat) dan *tafakkur* (berfikir) ia akan sampai kepada hikmah yang ada di balik proses mengingat dan berfikir, yaitu mengetahui, memahami dan menghayati, bahwa dibalik fenomena alam dan segala sesuatu yang ada di dalamnya menunjukkan adanya sang penciptaan. Adanya aturan-aturan yang dibuatnya serta karunia dan berbagai manfaat yang terdapat di dalamnya (alam semesta) (Nata, 2002). Kajian di atas menunjukkan kepada manusia agar merenungkan segala ciptaan-Nya karena manusia telah diberikan akal sebagai alat untuk berfikir.

Manusia sebagai makhluk Tuhan yang paling sempurna dan mempunyai kedudukan serta martabat yang mulia di dunia. Manusia telah diberikan akal oleh Tuhan agar selalu berfikir dan merenungi ciptaan Tuhan. Oleh karena itu manusia di bumi bertugas sebagai khalifah. Hal ini tertera dalam surat Al An'am 165:

وَهُوَ الَّذِي جَعَلَكُمْ خَلَائِفَ الْأَرْضِ وَرَفَعَ بَعْضَكُمْ فَوْقَ بَعْضٍ دَرَجَاتٍ لِّيُبْلُوَكُمْ فِي مَا آتَاكُمْ إِنَّ رَبَّكَ سَرِيعُ الْعِقَابِ وَإِنَّهُ لَغَفُورٌ رَّحِيمٌ (١٦٥)

Yang artinya "Dan Dia lah yang menjadikan kamu penguasa-penguasa (khalifah-khalifah) di bumi dan Dia meninggikan sebahagian kamu atas sebahagian (yang lain) beberapa derajat, untuk mengujimu tentang apa yang diberikan-Nya kepadamu. Sesungguhnya Tuhanmu amat cepat siksaan-Nya dan sesungguhnya Dia Maha Pengampun lagi Maha Penyayang".

Manusia Sebagai khalifah di bumi mengemban amanat besar Tuhan mempunyai dua fungsi dan tugas utama yaitu: melaksanakan pengabdian kepada Tuhan yang telah memberikan kedudukan dan kehormatan sebagai khalifah dan pengemban amanatnya di muka bumi. Pangabdian disini mengandung pengertian yang luas yaitu tunduk dan patuh melaksanakan segala peraturan dan ketentuan-

Nya (perintah dan larangan) yang telah ditetapkan. Fungsi dan tugas manusia yang kedua adalah mengolah, mengelola dan memanfaatkan sumber kekayaan alam untuk mewujudkan kemaslahatan umat manusia dan makhluk-makhluk lainnya (Gani, dkk.,1986).

Selain itu dijelaskan dalam Kitab Tafsir Jalalain tentang surat al an'am 165 yang menyatakan bahwa Dialah yang menjadikan kamu penguasa-penguasa di bumi, kata penguasa ini jamak dari kata khalifah; yakni sebagian di antara kamu mengganti sebagian lainnya di dalam masalah kekhilafahan ini (dan Dia meninggikan sebagian kamu atas sebagian yang lain beberapa derajat) dengan harta benda, kedudukan dan lain sebagainya (untuk mengujimu) untuk mencobamu (tentang apa yang diberikan kepadamu) artinya Dia memberi kamu agar jelas siapakah di antara kamu yang taat dan siapakah yang maksiat. Sesungguhnya Tuhanmu itu adalah amat cepat siksaan-Nya terhadap orang-orang yang berbuat maksiat kepada-Nya dan sesungguhnya Dia Maha Pengampun terhadap orang-orang mukmin serta lagi Maha Penyayang terhadap mereka (Syaf, dkk., 1990).

Ibnu zaid menjelaskan dalam kitab tafsir Ibnu Katsir tentang surat Al An'am 165. Ayat tersebut menerangkan adanya manusia yang menjadikan dan meramaikan bumi melalui generasi demi generasi sampai kiamat tiba. Dengan adanya banyak manusia itu dibeda-bedakan di antara kalian dalam hal rezeki, akhlak, kebaikan, kejahatan, penampilan, bentuk, dan warna. Hanya dialah yang mengetahui hikmah di balik semua. Manusia yang sudah mendapatkan rezeki masing masing akan mengalami proses ujian dari Tuhan. Rezeki itu menguji kalian dalam nikmat yang telah dikaruniakan-Nya kepada kalian. Orang kaya diuji

dalam kekayaannya yang menuntutnya harus mensyukuri nikmat itu, dan orang yang miskin diuji dalam kemiskinannya yang menuntutnya untuk bersikap sabar. Yakni Maha Pengampun lagi Maha Penyayang kepada orang yang taat kepadaNya dan mengikuti rasul-rasul-Nya dalam mengamalkan apa yang mereka sampaikan, baik berupa berita maupun perintah. Menurut Muhammad Ibnu Ishaq, makna yang dimaksud ialah Allah Swt. Benar-benar mengasihi hamba-Nya, sekalipun mereka berlumuran dengan dosa (Bakar, 2000).

Membicarakan masalah peran dan tanggung jawab manusia memang tak akan ada habisnya. Adanya manusia berhubungan erat dengan istilah khalifah yang disebutkan di beberapa ayat dalam al-Qur'an. Dawam Raharjo dalam bukunya Ensiklopedi al-Qur'an, menyebutkan bahwa kata khalifah yang cukup dikenal di Indonesia mengandung makna ganda. Berdasarkan kajian tematisnya terhadap istilah khalifah dalam Al-Qur'an. Dapat disimpulkan bahwa memiliki banyak makna terhadap istilah khalifah. Pertama, khalifah yang berarti Adam as. Sebagai simbol manusia pertama, manusia adalah penguasa di muka bumi. Kedua, khalifah berarti generasi penerus atau pengganti, sehingga fungsi khalifah diamanatkan secara kolektif kepada suatu generasi. Dan terakhir, khalifah berarti kepala negara atau raja suatu kaum (Raharjo, 2002).

Khalifah dalam pembahasan ini cenderung kepada pengertian khalifah yang kedua yang berhubungan dengan fungsi dan tanggungjawab manusia di muka bumi yang mengemban amanat Tuhan. Hal ini dimaksudkan tidak untuk membatasi fungsi manusia yang tertumpu hanya pada kepemimpinan yang formal atau kekuasaan tertinggi. Sebab dalam mengemban

amanat tidak harus selalu dalam bentuk kekuasaan atau menjadi pemimpin. Pada dasarnya, semua manusia mempunyai kewajiban untuk menyampaikan kebenaran (Raharjo, 2002).

Manusia sebagai *Khalifah fil ardl* dapat diartikan pengembalian amanat yang diberikan Allah kepada manusia. Tugas manusia sebagai "*khalifah fil ardl*" yang terkandung dalam surat Al-baqoroh ayat 29 adalah mengelola dan memakmurkan bumi dengan menggali sumber daya alam yang dimiliki untuk kesejahteraan manusia. Kesejahteraan yang dimaksud adalah kemampuan manusia untuk mengambil manfaat dari kekayaan alam yang tersedia. Manusia dengan akalnyapun dapat memperoleh kesejahteraan yang sebesar-besarnya atau bahkan membuat kerusakan yang sebesar-besarnya.

Berdasarkan dua potongan ayat di atas lumpur Lapindo menjadi salah satu potret tanda kebesaran Allah SWT bagi orang-orang yang berfikir (*ulul albab*). Sekaligus sebagai contoh kecerobohan manusia dalam mendayagunakan akalnyapun yang menyebabkan kerusakan di bumi. Sehingga menjadi tanggung jawab manusia sebagai khalifah di bumi untuk mencari solusi atas permasalahan akibat bencana lumpur Lapindo. Salah satu solusi limbah bencana lumpur Lapindo adalah dengan mengolahnya menjadi bahan yang lebih bermanfaat. Yaitu dengan mengambil ekstrak silikanya kemudian dijadikan sebagai bahan utama sintesis zeolit. Zeolit merupakan bahan yang sangat dibutuhkan karena memiliki banyak manfaat seperti yang telah dijelaskan di latar belakang.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli 2015 - April 2016 di Laboratorium Kimia Anorganik, Laboratorium Instrumentasi dan Bioteknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, Laboratorium Sentral FMIPA Universitas Negeri Malang dan Laboratorium Energi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat-alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat alat gelas, pengaduk magnet, spatula, *hot plate*, oven, neraca analitik, tanur, botol akuades, botol hidrotermal tipe teflon, pH meter, FTIR, *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *X-Ray Fluorescence* (XRF).

3.2.2 Bahan-bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini silika (SiO_2) dari ekstraksi lumpur Lapindo, akuades, natrium hidroksida (NaOH), alumina (Al_2O_3) dan asam klorida (HCl) 6 M.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan adalah untuk mengetahui pengaruh suhu hidrotermal terhadap sintesis zeolit Y dari lumpur Lapindo. Sintesis zeolit Y ini

menggunakan metode komposisi molar sebagai berikut: 10 Na₂O: 1 Al₂O₃: 15 SiO₂: 300 H₂O. Campuran dieramkan selama 24 dan dikristalisasi pada suhu 60, 80, dan 100 °C selama 48 jam (Sang, dkk., 2005). Kemudian dilakukan sintesis dengan metode dan variasi yang sama namun tanpa pemeraman.

Zeolit Y yang terbentuk akan dianalisis karakterisasi kandungannya dengan XRF, lalu dianalisis kristalinitasnya menggunakan XRD dan kemudian dianalisis gugus fungsinya dengan FTIR.

3.4 Tahapan Penelitian

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah:

1. Preparasi lumpur Lapindo
2. Ekstraksi SiO₂ dari lumpur Lapindo
 - a. Karakterisasi ekstrak SiO₂ dengan XRF
 - b. Karakterisasi ekstrak SiO₂ dengan XRD
3. Sintesis zeolit Y
4. Karakterisasi
 - a. XRD
 - b. FTIR
5. Analisis data

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Preparasi Lumpur Lapindo (Fauzan, dkk., 2013)

Lumpur Lapindo yang digunakan adalah lumpur yang berjarak 2 km dari pusat semburan. Lumpur Lapindo direndam dengan menggunakan aquades

dengan perbandingan 1:2 (b/v) selama 1 jam untuk menghilangkan pengotornya berupa kerikil, rumput-rumputan, dan pengotor lainnya. Setelah itu disaring dengan kertas saring sampai didapatkan endapan lumpur. Filtrat dibuang dengan cara didekantasi sedangkan endapan lumpur diletakkan pada wadah loyang alumunium. Lumpur dikeringkan pada suhu ruang selama 7 hari untuk menghilangkan kadar airnya. Setelah kering kemudian lumpur digerus dengan menggunakan mortar untuk memudahkan proses ekstraksi silika. Kemudian lumpur yang telah kering dikarakterisasi dengan XRF untuk mengetahui persentase awal mineral Si dalam lumpur Lapindo.

3.5.2 Ekstraksi SiO₂ dari Lumpur Lapindo (Fauzan, dkk., 2013)

Lumpur Lapindo yang sudah dikeringkan dan digerus kemudian ditimbang sebanyak 500 gram, lalu dicuci menggunakan HCl 2 M dengan perbandingan 1:2 (b/v) selama 1 jam. Kemudian disaring dan diambil endapannya. Dicuci endapan dengan aquades sampai netral, lalu direaksikan dengan NaOH 7 M dengan perbandingan 1:2 (b/v) dan diaduk menggunakan magnetik stirrer selama 4 jam pada suhu 80 °C untuk mendapatkan larutan filtrat hasil saringan. Endapan dipisahkan melalui penyaringan. Filtrat dipanaskan dengan suhu 40 °C selama 10 menit kemudian dititrasi dengan HCl 3 M sambil diputar menggunakan magnetik stirrer pada suhu 40 °C hingga pH mendekati 7 dan terbentuk endapan putih silika. Endapan silika yang dihasilkan kemudian disaring menggunakan kertas saring dan dicuci menggunakan aquades untuk menghilangkan pengotor yang berupa garam NaCl dari endapan SiO₂. Endapan lalu dikeringkan pada suhu 100 °C selama 1 jam. Untuk memastikan bahwa SiO₂ telah bebas dari garam NaCl maka dicuci dan direndam lagi dengan aquades sampai benar-benar bersih sambil dicek

menggunakan AgNO_3 10 %. Lalu dioven lagi dengan suhu dan waktu yang sama. Selanjutnya dilakukan karakterisasi ekstrak SiO_2 menggunakan XRF untuk mengetahui % dan kemurnian Si. SiO_2 yang digunakan sebagai sumber silika dalam proses sintesis zeolit Y ini minimal memiliki kemurnian sebesar 50 %. Karakterisasi menggunakan XRD untuk mengetahui tingkat kristalinitas SiO_2 .

3.5.3 Sintesis Zeolit Y tanpa Pemeraman

Sintesis zeolit Y dilakukan sesuai komposisi molarnya sebagai berikut: 10 Na_2O : 1 Al_2O_3 : 15 SiO_2 : 300 H_2O . Campuran awal yang dibuat dengan mencampurkan 2,81 gram Al_2O_3 , 4,13 gram ekstrak SiO_2 , 3,63 gram NaOH, dan 23,12 gram H_2O dan diaduk selama 30 menit. Kemudian dilakukan kristalisasi dengan metode hidrotermal pada variasi suhu 60, 80, dan 100 °C selama 48 jam. Kristal yang terbentuk dicuci dengan aquades sampai pH = 7 – 8, kemudian dikeringkan pada suhu 100 °C selama 12 jam. Hasil sintesis berupa zeolit Y selanjutnya dikarakterisasi.

3.5.4 Sintesis Zeolit Y (Sang, dkk., 2005)

Sintesis zeolit Y dilakukan sesuai komposisi molarnya sebagai berikut: 10 Na_2O : 1 Al_2O_3 : 15 SiO_2 : 300 H_2O . Campuran awal yang dibuat dengan mencampurkan 2,81 gram Al_2O_3 , 4,13 gram ekstrak SiO_2 , 3,63 gram NaOH, dan 23,12 gram H_2O dan diaduk selama 30 menit. Kemudian dipindah ke dalam botol polipropilena dan dieramkan selama 24 jam. Kristalisasi dilakukan dengan metode hidrotermal pada variasi suhu 60, 80, dan 100 °C selama 48 jam. Kristal yang terbentuk dicuci dengan aquades sampai pH = 7 – 8, kemudian dikeringkan pada suhu 100 °C selama 12 jam. Hasil sintesis berupa zeolit Y selanjutnya dikarakterisasi.

3.5.5 Karakterisasi

3.5.5.1 Analisis Komponen dengan *X-Ray Fluorescence* (XRF)

Karakterisasi XRF dilakukan pada sampel lumpur Lapindo dan SiO₂ ekstraksi yang dilakukan dengan cara sebagai berikut: sampel yang akan dikarakterisasi dihaluskan kemudian diletakkan dalam *sample holder*, kemudian disinari dengan sinar-X. Setelah itu akan diperoleh data berupa presentase unsur yang terkandung pada sampel yang diuji.

3.5.5.2 Analisis Kristalinitas dengan Difraksi Sinar-X (XRD)

Karakterisasi dengan XRD dilakukan pada ekstrak SiO₂ dan zeolit Y hasil sintesis variasi suhu hidrotermal 60, 80, dan 100 °C. Mula-mula cuplikan dihaluskan hingga menjadi serbuk yang halus, kemudian ditempatkan pada preparat dan dipress dengan alat pengepres. Selanjutnya ditempatkan pada *sample holder* dan disinari dengan sinar-X dengan radiasi Cu K α pada λ sebesar 1,541 Å, voltase 40 kV, arus 30 mA, sudut 2θ sebesar 5 – 50 ° dan kecepatan scan 0,02 °/detik.

3.5.5.3 Analisis Gugus Fungsi dengan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)

Karakterisasi dengan FTIR dilakukan terhadap zeolit Y hasil sintesis variasi suhu hidrotermal 60, 80, dan 100 °C. Mula-mula cuplikan dihaluskan hingga menjadi serbuk yang halus menggunakan mortal batu agate dengan dicampurkan padatan KBr, kemudian ditempatkan pada preparat dan dipress dengan alat pengepres untuk membentuk pellet. Selanjutnya ditempatkan pada *sample holder* dan dianalisa menggunakan FTIR.

3.5.6 Analisis Data

3.5.6.1 Analisis Data Menggunakan Match! 2

Langkah pertama dibuka software Match! untuk menganalisa hasil XRD. Selanjutnya buka menu File > Import > Diffraction data. Kemudian Pilih file yang akan dianalisa. Muncul sebuah grafik hasil analisa XRD. Setelah itu diklik *Fitting* peak data atau tekan F5 untuk melakukan proses *fitting* pada peak. Klik start search pada toolbar untuk melakukan proses *matching*. Proses *matching* akan menampilkan beberapa hasil yang bersesuaian dengan grafik XRD sampel. Klik pada icon Lup untuk melihat dengan lebih jelas bagian *peak* tertentu (3 *peak* tertinggi). Diamati intensitas tertinggi dan nilai *2theta* pada grafik, lalu ditekan (Ctrl+D) untuk menampilkan data sheet/informasi lain yang diperlukan seperti *system crystal*, *cell parameter*, *atom coordinate*, *indeks miller* dan lain-lain.

3.5.6.2 Analisis Ukuran Kristal

Berdasarkan difraktogram yang diperoleh dari hasil difraksi sinar-X, maka ukuran atau ketebalan kristal dapat ditentukan menggunakan persamaan Debye-Scherrer:

$$D = \frac{K \lambda}{\beta \cos \theta} \dots\dots\dots (3.1)$$

keterangan :

- D : Ukuran kristal (nm)
- K : Konstanta (0,9)
- λ : Panjang gelombang radiasi (nm)
- β : FWHM (*full width at half max*)/Integrasi luas puncak refleksi (radian)
- θ : Sudut peristiwa sinar-X

3.5.6.3 Penentuan Parameter Kisi Menggunakan Program Rietica dengan Metode Le Bail

Proses *refinement* dilakukan terhadap data XRD dengan menggunakan program *Rietica*. Analisis penghalusan (*refinement*) dengan program *Rietica* dilakukan dengan cara memasukkan dua jenis data yakni data parameter struktur dan intensitas difraksi sinar-X. Data parameter struktur adalah data masukan model perhitungan yang diambil dari referensi sebagai JCPDS acuan (Treacy dan Higgins, 2001). Sedangkan data intensitas berasal dari intensitas difraksi sinar-X material. Kemudian kedua data parameter struktur dan intensitas difraksi sinar-X dari cuplikan tersebut dianalisis dengan metode *Le Bail* menggunakan program *Rietica* secara *trial and error* hingga diperoleh nilai yang konvergen.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Ekstraksi SiO₂ dari Lumpur Lapindo

Pada penelitian ini lumpur Lapindo digunakan sebagai sumber silika. Senyawa SiO₂ dalam lumpur Lapindo dapat ditingkatkan persentasenya dengan menggunakan metode ekstraksi. Sebelum dilakukan ekstraksi silika maka dilakukan pemisahan lumpur Lapindo dari pengotornya melalui perendaman dan pengadukan dengan aquades. Proses ini mampu memisahkan lumpur dan pengotor berdasarkan berat jenisnya.

Hasil pemisahannya terbentuk 2 lapisan yang berbeda. Bagian dasar merupakan sekumpulan bebatuan kecil dan pasir, bagian atas merupakan endapan lumpur dan air. Endapan lumpur dipisahkan dengan cara penyaringan secara dekantasi. Lumpur yang terpisah dari air dan pasir dikeringkan dengan suhu ruang selama 7 hari. Setelah itu lumpur digerus sampai lembut agar proses pelarutan menggunakan HCl di dalam metode ekstraksi menjadi lebih maksimal.

Proses ekstraksi diawali aktivasi kimia dengan perendaman lumpur Lapindo menggunakan HCl 2 M selama 1 jam untuk mengikat logam-logam yang tidak dibutuhkan. Endapan dipisahkan dari filtrat dengan penyaringan lalu dinetralkan dengan aquades. Endapan lumpur itu direaksikan dengan basa kuat NaOH 7 M selama 4 jam dengan pemanasan suhu 80 °C untuk melarutkan silika yang ada dalam lumpur menjadi natrium silikat. Reaksi silika dengan NaOH ditunjukkan pada Persamaan 4.1 (Zaemi, dkk., 2013).



Lumpur disaring untuk diambil filtratnya yang mengandung banyak senyawa natrium silikat. Filtrat larutan natrium silikat yang terbentuk berwarna kuning kecoklatan (Lampiran 6). Larutan natrium silikat dipanaskan dengan suhu 40 °C selama 10 menit. Penambahan larutan HCl 3 M hingga pH 7 dilakukan untuk mengendapkan silika karena kelarutan silika kecil dalam asam. SiO₂ mulai terbentuk pada pH 9 yang berupa endapan melayang–layang berwarna putih. SiO₂ terbentuk secara maksimal pada pH 8 – 7. Jika terus ditambahkan HCl maka SiO₂ akan larut kembali. Reaksi yang terjadi ditunjukkan pada Persamaan 4.2 dan 4.3 (Zaemi, dkk., 2013):



Endapan SiO₂ dipisahkan dengan cara filtrasi. Ekstrak silika dioven selama 1 jam dengan suhu 100 °C sehingga didapatkan kristal silika kering. Kristal silika tersebut dicuci menggunakan aquades dengan perendaman untuk menetralkan silika dari sisa–sisa pengotor ion Cl⁻, ion ini diperoleh ketika penambahan larutan asam klorida ke dalam larutan panas natrium silikat. Penambahan aquades berlebih dapat mengionkan pengotor Cl⁻ sehingga terpisah dari ekstrak SiO₂. Untuk memastikan bahwa kandungan Cl⁻ telah hilang maka digunakan AgNO₃ 10 % sebagai indikator. Setelah kandungan Cl⁻ hilang silika dioven kembali suhu 100 °C selama 1 jam dan dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF). Data analisis XRF hasil ekstraksi dapat dilihat pada Tabel 4.1.

