

**KARAKTERISASI ZEOLIT ALAM MALANG SEBAGAI
SUPPLEMENTARY CEMENTITIOUS MATERIALS (SCMs)
BERDASARKAN AKTIVITAS POZZOLANIKNYA DENGAN
VARIASI UKURAN PARTIKEL**

SKRIPSI



SAYIDATI LUTFITA

NIM. 145061101111001

WAFIYATUS SHOLIAH

NIM. 145061100111013

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2018

Lembar ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

**KARAKTERISASI ZEOLIT ALAM MALANG SEBAGAI *SUPPLEMENTARY*
CEMENTITIOUS MATERIALS (SCMs) BERDASARKAN AKTIVITAS
POZZOLANIKNYA DENGAN VARIASI UKURAN PARTIKEL**

**SKRIPSI
TEKNIK KIMIA**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**SAYIDATI LUTFITA
NIM. 145061101111001**

**WAFIYATUS SHOLIHAH
NIM. 145061100111013**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
Pada tanggal 17 Mei 2018

Dosen Pembimbing

Ir. Bambang Ismuyanto, MS

NIP.1960050 4198603 1 003



Mengetahui,
Ketua Jurusan

Ir. Bambang Poerwadi, MS

NIP.1960012 6198603 1 001

Lembar ini sengaja dikosongkan

IDENTITAS TIM PENGUJI

JUDUL SKRIPSI:

KARAKTERISASI ZEOLIT ALAM MALANG SEBAGAI *SUPPLEMENTARY CEMENTITIOUS MATERIALS* (SCMs) BERDASARKAN AKTIVITAS POZZOLANIKNYA DENGAN VARIASI UKURAN PARTIKEL

Nama Mahasiswa / NIM : Sayidati Lutfita / 145061101111001
Wafiyatus Sholihah / 145061100111013
Jurusan : Teknik Kimia

TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji 1 : Ir. Bambang Ismuyanto, MS
Dosen Penguji 2 : Ir. Bambang Poerwadi, MS
Dosen Penguji 3 : Vivi Nurhadianty, ST., MT.

Tanggal Ujian : 3 Mei 2018
SK Penguji : 905/UN10.F07/SK/2018

Lembar ini sengaja dikosongkan

PERNYATAAN ORISINALITAS NASKAH SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa dalam proses penyusunan skripsi ini merupakan hasil karya dan pemikiran saya sendiri. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia mendapatkan sanksi pembatalan skripsi dari Universitas Brawijaya, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 17 Mei 2018

Mahasiswa 1,



Sayidati Lutfita

NIM.145061101111001

Lembar ini sengaja dikosongkan



JOIN UB
BE THE BEST

UNIVERSITY OF
BRUNEI DARUSSALAM

Nomor : 32/UN10.F07.18/PP/2018

Sertifikat ini diberikan kepada :

SAYIDATI LUTFITA

Dengan Judul Skripsi :

Karakterisasi Zeolit Alam Malang sebagai Supplementary Cementitious Materials (SCMs) Berdasarkan Aktivitas Pozzolanik dengan Variasi Ukuran Partikel (*Characterization of Malang Natural Zeolit as Supplementary Cementitious Materials (SCMs) Based on Pozzolan Activity with Various Particle Size*)

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi $\leq 20\%$, dan dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal 17 May 2019

81E7 ÅPM 21

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Ir. Bambang Poerwadi, MS
NIP. 19600126 198603 1 001

PERNYATAAN ORISINALITAS NASKAH SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa dalam proses penyusunan skripsi ini merupakan hasil karya dan pemikiran saya sendiri. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia mendapatkan sanksi pembatalan skripsi dari Universitas Brawijaya, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 17 Mei 2018

Mahasiswa 2,



Wafiyatus Sholihah

NIM.145061100111013

Lembar ini sengaja dikosongkan

TURNITIN



UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM SARJANA



SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor : 33/UN10.F07.13/PP/2018

Sertifikat ini diberikan kepada :

