

TUGAS SARJANA

**PENGARUH WAKTU PENAHANAN HIDROTERMAL TERHADAP
KARAKTERISTIK ZEOLIT YANG DISINTESIS DARI LIMBAH
*GEOHERMAL***



*Diajukan sebagai salah satu tugas dan syarat untuk
memperoleh gelar Sarjana Strata-1 (S-1) pada Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Diponegoro*

Oleh:

AGUS PURNOMO ADI
NIM. L2E 008 008

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2012

TUGAS AKHIR

Diberikan Kepada : Nama : Agus Purnomo Adi
NIM : L2E 008 008

Dosen Pembimbing : Dr. Sulardjaka, ST, MT

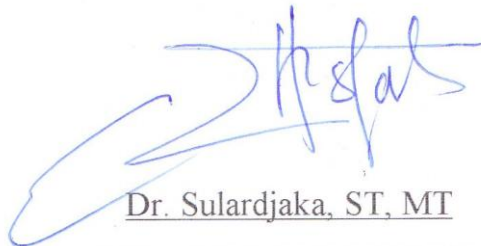
Jangka Waktu : 6 Bulan

Judul : **Pengaruh Waktu Penahanan Hidrotermal Terhadap Karakteristik Zeolit Yang Disintesis Dari Limbah *Geothermal***

Isi Tugas : Mengetahui dan menganalisis pengaruh waktu penahanan hidrotermal terhadap karakteristik zeolit yang disintesis dari limbah *geothermal* sehingga hasil analisa dapat dijadikan sebagai referensi dalam pengolahan limbah *geothermal*.

Semarang, 7 Agustus 2012

Dosen Pembimbing




Dr. Sulardjaka, ST, MT

NIP. 197104201998021001

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

NAMA : Agus Purnomo Adi
NIM : L2E 008 008
Tanda Tangan : 
Tanggal : 7 Agustus 2012




HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh :

NAMA : Agus Purnomo Adi
NIM : L2E 008 008
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Pengaruh Waktu Penahanan Hidrotermal Terhadap Karakteristik Zeolit Yang Disintesis Dari Limbah *Geothermal*

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan/Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

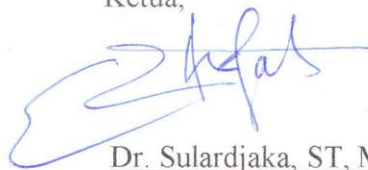
TIM PENGUJI

Pembimbing	: Dr. Sulardjaka, ST, MT	)
Penguji	: Dr. Sri Nugroho, ST, MT	)
Penguji	: Dr. Gunawan Dwi Haryadi, ST, MT	)
Penguji	: Dr. Dipl.Ing.Ir. Berkah Fajar TK	)

Semarang, 7 Agustus 2012

Jurusan Teknik Mesin

Ketua,



Dr. Sulardjaka, ST, MT

NIP. 197104201998021001

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, kami yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : AGUS PURNOMO ADI
NIM : L2E 008 008
Dosen Pembimbing : Dr. Sulardjaka, ST, MT
NIP : 197104201998021001
Jurusan/Program Studi : TEKNIK MESIN
Fakultas : TEKNIK
Jenis Karya : TUGAS AKHIR

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

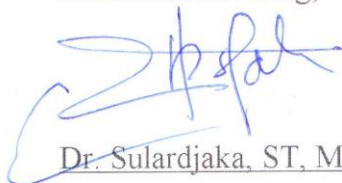
**PENGARUH WAKTU PENAHANAN HIDOTERMAL TERHADAP
KARAKTERISTIK ZEOLIT YANG DISINTESIS DARI LIMBAH *GEOTHERMAL*.**

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

Demikian pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada Tanggal : 7 Agustus 2012

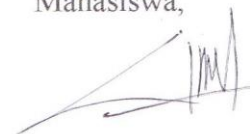
Dosen Pembimbing,



Dr. Sulardjaka, ST, MT

NIP. 197104201998021001

Yang menyatakan
Mahasiswa,



Agus Purnomo Adi

NIM. L2E 008 008

MOTTO

“you get what you paid”

“Tetaplah bertahan pada kondisi yang tidak menyenangkan, karena itu akan menuntun pada kondisi yang menyenangkan dikemudian hari”

“Hidup adalah perjuangan, gunakanlah waktu seefektif dan seefisien mungkin”

PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini ku persembahkan kepada :

Kedua orang tuaku, Bapak Joko Ariyanto dan Ibu Karmiyah yang telah memberikan kasih sayang serta dukungannya tanpa kenal lelah.