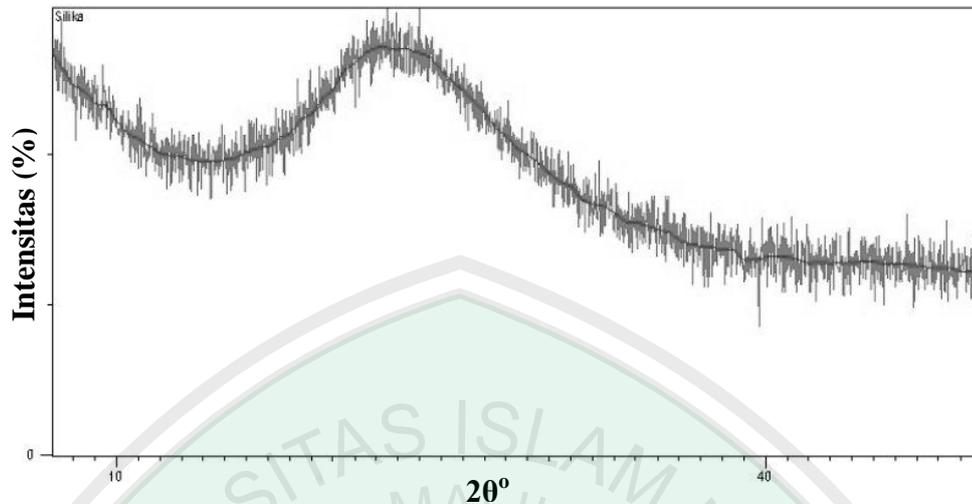
Tabel 4.1. Hasil ekstraksi SiO₂ dari lumpur Lapindo

Senyawa	Prosentase	
	* Sebelum	Sesudah
Al	5,60 %	-
Si	19,70 %	96,8 %
S	1,05 %	-
K	3,43 %	-
Ca	8,84 %	1,03 %
Ti	2,43 %	0,10 %
Cr	0,13 %	-
Fe	54,65 %	0,073 %
Ni	0,18 %	0,2 %
Cu	0,26 %	0,12 %
Zn	0,10 %	0,072 %
Re	1,60 %	0,28 %
V	0,13 %	0,13 %
Eu	0,40 %	-

*Sumber: Assolah (2015)

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa terjadi banyak peningkatan persentase senyawa SiO₂ setelah proses ekstraksi. Sedangkan senyawa-senyawa lain menurun. Hal itu disebabkan pengikatan senyawa SiO₂ oleh pelarut basa sehingga senyawa-senyawa SiO₂ larut dalam pelarut basa tersebut. Berbeda dengan unsur lainnya seperti Fe Al, Ca, Ti, Fe, Ni, Cu, Zn, Re dan V yang memiliki kelarutan kecil dalam pelarut basa sehingga kandungannya sangat berkurang setelah ekstraksi.

Silika harus berbentuk amorf agar dapat digunakan sebagai bahan sintesis zeolit Y. Silika yang telah berbentuk kristalin sulit disintesis menjadi zeolit Y. Sehingga silika perlu dikarakterisasi menggunakan instrument *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui kristalinitasnya sebelum dilakukan sintesis. Hasil analisis XRD menunjukkan bahwa SiO₂ hasil ekstraksi berbentuk amorf. Difraktogram silika hasil analisis XRD ditampilkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Difraktogram SiO_2 dari lumpur Lapindo

Difraktogram SiO_2 yang tidak memiliki puncak menunjukkan sifat amorf. Silika amorf memiliki susunan atom dan molekul berbentuk pola acak dan tidak beraturan, sehingga dalam berbagai kondisi silika amorf lebih reaktif daripada silika kristalin karena adanya gugus hidroksil (silanol) (Kirk dan Othmer, 1984). Sehingga ekstrak silika ini dapat dijadikan sebagai bahan sintesis zeolit Y.

4.2 Sintesis Zeolit Y dari SiO_2 Ekstrak Lumpur Lapindo

Sintesis zeolit Y dilakukan dengan menggunakan SiO_2 ekstrak sebagai salah satu bahan utamanya. Sintesis ini menggunakan metode hidrotermal dan sol–gel. Metode sol–gel merupakan suatu proses pembentukan senyawa anorganik melalui reaksi kimia dalam larutan pada suhu rendah, dimana dalam proses tersebut terjadi perubahan fasa dari suspensi koloid (sol) membentuk fasa cair (gel) (Fernandez, 2011). Metode sol–gel meliputi 5 tahap yaitu hidrolisis, kondensasi, pemeraman, kristalisasi (hidrotermal) dan pengeringan.

Komposisi molar yang digunakan berdasarkan penelitian Sang, dkk., (2005) adalah 10 Na₂O: 1 Al₂O₃: 15 SiO₂: 300 H₂O. Langkah pertama dalam ekstraksi adalah ditimbang reaktan-reaktan sesuai dengan jumlah perhitungan secara stoikiometris. Sintesis zeolit dilakukan dengan cara melarutkan bahan-bahan ke dalam aquades. Bahan silika dan alumina yang terlarut dengan aquades dicampurkan dengan larutan NaOH sehingga terbentuk larutan natrium silikat dan larutan natrium aluminat.

Larutan natrium aluminat dan natrium silikat dicampur dan diaduk menggunakan *stirrer* selama 30 menit agar campuran homogen. Proses sol terjadi ketika larutan NaOH ditambahkan ke dalam larutan SiO₂ atau Al₂O₃ yang menghasilkan sebuah koloid putih, sedangkan proses gel terjadi ketika seluruh prekursor telah tercampur dan didiamkan dengan suhu ruang. Pada proses pencampuran tersebut terjadi reaksi sebagai berikut (Zhely dan Widiastuti, 2012):



Reaksi tersebut merupakan tahap hidrolisis pada sintesis zeolit. Reaksi yang terjadi yaitu bahan prekursor terhidrolisis dengan penambahan aquades pada kondisi basa menghasilkan sol (koloid yang mempunyai padatan tersuspensi dalam larutannya), kemudian dilanjutkan dengan proses polikondensasi, pada tahapan ini terjadi transisi sol menjadi gel.

Sintesis zeolit dipengaruhi oleh ion-ion yang ada dalam campuran tersebut. Pada pH basa akan terbentuk spesies Si(OH)₄ dan anion Al(OH)₄⁻ yang berinteraksi

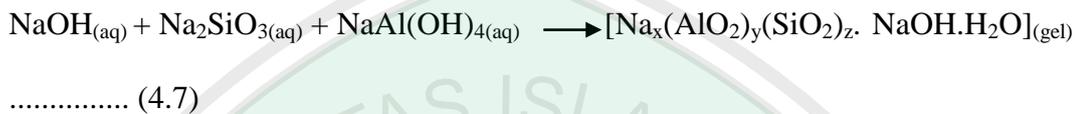
membentuk polimer silika alumina, sehingga mempengaruhi laju nukleisasi dan pertumbuhan kristal (Hamdan, 1992 dan Arryanto, 2001). Hal ini dikarenakan pada tingkat kebasaaan yang berbeda akan ditemukan spesies yang berbeda, sehingga jenis kation anion yang ada pada sintesis zeolit dipengaruhi oleh pH larutan. Apabila sintesis zeolit dilakukan pada larutan asam dengan pH 1–4, maka kation aluminium oktahedral $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ merupakan spesies yang dominan. Kation tersebut tidak berkaitan dengan pembentukan polimer silika alumina, sehingga menghambat laju pembentukan zeolit. Pada $\text{pH} > 6$ akan terbentuk anion $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ atau AlO_2^- yang merupakan anion pembentuk zeolit. Spesies aluminat $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ mempunyai konsentrasi optimum pada $\text{pH} \geq 9$.

Kerangka zeolit juga dipengaruhi oleh keberadaan spesies dari silikat. Pada $\text{pH} > 12$ akan terbentuk $\text{Si}(\text{OH})_4$ dengan konsentrasi optimum. Spesies Si^{4+} merupakan spesies utama dalam pembentukan kerangka zeolit (Warsito, dkk., 2008). Sehingga pada penelitian ini pH yang digunakan pada saat pencampuran bahan adalah 14, sehingga diharapkan reaksi pembentukan zeolit dapat berjalan secara optimum.

Nilai pH menentukan protonasi-deprotonasi gugus aktif silika yang ditentukan oleh *point zero charge* (PZC), suatu harga pH yang muatan permukaannya adalah netral atau nol. PZC silika dilaporkan oleh Kosmulski (2009) berharga sangat kecil yaitu pH 3. Pada pH lebih rendah dari nilai PZC maka permukaan silika cenderung bermuatan positif dan pada pH tinggi bermuatan negatif (Schindler, dkk., 1987).

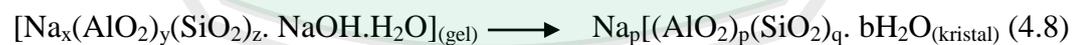
Larutan natrium silikat dan natrium aluminat dieramkan selama 24 jam. Menurut Zaemi (2013) proses ini merupakan proses terbentuknya inti kristal. Pemeraman

atau *ageing* merupakan proses transisi dari sol menjadi gel, proses ini menyebabkan struktur dari gel mengalami evolusi karena adanya gugus yang reaktif, evolusi ini menyebabkan partikel tumbuh dan memperkuat jaringan. Reaksi yang terjadi ketika proses pemeraman ditunjukkan pada Persamaan 4.7 (Zhely dan Widiastuti, 2012):



Tanpa pemeraman zeolit tidak akan terbentuk. Untuk membuktikannya maka dalam penelitian ini juga dilakukan sintesis zeolit Y dengan metode Sang namun tanpa pemeraman. Hal ini untuk mengetahui besarnya pengaruh pemeraman terhadap keberhasilan sintesis zeolit Y.

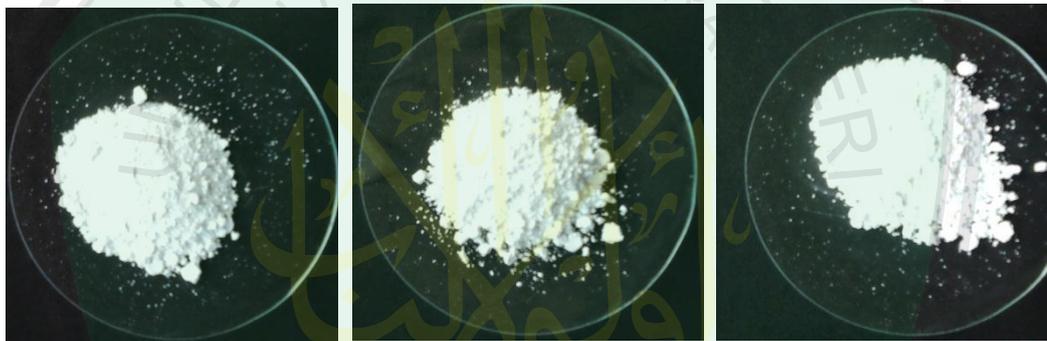
Dilakukan proses hidrotermal yang bertujuan untuk proses kristalisasi dan menyeragamkan ukuran kristal. Kristalisasi dalam proses sintesis terjadi pada proses transisi dari sol menjadi gel. Proses kristalisasi agar berlangsung secara maksimal maka ditambahkan proses hidrotermal. Reaksi yang terjadi pada proses hidrotermal ditunjukkan pada Persamaan 4.8 (Zhely dan Widiastuti, 2012):



Pada tahap pembentukan kristal, gel amorf mengalami penataan ulang pada strukturnya yang terurai membentuk susunan yang lebih teratur dengan adanya pemanasan, sehingga dapat terbentuk embrio inti kristal. Pada keadaan ini terjadi kesetimbangan antara embrio inti kristal, gel amorf sisa, dan larutan lewat jenuh pada keadaan metastabil. Jika gel amorf sisa larut kembali, maka akan terjadi

pertumbuhan kristal dari embrio inti tersebut sampai gel amorf sisa habis dan terbentuk kristal dalam keadaan stabil (Warsito, dkk., 2008).

Kristal zeolit yang terbentuk dicuci dengan akuades untuk menetralkan zeolit dan menghilangkan material yang tidak diperlukan pada permukaan zeolit. Kristal dikeringkan menggunakan oven untuk menguapkan air dan material-material yang terperangkap dalam pori-pori zeolit. Zeolit yang terbentuk berupa padatan berwarna putih. Warna zeolit sangat dipengaruhi oleh warna bahan prekursor. Gambar zeolit Y secara fisik dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Suhu 60°

Suhu 80°

suhu 100°

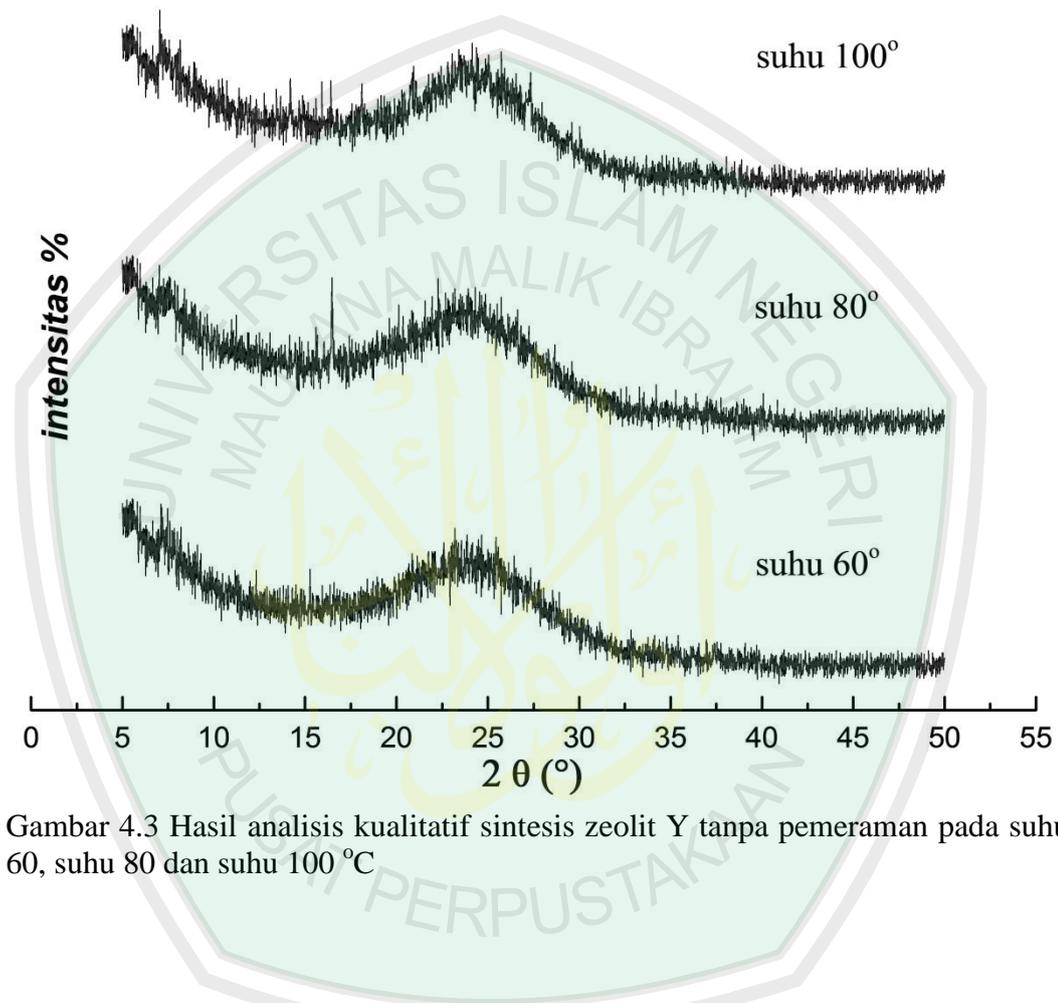
Gambar 4.2 Hasil zeolit Y variasi suhu 60, 80 dan 100 °C

4.3 Karakterisasi

4.3.1 X-Ray Diffraction (XRD)

Karakterisasi menggunakan XRD berperan dalam proses analisis padatan kristalin. Analisis kualitatif ini menggunakan sinar X-ray dengan kondisi operasi radiasi $\text{CuK}\alpha$ sebesar 1,540 Å dengan sudut 2θ sebesar 5–50°. Analisis menggunakan instrumen XRD ini bertujuan untuk mengidentifikasi fase kristal dan mengetahui jenis mineral penyusun sampel, dengan cara dibandingkan antara

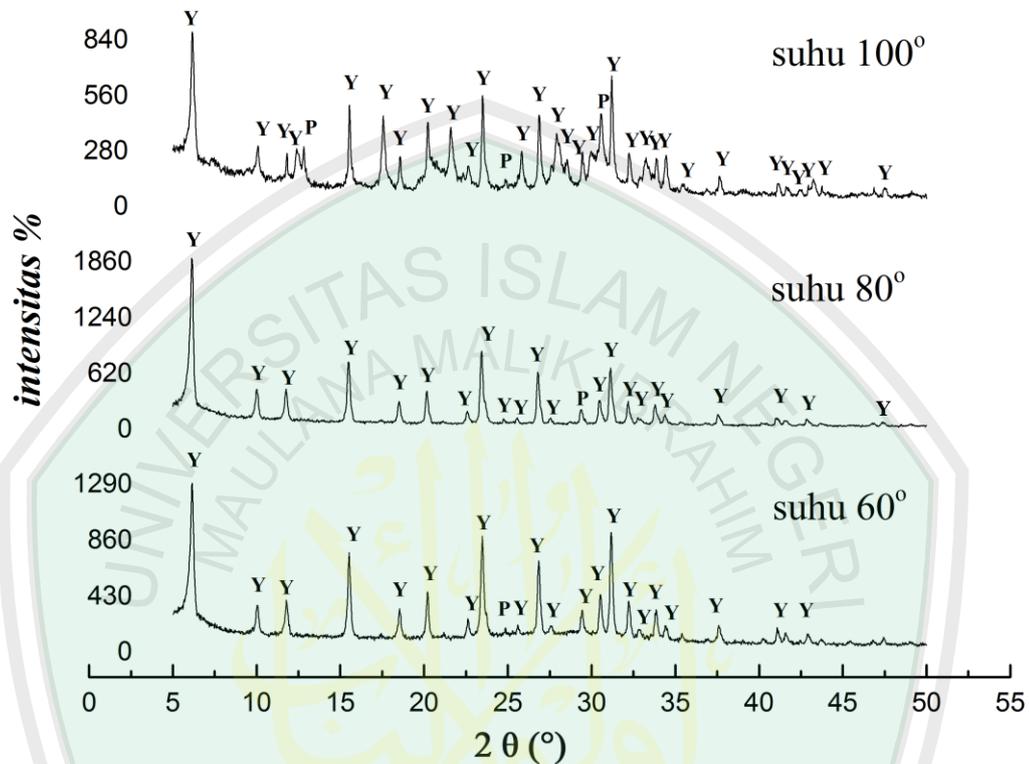
difraktogram hasil uji XRD dengan standar *Collection of Simulated XRD Powder Patterns for Zeolites* (Teacy dan Higgins, 2001). Difraktogram hasil uji XRD pada sintesis zeolit Y tanpa pemeraman dapat dilihat pada Gambar 4.3



Gambar 4.3 Hasil analisis kualitatif sintesis zeolit Y tanpa pemeraman pada suhu 60, suhu 80 dan suhu 100 °C

Difraktogram hasil uji XRD Gambar 4.3 menunjukkan tidak terbentuk puncak kristal, artinya sampel masih berupa amorf. Zeolit tidak terbentuk pada variasi suhu 60°, 80° maupun 100° jika dilakukan tanpa pemeraman. Hasil ini semakin menguatkan teori Zaemi (2013) bahwa tanpa pemeraman maka zeolit tidak akan terbentuk, karena pemeraman merupakan proses transisi dari sol menjadi gel.