WAFIYATUS SHOLIHAH

Dengan Judul Skripsi :

Karakterisasi Zeolit Alam Malang sebagai Supplementary Cementitious Materials (SCMs) Berdasarkan Aktivitas Pozzolanik dengan Variasi Ukuran Partikel (*Characterisation of Malang Natural Zeolit as Supplementary Cementitious Materials (SCMs) Based on Pozzolanic Activity with Various Particle Size*)

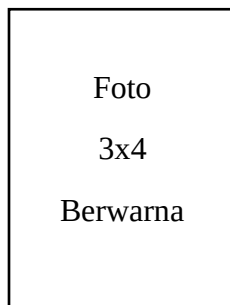
Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi $\leq 20\%$, dan dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal 17 MAY 2019

Ketua Program Studi Teknik Kimia



Ir. Bambang Poerwadi, MS
NIP. 19600126 198603 1 001

LAMPIRAN 6
CURRICULUM VITAE PENULIS I



- | | |
|-----------------------------|---|
| 1. Nama lengkap | : Sayidati Lutfita |
| 2. Jenis Kelamin | : Perempuan |
| 3. Tempat dan Tanggal Lahir | : Malang, 17 Juni 1996 |
| 4. Golongan Darah | : B |
| 5. Alamat | : Jl. Jombang III no 22 Kelurahan Gadingkasri
Kecamatan Klojen Kota Malang |
| 6. Status Pernikahan | : Belum Menikah |
| 7. Agama | : Islam |
| 8. Telepon | : 085755070354 |
| 9. Alamat e-mail | : sayidatilutfita@gmail.com |

A. RIWAYAT PENDIDIKAN

Tahun	Instansi Pendidikan
2002-2008	SDN GADINGKASRI MALANG
2008-2011	SMP NEGERI 6 MALANG
2011-2014	SMA NEGERI 8 MALANG
2014-2018	PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA UNIVERSITAS BRAWIJAYA

B. PENDIDIKAN NON-FORMAL

No	Nama Lembaga Pendidikan/ Training/ Course	Lama (Hr/Bln/Th)	Tempat Pendidikan (Kota)	Tahun
1	Aspen Hysys 8.8 Training Program	2 Hari	Malang	2018
2	Training ISO 14001:2004, ISO 9001:2008, OHSAS 18001:2007	2 Hari	Malang	2017
3	Royal (English Course)	16 Hari	Malang	2017-2018
4	Lokakarya Pelatihan PKL oleh PT. Petrokimia	1 Hari	Malang	2016
5	Seminar AVENOU-TECH “ <i>Alternative Natural Resources for Appropriate Technology</i> ”	1 Hari	Malang	2015

C. PENGALAMAN KEPANITIAAN

Tahun	Kepanitiaan	Status/ Jabatan
2014	Program Pembinaan Mahasiswa Baru 2015	Anggota
2016	Rapat Koordinasi Nasional (Rakornas)	Anggota
2016	I-Challenge	Anggota

D. PENGALAMAN ASISTEN SELAMA PERKULIAHAN

No.	Asisten Laboratorium	Tahun
2.	Kimia Fisika	2017

E. SOFTSKIL

No.	Nama Kegiatan	Nilai	Lembaga Penyelenggara	Tahun
1.	TOEFL ITP	470	Universitas Brawijaya	2018
2.	TOEFL	493	Royal Course	2018
3	IC3	85,56	Universitas Brawijaya	2017

CURRICULUM VITAE PENULIS II



- | | |
|------------------------------|--|
| 10. Nama lengkap | : Wafiyatus Sholihah |
| 11. Jenis Kelamin | : Perempuan |
| 12. Tempat dan Tanggal Lahir | : Gresik, 20 Juni 1996 |
| 13. Golongan Darah | : AB |
| 14. Alamat | : Jl. Olahraga RT 08 RW 02 Desa Campurejo
Kecamatan Panceng Kabupaten Gresik |
| 15. Status Pernikahan | : Belum Menikah |
| 16. Agama | : Islam |
| 17. Telepon | : 081235230197 |
| 18. Alamat e-mail | : wafiyatussholihah@yahoo.co.id |

