

KATA PENGANTAR

Segala puji, hormat, juga syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Kuasa atas pertolongan-Nya yang begitu sempurna, serta kekuatan dan kesabaran sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Penggunaan Potasium Hidroksida dan Potasium Silikat Sebagai Alternatif Alkalin Aktivator pada Beton Geopolimer *Fly Ash* Struktural” ini dengan tepat waktu.

Adapun tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk memenuhi syarat dalam mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya Malang.

Dalam pelaksanaan dan penulisan tugas akhir ini, penulis tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada:

1. Ir. Sugeng P. Budio, MS dan Ir. Siti Nurlina, MT selaku dosen pembimbing yang telah memberi banyak bimbingan dan masukan yang berharga untuk kesempurnaan penulisan tugas akhir ini.
2. Dr. Eng. Achfas Zacob, ST, MT selaku penguji dan ketua majelis seminar proposal.
3. Kedua orang tua yang telah memberi dukungan dan cinta yang luar biasa.
4. Rekan-rekan PMK Yehezkiel yang telah mendukung dalam doa.
5. Teman-teman Teknik Sipil Universitas Brawijaya 2006 yang telah memberikan bantuan dan dukungan kepada penulis.
6. Pihak-pihak lain yang telah membantu kelancaran pelaksanaan praktikum dan penyusunan tugas akhir.

Penulis menyadari penyusunan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu, kritik dan saran membangun sangat diperlukan. Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca sekaligus dapat menjadi bahan acuan untuk penelitian lebih lanjut. Amin

Malang, 22 Juli 2010

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
DAFTAR SINGKATAN	x
RINGKASAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Batasan Masalah	3
1.3. Rumusan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1. Beton Geopolimer	5
2.1.1. Definisi Beton Geopolimer	5
2.1.2. Sifat-Sifat Beton Geopolimer	8
2.1.3. Kelebihan dan Kekurangan Beton Geopolimer	9
2.2. Abu Terbang (<i>fly ash</i>)	9
2.2.1. Definisi <i>Fly Ash</i>	9
2.2.2. Sifat Fisik <i>Fly Ash</i>	10
2.2.3. Klasifikasi Jenis <i>Fly Ash</i>	11
2.2.4. Keunggulan Penggunaan <i>Fly Ash</i>	14
2.3. Agregat	14
2.3.1. Agregat halus	14
2.3.2. Agregat Kasar	15
2.4. Alkalin Aktivator	15
2.4.1. Natrium Hidroksida dan Potasium Hidroksida	15
2.4.2. Natrium Silikat dan Potasium Silikat	17
2.5. Perawatan (<i>Curing</i>)	19
2.6. Pengujian Beton	20
2.6.1. Uji Waktu Ikat (<i>Setting Time Test</i>)	20

2.6.2. Uji Tekan (<i>Compression Test</i>)	21
2.7. Penelitian yang Sudah Dilakukan	21
2.7.1. Penelitian oleh D. Hardjito dan B.V. Rangan	21
2.7.2. Penelitian oleh Sandi Kosnatha dan Johannes P.U.....	24
2.7.3. Penelitian oleh Stephanus Peter dan Ferawati Hariyanto ..	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1. Umum	27
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian	27
3.3. Alat Penelitian	27
3.4. Material	28
3.4.1. Agregat Kasar	28
3.4.2. Agregat Halus	28
3.4.3. <i>Fly Ash</i>	29
3.4.4. Alkalin Aktivator	29
3.4.5. Air	30
3.5. <i>Mix Design</i>	30
3.5.1. <i>Trial Mix Design</i> Mortar	30
3.5.2. <i>Mix Design</i> Beton	33
3.6. Prosedur Penelitian	33
3.6.1. Pengujian Material	33
3.6.1.1. Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus	33
3.6.1.2. Pemeriksaan Gradasi Agregat Kasar	34
3.6.1.3. Pemeriksaan Kadar Air Agregat	35
3.6.1.4. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	36
3.6.1.5. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	37
3.6.1.6. Kadar NaOH atau KOH dalam Larutan Hidroksida	38
3.6.2. Pembuatan dan Pengujian Mortar	38
3.6.3. Pembuatan dan Pengujian Waktu Ikat Pasta Geopolimer	40
3.6.4. Pembuatan dan Pengujian Beton Geopolimer	42
3.7. Diagram Alir Penelitian	46
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	47
4.1. Umum	47
4.2. Hasil Pengujian Material	47