Selanjutnya difraktogram hasil uji XRD pada sintesis zeolit Y dengan pemeraman selama 24 jam dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Hasil analisis kualitatif zeolit Y dengan standar *Collection of Simulated XRD Powder Patterns for Zeolites* pada suhu 60, 80, dan 100 °C

Berdasarkan hasil difraktogram pada Gambar 4.4 diketahui bahwa secara keseluruhan zeolit Y hasil sintesis tiga variasi suhu hidrotermal kristalinitasnya cukup tinggi yang terlihat dari tingginya intensitas puncak-puncak difraktogram. Untuk lebih mengetahui jenis zeolit diperlukan analisis kualitatif secara manual dan menggunakan program. Hasil analisis kualitatif secara manual dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil analisis kualitatif produk zeolit Y dengan standar dalam *Collection of Simulated XRD Powder Patterns for Zeolites*, Y = zeolit Y dan P = zeolit P

Variasi Suhu 60 °C			Variasi Suhu 80 °C			Variasi Suhu 100 °C		
Sudut 2θ	Jenis zeolit	Intensitas %	Sudut 2θ	Jenis zeolit	Intensitas %	Sudut 2θ	Jenis zeolit	Intensitas %
6,1426	Y	100,00	6,1683	Y	100,00	6,1615	Y	100,00
10,0551	Y	19,68	9,9986	Y	20,10	10,0740	Y	23,18
11,7877	Y	23,36	11,7690	Y	19,46	11,8135	Y	20,52
15,5293	Y	59,55	15,4466	Y	36,80	12,3786	Y	24,54
18,5222	Y	20,22	18,4521	Y	11,87	12,8277	P	24,68
20,2148	Y	31,16	20,1712	Y	21,82	15,5457	Y	62,98
22,6369	Y	13,04	22,5772	Y	8,06	17,5661	Y	54,10
23,4608	Y	68,75	23,4163	Y	48,42	18,5843	Y	24,18
24,8610	P	6,16	24,7361	Y	3,53	20,2250	Y	51,49
25,5888	Y	9,41	25,5466	Y	3,87	21,5838	Y	48,74
26,8584	Y	52,89	26,7643	Y	33,71	22,6349	Y	17,22
27,5772	Y	9,57	27,5350	Y	4,05	23,4785	Y	73,76
29,4307	Y	21,08	29,3195	P	8,08	24,8768	P	7,16
30,5406	Y	31,50	30,4285	Y	17,05	25,8495	Y	28,31
31,1696	Y	74,24	31,1479	Y	37,87	26,8410	Y	52,68
32,1989	Y	27,13	32,1967	Y	14,54	27,9033	Y	44,33
32,8141	Y	8,01	32,7624	Y	4,81	28,5609	Y	23,15
33,8399	Y	20,34	33,8053	Y	12,78	29,4360	Y	32,04
34,3931	Y	10,71	34,3613	Y	6,46	29,9057	Y	28,58
35,4070	Y	5,39	37,5274	Y	7,49	30,5361	P	57,93
41,0872	Y	10,02	40,9822	Y	5,04	31,1844	Y	88,55
41,5952	Y	7,06	41,5938	Y	3,09	32,2002	Y	28,26
42,8713	Y	7,02	42,8429	Y	4,27	33,2182	Y	25,70
			47,3573	Y	1,84	33,9114	Y	25,17
						34,4598	Y	29,83
						35,5385	Y	5,98
						37,6580	Y	13,67
						41,1381	Y	9,19
						41,6229	Y	6,70
						42,4008	Y	4,49
						42,9442	Y	7,52
						43,2405	Y	12,63
						43,7537	Y	7,26
						47,4659	Y	5,68

Tabel 4.2 merupakan hasil analisis kualitatif manual dengan standar dalam *Collection of Simulated XRD Powder Patterns for Zeolites* (Treacy dan Higgins, 2001). Pada variasi suhu 60 °C terlihat puncak-puncak yang tinggi terutama di

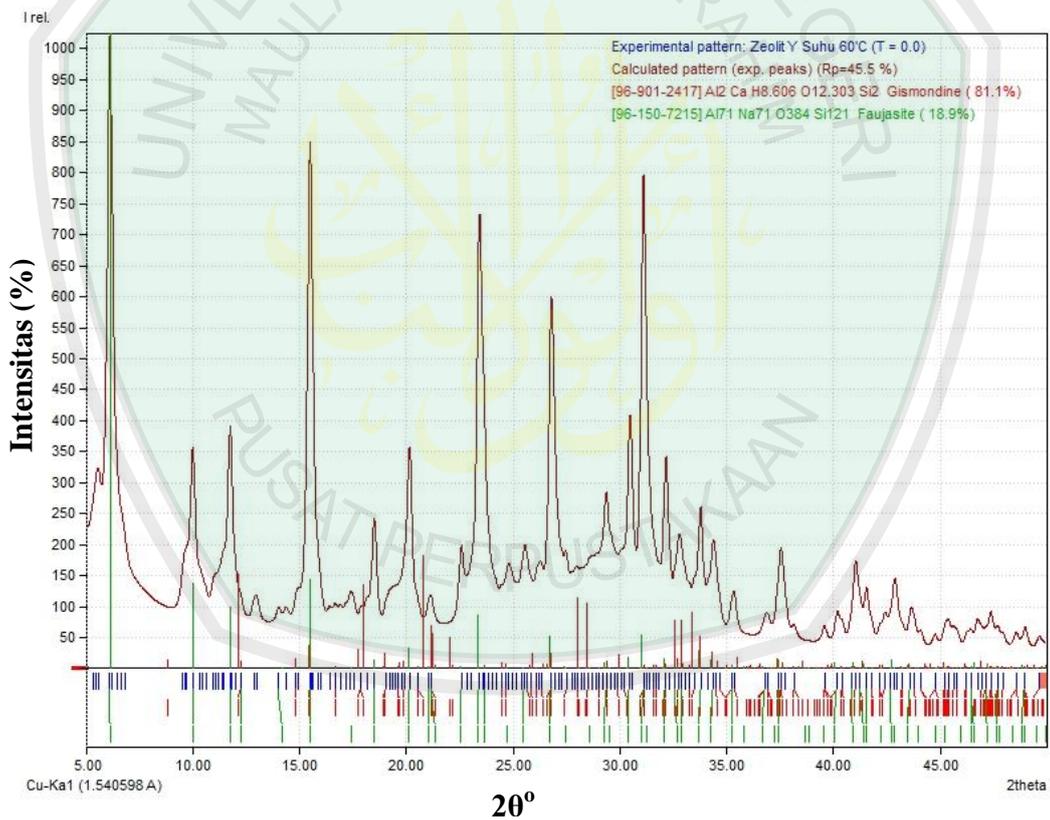
$2\theta = 6,1426^\circ$ yang menjadi ciri khas zeolit Y yaitu 1113,49 cts. Pada variasi suhu 80°C terlihat puncak yang lebih tinggi di $2\theta = 6,1683^\circ$ yaitu setinggi 1629,55 cts. Sedangkan pada variasi suhu 100°C puncak-puncak zeolit Y semakin menurun lebih rendah dari pada puncak di variasi suhu 60 dan 80°C . Puncak-puncak dari zeolit P mulai muncul lebih banyak dibandingkan dua produk pada suhu 60 dan 80°C . Secara kualitatif persentasi zeolit Y berdasarkan jumlah puncak pada variasi suhu $60, 80$ dan 100°C berturut-turut adalah $95,65 ; 95,83$ dan $91,17\%$.

Hasil difraktogram terbaik adalah variasi suhu 80°C karena kristalinitasnya paling tinggi dan sedikit muncul puncak zeolit P, yaitu di $2\theta = 29,3195^\circ$. Zeolit variasi suhu 60°C telah terbentuk puncak zeolit Y namun intensitasnya tidak tinggi. Sedangkan pada variasi suhu 100°C intensitas zeolit Y menurun dan muncul 3 puncak zeolit P yaitu di $2\theta = 12,8277^\circ ; 24,8768^\circ ; 30,5361^\circ$ dengan tinggi puncak berurutan $159,76 ; 46,38 ; 374,97$ cts. Menurut Saceda, dkk. (2008), reaksi pembentukan zeolit P terjadi setelah kondisi optimal dari sintesis zeolit Y. Sedangkan menurut Sang, dkk. (2005) zeolit P terbentuk pada suhu di atas 100°C . Secara umum semua hasil XRD menunjukkan terbentuknya zeolit campuran antara Y dan P. Hal ini disebabkan oleh pembentukan kerangka faujasit dapat mengalami keadaan metastabil dan juga karena zeolit Y kompetitif terhadap zeolit P.

Secara umum sintesis zeolit Y dari bahan alam cenderung menghasilkan campuran zeolit Y dan P yang disebabkan pengaruh logam-logam pengotor yang terdapat pada sumber silikanya. Berdasarkan penelitian Kondru, dkk. (2011) zeolit Y disintesis dari abu terbang, dan penelitian Saceda, dkk. (2008), zeolit Y disintesis dari abu sekam padi sama-sama menghasilkan campuran zeolit Y dan P.

Penelitian ini menggunakan silika yang telah diekstrak dari lumpur Lapindo dengan tingkat kemurnian mencapai 96 %. Hal ini berpotensi menjadi sebab ketidakmurnian zeolit yang terbentuk. Apabila dibandingkan dengan penelitian Kiti (2012) yang menggunakan silika murni sebagai bahan dasar maka didapatkan zeolit murni.

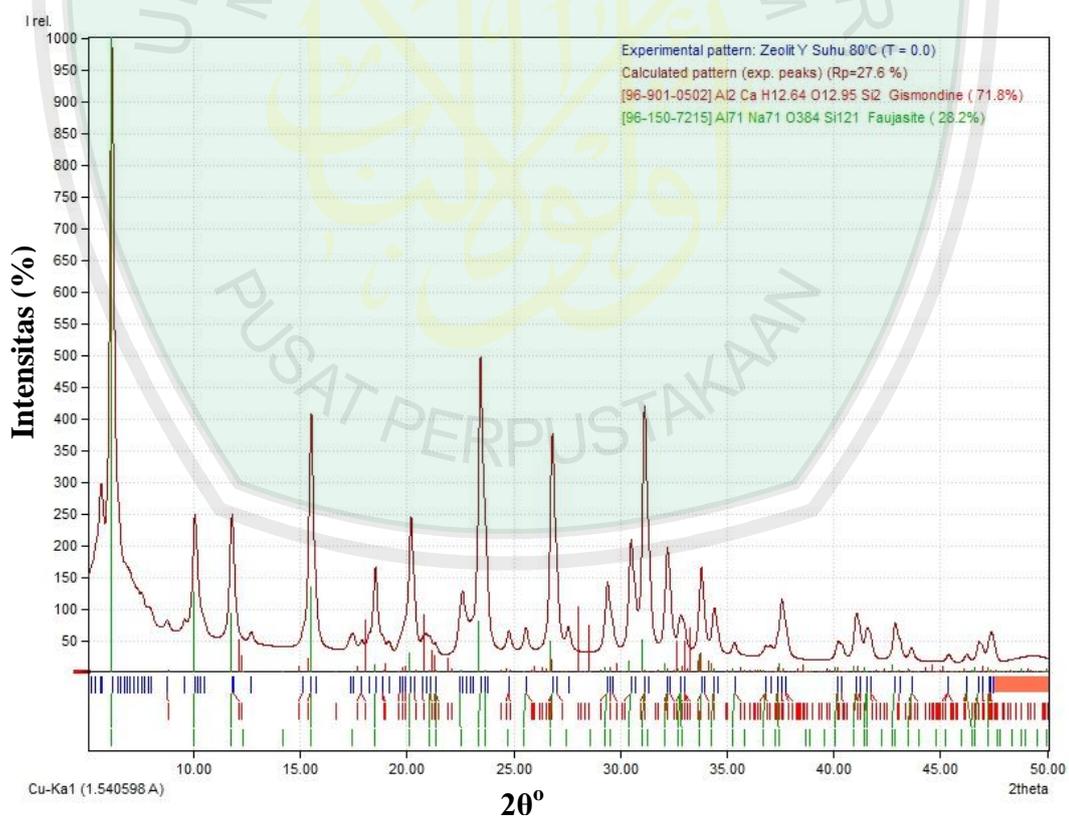
Selain analisis kualitatif manual dengan standar juga dilakukan *fitting* hasil sintesis menggunakan program Match! 2. Hasil analisis menggunakan program Match! 2 pada variasi suhu 60 °C dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Hasil analisis sampel variasi 60 °C dengan program Match! 2

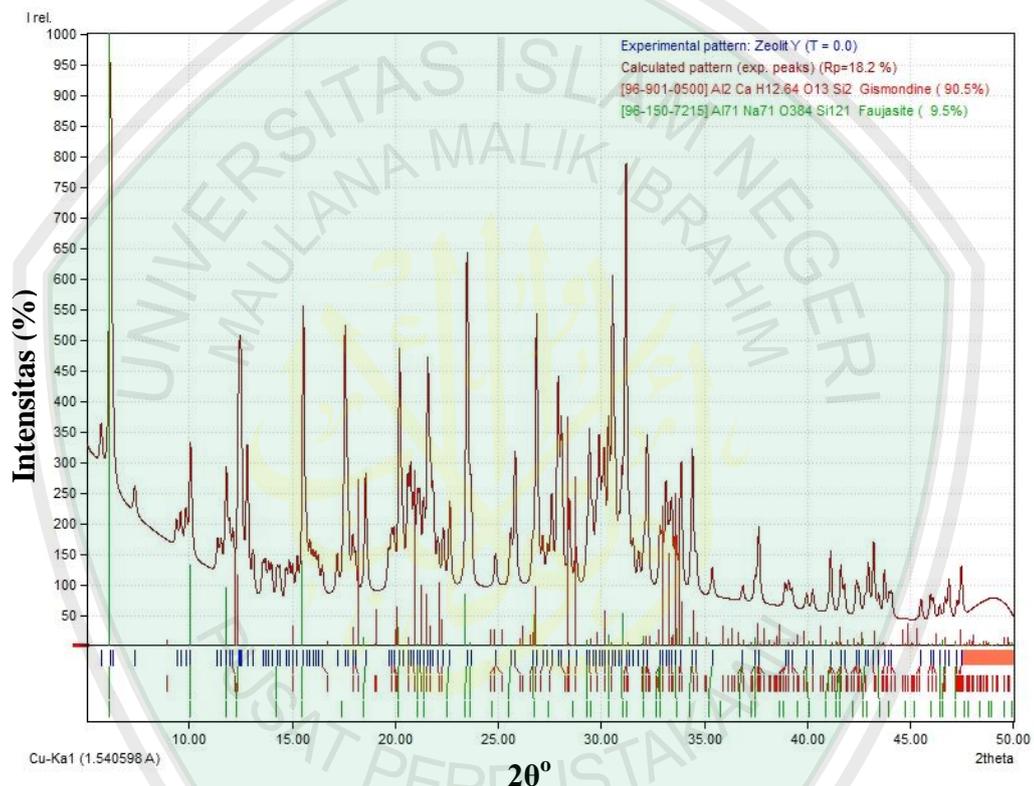
Dari hasil analisis menggunakan program Match! 2 didapatkan kecenderungan hasil sintesis zeolit memiliki kecocokan dengan standar dari zeolit Y. Hasil

difraktogram pada Gambar 4.5 juga menunjukkan adanya puncak yang tidak terdeteksi oleh standar dan dimungkinkan itu puncak yang diwakili oleh fase yang lain sehingga hasil difraktogram ini dikatakan tidak fase tunggal melainkan fase campuran. Pada sampel variasi suhu 60 °C tersebut didapatkan beberapa kecocokan hasil analisis dengan standar yang dimunculkan warna merah yaitu *gismondine* sebesar 81,1 %. Sedangkan warna hijau merupakan standar dari faujasit Y dengan kecocokan sebesar 18,9 %. Perbandingan ini menunjukkan persen komposisi *gismondine* dengan faujasit Y yang terkandung dalam produk sintesis zeolit variasi suhu 60 °C. Selanjutnya yakni hasil analisis menggunakan program Match! 2 pada sampel variasi suhu 80 °C seperti pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Hasil analisis sampel variasi 80 °C dengan program Match! 2

Pada sampel variasi suhu 80 °C tersebut didapatkan beberapa kecocokan hasil analisis dengan standar yang dimunculkan warna merah yaitu *gismondine* sebesar 71,8 %. Sedangkan warna hijau merupakan standar dari faujasit Y dengan kecocokan sebesar 28,2 %. Selanjutnya hasil analisis menggunakan program Match! 2 pada sampel variasi suhu 100 °C seperti pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Hasil analisis sampel variasi 100 °C dengan program Match! 2

Pada sampel variasi suhu 100 °C tersebut didapatkan beberapa kecocokan hasil analisis dengan standar yang dimunculkan warna merah yaitu *gismondine* sebesar 90,5 %. Sedangkan warna hijau merupakan standar dari faujasit Y dengan kecocokan sebesar 9,5 %.

Berdasarkan hasil analisis menggunakan program match tersebut didapatkan persentase faujasit Y terbesar adalah pada variasi suhu 80 °C yaitu mencapai 28,2

%. Meskipun di semua diagram menunjukkan bahwa *gismondine* jauh lebih dominan, namun sebenarnya *gismondine* adalah akumulasi dari berbagai macam puncak-puncak kecil yang terdeteksi oleh program Match! 2, seperti *jadeite*, *albite*, *naphelite* dan lain-lain. Dapat diamati pada semua gambar bahwa kecocokan *gismondine* lebih banyak di sisi kanan diagram, yaitu terdiri dari puncak-puncak kecil yang sangat banyak.

Sebagai analisis lanjut, dilakukan *refinement* (penghalusan struktur) untuk mengetahui adanya perubahan parameter sel satuan dan struktur produk dari material yang disintesis. *Refinement* dilakukan dengan metode Le Bail menggunakan program Rietica. Analisis dilakukan untuk mengetahui derajat kesesuaian antara data eksperimen dan data standar dengan hasil *refinement* yang tinggi. Model awal atau *input* yang digunakan adalah zeolit Y standar yang mempunyai grup ruang $Fd\bar{3}$ dan kisi kristal kubik dengan parameter sel $a=b=c=25,028$ (Å), dan $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$ (Treacy dan Higgins, 2001). Data parameter struktur material zeolit sintesis yang berupa hasil *refinement* akhir menggunakan *Rietica* disajikan pada Tabel 4.3.

Berdasarkan Tabel 4.3 penghalusan struktur zeolit Y variasi suhu 80°C menghasilkan derajat kesesuaian antara data hasil eksperimen dengan data teoritis. Hal ini ditunjukkan dengan nilai kesesuaian *goodness-of-fit* (GoF), Rp (faktor profil) dan Rwp (faktor profil terbobot). Nilai GoF pada zeolit Y variasi suhu 80°C adalah 0,4201. Nilai Rp dan Rwp Zeolit Y variasi suhu 80°C berturut-turut adalah 10,32 dan 8,72 %. Widodo dan Darminto (2010) menyatakan bahwa secara umum pencocokan (*fitting*) dengan metode Le Bail bisa dinyatakan *acceptable* (bisa diterima) apabila nilai GoF (χ^2) kurang dari 4 %. Sedangkan nilai Rp dan

Rwp dapat dinyatakan *acceptable* jika $\leq 20\%$. Semakin mendekati 0 nilai GoF, Rp dan Rwp menunjukkan semakin miripnya kurva intensitas hasil penelitian dengan kurva intensitas teoritis. Sedangkan zeolit Y variasi suhu 60 dan 100 °C belum bisa dinyatakan *acceptable* karena nilai GoF di atas 4 %, serta nilai Rp dan Rwp lebih dari 20 %.

Tabel 4.3 Parameter sel satuan zeolit Y variasi suhu 60, 80 dan 100 °C menggunakan program Rietica dengan metode Le Bail

Parameter	Suhu 60 °C	Suhu 80 °C	Suhu 100 °C
Grup ruang	<i>Fd3</i>	<i>Fd3</i>	<i>Fd3</i>
Kisi Kristal	Kubik	Kubik	Kubik
Satuan asimetrik (Z)	1	1	1
a (Å)	24,372538	24,868610	24,344999
b (Å)	24,372538	24,868610	24,344999
c (Å)	24,372538	24,868610	24,344999
α	90,00°	90,00°	90,00°
B	90,00°	90,00°	90,00°
Γ	90,00°	90,00°	90,00°
V (Å ³)	144,777893	153,799362	144,287689
Rp (%)	19,53	10,32	26,25
Rwp (%)	26,98	8,72	30,76
GoF (χ^2)	5,057	0,4201	5,802

4.3.2 Ukuran Kristal

Data hasil dari analisis XRD juga dapat digunakan untuk mengetahui ukuran kristal. Ukuran kristal dari zeolit Y sintesis berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan *Debye Schererr* disajikan dalam Tabel 4.4. Berdasarkan hasil tersebut diketahui bahwa ukuran kristal zeolit Y sintesis berada pada kisaran 40 – 90 nm. Sesuai dengan hasil XRD, Tabel 4.4 menunjukkan bahwa variasi suhu 80 °C adalah zeolit Y yang memiliki nilai rata-rata ukuran kristal paling kecil. Thammavong (2003) menyatakan bahwa kecilnya ukuran kristal tersebut berhubungan dengan harga FWHM. Semakin kecil harga FWHM menunjukkan

ukuran kristal yang semakin besar. Menurut Du dan Wu (2007) ukuran partikel juga berbanding lurus dengan jarak antarpartikel pada kristal zeolit. Ukuran kristal yang kecil menyebabkan jarak antarpartikel menjadi dekat (kecil), sehingga struktur kristal yang terbentuk menjadi semakin rapat dan teratur. Struktur kristal yang semakin rapat dan teratur menyebabkan derajat kristalinitasnya tinggi.