A. RIWAYAT PENDIDIKAN

No	Instansi Pendidikan	Tahun
1	S1 Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang	2014-2018
2	SMA NEGERI 1 SIDAYU	2011-2014
3	SMP NEGERI 1 SIDAYU	2008-2011
4	MADRASAH IBTIDAIYAH MUHAMMADIYA 2 CAMPUREJO	2002-2008

B. PENDIDIKAN NON-FORMAL

No	Nama Lembaga Pendidikan/ Training/ Course	Lama (Hr/Bln/Th)	Tempat Pendidikan (Kota)	Tahun
1	Aspen Hysys 8.8 Training Program	2 Hari	Malang	2018
2	Training ISO 14001:2004, ISO 9001:2008, OHSAS 18001:2007	2 Hari	Malang	2017
3	Royal (English Course)	16 Hari	Malang	2017-2018
4	Student Exchange Program to UGM (Universitas Gajah Mada)	2 Minggu	Jogja	2017
5	PP-LKKM TD	2 Hari	Malang	2018

C. PENGALAMAN ORGANISASI

No	Organisasi	Status/ Jabatan	Tahun
1.	Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Brawijaya	Staff Akademik	2015-2016
2.	Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Brawijaya	Sekretaris Departemen Riset dan Teknologi	2016-sekarang
3.	Komunitas Chem-E Car Teknik Kimia Universitas Brawijaya	Bendahara umum	2015-2016
4	Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Brawijaya	Ketua Departemen Riset dan Teknologi	2017-2018

D. PENGALAMAN KEPANITIAAN

No.	Kepanitiaan	Status/ Jabatan	Tahun
1.	KONEKSI IV	Anggota Dana Usaha	2015
2.	Teknik In Show	Anggota Bidang Humas	2015
3.	Program Pembinaan Mahasiswa Baru Teknik Kimia	Anggota Bidang Acara	2015
4.	Kongres Mahasiswa Teknik Kimia	Bendahara umum	2016
5.	Pelatihan Teknik Kimia (ASPEN HYSYS®)	Bendahara umum	2016
6.	Indonesia Chemical Engineering Event (I- Challenge)	Bandahara umum	2016
7.	Rapat Koordinasi Nasional BKKMTKI XVII	Anggota Humas	2016
8.	Seminar PT Astra	Humas	2016

E. PENGALAMAN ASISTEN SELAMA PERKULIAHAN

No.	Asisten Laboratorium	Tahun
1.	Mikrobiologi Industri	2016
2.	Kimia Fisika	2017
3	Operasi Teknik Kimia	2017

No.	Asisten Dosen	Tahun
1.	Termodinamika	2016

No.	Tutor Persiapan Ujian akhir	Tahun
1.	Azaz Teknik Kimia 1	2015
2.	Teknik Reaksi Kimia 1	2015

F. PRESTASI

No.	Nama Prestasi	Tahun
1.	Best Concept Chem E-Car ITS 2016	2016
2.	Juara 2 best runner Chem E Car Competition ITS 2016	2016
3	Pendanaan PKM Dikti (Penggunaan Poli Etylen Glikol (PEG) sebagai template pada sintesis silika aerogel dari abu terbang (fly ash) batubara untuk aplikasi <i>Solid Sorption Refrigeration</i>)	2017
4	Juara Poster Favorit PKM Dikti (Penggunaan Poli Etylen Glikol (PEG) sebagai template pada sintesis silika aerogel dari abu terbang (fly ash) batubara untuk aplikasi <i>Solid Sorption Refrigeration</i>)	2017
5	Juara Presentasi Favorit PKM Dikti (Penggunaan Poli Etylen Glikol (PEG) sebagai template pada sintesis silika aerogel dari abu terbang (fly ash) batubara untuk aplikasi <i>Solid Sorption Refrigeration</i>)	2017
6	Gold Medal IYIA (Internasional Young Inventors Awards)	2017
7	Bronze Medal IPITEX (International Property, Invention, Innovation and Technology Exposition)	2018
8	Pendanaan PKM Dikti (Taciline : Tobacco Sunscreen Lotion)	2018