ABSTRAK

Sintesis zeolit secara hidrotermal telah dilakukan dengan bahan dasar lumpur *geothermal* yang didapat dari PLTP Dieng milik PT. Geo Dipa Energy. Proses hidrotermal dilakukan selama 3, 4 dan 5 jam pada suhu 100⁰ C. Penelitian karakterisasi ini bertujuan untuk mengetahui komposisi kimia, jenis kristal, ukuran kristal, kristalinitas, ikatan dalam struktur kristal serta struktur mikro kristal sehingga diharapkan dapat digunakan untuk pemanfaatan limbah *geothermal* selanjutnya.

Hasil penelitian menyebutkan bahwa pada variasi 3, 4, dan 5 jam terbentuk zeolit A sebanyak 77,143 %, 46,53% dan 5,263% dan sodalit sebesar 6,67 %, 10,77 % dan 68,85 %. Seiring dengan bertambahnya waktu hidrotermal, terjadi penurunan kristalinitas produk zeolit A dan peningkatan kristalinitas produk sodalit. Pada variasi 3, 4 dan 5 jam terbentuk zeolit A dengan ukuran 53,813 nm, 21,564 nm dan 43,44 nm dan sodalit dengan ukuran 41,635 nm, 17,212 nm dan 35,235 nm. Hal ini terjadi karena semakin banyak kristal zeolit A mengalami transformasi menjadi sodalit dengan bertambahnya waktu hidrotermal.

Kata Kunci: Lumpur *geothermal*, hidrotermal, zeolit A, sodalit, kristalinitas, ukuran kristal

ABSTRACT

The research of zeolites synthesis have been conducted with geothermal sludge base material which obtained from PLTP Dieng-owned PT. Geo Dipa Energy. Hydrothermal process has been done at 3, 4 and 5 hours at temperature of 100⁰ C. Characterization of hydrothermal result aims to investigate the chemical composition, crystal type, crystal size, crystallinity, crystal structure and bonding in the crystal structure also microstructure of crystal that is expected to be used for further utilization of geothermal waste.

The results explain that crystallinity of zeolite A was formed with value 77.143%, 46.53%, 5.263% and crystallinity of sodalite was formed with value 6.67%, 10.77%, 68.85% according to the variation of 3, 4, and 5 hours.. Along with increasing hydrothermal time, it makes decrease the crystallinity of the zeolite A and increase the crystallinity of sodalite. On variation 3, 4 and 5 hours, zeolite A was formed with size 53.813 nm, 21.564 nm and 43.44 nm and sodalite was formed with size 41.635 nm, 17.212 nm and 35.235 nm. This happens because more crystallines of zeolite A transformed into sodalite with increasing hydrothermal time.

Keywords: Geothermal sludge, hydrothermal, zeolite A, sodalite, crystallinity, crystal size

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin. Semoga puji syukur senantiasa penulis panjatkan kehadirat Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* yang tiada hentinya mencurahkan rahmat dan hidayahnya, sehingga dengan segala karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **"Pengaruh Waktu Penahanan Hidrotermal Terhadap Karakteristik Zeolit Yang Disintesis Dari Limbah *Geothermal*"** ini. Shalawat dan salam semoga selalu tercurah kepada panutan kita Rosulullah Muhammad SAW.

Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dorongan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, antara lain:

1. Bapak Dr. Sulardjaka, ST, MT selaku dosen pembimbing, yang telah memberikan bimbingan, pengarahan dan masukan-masukan kepada penulis untuk menyusun tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua Bapak Joko Ariyanto dan Ibu Karmiyah yang tercinta, serta keluarga di rumah yang senantiasa mendoa'kan dan menyemangati penulis.
3. Teman seperjuangan tugas akhir Deni Fajar Fitriyana dan Fitriani S. Fita yang selalu mendukung dan membantu dalam pelaksanaan tugas akhir maupun penyelesaian laporan ini.
4. Bapak Aji selaku teknisi Laboratorium Bahan Teknik Mesin Universitas Gajah Mada yang telah membantu dalam proses pembuatan spesimen.
5. Bapak Subroto selaku teknisi Laboratorium Metalurgi Fisik Teknik Mesin Universitas Diponegoro yang telah membantu dalam proses pembuatan Alat Hidrotermal

Dengan penuh kerendahan hati, penyusun menyadari akan kekurangan dan keterbatasan pengetahuan yang penyusun miliki sehingga tentu saja penyusunan tugas akhir ini jauh dari sempurna, untuk itu penyusun mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak demi kemajuan penulis untuk masa yang akan datang.

Terakhir, dengan selesainya tugas akhir ini berarti selesai pula masa studi penulis di Teknik Mesin UNDIP. Semoga dapat memberikan manfaat bagi penulis dan juga kepada orang lain.

Semarang, 7 Agustus 2012

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Tugas Akhir	ii
Halaman Pernyataan Orisinalitas	iii
Halaman Pengesahan	iv
Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi Tugas Akhir untuk Kepentingan Akademis	v
Halaman Motto dan Persembahan	vi
Abstrak	vii
Kata Pengantar	ix
Daftar Isi	xi
Daftar Gambar	xiv
Daftar Tabel	xvii
Nomenklatur	xviii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Metode Penelitian	3
1.5 Sistematika Penulisan	4

BAB II DASAR TEORI

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi	5
2.1.1 Skema PLTP.....	5
2.1.2 Lumpur <i>Geothermal</i>	7
2.2 Zeolit	10
2.2.1 Sejarah Zeolit	10
2.2.2 Definisi Zeolit	11
2.2.3 <i>Primary Building Units</i> (PBU).....	12

2.2.4	<i>Secondary Building Units (SBU)</i>	13
2.2.5	<i>Cage Building Units</i>	14
2.2.6	Struktur Zeolit	15
2.2.7	Klasifikasi Zeolit	17
2.2.8	Sifat-sifat Zeolit.....	19
2.3	Sintesis Zeolit	20
2.3.1	Zeolit A.....	25
2.3.2	Sodalit.....	26
2.4	Metode Hidrotermal.....	27
2.4.1	Definisi Hidrotermal.....	27
2.4.2	Alat Hidrotermal.....	29
2.5	Karakterisasi Material.....	30
2.5.1	<i>Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)</i>	30
2.5.2	<i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	31
2.5.3	<i>Fourier Transform Infra Red (FTIR)</i>	32
2.5.4	<i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i>	33

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Diagram Alir Penelitian	36
3.2	Peralatan yang Digunakan	39
3.3	Bahan dan Alat Bantu yang Digunakan	44
3.4	Cara Kerja	47
3.4.1	Pembuatan Serbuk <i>Geothermal</i>	47
3.4.2	Pembuatan Natrium Silikat	49
3.4.3	Pembuatan Natrium Aluminat.....	50
3.4.4	Sintesis Zeolit.....	50
3.4.5	Analisis Hasil	53

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1	Sintesis Zeolit A dengan Variasi Waktu Hidrotermal	55
4.2	Karakterisasi Zeolit Hasil Sintesis dengan XRD.....	59

4.2.1	Difraktogram Zeolit Hasil Sintesis.....	59
4.2.2	Perhitungan Ukuran Bulir Kristal Zeolit A dan Sodalit	62
4.2.3	Ukuran Kristal Zeolit A.....	62
4.2.4	Ukuran Kristal Sodalit	66
4.2.5	Kristalinitas Zeolit A	70
4.2.6	Kristalinitas Sodalit	71
4.3	Karakterisasi Zeolit Hasil Sintesis dengan FTIR	79
4.4	Karakterisasi Zeolit Hasil Sintesis dengan SEM.....	81