Tabel 4.4 Ukuran kristal zeolit Y sintesis

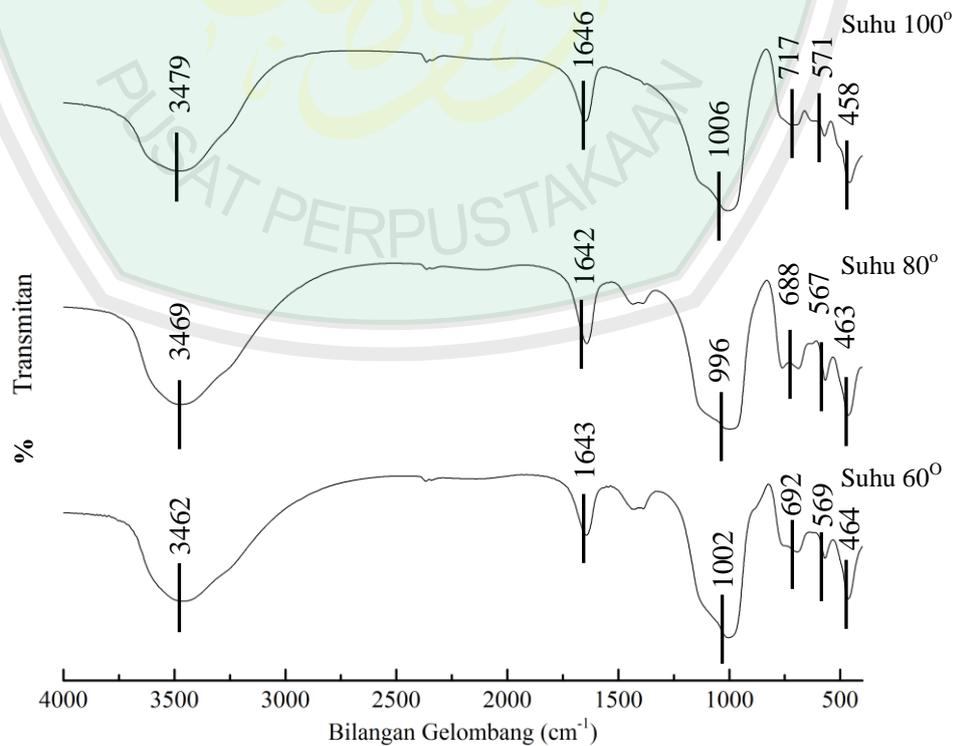
Produk	Sudut 2θ	Ukuran kristal (nm)
Zeolit Y variasi suhu 60 °C	6,1426	79,299
	15,5293	68,529
	20,2148	80,426
Zeolit Y variasi suhu 80 °C	6,1683	59,492
	15,4466	43,615
	20,1712	48,261
Zeolit Y variasi suhu 100 °C	6,1615	59,508
	15,457	79,920
	20,2250	80,427

Ukuran kristal yang dihasilkan akan berpengaruh terhadap daya adsorpsi. Semakin kecil ukuran kristal maka luas permukaan total semakin besar. Luas permukaan total merupakan akumulasi dari luas permukaan pori dan bagian-bagian penyusun zeolit. Semakin banyak jumlah pori yang dimiliki zeolit maka semakin besar luas permukaan total yang dimiliki zeolit. Menurut Dyer (1988), luas permukaan internal zeolit dapat mencapai puluhan bahkan ratusan kali lebih besar dibanding bagian permukaan luarnya. Luas permukaan yang besar ini

sangat menguntungkan dalam pemanfaatan zeolit baik sebagai adsorben ataupun sebagai katalis heterogen.

4.3.3 *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*

Karakterisasi zeolit Y dengan spektrofotometer infra merah (IR) bertujuan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terdapat pada zeolit Y hasil sintesis dan untuk mengetahui terbentuknya struktur kerangka alumina silikat zeolit. Zeolit secara umum mempunyai daerah serapan infra merah yang khas di sekitar bilangan gelombang 1200-1300 cm^{-1} karena pada daerah ini memuat vibrasi fundamental kerangka tetrahedral ($\text{SiO}_4/\text{AlO}_4$) yang merupakan satuan-satuan pembangunan kerangka zeolit (Murni dan Helmawati, 2016). Hasil spektra IR ditunjukkan pada Gambar 4.8 dengan interpretasi spektra IR pada Tabel 4.5.



Gambar 4.8 Hasil karakterisasi zeolit Y sintesis dengan instrumen FTIR

Karakterisasi menggunakan FTIR dilakukan pada rentang bilangan gelombang 4000 – 400 cm^{-1} . Spektra IR dari ketiga zeolit Y hasil sintesis dengan variasi suhu hidrotermal 60, 80 dan 100° C menunjukkan kemiripan karena bahan-bahan penyusunnya sama. Zeolit terdiri dari beberapa gugus seperti O-Si-O dan O-Al-O yang membentuk struktur tetrahedral akan saling berinteraksi membentuk kisi kristal zeolit. Secara umum ketiga hasil intensitas serapan sangat tajam. Menurut Purbaningtyas dan Prasetyoko (2010) semakin tajam intensitas serapan menunjukkan semakin tinggi struktur/gugus fungsi yang terbentuk. Intensitas serapan pada suhu 80 °C paling tinggi diantara yang lain. Hal ini menunjukkan bahwa zeolit Y hasil sintesis pada suhu tersebut terjadi pembentukan ikatan O-T-O tetrahedral paling maksimal, dimana T bisa berupa Si atau Al.

Tabel 4.5 Interpretasi spektra IR zeolit Y hasil sintesis suhu 60, 80 dan 100 °C

No	Bilangan Gelombang Standar (cm^{-1})*	Bilangan Gelombang (cm^{-1})			Interpretasi
		Zeolit Y suhu 60 °C	Zeolit Y suhu 80 °C	Zeolit Y suhu 100 °C	
1	500-420	464	463	458	Vibrasi tekuk O-T-O
2	650-500	569	567	571	Cincin ganda
3	720-650	692	688	717	Vibrasi ulur simetri O-T-O
4	1250-950	1002	996	1006	Vibrasi ulur asimetri O-T-O
5	1650-1600**	1643	1642	1646	Vibrasi tekuk H-O-H
6	3700-3000**	3462	3469	3479	Vibrasi O-H

*Flanigen (1991), **Socrates (1994)

Struktur zeolit Y terdiri dari daerah serapan sekitar 820-650 cm^{-1} mewakili vibrasi ulur simetri O-Si-O dan O-Al-O, sedangkan daerah serapan sekitar 1250-950

cm^{-1} mewakili vibrasi ulur asimetri, serta vibrasi tekuk dari S-O dan Al-O pada kerangka aluminosilikat pada zeolit muncul pada daerah serapan 500-420 cm^{-1} . Spektra pada daerah-daerah tersebut ditunjukkan oleh semua sampel yang dianalisis.

Cincin ganda merupakan karakter kerangka zeolit pada jaringan eksternal antara lapisan zeolit satu dengan yang lainnya. Karakter spesifik cincin ganda tersebut ditunjukkan pada daerah serapan 650-500 cm^{-1} . Serapan pada daerah 650-500 cm^{-1} tersebut juga ditunjukkan pada semua sampel. Adanya vibrasi ulur dan tekuk tersebut menunjukkan telah terbentuknya kerangka aluminosilikat pada setiap sampel.

Interpretasi puncak-puncak yang terbentuk ditunjukkan pada Tabel 4.5 menyatakan bahwa zeolit hasil sintesis dari ketiga variasi suhu hidrotermal memiliki kriteria yang sama, karena mengandung gugus fungsi O-T-O yang umum pada zeolit. Menurut Goncalves, dkk. (2008), pita absorpsi sekitar 1250-950, 820-650 dan 500-420 cm^{-1} merupakan puncak yang tidak sensitif terhadap perubahan struktur. Sedangkan pada daerah 650-500 cm^{-1} merupakan puncak yang sensitif terhadap perubahan struktur dan komposisi kerangka (Sriatun, 2004). Pada puncak tersebut gugus yang terbaca IR merupakan cincin ganda, dimana setiap zeolit memiliki struktur cincin ganda yang berbeda dan cincin ganda dari zeolit Y yang merupakan jenis faujasit ialah cincin ganda 6. Serapan cincin ganda pada zeolit Y hasil sintesis suhu 60, 80 dan 100 °C secara berurutan muncul pada bilangan gelombang 577, 574, dan 578 cm^{-1} .

Serapan yang terbentuk pada daerah 3700-3000 cm^{-1} identik dengan vibrasi tekuk O-H (Socrates, 1994). Gugus O-H dimiliki oleh zeolit dalam bentuk Si-OH

maupun sebagai gugus lain yang memungkinkan masih tersisa dari proses sintesis. Hal ini dapat diperkuat dengan adanya serapan 1650-1600 cm^{-1} yang merupakan puncak serapan dari H_2O . Serapan pada daerah 2400-2100 cm^{-1} menunjukkan serapan Si-H (Socrates, 1994).

4.4 Pemanfaatan Lumpur Lapindo dalam Perspektif Islam

Fenomena lumpur Lumpur lapindo merupakan bencana alam yang sangat merugikan. Bencana lumpur Lapindo terjadi di tengah-tengah pemukiman padat penduduk sehingga mengakibatkan masyarakat kehilangan tempat tinggal, mata pencaharian dan aset-aset lainnya. Dalam perspektif Islam, apa yang dialami oleh PT. Lapindo Brantas dan masyarakat bisa bermakna sebagai ujian atau sebagai peringatan. Allah SWT menjelaskan dalam Al-Qur'an surat Ar-ruum Ayat 41.

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا
لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

“Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)” (QS. Ar-ruum Ayat 41)

Menurut Shihab (2002) Kata (ظَهَرَ) *zhahara* pada mulanya berarti terjadinya sesuatu di permukaan bumi, sehingga karena di permukaan, maka nampak terang serta diketahui. Sedangkan (الْفَسَادُ) *Al-fasad* menurut Shihab (2002) keluarnya sesuatu dari keseimbangan, baik sedikit maupun banyak. Ulama kontemporer memahaminya dalam arti kerusakan lingkungan, karena ayat di atas mengaitkan fasad atau kerusakan dengan kata darat dan laut.

Mengilhami ayat tersebut masyarakat patut melakukan introspeksi diri, baik secara personal maupun secara komunal bersama pemerintah dan pihak-pihak pengusaha yang terlibat. Bahwasannya semua bencana yang ada adalah akibat ulah manusia itu sendiri. Tujuan Allah menurunkan bencana itu agar manusia bertaubat dari kebiasaan buruknya yang berlebihan.

Selain introspeksi diri, manusia juga diperintahkan berusaha melihat sisi positif dari setiap ketentuan Allah SWT. Karena hanya Allah yang mengetahui hikmah dari setiap kehendak-Nya. Seperti yang tertera dalam firman Allah surat Al-Baqoroh ayat 216.

وَعَسَىٰ أَنْ تَكْرَهُوا شَيْئًا وَهُوَ خَيْرٌ لَّكُمْ وَعَسَىٰ أَنْ تُحِبُّوا شَيْئًا وَهُوَ شَرٌّ لَّكُمْ وَاللَّهُ يَعْلَمُ وَأَنْتُمْ لَا تَعْلَمُونَ

“...boleh Jadi kamu membenci sesuatu, Padahal ia Amat baik bagimu, dan boleh Jadi (pula) kamu menyukai sesuatu, Padahal ia Amat buruk bagimu; Allah mengetahui, sedang kamu tidak mengetahui” (Al-Baqoroh: 216)

Ayat ini menjelaskan tentang perintah perang. Tetapi menurut Ibnu Katsir ayat ini bisa bersifat umum mencakup semua perkara. Menurut Ibnul Qoyim dalam ayat ini terdapat beberapa hikmah, rahasia-rahasia, dan kemaslahatan bagi seorang hamba. Sesungguhnya tatkala hamba mengetahui bahwa sesuatu yang dibenci kadang datang berbarengan dengan hal-hal yang dicintai, dan hal-hal yang dicintai kadang datang dengan hal-hal yang dibenci. Sesungguhnya hanya Allah SWT yang maha mengetahui.

Manusia menganggap fenomena lumpur Lapindo hanya merupakan musibah yang merugikan. Padahal bagi orang-orang yang mau berfikir (ulul albab), apapun ketentuan Allah pasti ada hikmah besarnya. Lumpur Lapindo ternyata memiliki

kandungan SiO₂ berlimpah yang dapat dijadikan sebagai bahan baku sintesis Zeolit Y.

Zeolit Y dapat dimanfaatkan salah satunya sebagai katalis dalam perengkahan minyak bumi (Gunawan, 2004). Allah SWT telah mengizinkan manusia untuk memanfaatkan segala sumber daya yang ada di bumi dengan tetap memperhatikan syariat-syariat yang ada. Seperti yang tertuang dalam surat Al-baqoroh ayat 29.

هُوَ الَّذِي خَلَقَ لَكُمْ مَّا فِي الْأَرْضِ جَمِيعًا ثُمَّ أَسْتَوَىٰ إِلَى السَّمَاءِ فَسَوَّاهُنَّ سَبْعَ سَمَوَاتٍ وَهُوَ بِكُلِّ شَيْءٍ عَلِيمٌ

“ Dia-lah Allah, yang menjadikan segala yang ada di bumi untuk kamu dan Dia berkehendak (menciptakan) langit, lalu dijadikan-Nya tujuh langit. dan Dia Maha mengetahui segala sesuatu.”

Buya Hamka memaknai ayat diatas, bahwa segala yang ada di bumi diciptakan hanya untuk manusia. Air yang mengalir, lautan yang terbentang, kayu yang tumbuh di hutan, batu di sungai, pasir di pantai, binatang ternak dan ikan di laut adalah untuk manusia. Apabila digali bumi selapis dua lapis, bertemulah kekayaan seperti minyak tanah, mangan, uranium, besi dan segala macam logam untuk manusia. Manusia diberi alat untuk mengambil manfaat dari semua rahmat tersebut yaitu akal, ilmu dan pengalaman.

Mujiono Abdillah mengartikan ayat tersebut di atas, bahwa sumber daya alam dan lingkungan diciptakan oleh Allah SWT. Oleh karena itu, dapat dimaknai bahwa manusia diberi hak dan wewenang oleh Allah SWT untuk memanfaatkan sumber daya alam dan lingkungan dalam batas-batas kewajaran ekologis. Manusia tidak diberi wewenang untuk mengeksploitasinya secara sewenang-wenang. Sebab

manusia bukan pemilik hakiki lingkungan. Pemilik hakiki lingkungan adalah Allah SWT.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil pengamatan menggunakan instrumen XRD maka dapat disimpulkan bahwa pada semua variasi suhu hidrotermal terbentuk zeolit Y yang bercampur dengan zeolit P. Zeolit Y hasil sintesis memiliki kemurnian dan kristalinitas tertinggi pada variasi suhu 80 °C. Ukuran kristal berkisar antara 40-90 nm. Zeolit Y variasi suhu 80 °C memiliki nilai rata-rata ukuran kristal paling kecil. Sedangkan sintesis zeolit Y tanpa pemeraman tidak berhasil dibuat pada semua variasi suhu.
2. Hasil analisis FTIR menunjukkan bahwa puncak-puncak yang muncul merupakan gugus fungsi dari kerangka zeolit. Hasil analisis FTIR menunjukkan bahwa semua variasi suhu terdapat puncak khas faujasit yaitu vibrasi tekuk O-T-O pada bilangan gelombang 500-420 cm^{-1} dan puncak cincin ganda pada bilangan gelombang 650-500 cm^{-1} .

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan kajian variasi waktu pemeraman sehingga dapat diketahui berapa lama waktu yang dibutuhkan dalam pembentukan inti kristal secara maksimal.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut tentang aplikasi dari zeolit Y hasil sintesis ekstrak silika dari lumpur Lapindo yang menggunakan metode sol-gel.

DAFTAR PUSTAKA

- Aineto, M., Acosta, A., & Iglesias, I. 2006. The role of a coal gasification fly ash as clay additive in building ceramic. *Journal of the European Ceramic Society*, 26(16), 3783–3787. <http://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2006.01.011>
- Al-Jauziyah, Ibnu Qoyyim. 2000. *Zadul Ma'ad*. Jakarta: Pustaka Azam.
- Akbar, F., Zahrina, I., dan Yemilda, A. 2011. Sintesis ZSM-5 dari Natrium Silikat yang Berasal dari Abu Sawit. *Jurnal Sains dan Teknologi* 10 (1), Maret 2011: 8-11.
- Al-fida, A. 1991. *Tafsir al-Qur'an Adzim*. Beirut: Maktabah al-Nur al-Ilmiah.
- Al-Mahally, Imam Jalaluddin dan As-suyutti, Imam Jalaluddin. 1990. *Tafsir Jalalain Berikut Asbab An-nujulnya Jilid I*. Bandung: Sinar Baru.
- Arryanto, Y. 2001. Fenomena dalam Proses Pertukaran Ion. *Seminar Kelompok Material Anorganik Jurusan Kimia*. Yogyakarta: FMIPA UGM.
- Asolah, A. 2015. Sintesis dan Karakterisasi Zeolit X dari Lumpur Lapindo dengan Variasi Komposisi $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ menggunakan Metode Sol-Gel. *Skripsi S-1*. Malang: UIN Maliki Malang
- Astini, V. 2008. Efektivitas Penambahan Karbon Terhadap Proses Reduksi Langsung Besi Oksida. *Skripsi S-1 UI*. Jakarta: UI.
- Bakar, B.A. 2000. *Terjemah Tafsir Ibnu Katsir*. Bandung: Sinar Baru Algensindo.
- Bakri. Iqbal, M., dan Rifki, M. 2012. Analisis Panjang Serat Terhadap Kuat Tarik dan Kuat lentur Pada Komposit yang Diperkuat serat Agave Angustifolia Haw. *Jurnal Mekanikal*. Vol.3, No.1. 240 : 244.
- Barrer, R.M. 1982. *Hydrothermal Chemistry of Zeolites*. London: Academic press.
- Breck, D.W. 1974. *Zeolite Molecular Sieve: Structure Chemistry and Use*. New York: Jhon Wiley.
- Cheng, Y. Wang, L.J., Li, J.S. Yang, Y.C. dan Sun, X.Y. 2005. Preparation and Characterization of Nanosized ZSM-5 Zeolite in The Absence Of Organic Template. *Materials Letters*. Vol. 59. hal. 3427-3430.
- Christidis, G. E. and Hara Papantoni, 2008, Synthesis of FAU Type Zeolite Y from Natural Raw Materials: Hydrothermal SiO_2 -Sinter and Perlite Glass, *Open Mineral. J.*, 2, 1-5.
- Du, X., dan Wu, E. 2007. Porosity of Microporous Zeolites A, X and ZSM-5 Studied by Small Angle X-ray Scattering and Nitrogen Adsorption. *Journal of Physics and Chemistry of Solids*. Vol. 68 Hal. 1692–1699.

- Fadli, A. F., Tjahjanto, A.T., Darjito. 2013. Ekstraksi Silika Dalam Lumpur Lapindo Menggunakan Metode Kontinyu. *Student Journal*, Vol. 1. 182-187.
- Fathizadeh, M. dan Ordou, N. 2011. Controlling Yield of NaY Zeolite Synthesis by Hydrothermal Method. *Int. J. Ind. Chem.* Vol. 2, No. 4, 2011, pp. 190-195.
- Fauzan, A., Risanti, D. D., dan Mawarni, L. J. 2013. Sintesis Natrium Silikat dari Lumpur Lapindo sebagai Inhibitor Korosi. *Jurnal Teknik Pomits*. Vol. 1(1). h 1-6.
- Feijen E.J.P., Martens J.A. dan Jacobs P.A. 1994. Zeolites and their Mechanism of Synthesis. *Original Research Article*, 84:3-19.
- Fernandez, B.R. 2011. *Sintesis Nanopartikel*. Padang: Universitas Andalas.
- Flanigen, E.M. 1991. *Zeolite and Molecular Sieves An Historical Perspective*. New York: Elsevier Science Publishers B.V
- Flanigen, E.M., Szymanski, H.A., dan Khatami, H. 1971. *Infrared Structural Studies of Zeolites Framework in Molecular Sieve Zeolites I, Advances in Chemistry Series 101*. Washington DC: Gould ed.
- Gani, B., dan Umam, K. 1986. *Tentang Al-qur'an*. Jakarta: perguruan Tinggi Ilmu Al-Qur'an.
- Goldberg, A.B., Deitel, H.M. dan Deitel, P.J. 2004. *Internet & World Wide Web How to Program Third Edition*. New Jersey: Prentice Hall.
- Goncalves, M.L., Dimitrov, L.D., Jorda, M.H., Wallau, M., Ernesto, A., dan Gonzalez, U. 2008. Synthesis of Mesopori ZSM-5 by Crystallisation of Aged Gels in The Presence of Cetyltrimethylammonium Cations. *Catalysis Today*. Vol. 133-135, hal: 69-79.
- Gunawan, M.L., Dewi, A.S., dan Geronica, F. 2004. Uji Kinerja Katalis Zeolit Y Komersial Hasil Regenerasi Terhadap Reaksi Dehidrasi N-Butanol. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Hamdan, H. 1992. *Introduction to Zeolites: Synthesis, Characterization and Modifications*. Malaysia: Universitas Teknologi Malaysia.
- Hamka. 1983. *Tafsir Al-Azhar Juz I*. Jakarta: Pustaka Panjimas.
- Hanafi, A. dan Nandang, A. 2011. Studi Pengaruh Bentuk Silika dari Abu Ampas Tebu terhadap Kekuatan Produk Keramik. *Jurnal Kimia Indonesia*. 5 (1): 35-38.
- Hayati, E.K. 2007. *Buku Ajar Dasar-dasar Analisa Spektroskopi*. Malang: UIN-Press.