G. SOFTSKIL

No.	Nama Kegiatan	Nilai	Lembaga Penyelenggara	Tahun
1.	TOEFL ITP	493	Universitas Brawijaya	2018
2.	TOEFL	520	Royal Course	2018
3	IC3	80	Universitas Brawijaya	2017

RINGKASAN

SAYIDATI LUTFITA dan **WAFIYATUS SHOLIAH**, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, April 2018, *Karakterisasi Zeolit Alam Malang Sebagai Supplementary Cementitious Materials (SCMs) Berdasarkan Aktivitas Pozzolaniknya dengan Variasi Ukuran Partikel*, Dosen Pembimbing: Bambang Ismuyanto.

Zeolit merupakan mineral yang banyak terdapat di Indonesia dengan jenis yang beragam dan sebaran keberadaan yang luas. Kandungan silika dan alumina yang berkisar 50-80% di dalam zeolit menunjukkan bahwa zeolit merupakan bahan pozzolan yang berpotensi sebagai SCMs (*Supplementary Cementitious Materials*). SCMs merupakan bahan inorganik yang menggantikan sebagian kebutuhan semen dan berpartisipasi dalam pembentukan binder berupa kalsium silikat hidrat (C-S-H) dan kalsium alumina silikat hidrat (C-A-S-H) melalui aktivitas hidrasi dan pozzolanik. Pemanfaatan SCMs dalam bahan konstruksi dapat mengurangi emisi CO₂, mengurangi konsumsi bahan bakar, meningkatkan daya tahan beton terhadap serangan sulfat dan klorin dan menurunkan permeabilitas. Oleh karena itu diperlukan suatu upaya untuk memaksimalkan potensi pemanfaatan zeolit sebagai SCMs.

Pada penelitian ini dilakukan variasi ukuran zeolit alam Malang yaitu 130-105 µm (Variabel 1), 105-74 µm (Variabel 2), 74-63 µm (Variabel 3), 63-44 µm (Variabel 4) dan <44 µm (Variabel 5). Karakterisasi aktivitas pozzolanik zeolit alam Malang menggunakan metode uji kapur jenuh dan *strength activity index* (SAI). Uji kapur jenuh dilakukan dengan pencampuran zeolit dan larutan Ca(OH)₂ jenuh. Selanjutnya dilakukan pendiaman hingga 28 hari dan dilakukan uji kandungan Ca²⁺ sisa pada interval 24 jam selama 7 hari dan interval 7 hari selama 28 hari. Pada uji SAI dilakukan pembuatan beton sampel dengan mencampurkan material berupa semen, pasir, zeolit dan air sebagai bahan baku beton kemudian dicetak dalam cetakan kubus berukuran 5x5 cm. Uji SAI dilakukan pada 7 dan 28 hari proses *curing* dan didapatkan hasil persentase kuat tekan beton sampel (beton dengan campuran SCMs) terhadap beton kontrol (beton tanpa campuran SCMs).

Hasil percobaan menunjukkan zeolit dengan ukuran partikel <44 µm memberikan persentase penurunan konsentrasi Ca²⁺ dan nilai SAI yang paling besar yaitu 50,76% dan 105,93%. Hal ini dikarenakan ukuran partikel zeolit sebagai SCMs berpengaruh terhadap luas permukaan zeolit yang akan terekspos dalam reaksi pozzolanik. Selain itu juga berpengaruh pada proses difusi ion OH⁻ untuk memutuskan ikatan silika dan alumina dalam kerangka zeolit, porositas pasta hasil hidrasi semen dan porositas beton sehingga zeolit ini memiliki peran dalam kekuatan beton.

Kata Kunci: Aktivitas pozzolanik, *strength activity index*, uji kapur jenuh, ukuran patikel, zeolit alam.