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	84
5.2	Saran	84

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Mekanisme PLTP satu fasa	5
Gambar 2.2	Mekanisme PLTP dua fasa	6
Gambar 2.3	Siklus <i>binary</i>	7
Gambar 2.4	PLTP Dieng	7
Gambar 2.5	Kolom pengendapan lumpur <i>geothermal</i> di PLTP Dieng	8
Gambar 2.6	Unit pembangun zeolit	12
Gambar 2.7	PBU (a) TO_4 tetrahedron, (b) TO_4 tetrahedron yang berhubungan....	12
Gambar 2.8	<i>Secondary Building Units</i> (SBU)	13
Gambar 2.9	Beberapa <i>Cage Building Units</i>	14
Gambar 2.10	Struktur zeolit <i>type A, sodalite, faujasite</i>	16
Gambar 2.11	<i>β-cage</i>	16
Gambar 2.12	Skema mekanisme pembentukan zeolit sintetis	23
Gambar 2.13	Struktur zeolit A	25
Gambar 2.14	Struktur sodalit	27
Gambar 2.15	Skema alat hidrotermal	29
Gambar 2.16	Alat hidrotermal	30
Gambar 2.17	Mekanisme SEM	34
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	36
Gambar 3.2	<i>Mesh 100</i>	39
Gambar 3.3	<i>Mortar</i> tangan	39
Gambar 3.4	Mesin <i>X-Ray Diffraction (XRD) Rigaku Corporation</i>	40
Gambar 3.5	<i>Stirrer magnetic</i>	40
Gambar 3.6	Tungku pemanas / <i>furnace</i>	41
Gambar 3.7	<i>Oven</i>	41
Gambar 3.8	Timbangan digital	42
Gambar 3.9	Gelas ukur	42
Gambar 3.10	Gelas kaca	43
Gambar 3.11	Alat hidrotermal	43
Gambar 3.12	Tabung spesimen	43

Gambar 3.13	Kamera.....	44
Gambar 3.14	Serbuk <i>geothermal</i>	44
Gambar 3.15	Serbuk NaOH.....	44
Gambar 3.16	Serbuk Al(OH) ₃	45
Gambar 3.17	Larutan akuades.....	45
Gambar 3.18	Larutan akuabidest.....	46
Gambar 3.19	Kertas pH-meter.....	46
Gambar 3.20	Kertas saring <i>whatman</i>	46
Gambar 3.21	Jarum suntik.....	47
Gambar 3.22	Corong.....	47
Gambar 3.23	Lumpur <i>geothermal</i>	48
Gambar 3.24	Pengeringan lumpur <i>geothermal</i> dengan sinar matahari.....	48
Gambar 3.25	Penyaringan serbuk <i>geothermal</i> dengan <i>mesh</i> 100.....	48
Gambar 3.26	Serbuk <i>geothermal</i> sebelum kalsinasi.....	49
Gambar 3.27	Serbuk <i>geothermal</i> setelah kalsinasi.....	49
Gambar 3.28	Proses pembuatan larutan dengan <i>magnetic stirrer</i>	50
Gambar 3.29	Proses pembuatan larutan dengan <i>magnetic stirrer</i>	50
Gambar 3.30	Larutan pembuat zeolit.....	51
Gambar 3.31	Memasukkan larutan dalam alat hidrotermal.....	51
Gambar 3.32	Pengaturan suhu pada alat hidrotermal.....	52
Gambar 3.33	Proses penyaringan.....	52
Gambar 3.34	Hasil pemanasan dengan <i>oven</i>	52
Gambar 3.35	Hasil sintesis zeolit pada 100 ⁰ C selama 3 jam.....	53
Gambar 3.36	Hasil sintesis zeolit pada 100 ⁰ C selama 4 jam.....	53
Gambar 3.37	Hasil sintesis zeolit pada 100 ⁰ C selama 5 jam.....	54
Gambar 4.1	Difraktogram serbuk <i>geothermal</i> sebelum kalsinasi.....	59
Gambar 4.2	Difraktogram serbuk <i>geothermal</i> setelah kalsinasi.....	60
Gambar 4.3	Difraktogram tiga variasi zeolit hasil sintesis.....	61
Gambar 4.4	Puncak difraktogram zeolit sintesis pada variasi 3 jam.....	73
Gambar 4.5	Puncak difraktogram zeolit sintesis pada variasi 4 jam.....	74
Gambar 4.6	Puncak difraktogram zeolit sintesis pada variasi 5 jam.....	75