- Istiqomah, M., Anif, J., dan Yofentina, I. 2014. Pembuatan Material Feroelektrik Barium Titanat (BaTiO_3) Menggunakan Metode Solid State Reaction. *Jurnal Fisika Indonesia* No: 53, Vol XVIII. ISSN : 1410-2994.
- Jalil, A.A., Triwahyono S., Adam, S.H., Rahim, N.D., Aziz, M.A.A., Hairom, N.H.H., Razali, N.A.M., Abidin, M.A.Z., Mohamadiah, M.K.A. 2010. Adsorption of Methyl Orange from Aqueous Solution onto Calcined Lapindo Volcanic Mud. *Journal Article*. Vol. 181, h. 755-762. Science Direct.
- Jenkin, R. 1988. *X-Ray Fluorescence Spectrometry*. Toronto: John Wiley & Sons.
- Jumaeri, Astuti, W. dan Lestari, W.T.P. 2007. Preparasi Dan Karakterisasi Zeolit Dari Abu Layang Batubara Secara Alkali Hidrotermal. *Reaktor*, Vol. 11 No.1, Juni 2007.
- Kasmui, M., Muhlisin, Z., dan Sumarni, W. 2008. Kajian Pengaruh Variasi Rasio Si/Al dan Variasi Kation Terhadap Perubahan Ukuran Pori Zeolit Y dengan Menggunakan Metode Mekanika Molekuler. *Artikel Jurnal*. Semarang: Unnes.
- Katsir, Ibnu. 2003. *Tafsir Ibnu Katsir Jilid 1-7*. Bogor : Pustaka Imam Syafi'I.
- Kirk and Orthmer. 1984. *Encyclopedia of Chemical Technology*. USA: John Wiley and Son Inc.
- Kiti, E.V. 2012. Synthesis Of Zeolites and Their Application to the Desalination of Seawater. *Tesis*. Ghana: University of Science and Technology Kumasi.
- Koller, H., Overweg, A.R., Santen, R.A.V., dan Haan, J.W.D. 1997. ^{13}C and ^{23}Na Solid-State NMR Study on Zeolite Y Loaded with $\text{Mo}(\text{CO})_6$. *J.Phys.Chem. B1997, 101, 1754-1761*. Netherlands: Eindhoven University of Technology.
- Kondru, A.K., Kumar, P., Teng, T.T., Chand, S. dan Wasewar, K.L. 2011. Synthesis and Characterization of Na-Y Zeolite from Coal Fly Ash and its Effectiveness in Removal of Dye from Aqueous Solution by Wet Peroxide Oxidation. *ARCH. ENVIRON. SCI.* 5, 46-54.
- Kosmulski, M. 2009. pH Dependent Charge Surface Charging and Points of Zero Charge.IV. Update and New Approach. *Jurnal of Colloid and Interface Science*. 3337. 439-448.
- Kurniasari. 2012. Sintesis dan Karakterisasi Membran Komposit Alumina Silika Berpori dan Aplikasinya untuk Pemisahan Gas Metanol-Etanol. *Skripsi S-1 UI*. Jakarta: UI.
- Monsalve, A.G. 2004. *Active Acid Sites in ZeoliteCatalyzed Iso-butane/cis-2-Butene Alkylation*. Germany: Institut für Technische Chemie der Technischen Universität München Lehrstuhl II.

- Murni, D., dan Helmawati. 2006. Studi Pemanfaatan Abu Sabut Sawit sebagai Sumber Silika pada Sintesis Zeolit 4A. *Laporan Penelitian*. Program Studi Sarjana Teknik Kimia. Fakultas Teknik. Universitas Riau. Pekanbaru : Riau.
- Mustopa, R.S., dan Risanti, D.D. 2013. Karakterisasi Sifat Fisis Lumpur Panas Sidoarjo dengan Aktivasi Kimia dan Fisika. *Jurnal Teknik Pomits*. Vol. 2(2), h. 256-261.
- Nata, A. 2002. *Tafsir Ayat-ayat Pendidikan*, Terjemah Tafsir al-Ayah al-Tarbawiy. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Novianti, D. 2007. Penelitian Awal Pemanfaatan Lumpur Porong Kabupaten Sidoarjo untuk Komponen Bangunan. *Jurnal Permukiman* Vol. 2 No.2 September 2007. Bandung: Balitbang PU.
- Olivares, A. M., and Forero, C. G. 2010. Goodness-of-Fit Testing. *International Encyclopedia of Education*. Volume 7: 190-196
- Oye, G., Sjoblon J. dan Stoker M. 2011. Synthesis and Charactererization of Siliceous and Aluminum-Containing Mesoporous Materials from Different Surfactant Solution. *Micropor and Mesopor Materials*. 27, 171-180.
- Prasetya, A.P. 2009. Kajian Pengaruh Pemanasan Terhadap Jumlah Molekul Air pada Zeolit Y yang Disisipi Kation Mg^{2+} Dan Ca^{2+} dengan Metode Mekanika Molekuler. *Jurnal Skripsi*. Semarang: FMIPA Universitas Negeri Semarang.
- Pujianto, Boesono, H., dan Wijayanto, Dian. 2013. Analisis Kelayakan Usaha Aspek Finansial Penangkapan Mini Purse Seine dengan Ukuran Jejaring yang berbeda di PPI Ujungbatu Kabupaten Jepara. *Skripsi-S1*. Semarang: UNDIP.
- Purbaningtyas dan Prasetyo. 2010. Karakterisasi Struktur Pori dan Morfologi ZSM-2 Mesopori yang Disintesis dengan Variasi Waktu Aging. *Skripsi-S1*. Surabaya: ITS.
- Putra, K. P., dan Priyono. 2015. Kajian Sifat Struktur Kristal pada Bahan Barium Heksaferit yang Ditambah Variasi Fe_2O_3 menggunakan Analisis Rietveld. *Youngster Physic Journal*. Volume 4 (2): 165-172.
- Rahman, M.M. Hasnida, N. dan Wan, N.W.B. 2009. Preparation of Zeolite Y Using Local Raw Material Rice Husk as a Silica Source. *Journal Of Scientific Research. J. Sci. Res.* 1 (2), 285-291.
- Raharjo, M. D. 2002. *Ensiklopedi al-Qur'an: Tafsir Sosial Berdasarkan Konsep-Konsep Kunci*. Jakarta: Paramadina.
- Ramimoghadam, D., Hussein, M.Z.B. dan Yap, Y.H.T. 2012. The Effect of Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) and Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide

(CTAB) on the 10 Properties of ZnO Synthesize by Hydrothermal Method. *Int J Mol Sci.* 13:13275-13293.

- Rusli, Rolan. 2011. *Petunjuk Refinement, Analisis Pola Difraksi Sinar-X Serbuk Menggunakan Metode Le Bail Pada Program Rietica*. Bandung.
- Saceda, J. J. F., Rintramee, K., Khabuanchalad, S., Prayoonpokarach, S., de Leon, R. L., & Wittayakun, J. 2012. Properties of Zeolite Y in Various Forms and Utilization as Catalysts or Supports for Cerium Oxide in Ethanol Oxidation. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 18(1), 420–424. <http://doi.org/10.1016/j.jiec.2011.11.108>
- Salaman, S. 2004. Persepsi Karakterisasi dan Modifikasi Katalis Ni₃-Pd₁/Zeolit-Y untuk Hidrorengkah Fraksi Aspaten dari Aspal Buton dengan Sistem Reaktor Semi Batch. *Skripsi S-1 UGM*. Yogyakarta: UGM.
- Sang, S., Liu, Z., Tian, P., Liu, Z., Qu, L., Zhang, Y. 2005. Synthesis of Small Crystals Zeolite NaY. *Materials Letters*. 60 (2006) 1131–1133.
- Saputra, R. 2006. *Pemanfaatan Zeolit Sintetis Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Industri*. Yogyakarta: UGM
- Sastrohamidjojo, H. 1991. *Spektroskopi*. Yogyakarta: Liberty.
- Schindler, P.W., Lietchi, P., and Westall, J.C. 1987. Adsorption of Copper Cadmium and Lead from Aqueous Solution to the Kaolinite/Water Interface. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, Vol. 35, hal. 219-230.
- Shihab, M. Quraish. 2002. *Tafsir al-Misbah; Pesan, Kesan, dan Keserasian Alquran Vol. 5* Jakarta: Lentera Hati.
- Sibilia, P. 1996. *Guide to Material Characterization and Chemical Analysis, 2nd Edition*. New York: John Willey-VCH.
- Socrates, G. 1994. *Infrared Spectroscopy*. Chicester: John Willey & Sons Ltd.
- Sodiq, M.J., Rachmat, T.T., dan Yuniar P.P. 2012. Studi Sintesis Nanopartikel SiO₂ dari Lumpur Lapindo. *Skripsi S-1 Tidak Diterbitkan*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Sriatun. 2004. Sintesis Zeolit A dan Kemungkinan Penggunaannya Sebagai Penukar Kation. *Artikel Jurnal*. Vol. VII. No. 3. Semarang: UNDIP.
- Sugiarti, M. 2012. Sintesis Hidrotermal dan Karakterisasi Kristal Titanium Dioksida (TiO₂). *Skripsi S-1 IPB*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Syaf, M. 1990. *Terjemah Tafsir Jalalain: berikut Asbabun Nuzul Ayat*. Bandung: Sinar Baru.

- Szostak, R. 1989. *Molecular Sieves Principles of Synthesis and Identification*. Van Nostrand Reinhold Catalysis Series. Amsterdam: Elsevier Ltd.
- Thammavong, M. 2003. Studies of Synthesis, Kinetics and Particle Size of Zeolite X from Narathiwat Kaolin. *Thesis S-2*. Thailand: Suranaree University of Technology
- Treacy, M.M.J. dan J.B. Higgins, J.B. 2001. *Collection of Simulated XRD Powder Patterns for Zeolites*. Amsterdam: Elsevier.
- Tsitsishvili, G.V., T.G. Andronikashvili, G.N. Kirov and L.D. Filizona. 1992. *Natural Zeolites*. England. Ellis Horwood Ltd.
- Ulfah, E.M., Yasnur, F.A. dan Istadi. 2006. Optimasi Pembuatan Katalis Zeolit X dari Tawas, NaOH dan Water Glass dengan Response Surface Methodology. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Vaughan, D.E.W., Edwards, G.C., Barrett, M.G., dan Laurel. 1979. *Synthesis of Type Y Zeolite*. *US Patent* 4,178,382.
- Warsito, S., Sriatun, dan Taslimah. 2008. Pengaruh Penambahan Surfaktan Cetyltrimethylammonium Bromide (N-CTAB) pada Sintesis Zeolit-Y. *Seminar Tugas Akhir S1 Tidak Diterbitkan*. Semarang: Jurusan Kimia UNDIP.
- Widodo, S. 2010. Teknologi Sol-Gel Pada Pembuatan Nano Kristalin Metal Oksida Untuk Aplikasi Sensor Gas. *Seminar Rekayasa dan Proses*. ISSN: 1411-4216.
- Wijayanti, S. 2007. Analisa Pola – Pola Difraksi Sinar-X pada Material Serbuk $\text{Nd}_6\text{Fe}_{13}\text{Sn}$, $\text{Nd}_6\text{Fe}_{13}\text{Ge}$ dan $\text{Nd}_6\text{Fe}_{13}\text{Si}$ menggunakan Metode Rietveld GSAS. *Skripsi*. Surakarta: Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Yoshida, A. dan Inoue, K. 1986. *Zeolites*. London: Academic press.
- Zaemi, H., Tjahjanto, R.T., dan Darjito. 2013. Sintesis Aerogel Silika dari Lumpur Lapindo dengan Penambahan Trimetilklorosilan (TMCS). *Kimia Student Journal*. Vol. 1, No. 2, h. 208-214.
- Zahro, A., Amalia, S., Adi, T.K., dan Aini, N. 2014. Sintesis dan Karakterisasi Zeolit Y dari Abu Ampas Tebu Variasi Rasio Molar $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ dengan Metode Sol – Gel. *Jurnal Kimia*. Vol. 3 Hal 108 – 117.
- Zhely, M., dan Widiastuti, N. 2012. Sintesis Zeolit X-karbon dari Abu Dasar Batubara dan Karakterisasinya sebagai Material Penyimpan Hidrogen. *Jurnal prosiding Kimia FMIPA*. Surabaya: ITS.

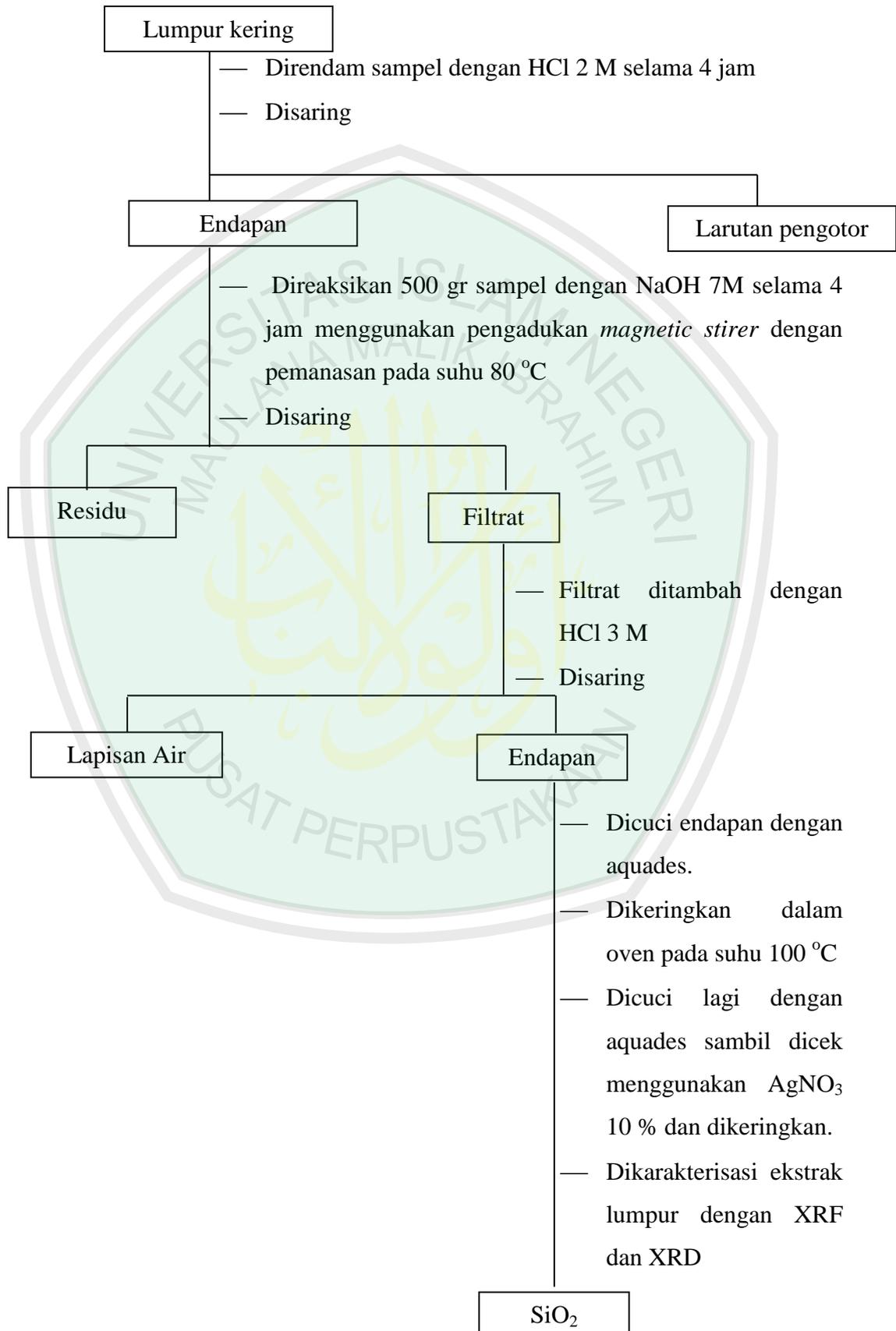
Lampiran 1

SKEMA KERJA

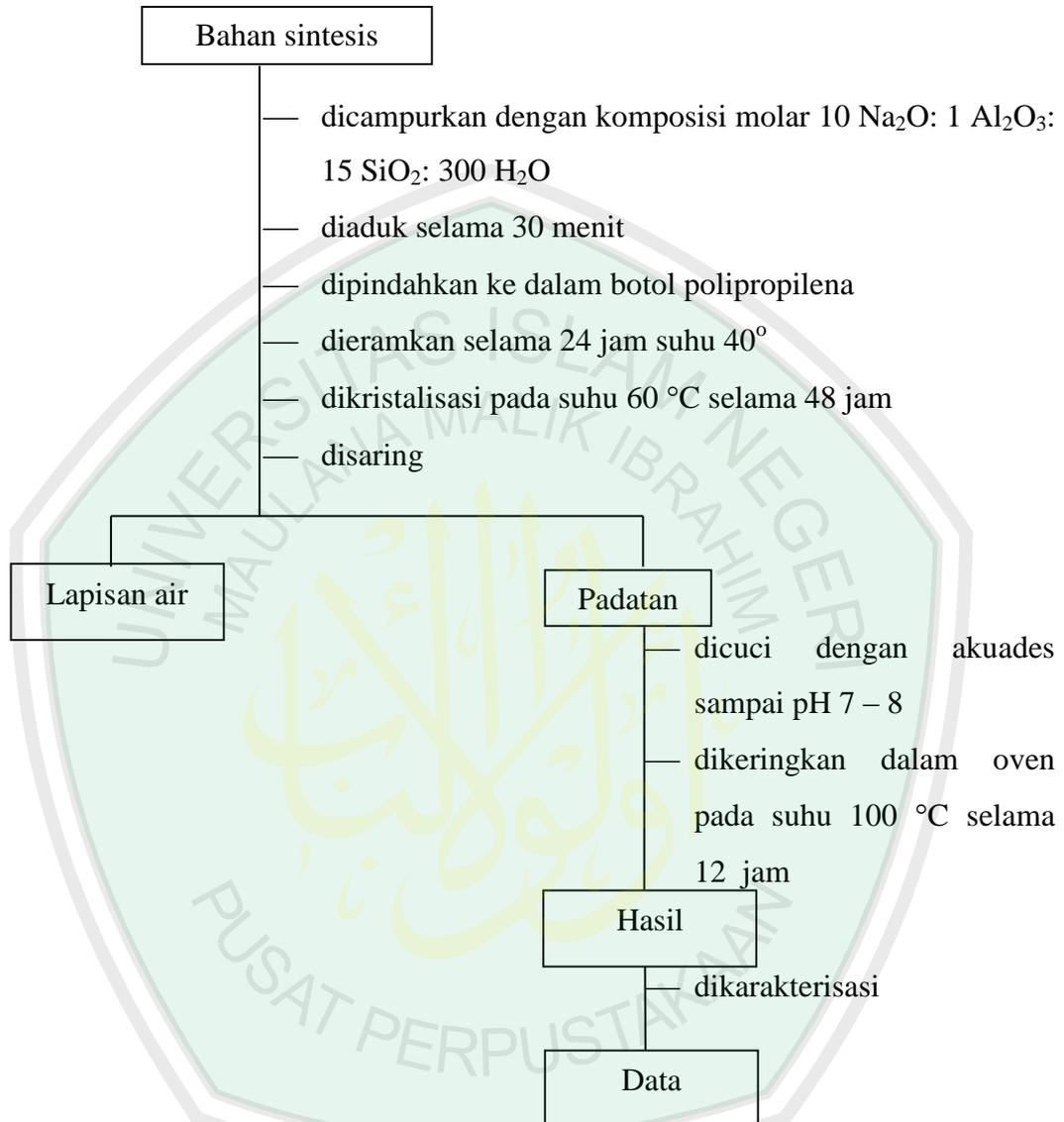
1. Preparasi Lumpur Lapindo (Adziimaa, dkk., 2013)



2. Ekstraksi Lumpur Lapindo (Adziimaa, dkk., 2013)



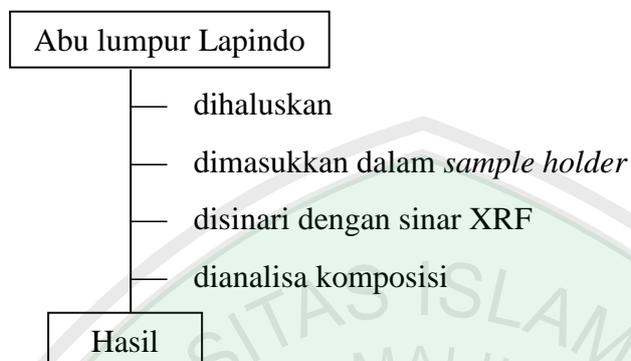
3. Sintesis Zeolit Y dari Lumpur Lapindo (Sang, dkk., 2005)



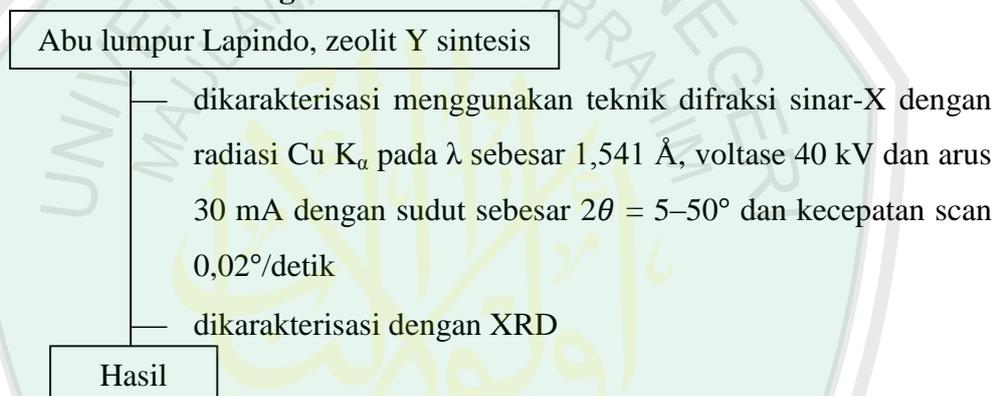
NB: Dilakukan perlakuan yang sama untuk suhu 80 dan 100 °C