SUMMARY

SAYIDATI LUTFITA and **WAFIYATUS SHOLIHAH** Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, March 2018, *Characterization of Malang Natural Zeolite as Supplementary Cementitious Materials (SCMs) Based on Pozzolanic Activity with Various Particle Size*, Academic Supervisor: Bambang Ismuyanto.

Zeolite is a mineral that is widely available in Indonesia with a various types and distribution. Zeolite is potential to be used as SCMs (Supplementary Cementitious Materials) because it contains silica and alumina in the range of 50-80%. SCMs are inorganic materials which able to form binders such as calcium silicate hydrate (C-S-H) and calcium alumina silicate hydrate (C-A-S-H) through hydration and pozzolanic activity. Utilization of SCMs in construction materials can reduce cement usage, minimize CO₂ emissions, decrease fuel consumption, upgrade concrete durability against sulfate and chlorine attacks and decrease permeability. Therefore, research is needed to maximize the potential utilization of zeolite as SCMs.

In this research, the variation of Malang zeolite particle size, 130-105 µm (Variable 1), 105-74 µm (Variable 2), 74-63 µm (Variable 3), 63-44 µm (Variable 4) dan <44 µm (Variable 5) is conducted. Saturated lime test method and strength activity index (SAI) are used to characterize the pozzolanic activity of Malang natural zeolite. The saturated lime test is carried out by mixing zeolite and saturated Ca(OH)₂ solution. The solutions are kept for 28 days where sequence tests of remaining Ca²⁺ ion is performed every 24 hours within 7 days interval and every 7 days within 28 days interval. In SAI test, the concrete sample is made by mixing the material of cement, sand, zeolite and water as raw material of concrete then molded in cube mold 5x5 cm. The SAI test was performed on both 7th and 28th days of curing process. Results are obtained by compressive strength percentage of concrete sample (concrete with mixed SCMs) relative to control concrete (concrete without mixed SCMs).

The experimental results show that zeolite with particle size <44 µm gives the highest % decrease of Ca²⁺ concentration and SAI value of 50,76% and 105,93% respectively. This due to variety of zeolite particle size that influence zeolite surface area, hydroxyl ion diffusion process, porosity of the cement paste after hydration and concrete porosity. Zeolite usage as SCMs directly influences the strength of concrete.

Keywords: Pozzolanic activity, strength activity index, saturated lime test, particle size, natural zeolite

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.,

Alhamdulillah, segala puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *Karakterisasi Zeolit Alam Malang sebagai Supplementary Cementitious Materials (SCMs) Berdasarkan Aktivitas Pozzolaniknya dengan Variasi Ukuran Partikel*. Skripsi ini kami ajukan sebagai syarat utama dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Kimia Universitas Brawijaya. Dalam penyusunan skripsi yang berbasis penelitian ini kami ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
2. Ayah, ibu, kakak dan adik-adik kami tercinta serta segenap keluarga yang telah memberikan doa, dorongan moral maupun material, serta kasih sayang.
3. Ir.Bambang Poerwadi, M.S., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia FT-UB.
4. Bapak Ir. Bambang Ismuyanto, MS selaku Dosen Pembimbing atas bantuan dan sarannya dalam mengerjakan skripsi ini.
5. Ibu A.S Dwi Saptati Nur Hidayati ST., MT selaku Dosen atas bantuan dan sarannya dalam mengerjakan skripsi ini.
6. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Kimia FT-UB yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.
7. Agustin Rahayu, A.Md, selaku laboran Laboratorium Sains Jurusan Teknik Kimia Universitas Brawijaya atas bantuan, saran dan dukungannya.
8. Serta seluruh civitas akademika Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Brawijaya dan seluruh rekan-rekan kami yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu, namun telah membantu kami dalam menyelesaikan naskah skripsi ini.