Gambar 4.7	Grafik pengaruh waktu hidrotermal terhadap % kristalinitas pada zeolit A.....	76
Gambar 4.8	Grafik pengaruh waktu hidrotermal terhadap % kristalinitas pada sodalit.....	77
Gambar 4.9	Grafik pengaruh waktu hidrotermal terhadap ukuran kristal pada zeolit A	78
Gambar 4.10	Grafik pengaruh waktu hidrotermal terhadap ukuran kristal pada sodalit.....	79
Gambar 4.11	Spektra FTIR hasil zeolit sintesis pada variasi waktu 5 jam.....	79
Gambar 4.12	Pengujian SEM terhadap hasil sintesis pada variasi waktu 3 jam.....	81
Gambar 4.13	Zeolit A	82
Gambar 4.14	Pengujian SEM terhadap hasil sintesis pada variasi waktu 5 jam.....	82
Gambar 4.15	Sodalit	83

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kandungan unsur logam pada lumpur <i>geothermal</i> PLTP Dieng.....	8
Tabel 2.2	Kandungan senyawa anorganik dalam serbuk <i>geothermal</i>	9
Tabel 2.3	Unit pembangkit <i>cage</i> pada kerangka zeolit.....	15
Tabel 2.4	Klasifikasi zeolit menurut rasio Si/Al	18
Tabel 4.1	Hasil pengujian AAS sebelum dikalsinasi	55
Tabel 4.2	Hasil analisis AAS setelah dikalsinasi	56
Tabel 4.3	Hasil analisis rasio Si/Al dengan AAS.....	57
Tabel 4.4	Perbandingan 2θ dan I/I_0 pada zeolit sintesis 100^0 C 3 jam dengan zeolit A (31-1269) pada JCPDS.....	63
Tabel 4.5	Perbandingan 2θ dan I/I_0 pada zeolit sintesis 100^0 C 4 jam dengan zeolit A (31-1269) pada JCPDS	64
Tabel 4.6	Perbandingan 2θ dan I/I_0 pada zeolit sintesis 100^0 C 5 jam dengan zeolit A (31-1269) pada JCPDS	65
Tabel 4.7	Perbandingan 2θ dan I/I_0 pada zeolit sintesis 100^0 C 3 jam dengan sodalit (11-0401) pada JCPDS.....	66
Tabel 4.8	Perbandingan 2θ dan I/I_0 pada zeolit sintesis 100^0 C 4 jam dengan sodalit (11-0401) pada JCPDS.....	67
Tabel 4.9	Perbandingan 2θ dan I/I_0 pada zeolit sintesis 100^0 C 5 jam dengan sodalit (11-0401) pada JCPDS.....	69
Tabel 4.10	Hasil difraktogram zeolit sintesis pada variasi 3 jam.....	73
Tabel 4.11	Hasil difraktogram zeolit sintesis pada variasi 4 jam.....	74
Tabel 4.12	Hasil difraktogram zeolit sintesis pada variasi 5 jam.....	75
Tabel 4.13	Perbandingan ukuran kristal dan % kristalinitas dari zeolit yang dihasilkan.....	76
Tabel 4.14	Spektra FTIR hasil zeolit sintesis pada variasi waktu 5 jam	80
Tabel 4.15	Daftar bilangan gelombang zeolit hasil sintetis	80

NOMENKLATUR

Simbol	Definisi	Satuan
β	<i>Full width half maximum</i>	(deg)
k	Suatu kostanta oksida	
θ	Sudut difraksi	(deg)
λ	Panjang gelombang dari sinar-X	(Å)
a	Ukuran unit sel	(Å)
d	Jarak antar bidang	(Å)
L	Ukuran kristal	(nm)
n	Orde difraksi	
I	Intensitas	