4. Karakterisasi

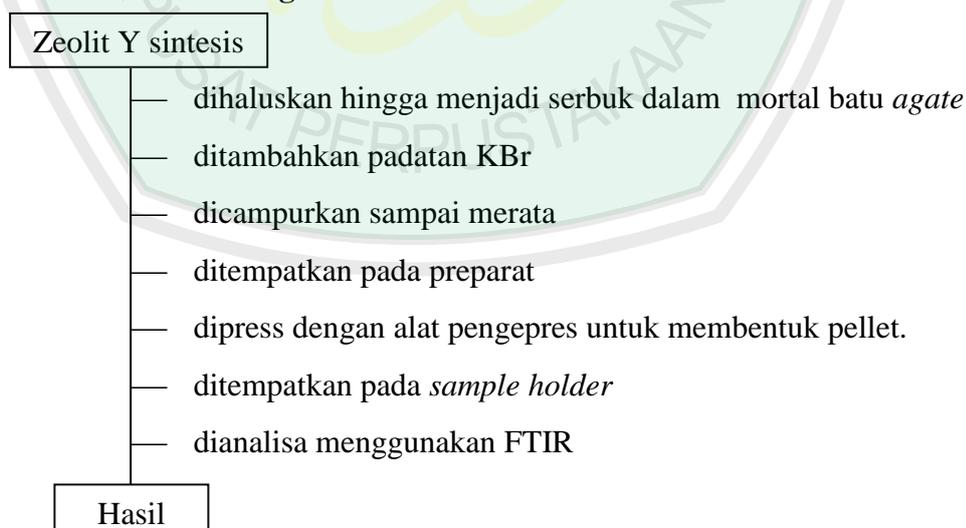
4.1 Karakterisasi dengan XRF



4.2 Karakterisasi dengan XRD

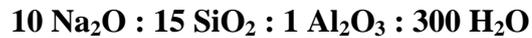


4.3 Karakterisasi dengan FTIR



Lampiran 2

Perhitungan



1. Na₂O

10 mol Na₂O dari NaOH

$$\begin{aligned} 10 \text{ mol Na}_2\text{O} &= \text{gram}/\text{mr} \\ \text{gram} &= 10 \text{ mol} \times 40 \text{ gr/mol} \\ &= 400 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\text{gram Na}_2\text{O} \text{ dari NaOH} = 400 \text{ gram} \times 2 = 800 \text{ gram}$$

misalkan NaOH 98 %

$$\begin{aligned} \text{gram NaOH} &= \frac{100}{98} \times 800 \text{ gram} \\ &= 816,3 \text{ gram} \end{aligned}$$

2. Ekstrak SiO₂ dari Lumpur Lapindo

SiO₂ dari Lumpur Lapindo

$$\begin{aligned} 15 \text{ mol SiO}_2 &= \text{gram}/\text{mr} \\ \text{gram} &= 15 \times 60,084 \text{ gr/mol} \\ &= 901,3 \text{ gram} \end{aligned}$$

Misalkan kandungan SiO₂ dalam lumpur Lapindo ialah 96,8 %

$$\begin{aligned} \text{SiO}_2 \text{ 96,8 \%} &= \frac{100}{96,8} \times 901,3 \text{ gram} \\ &= 931,09 \text{ gram} \end{aligned}$$

3. Al₂O₃

- Rasio SiO₂/Al₂O₃ ialah 2,43

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = \frac{1}{2,43} \times 15$$

$$\begin{aligned} \text{gram Al}_2\text{O}_3 &= 6,2 \times 102 \text{ gr/mol} \\ &= 632,4 \text{ gram} \end{aligned}$$

4. H₂O

$$\begin{aligned} \text{gram} &= 300 \text{ mol} \times 18 \text{ gr/mol} \\ &= 5400 \text{ gram} \end{aligned}$$

Massa total dalam campuran = dalam NaOH + 10 mol H₂O (dari NaOH)

$$\begin{aligned} \text{Dalam NaOH} &= \frac{2}{100} \times 816,3 \text{ gram} \\ &= 16,3 \text{ gram} \end{aligned}$$

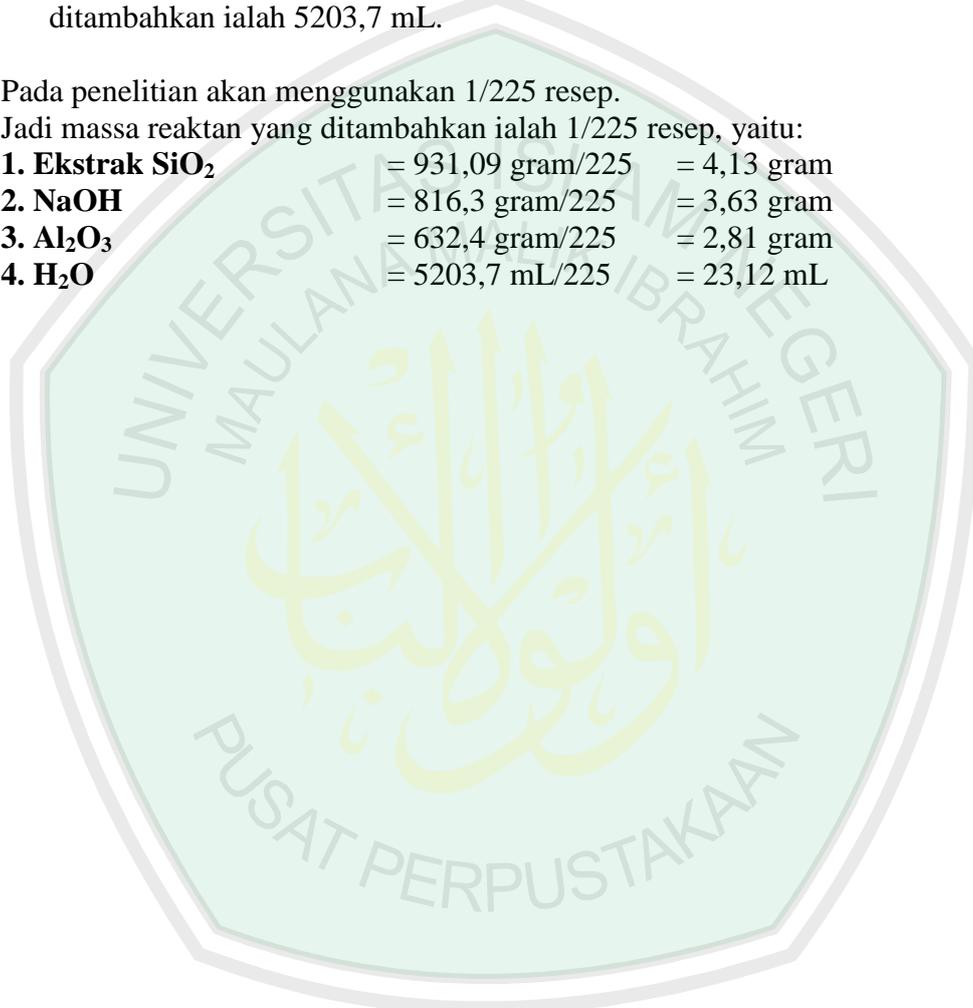
$$10 \text{ mol H}_2\text{O} = \text{gram}/\text{mr}$$

$$\begin{aligned} \text{gram} &= 10 \times 18 \text{ gr/mol} \\ &= 180 \text{ gram} \\ \text{Massa total dalam campuran} &= 16,3 \text{ gram} + 180 \text{ gram} \\ &= 196,3 \text{ gram} \\ \text{Massa yang harus ditambahkan} &= 5.400 \text{ gram} - 196,3 \text{ gram} \\ &= 5203,7 \text{ gram} \\ \text{Karena densitas air (H}_2\text{O) ialah } 1 \text{ gram/mL, maka volume air yang} \\ \text{ditambahkan ialah } 5203,7 \text{ mL.} \end{aligned}$$

Pada penelitian akan menggunakan 1/225 resep.

Jadi massa reaktan yang ditambahkan ialah 1/225 resep, yaitu:

1. **Ekstrak SiO₂** = 931,09 gram/225 = 4,13 gram
2. **NaOH** = 816,3 gram/225 = 3,63 gram
3. **Al₂O₃** = 632,4 gram/225 = 2,81 gram
4. **H₂O** = 5203,7 mL/225 = 23,12 mL



Lampiran 3

Perhitungan Pembuatan Larutan

1. Pembuatan Larutan NaOH 7 M

Larutan NaOH 7M (BM = 40 g/mol) dibuat dengan cara melarutkan padatan NaOH dalam 1000 mL akuades. Perhitungannya digunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Mol NaOH} = M \times V$$

$$\frac{\text{Massa NaOH}}{\text{BM}} = M \times V$$

BM

$$\begin{aligned} \text{Massa NaOH} &= M \times V \times \text{BM} \\ &= 7 \text{ mol/L} \times 1 \text{ L} \times 40 \text{ g/mol} \\ &= 280 \text{ gr} \end{aligned}$$

Untuk pembuatan larutan NaOH 7 M sebanyak 1 L, maka diperlukan padatan NaOH sebanyak 280 gram.

2. Pembuatan Larutan HCl 2M

Larutan HCl 2M (BM = 36,5 g/mol) dibuat dengan cara pengenceran larutan HCl 37 % (BJ = 1,19 g/mL) dalam labu ukur 1 L. Perhitungan pengenceran digunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} M \text{ HCl} &= \frac{\text{BJ} \times 10 \times \%}{\text{Mr}} \\ &= \frac{1,19 \text{ g/mol} \times 10 \times 37}{36,5 \text{ g/mol}} \\ &= 12 \text{ M} \end{aligned}$$

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

$$2 \text{ M} \times 1 \text{ L} = 12 \text{ M} \times V_2$$

$$V_2 = 0,167 \text{ L}$$

Untuk pembuatan larutan HCl 2M sebanyak 1 L, maka diperlukan HCl 37% sebanyak 0,167 L.

3. Pembuatan Larutan HCl 3M

Larutan HCl 3M (BM = 36,453 g/mol) dibuat dengan cara pengenceran larutan HCl 37 % (BJ = 1,19 g/mL) dalam labu ukur 0,5 L. Perhitungan pengenceran digunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} M \text{ HCl} &= \frac{BJ \times 10 \times \%}{Mr} \\ &= \frac{1,19 \text{ g/mol} \times 10 \times 37}{36,5 \text{ g/mol}} \\ &= 12 \text{ M} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_1 \times V_2 &= M_2 \times V_2 \\ 3 \text{ M} \times 0,5 \text{ L} &= 12 \text{ M} \times V_2 \\ V_2 &= 0,125 \text{ L} \end{aligned}$$

Untuk pembuatan larutan HCl 3M sebanyak 0,5 L, maka diperlukan HCl 65% 0,125 L.

Lampiran 4

Hasil Karakterisasi

L.4.1 Hasil ekstraksi Karakterisasi XRF

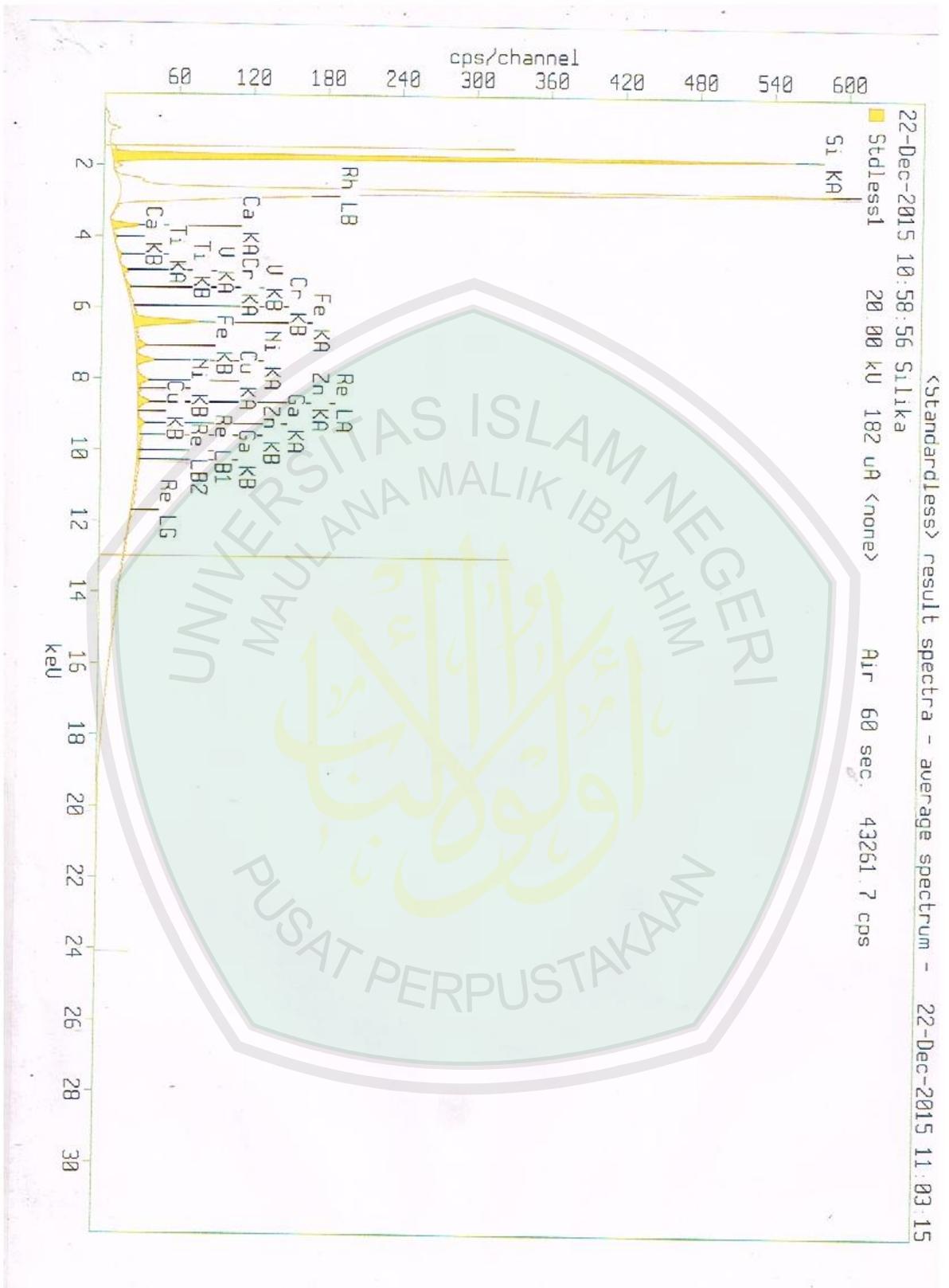


LABORATORIUM SENTRAL MINERAL DAN MATERIAL MAJU
FMIPA UNIVERSITAS NEGERI MALANG (UM)
 Jl. Semarang 5 Malang, Telp. (0341) 551312 (psw 200) / 574895 / 085106001088
 Email: laboratoriumsentralum@yahoo.co.id ; Website : central-laboratory.um.ac.id

HASIL ANALISIS

Sampel diterima tanggal : 22 Desember 2015
 Sampel diuji tanggal : 22 Desember 2015
 Nama Sampel : Silika

Compound	Conc (%)	Methods
Si	96.8 +/- 0.04	
Ca	1.3 +/- 0.02	
Ti	0.10 +/- 0.005	
V	0.13 +/- 0.007	
Cr	0.073 +/- 0.005	
Fe	0.835 +/- 0.008	
Ni	0.20 +/- 0.004	
Cu	0.12 +/- 0.002	
Zn	0.072 +/- 0.003	
Ga	0.084 +/- 0.003	
Re	0.28 +/- 0.01	XRF



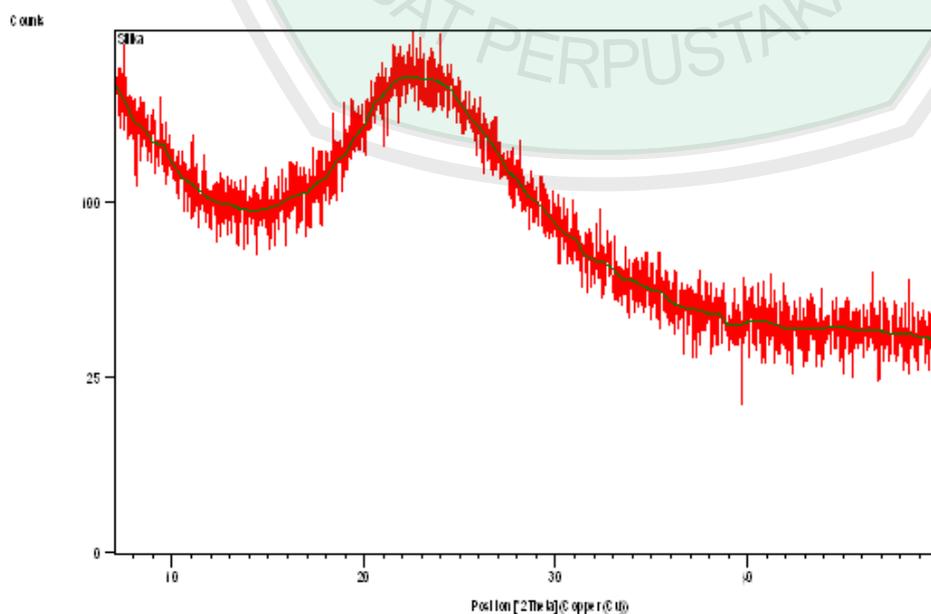
L.4.2 Hasil Karakterisasi XRD

L.4.2.1 Hasil Karakterisasi XRD Silika

Anchor Scan Parameters

Dataset Name:	Silika
File name:	E:\X'Pert Data\2016\NON UM\UIN\070116\Silika.xrdml
Sample Identification:	Silika
Comment:	Silika
	Configuration=Stage Flat Samples, Owner=User-1, Creation date=9/15/2009 2:20:30 PM
	Goniometer=PW3050/60 (Theta/Theta); Minimum step size 2Theta:0.001; Minimum step size Omega:0.001
	Sample stage=PW3071/xx Bracket
	Diffractometer system=XPRT-PRO
	Measurement program=0-40, Owner=User-1, Creation date=4/1/2013 12:32:31 PM
	0.01 degpermin 29min
Measurement Date / Time:	1/7/2016 7:31:29 AM
Operator:	State Univ of Malang
Raw Data Origin:	XRD measurement (*.XRDML)
Scan Axis:	Gonio
Start Position [°2Th.]:	7.0100
End Position [°2Th.]:	49.9900
Step Size [°2Th.]:	0.0200
Scan Step Time [s]:	1.0000
Scan Type:	Continuous
Offset [°2Th.]:	0.0000
Divergence Slit Type:	Fixed
Divergence Slit Size [°]:	0.9570
Specimen Length [mm]:	10.00
Receiving Slit Size [mm]:	0.1000
Measurement Temperature [°C]:	25.00
Anode Material:	Cu
K-Alpha1 [Å]:	1.54060
K-Alpha2 [Å]:	1.54443
K-Beta [Å]:	1.39225
K-A2 / K-A1 Ratio:	0.50000
Generator Settings:	35 mA, 40 kV
Diffractometer Type:	0000000011063758
Diffractometer Number:	0
Goniometer Radius [mm]:	240.00
Dist. Focus-Diverg. Slit [mm]:	91.00
Incident Beam Monochromator:	No
Spinning:	No

Graphics

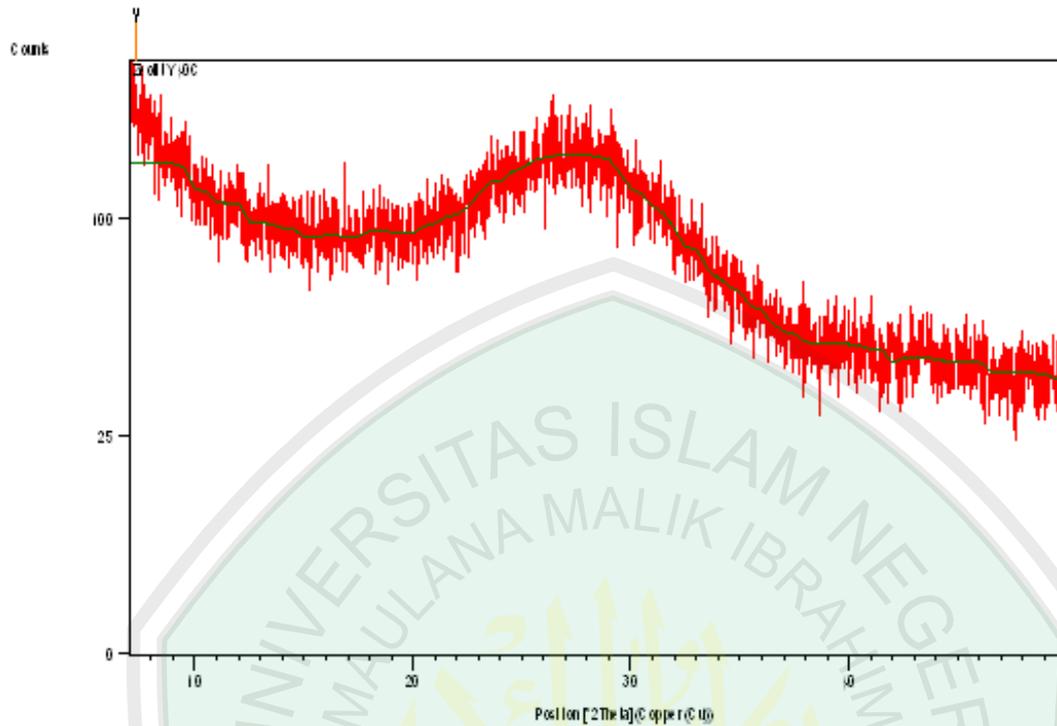


L.4.2.2 Hasil Karakterisasi XRD Sintesis Zeolit suhu 60° tanpa pemeraman

Anchor Scan Parameters

Dataset Name:	Zeolit Y 60C
File name:	E:\X'Pert Data\2016\NON UM\UIN\070116\Zeolit Y 40C.xrdml
Sample Identification:	Zeolit Y 60C
Comment:	Zeolit Y 60C Configuration=Stage Flat Samples, Owner=User-1, Creation date=9/15/2009 2:20:30 PM Goniometer=PW3050/60 (Theta/Theta); Minimum step size 2Theta:0.001; Minimum step size Omega:0.001 Sample stage=PW3071/xx Bracket Diffractometer system=XPRT-PRO Measurement program=0-40, Owner=User-1, Creation date=4/1/2013 12:32:31 PM 0.01 degpermin 29min
Measurement Date / Time:	1/7/2016 9:02:58 AM
Operator:	State Univ of Malang
Raw Data Origin:	XRD measurement (*.XRDML)
Scan Axis:	Gonio
Start Position [°2Th.]:	7.0100
End Position [°2Th.]:	49.9900
Step Size [°2Th.]:	0.0200
Scan Step Time [s]:	1.0000
Scan Type:	Continuous
Offset [°2Th.]:	0.0000
Divergence Slit Type:	Fixed
Divergence Slit Size [°]:	0.9570
Specimen Length [mm]:	10.00
Receiving Slit Size [mm]:	0.1000
Measurement Temperature [°C]:	25.00
Anode Material:	Cu
K-Alpha1 [Å]:	1.54060
K-Alpha2 [Å]:	1.54443
K-Beta [Å]:	1.39225
K-A2 / K-A1 Ratio:	0.50000
Generator Settings:	35 mA, 40 kV
Diffractometer Type:	0000000011063758
Diffractometer Number:	0
Goniometer Radius [mm]:	240.00
Dist. Focus-Diverg. Slit [mm]:	91.00
Incident Beam Monochromator:	No
Spinning:	No