Kami menyadari bahwa dalam skripsi ini dimungkinkan terdapat kesalahan sehingga, kami terbuka untuk segala bentuk kritik dan saran yang membangun. Kami memohon maaf apabila dalam penulisan skripsi, kami melakukan berbagai kesalahan baik tutur kata maupun perbuatan yang menyinggung pihak manapun. Semoga naskah skripsi ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak di masa yang akan datang.

Malang, 16 April 2018

Sayidati Lutfita dan Wafiyatus Sholihah

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
DAFTAR SIMBOL	viii
DAFTAR SINGKATAN	ix
RINGKASAN	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 <i>Supplementary Cementitious Materials (SCMs)</i>	5
2.2 Pozzolan	6
2.3 Zeolit	7
2.3.1 Zeolit alam	8
2.3.2 Sifat-sifat zeolit	9
2.4 Performa Zeolit sebagai SCMs	10
2.4.1 Kapasitas pozzolanik dari zeolit	10
2.4.2 Kuat tekan	11
2.4.3 Porositas	11
2.4.4 Reaksi silika-alkali	13
2.4.5 Ketahanan terhadap sulfat	14
2.4.6 Faktor daya tahan lainnya	14
2.4.7 Panas hidrasi	14
2.4.8 Kebutuhan air	15
2.5 Reaksi Hidrasi dan Pozzolanik	15
2.6 Faktor yang Mempengaruhi Aktivitas Pozzolanik	19
2.6.1 Faktor intrinsik dari aktivitas pozzolanik	19

2.6.2	Faktor ekstrinsik dari aktivitas pozzolanik.....	20
2.7	Metode Karakterisasi Aktivitas Pozzolanik.....	21
2.7.1	Metode langsung	21
2.7.2	Metode tidak langsung	22
2.8	Beton.....	25
2.8.1	Bahan baku beton dan fungsinya.....	25
2.9	Screening	28
2.10	Spektrofotometer XRF (<i>X-Ray Fluorescence</i>)	29
2.11	Penelitian Sebelumnya.....	30
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		33
3.1	Metode Penelitian	33
3.2	Waktu dan Tempat Penelitian.....	33
3.3	Variabel Penelitian.....	33
3.4	Alat dan Bahan Penelitian.....	33
3.4.1	Alat penelitian	33
3.4.2	Bahan penelitian	34
3.4.3	Bahan utama	34
3.5	Prosedur Penelitian	34
3.5.1	Perlakuan awal bahan	34
3.5.2	Pengayakan zeolit.....	35
3.5.3	Pengujian kadar air	37
3.5.4	Pembuatan larutan CH jenuh.....	37
3.5.5	Pembuatan sampel	38
3.5.6	Uji kandungan Ca^{2+} yang hilang	39
3.5.7	Uji <i>Strength Activity Index</i> (SAI)	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		43
4.1	Karakterisasi Zeolit Alam Malang.....	43
4.1.1	Hasil fisik ayakan zeolit variasi ukuran.....	43
4.1.2	Hasil uji XRF zeolit alam Malang.....	44
4.1.3	Hasil uji karakterisasi zeolit alam Malang berdasarkan ASTM.....	44
4.2	Hasil Karakterisasi Bahan Pembuatan Beton	45
4.3	Karakterisasi Aktivitas Pozzolanik.....	47
4.3.1	Uji kapur jenuh	47
4.3.2	Uji SAI beton.....	49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		523

5.1	Kesimpulan.....	53
5.2	Saran	53
DAFTAR PUSTAKA		55
LAMPIRAN		59

DAFTAR TABEL

No	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Komposisi Kimia Bahan Pozzolan	7
Tabel 2.2	Komposisi dan Formula Zeolit Alam	8
Tabel 2.3	Komponen Penyusun Beton	18
Tabel 2.4	Karakteristik Standar Spesifikasi Pozzolan secara Kimia dan Fisika	23
Tabel 2.5	Ukuran Agregat Halus	26
Tabel 2.6	Bukaan lubang dan ukuran ayakan (<i>US Sieve Series and Tyler Equivalent</i>)	29
Tabel 2.7	Skema Uji Spektrofotometer XRF (X-Ray Fluorescence)	30
Tabel 2.8	Penelitian-penelitian sebelumnya yang telah dilakukan	31
Tabel 4.1	Komposisi Kimia Zeolit Alam Malang Berdasarkan Uji XRF	44
Tabel 4.2	Data Hasil Uji Karakterisasi Zeolit Alam Malang	44
Tabel 4.3	Hasil Uji XRF Semen	46
Tabel 4.4	Karakterisasi Semen yang digunakan berdasarkan standar OPC	46

DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
	Gambar 2.1 Struktur Zeolit (Saputra,2006)	8
	Gambar 2.2Jenis-Jenis Pori pada Beton (Sumber : Maekawa, 2005)	12
	Gambar 2.3 Struktur Kerangka EDTA.....	28
	Gambar 3.1 Diagram Alir Perlakuan Awal Zeolit	36
	Gambar 3.2 Diagram Alir Pengukuran Kadar Air	37
	Gambar 3.3 Diagram Alir Pembuatan Larutan CH Jenuh	38
	Gambar 3.4 Diagram Alir Pembuatan Sampel	39
	Gambar 3.5 Diagram Alir pengujian kandungan Ca^{2+} yang hilang.....	40
	Gambar 3.6 Diagram Alir pengujian SAI Kubus Kontrol	41
	Gambar 3.7 Diagram Alir pengujian SAI Kubus Sampel	41
	Gambar 4.1 Zeolit dengan Variasi Ukuran (a) 130-105 μm (Variabel 1); (b) 105-74 μm (Variabel 2); (c) 74-63 μm (Variabel 3); (d) 63-44 μm (Variabel 4); (e) 44 μm < (Variabel 5)	43
	Gambar 4.2 Grafik Hubungan antara Waktu (jam) terhadap % Penurunan Konsentrasi Ca^{2+}	47
	Gambar 4.3 Grafik SAI pada Hari ke-7 dan ke-28 Variabel 1 (130-105 μm); Variabel 2 (105-74 μm); Variabel 3 (74-63 μm); Variabel 4 (63-44 μm); Variabel 5 (44 μm <)	49

DAFTAR LAMPIRAN

No	Judul	Halaman
Lampiran 1	Data <i>trial and error</i> titrimetric EDTA uji kapur jenuh.....	57
Lampiran 2	Data hasil titrasi uji kapur jenuh sampel.....	61
Lampiran 3	Data hasil uji SAI sampel	69
Lampiran 4	Dokumentasi kegiatan.....	73
Lampiran 6	Curriculum Vitae Penulis 1 dan 2.....	83

DAFTAR SIMBOL

Besaran	Satuan	Simbol
Volume Larutan EDTA	milliliter (mL)	V_{EDTA}
Molaritas larutan baku Na_2EDTA	milliliter (mL)	M_{EDTA}
Konsentrasi Ca^{2+} titrat (ppm)	Ppm	A
Konsentrasi Ca^{2+} sampel (ppm)	Ppm	B

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Keterangan
H	H ₂ O
C	CaO
S	SiO ₂
A	Al ₂ O ₃
F	Fe ₂ O ₃
Š	SO ₃
CH	Ca(OH) ₂
C ₃ S	3CaO. SiO ₂
C ₂ S	2CaO. SiO ₂
C ₃ A	3CaO. Al ₂ O ₃
C ₄ AF	4CaO. Al ₂ O ₃ . Fe ₂ O ₃
C-S-H	kalsium silikat hidrat
A-S	aluminosilikat
C-A-S	kalsium aluminosilikat
C-A-H	kalsium alumina hidrat
C ₄ A ₃ Š	monokalsium aluminosulfat
C ₆ AŠ ₃ H ₃₂	<i>Ettringite</i> / (AFt) alumino-ferrite trisulfate hydrate
C ₄ AŠH ₁₂	<i>Kuzelite</i> / (AFm) alumino-ferrite monosulfate hydrate