Graphics



Peak List

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
7.2951	29.95	1.1520	12.10813	100.00

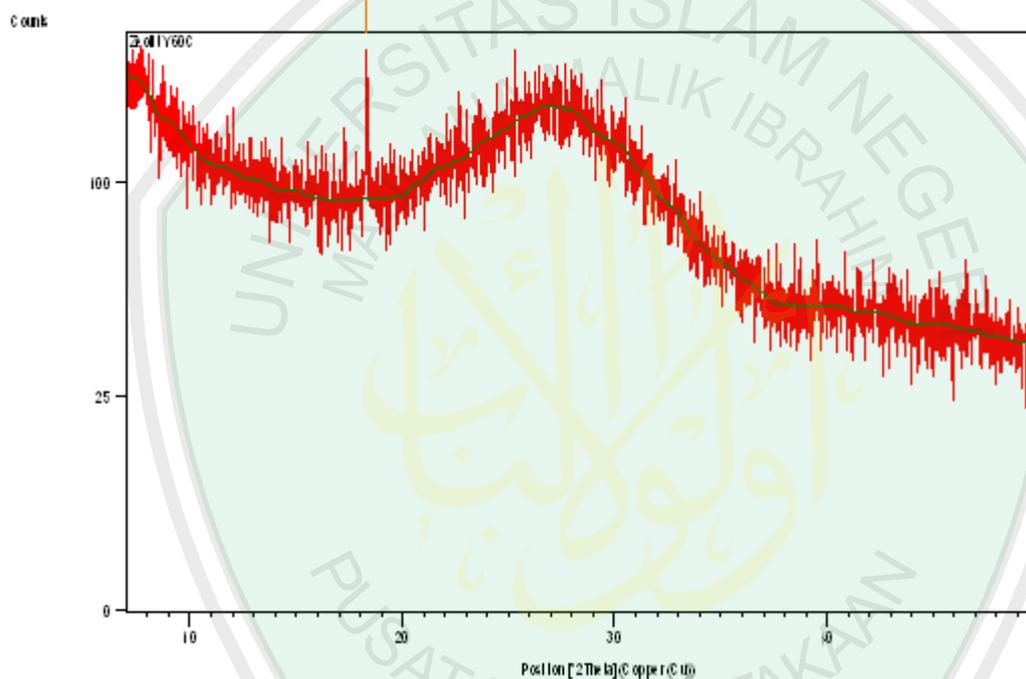
L.4.2.3 Hasil Karakterisasi XRD Sintesis Zeolit suhu 80° tanpa pemeraman

Anchor Scan Parameters

Dataset Name: Zeolit Y 80C
 File name: E:\X'Pert Data\2016\NON UMI\UIN\070116\Zeolit Y 60C.xrdml
 Sample Identification: Zeolit Y 80C
 Comment: Zeolit Y 80C
 Configuration=Stage Flat Samples, Owner=User-1, Creation date=9/15/2009 2:20:30 PM
 Goniometer=PW3050/60 (Theta/Theta); Minimum step size 2Theta:0.001; Minimum step size Omega:0.001
 Sample stage=PW3071/xx Bracket
 Diffractometer system=XPRT-PRO
 Measurement program=0-40, Owner=User-1, Creation date=4/1/2013 12:32:31 PM
 0.01 degpermin 29min
 Measurement Date / Time: 1/7/2016 9:41:18 AM
 Operator: State Univ of Malang
 Raw Data Origin: XRD measurement (*.XRDML)
 Scan Axis: Gonio
 Start Position [°2Th.]: 7.0100
 End Position [°2Th.]: 49.9900
 Step Size [°2Th.]: 0.0200
 Scan Step Time [s]: 1.0000
 Scan Type: Continuous
 Offset [°2Th.]: 0.0000
 Divergence Slit Type: Fixed

Divergence Slit Size [°]: 0.9570
 Specimen Length [mm]: 10.00
 Receiving Slit Size [mm]: 0.1000
 Measurement Temperature [°C]: 25.00
 Anode Material: Cu
 K-Alpha1 [Å]: 1.54060
 K-Alpha2 [Å]: 1.54443
 K-Beta [Å]: 1.39225
 K-A2 / K-A1 Ratio: 0.50000
 Generator Settings: 35 mA, 40 kV
 Diffractometer Type: 0000000011063758
 Diffractometer Number: 0
 Goniometer Radius [mm]: 240.00
 Dist. Focus-Diverg. Slit [mm]: 91.00
 Incident Beam Monochromator: No
 Spinning: No

Graphics



Peak List

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
18.3306	59.38	0.1920	4.83604	100.00

L.4.2.4 Hasil Karakterisasi XRD Sintesis Zeolit suhu 100° tanpa pemeraman

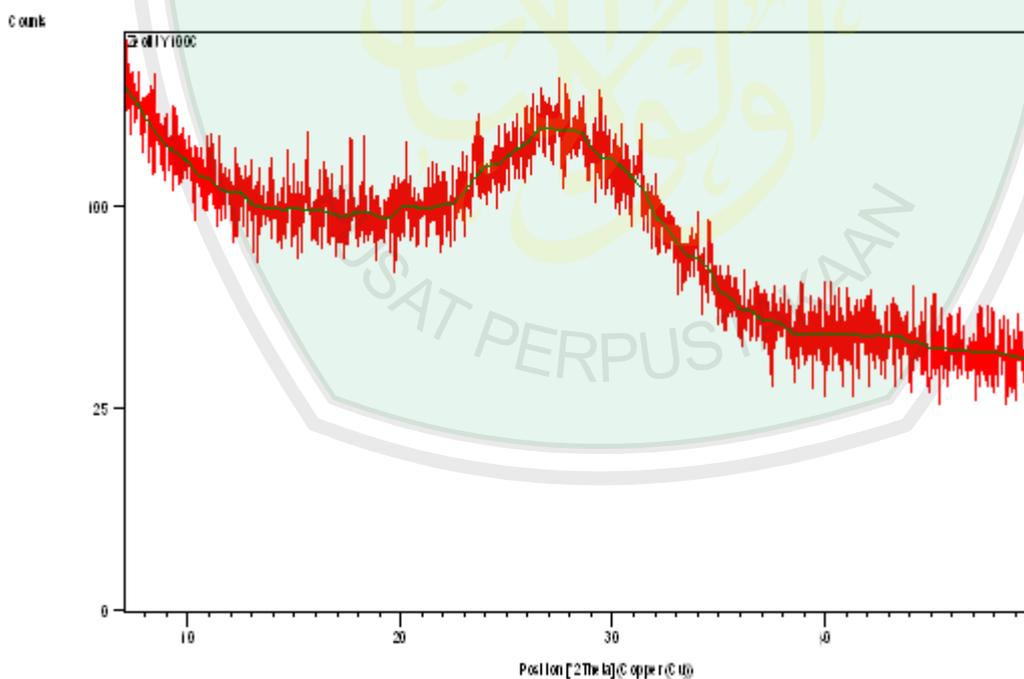
Anchor Scan Parameters

Dataset Name: Zeolit Y 100C
 File name: E:\X'Pert Data\2016\NON UM\UIN\070116\Zeolit Y 100C.xrdml
 Sample Identification: Zeolit Y 100C
 Comment: Zeolit Y 100C
 Configuration=Stage Flat Samples, Owner=User-1, Creation date=9/15/2009 2:20:30 PM
 Goniometer=PW3050/60 (Theta/Theta); Minimum step size 2Theta:0.001; Minimum step size Omega:0.001

Sample stage=PW3071/xx Bracket
 Diffractometer system=XPRT-PRO
 Measurement program=0-40, Owner=User-1, Creation date=4/1/2013 12:32:31 PM
 0.01 degpermin 29min

Measurement Date / Time: 1/7/2016 8:10:30 AM
 Operator: State Univ of Malang
 Raw Data Origin: XRD measurement (*.XRDML)
 Scan Axis: Gonio
 Start Position [$^{\circ}2\theta$.]: 7.0100
 End Position [$^{\circ}2\theta$.]: 49.9900
 Step Size [$^{\circ}2\theta$.]: 0.0200
 Scan Step Time [s]: 1.0000
 Scan Type: Continuous
 Offset [$^{\circ}2\theta$.]: 0.0000
 Divergence Slit Type: Fixed
 Divergence Slit Size [$^{\circ}$]: 0.9570
 Specimen Length [mm]: 10.00
 Receiving Slit Size [mm]: 0.1000
 Measurement Temperature [$^{\circ}C$]: 25.00
 Anode Material: Cu
 K-Alpha1 [\AA]: 1.54060
 K-Alpha2 [\AA]: 1.54443
 K-Beta [\AA]: 1.39225
 K-A2 / K-A1 Ratio: 0.50000
 Generator Settings: 35 mA, 40 kV
 Diffractometer Type: 0000000011063758
 Diffractometer Number: 0
 Goniometer Radius [mm]: 240.00
 Dist. Focus-Diverg. Slit [mm]: 91.00
 Incident Beam Monochromator: No
 Spinning: No

Graphics



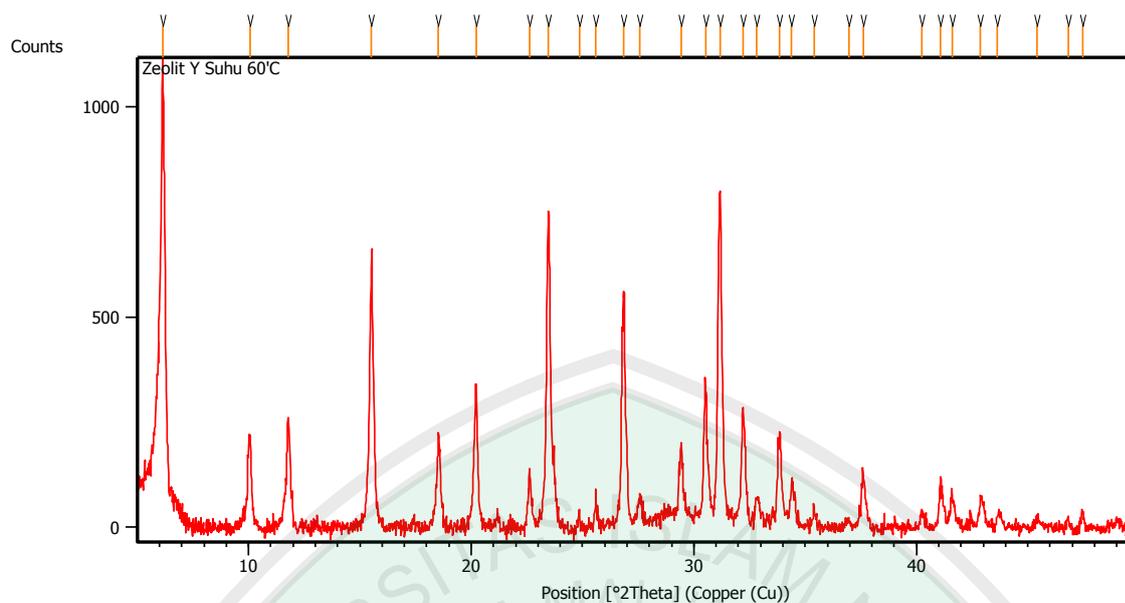
L.4.2.5 Hasil Karakterisasi XRD Sintesis Zeolit suhu 60°

This is the simple example template containing only headers for each report item and the bookmarks. The invisible bookmarks are indicated by text between brackets. Modify it according to your own needs and standards.

Measurement Conditions: (Bookmark 1)

Dataset Name	Zeolit Y Suhu 60'C
File name	E:\DATA PENGUJIAN\Pengujian 2016\April\6 April\Udi Tyas\Zeolit Y Suhu 60'C\Zeolit Y Suhu 60'C.rd
Comment	Configuration=Reflection-Transmission Sp Goniometer=PW3050/60 (Theta/Theta); Mini
Measurement Date / Time	4/6/2016 3:41:00 PM
Raw Data Origin	PHILIPS-binary (scan) (.RD)
Scan Axis	Gonio
Start Position [°2Th.]	5.0084
End Position [°2Th.]	49.9904
Step Size [°2Th.]	0.0170
Scan Step Time [s]	10.1500
Scan Type	Continuous
Offset [°2Th.]	0.0000
Divergence Slit Type	Fixed
Divergence Slit Size [°]	1.0000
Specimen Length [mm]	10.00
Receiving Slit Size [mm]	12.7500
Measurement Temperature [°C]	-273.15
Anode Material	Cu
K-Alpha1 [Å]	1.54060
K-Alpha2 [Å]	1.54443
K-Beta [Å]	1.39225
K-A2 / K-A1 Ratio	0.50000
Generator Settings	30 mA, 40 kV
Diffractometer Type	XPert MPD
Diffractometer Number	1
Goniometer Radius [mm]	200.00
Dist. Focus-Diverg. Slit [mm]	91.00
Incident Beam Monochromator	No
Spinning	No

Main Graphics, Analyze View: (Bookmark 2)



Peak List: (Bookmark 3)

Standar JCPDS	Pos. [$^{\circ}$ 2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [$^{\circ}$ 2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
6.31	6.1426	1113.49	0.1004	14.38900	100.00
10.31	10.0551	219.08	0.0836	8.79717	19.68
12.10	11.7877	260.16	0.0669	7.50770	23.36
15.92	15.5293	663.12	0.1171	5.70623	59.55
19.01	18.5222	225.19	0.0836	4.79041	20.22
20.71	20.2148	346.95	0.1004	4.39295	31.16
23.19	22.6369	145.16	0.0836	3.92810	13.04
23.19	23.4608	765.54	0.1673	3.79199	68.75
25.08	24.8610	68.54	0.2007	3.58150	6.16
25.44	25.5888	104.79	0.1004	3.48127	9.41
26.24	26.8584	588.95	0.1506	3.31952	52.89
27.52	27.5772	106.58	0.2007	3.23461	9.57
30.16	29.4307	234.71	0.1338	3.03498	21.08
30.16	30.5406	350.75	0.0836	2.92716	31.50
31.29	31.1696	826.69	0.1673	2.86951	74.24
31.95	32.1989	302.07	0.1171	2.78010	27.13
33.03	32.8141	89.20	0.1673	2.72937	8.01
33.87	33.8399	226.47	0.2007	2.64895	20.34
34.69	34.3931	119.27	0.2007	2.60759	10.71
35.29	35.4070	60.01	0.1338	2.53522	5.39
36.87	36.9642	24.61	0.2342	2.43192	2.21
37.82	37.5996	125.51	0.1338	2.39226	11.27
40.03	40.2578	28.50	0.1338	2.24023	2.56
41.28	41.0872	111.53	0.1338	2.19690	10.02
41.28	41.5952	78.63	0.1673	2.17124	7.06
42.66	42.8713	78.12	0.1004	2.10952	7.02
43.51	43.6460	29.85	0.2342	2.07386	2.68
44.84	45.4110	19.06	0.2007	1.99728	1.71
46.61	46.8260	27.71	0.2007	1.94016	2.49
48.03	47.4719	44.86	0.1338	1.91527	4.03

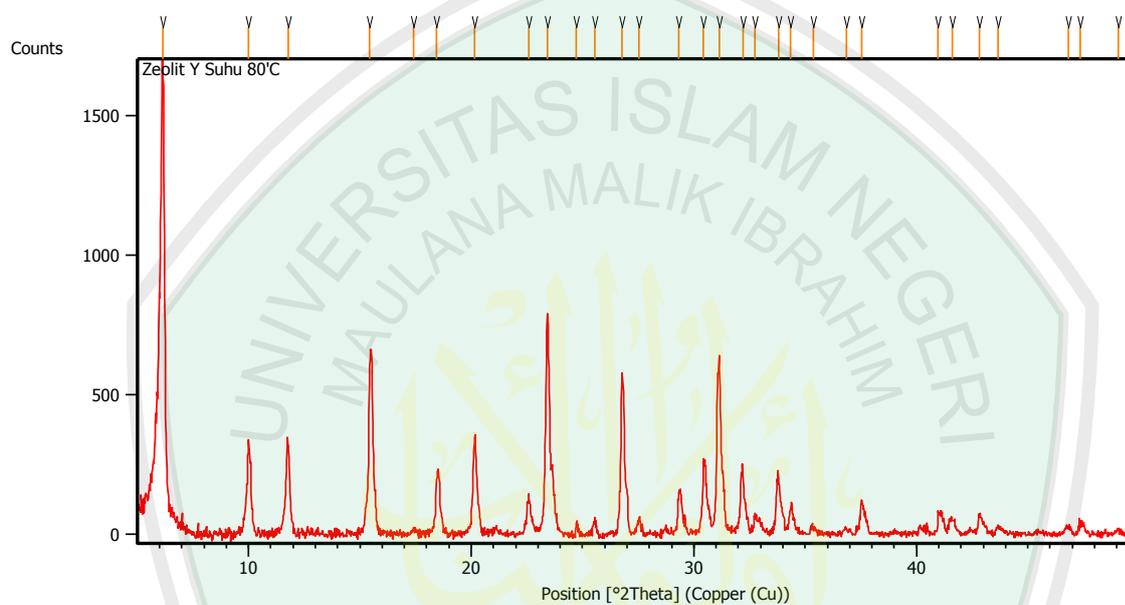
Pattern List: (Bookmark 4)

L.4.2.6 Hasil Karakterisasi XRD Sintesis Zeolit suhu 80°

This is the simple example template containing only headers for each report item and the bookmarks. The invisible bookmarks are indicated by text between brackets. Modify it according to your own needs and standards.

Measurement Conditions: (Bookmark 1)

Dataset Name	Zeolit Y Suhu 80'C
File name	E:\DATA PENGUJIAN\Pengujian 2016\April\6 April\Udi Tyas\Zeolit Y Suhu 80'C\Zeolit Y Suhu 80'C.rd
Comment	Configuration=Reflection-Transmission Sp Goniometer=PW3050/60 (Theta/Theta); Mini
Measurement Date / Time	4/6/2016 3:47:00 PM
Raw Data Origin	PHILIPS-binary (scan) (.RD)
Scan Axis	Gonio
Start Position [°2Th.]	5.0084
End Position [°2Th.]	49.9904
Step Size [°2Th.]	0.0170
Scan Step Time [s]	10.1500
Scan Type	Continuous
Offset [°2Th.]	0.0000
Divergence Slit Type	Fixed
Divergence Slit Size [°]	1.0000
Specimen Length [mm]	10.00
Receiving Slit Size [mm]	12.7500
Measurement Temperature [°C]	-273.15
Anode Material	Cu
K-Alpha1 [Å]	1.54060
K-Alpha2 [Å]	1.54443
K-Beta [Å]	1.39225
K-A2 / K-A1 Ratio	0.50000
Generator Settings	30 mA, 40 kV
Diffractometer Type	XPert MPD
Diffractometer Number	1
Goniometer Radius [mm]	200.00
Dist. Focus-Diverg. Slit [mm]	91.00
Incident Beam Monochromator	No
Spinning	No

Main Graphics, Analyze View: (Bookmark 2)**Peak List:** (Bookmark 3)

Standar JCPDS	Pos. [$^{\circ}$ 2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [$^{\circ}$ 2Th.]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
6.31	6.1683	1629.55	0.1338	14.32898	100.00
10.31	9.9986	327.47	0.0669	8.84673	20.10
12.10	11.7690	317.11	0.1506	7.51960	19.46
15.92	15.4466	599.62	0.1840	5.73659	36.80
17.91	17.4318	20.47	0.2007	5.08751	1.26
19.01	18.4521	193.46	0.1673	4.80845	11.87
20.71	20.1712	355.60	0.1673	4.40235	21.82
23.19	22.5772	131.34	0.1338	3.93836	8.06
24.06	23.4163	788.97	0.1506	3.79909	48.42
25.44	24.7361	57.59	0.0502	3.59931	3.53
25.44	25.5466	62.99	0.1004	3.48691	3.87
27.52	26.7643	549.32	0.1338	3.33098	33.71
27.52	27.5350	65.99	0.1338	3.23947	4.05
28.26	29.3195	131.69	0.1338	3.04624	8.08
30.16	30.4285	277.91	0.0502	2.93770	17.05
31.29	31.1479	617.09	0.1338	2.87147	37.87
31.95	32.1967	236.97	0.1171	2.78029	14.54
33.03	32.7624	78.31	0.1004	2.73356	4.81

33.87	33.8053	208.26	0.0836	2.65158	12.78
34.69	34.3613	105.28	0.1338	2.60994	6.46
35.29	35.3545	28.41	0.2007	2.53886	1.74
36.87	36.8544	21.53	0.2676	2.43891	1.32
37.82	37.5274	122.11	0.0836	2.39670	7.49
41.28	40.9822	82.17	0.0669	2.20229	5.04
41.28	41.5938	50.39	0.2007	2.17131	3.09
42.66	42.8429	69.53	0.1338	2.11085	4.27
43.51	43.6839	25.62	0.2676	2.07215	1.57
46.61	46.8103	25.15	0.2007	1.94078	1.54
	47.3573	30.06	0.1673	1.91963	1.84
48.65	49.0731	15.48	0.2676	1.85645	0.95

Pattern List: (Bookmark 4)

L.4.2.7 Hasil Karakterisasi XRD Sintesis Zeolit suhu 100°

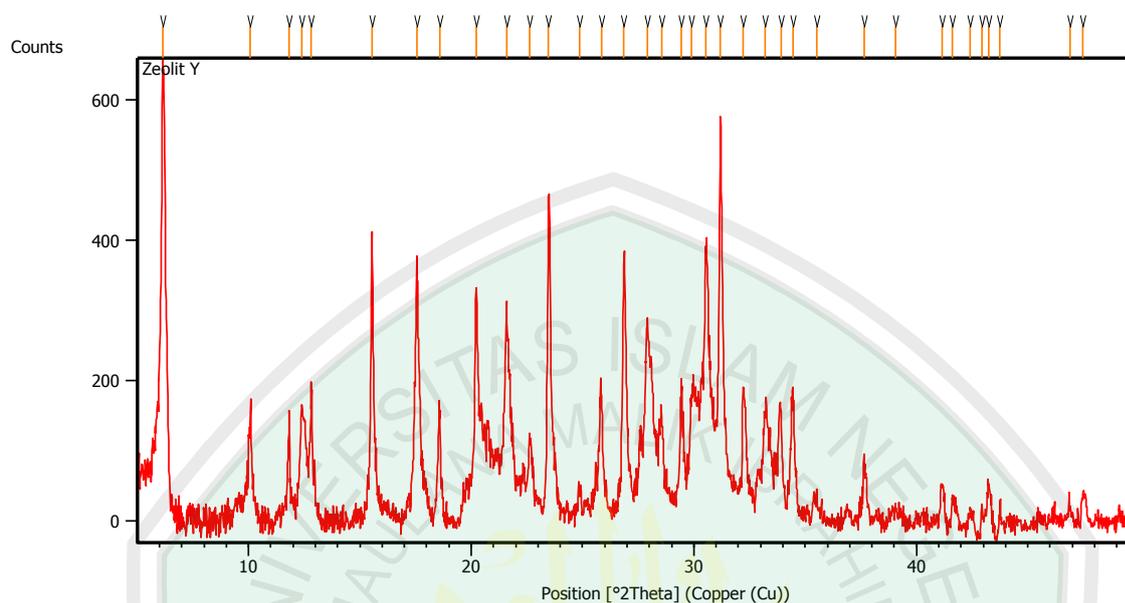
This is the simple example template containing only headers for each report item and the bookmarks. The invisible bookmarks are indicated by text between brackets. Modify it according to your own needs and standards.

Measurement Conditions: (Bookmark 1)

Dataset Name	Zeolit Y
File name	E:\DATA PENGUJIAN\Pengujian 2016\Februari\15 Feb\Zeolit Y\Zeolit Y.rd
Comment	Configuration=Reflection-Transmission Sp Goniometer=PW3050/60 (Theta/Theta); Mini
Measurement Date / Time	2/15/2016 11:39:00 AM
Raw Data Origin	PHILIPS-binary (scan) (.RD)
Scan Axis	Gonio
Start Position [°2Th.]	5.0084
End Position [°2Th.]	49.9904
Step Size [°2Th.]	0.0170
Scan Step Time [s]	10.1500
Scan Type	Continuous
Offset [°2Th.]	0.0000
Divergence Slit Type	Fixed
Divergence Slit Size [°]	1.0000
Specimen Length [mm]	10.00
Receiving Slit Size [mm]	12.7500
Measurement Temperature [°C]	-273.15
Anode Material	Cu
K-Alpha1 [Å]	1.54060
K-Alpha2 [Å]	1.54443
K-Beta [Å]	1.39225
K-A2 / K-A1 Ratio	0.50000
Generator Settings	30 mA, 40 kV
Diffractionmeter Type	XPert MPD
Diffractionmeter Number	1
Goniometer Radius [mm]	200.00
Dist. Focus-Diverg. Slit [mm]	91.00
Incident Beam Monochromator	No

Spinning

No

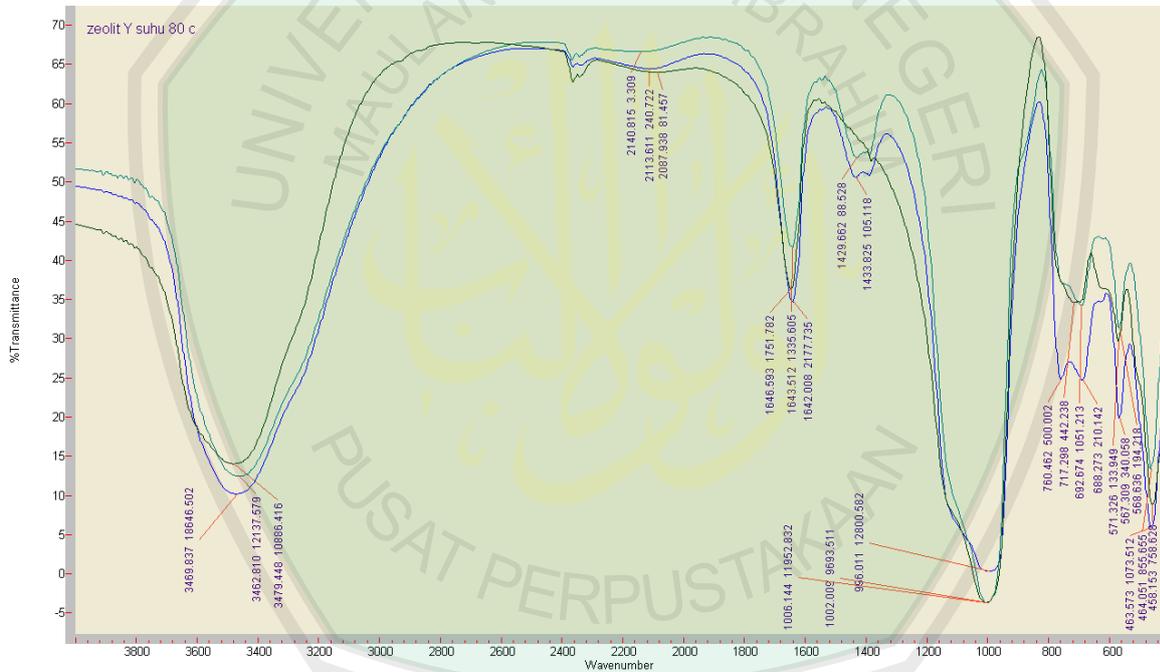
Main Graphics, Analyze View: (Bookmark 2)**Peak List:** (Bookmark 3)

Standar JCPDS	Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
6.31	6.1615	647.32	0.1338	14.34480	100.00
10.31	10.0740	150.03	0.1338	8.78070	23.18
12.10	11.8135	132.82	0.0836	7.49137	20.52
12.10	12.3786	158.85	0.2342	7.15064	24.54
12.46	12.8277	159.76	0.0836	6.90128	24.68
15.92	15.5457	407.68	0.1004	5.70025	62.98
17.91	17.5661	350.17	0.0836	5.04892	54.10
19.01	18.5843	156.51	0.0836	4.77454	24.18
20.71	20.2250	333.33	0.1004	4.39077	51.49
21.67	21.5838	315.49	0.1004	4.11732	48.74
23.19	22.6349	111.45	0.1338	3.92845	17.22
23.19	23.4785	477.47	0.1004	3.78917	73.76
25.08	24.8768	46.38	0.1338	3.57926	7.16
25.44	25.8495	183.25	0.1004	3.44674	28.31
26.24	26.8410	340.98	0.1171	3.32163	52.68
27.52	27.9033	286.93	0.1004	3.19754	44.33
28.26	28.5609	149.86	0.1338	3.12540	23.15
30.16	29.4360	207.37	0.0836	3.03445	32.04
30.16	29.9057	185.03	0.1673	2.98785	28.58
30.84	30.5361	374.97	0.0669	2.92759	57.93
31.29	31.1844	573.20	0.1004	2.86819	88.55
31.95	32.2002	182.93	0.0836	2.77999	28.26
33.03	33.2182	166.36	0.1673	2.69709	25.70
33.66	33.9114	162.91	0.1506	2.64352	25.17
34.69	34.4598	193.10	0.1506	2.60270	29.83

35.29	35.5385	38.68	0.4015	2.52614	5.98
37.82	37.6580	88.51	0.2007	2.38869	13.67
38.57	39.0521	19.52	0.4015	2.30657	3.02
41.28	41.1381	59.52	0.1673	2.19430	9.19
41.28	41.6229	43.39	0.1338	2.16986	6.70
42.66	42.4008	29.05	0.2676	2.13183	4.49
42.66	42.9442	48.66	0.1004	2.10611	7.52
43.51	43.2405	81.76	0.1673	2.09236	12.63
43.51	43.7537	47.01	0.1004	2.06900	7.26
46.61	46.8981	24.59	0.2007	1.93735	3.80
48.03	47.4659	36.80	0.2342	1.91549	5.68

Pattern List: (Bookmark 4)

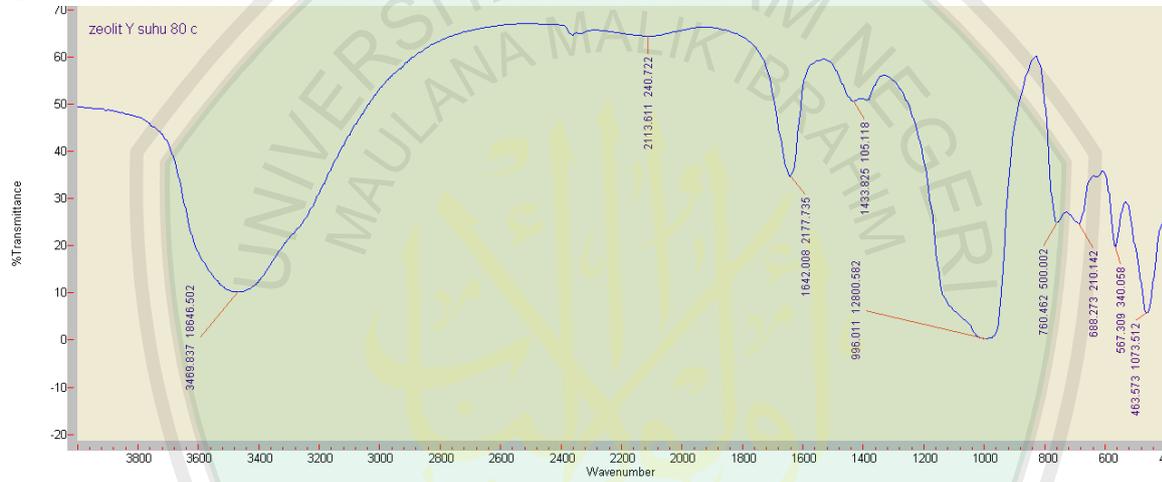
L.4.3 Hasil Karakterisasi FTIR



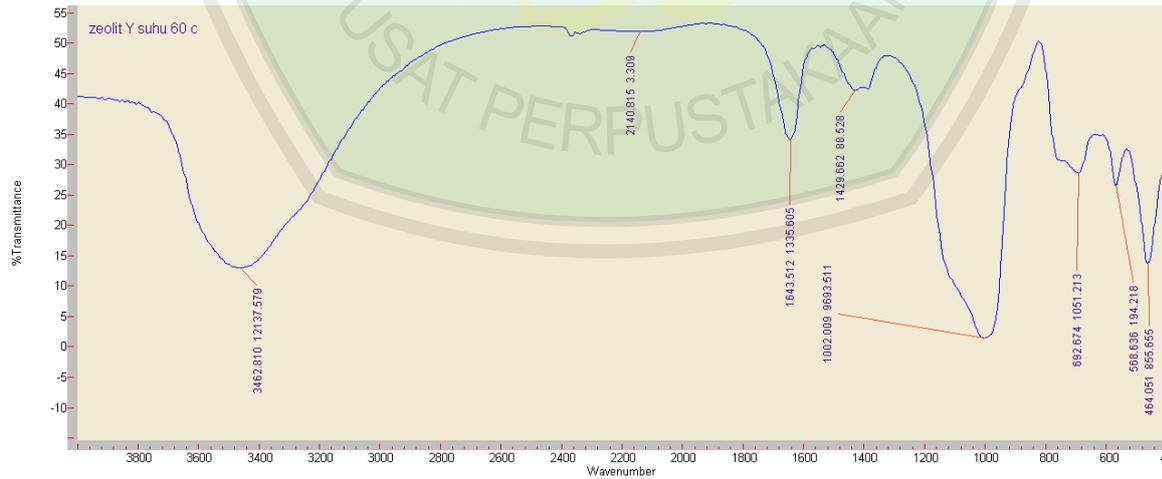
L.4.3.1 Hasil Karakterisasi FTIR zeolit Y suhu 100 °C



L.4.3.2 Hasil Karakterisasi FTIR zeolit Y suhu 80 °C L.



L.4.3.3 Hasil Karakterisasi FTIR zeolit Y suhu 60 °C L.



Lampiran 5

Hasil Pengolahan Data

1. Hasil Perbandingan zeolit Y dengan data *Collection of Simulated XRD Powder Patterns for Zeolites*.

Nama Sampel	Zeolit Y (2θ)	Zeolit Y Standar (2θ)	Zeolit P (2θ)	Zeolit P Standar (2θ)
Zeolit Y variasi suhu 60°	6.1426	6.31	24.8610	25.08
	10.0551	10.31		
	11.7877	12.10		
	15.5293	15.92		
	18.5222	19.01		
	20.2148	20.71		
	22.6369	23.19		
	23.4608	23.19		
	25.5888	25.44		
	26.8584	26.24		
	27.5772	27.52		
	29.4307	30.16		
	30.5406	30.16		
	31.1696	31.29		
	32.1989	31.95		
	32.8141	33.03		
	33.8399	33.87		
	34.3931	34.69		
	35.4070	35.29		
	36.9642	36.87		
37.5996	37.82			
40.2578	40.03			
41.0872	41.28			
41.5952	41.28			
42.8713	42.66			
43.6460	43.51			
45.4110	44.84			
46.8260	46.61			
47.4719	48.03			
Zeolit Y variasi suhu 80°	6.1683	6.31	29.3195	28.26
	9.9986	10.31		
	11.7690	12.10		
	15.4466	15.92		
	17.4318	17.91		
	18.4521	19.01		
	20.1712	20.71		
	22.5772	23.19		
	23.4163	24.06		
	24.7361	25.44		
	25.5466	25.44		
26.7643	27.52			

	27.5350	27.52		
	30.4285	30.16		
	31.1479	31.29		
	32.1967	31.95		
	32.7624	33.03		
	33.8053	33.87		
	34.3613	34.69		
	35.3545	35.29		
	36.8544	36.87		
	37.5274	37.82		
	40.9822	41.28		
	41.5938	41.28		
	42.8429	42.66		
	43.6839	43.51		
	46.8103	46.61		
	47.3573	48.03		
	49.0731	48.65		

2. Menghitung ukuran kristal zeolit Y

Persamaan Debye-Scherrer

$$D = (K \lambda) / (\beta \cos \theta)$$

D = Ukuran kristal (nm)

K = Konstanta (0,9)

λ = Panjang gelombang radiasi (nm)

β = Integrasi luas puncak refleksi (FWHM, radian)

θ = Sudut difraksi dengan intensitas tertinggi, bidang (731)

a. Zeolit Y suhu 60 °C

1. Zeolit Y puncak pertama

$$\lambda = 0,15406 \text{ nm}$$

$$^{\circ}2\theta = 6,1426$$

$$\theta = 3,0713$$

$$\cos \theta = 0,998563$$

$$\beta = \frac{0,1004}{180} \times 3,14 = 0,001751$$

$$D = \frac{0,9 \times 0,15406 \text{ nm}}{0,001751 \times 0,998563}$$

$$= 79,299 \text{ nm}$$

2. Zeolit Y puncak kedua

$$\lambda = 0,15406 \text{ nm}$$

$$^{\circ}2\theta = 15,5293$$

$$\theta = 7,76465$$

$$\cos \theta = 0,990831$$

$$\beta = \frac{0,1171}{180} \times 3,14 = 0,002042$$

$$D = \frac{0,9 \times 0,15406 \text{ nm}}{0,002042 \times 0,990831}$$

$$= 68,529 \text{ nm}$$

3. Zeolit Y puncak ketiga

$$\lambda = 0,15406 \text{ nm}$$

$$^{\circ}2\theta = 20,2148$$

$$\theta = 10,1074$$

$$\cos \theta = 0,9845$$

$$\beta = \frac{0,1004}{180} \times 3,14 = 0,001751$$

$$D = \frac{0,9 \times 0,15406 \text{ nm}}{0,001751 \times 0,9845} = 80,426 \text{ nm}$$

b. Zeolit Y suhu 80 °C

1. Zeolit Y puncak pertama

$$\lambda = 0,15406 \text{ nm}$$

$$^{\circ}2\theta = 6,1683$$

$$\theta = 3,08415$$

$$\cos \theta = 0,998552$$

$$\beta = \frac{0,1338}{180} \times 3,14 = 0,002334$$

$$D = \frac{0,9 \times 0,15406 \text{ nm}}{0,002334 \times 0,998552} = 59,492 \text{ nm}$$

2. Zeolit Y puncak kedua

$$\lambda = 0,15406 \text{ nm}$$

$$^{\circ}2\theta = 15,4466$$

$$\theta = 7,7233$$

$$\cos \theta = 0,990928$$

$$\beta = \frac{0,1840}{180} \times 3,14 = 0,003209$$

$$D = \frac{0,9 \times 0,15406 \text{ nm}}{0,003209 \times 0,990928} = 43,615 \text{ nm}$$

3. Zeolit Y puncak ketiga

$$\lambda = 0,15406 \text{ nm}$$

$$^{\circ}2\theta = 20,1712$$

$$\theta = 10,0856$$

$$\cos \theta = 0,984547$$

$$\beta = \frac{0,1673}{180} \times 3,14 = 0,002918$$

$$D = \frac{0,9 \times 0,15406 \text{ nm}}{0,002918 \times 0,984547} = 48,2610 \text{ nm}$$

c. Zeolit Y suhu 100 °C

1. Zeolit Y puncak pertama

$$\lambda = 0,15406 \text{ nm}$$

$$^{\circ}2\theta = 6,1615$$

$$\theta = 3,08075$$

$$\cos \theta = 0,998554$$

$$\beta = \frac{0,1338}{180} \times 3,14 = 0,002334$$

$$D = \frac{0,9 \times 0,15406 \text{ nm}}{0,002334 \times 0,99854} = 59,508 \text{ nm}$$

2. Zeolit Y puncak kedua

$$\lambda = 0,15406 \text{ nm}$$

$$^{\circ}2\theta = 15,5457$$

$$\theta = 7,77285$$

$$\cos \theta = 0,990812$$

$$\beta = \frac{0,1004}{180} \times 3,14 = 0,001751$$

$$D = \frac{0,9 \times 0,15406 \text{ nm}}{0,001751 \times 0,990812} = 79,920 \text{ nm}$$

3. Zeolit Y puncak ketiga

$$\lambda = 0,15406 \text{ nm}$$

$$^{\circ}2\theta = 20,2250$$

$$\theta = 10,1125$$

$$\cos \theta = 0,984464$$

$$\beta = \frac{0,1004}{180} \times 3,14 = 0,001751$$

$$D = \frac{0,9 \times 0,15406 \text{ nm}}{0,001751 \times 0,984464} = 80,427 \text{ nm}$$

3. Menghitung % Zeolit Y

a. Zeolit Variasi suhu 60 °C

$$\frac{22}{23} \times 100\% = 95,65 \%$$

b. Zeolit Variasi suhu 80 °C

$$\frac{23}{24} \times 100\% = 95,83 \%$$

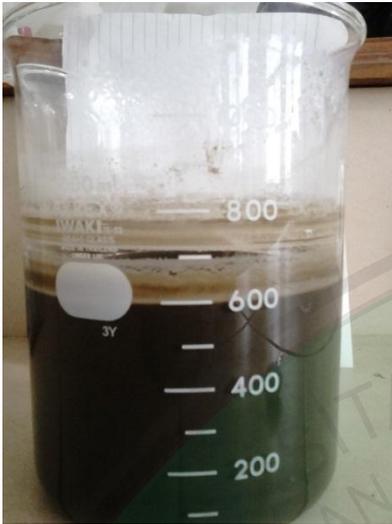
c. Zeolit Variasi suhu 100 °C

$$\frac{31}{34} \times 100\% = 91,17 \%$$



Lampiran 6 Dokumentasi Penelitian

1. Lumpur Lapindo setelah penambahan NaOH



2. Natrium Silikat



3. Pencucian silika kedua



4. Prekursor sebelum sintesis



5. Pengadukan prekursor



6. Zeolit Y setelah dikeringkan