4.2.1. Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus	47
4.2.2. Pemeriksaan Gradasi Agregat Kasar	49
4.2.3. Pemeriksaan Kadar Air Agregat	50
4.2.4. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	51
4.2.5. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	51
4.2.6. Kadar NaOH atau KOH dalam Larutan Hidroksida	52
4.3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar Dan Waktu Ikat	52
4.3.1. Pengaruh Konsentrasi Larutan Hidroksida	53
4.3.2. Pengaruh Perbandingan Larutan Hidroksida dan Larutan Silikat	53
4.3.3. Pengaruh Penambahan Air	54
4.3.4. Pengaruh Perbandingan Larutan Alkali dan <i>Fly Ash</i>	54
4.3.5. Pengaruh Perlakuan Larutan	55
4.3.6. Pengaruh Umur Mortar	55
4.3.7. Pengaruh Suhu <i>Curing</i>	56
4.4. Analisis Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar dan Waktu Ikat	56
4.4.1. Pengaruh Konsentrasi Larutan Hidroksida	56
4.4.2. Pengaruh Perbandingan Larutan Hidroksida dan Larutan Silikat	58
4.4.3. Pengaruh Penambahan Air	60
4.4.4. Pengaruh Perbandingan Larutan Alkali dan <i>Fly Ash</i>	63
4.4.5. Pengaruh Perlakuan Larutan	65
4.4.6. Pengaruh Umur Mortar	67
4.4.7. Pengaruh Suhu <i>Curing</i>	67
4.4.8. Pengaruh Perbandingan Molar SiO ₂ dan Al ₂ O ₃	70
4.5. <i>Mix Design</i> Beton	70
4.6. Hasil Pengujian Beton	71
4.7. Analisis Hasil Pengujian Beton	73
BAB V PENUTUP	75
5.1. Kesimpulan	75
5.2. Saran	76
DAFTAR PUSTAKA	77

DAFTAR GAMBAR

2.1.	Ikatan Polimerisasi SiO_4 dan AlO_4	5
2.2.	Macam Ikatan Polimerisasi Berdasarkan Perbandingan Si dan Al	6
2.3.	<i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) dari Fase Awal Geopolimerisasi pada Permukaan Partikel <i>Fly Ash</i>	6
2.4.	<i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) dari Beton Geopolimer Umur 28 Hari	6
2.5.	Ikatan Polimerisasi pada Beton Geopolimer	7
2.6.	Ikatan yang Terjadi pada Beton Konvensional dan Ikatan yang Terjadi pada Beton Geopolimer	7
2.7.	Pengaruh Si / Al pada Ikatan Polimer	8
2.8.	<i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) dari <i>Fly Ash</i>	10
2.9.	<i>Fly Ash</i> Tipe C	11
2.10.	<i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) dari <i>Fly Ash</i> Tipe C	11
2.11.	<i>Fly Ash</i> Tipe F	12
2.12.	<i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) dari <i>Fly Ash</i> Tipe F	12
2.13.	<i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) dari Campuran <i>Fly Ash</i> dengan Sodium Hidroksida	17
2.14.	<i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) dari Campuran <i>Fly Ash</i> dengan Sodium Silikat	17
2.15.	Alat Ukur Jarum Vicat	20
2.16.	Grafik Pengaruh Suhu Perawatan Terhadap Kuat Tekan	22
2.17.	Grafik Kuat Tekan Berdasarkan Perbandingan Air dan Na_2O	22
2.18.	Grafik Kuat Tekan Berdasarkan Perbandingan Air dan <i>Binder</i>	23
2.19.	Grafik Kuat Tekan Berdasarkan Umur Beton	23
2.20.	Grafik Kuat Tekan Berdasarkan Konsentrasi Sodium Hidroksida	24
2.21.	Grafik Kuat Tekan Berdasarkan Perbandingan Sodium Hidroksida dan Sodium Silikat	24
2.22.	Grafik Kuat Tekan Berdasarkan Perbandingan <i>Water</i> / <i>Binder</i>	25
2.23.	Grafik Kuat Tekan Berdasarkan Umur Mortar dan Proses <i>Curing</i>	25
3.1.	Batu Pecah	28
3.2.	Pasir	28
3.3.	<i>Fly Ash</i>	29

3.4.	Sodium Silikat (Na_2SiO_3), Potasium Silikat (K_2SiO_3), Sodium Hidroksida (NaOH), dan Potasium Hidroksida (KOH)	29
3.5.	<i>Packing</i> Pasir dan <i>Fly Ash</i>	39
3.6.	Mortar Segar	39
3.7.	Proses Pencetakan Mortar	39
3.8.	Benda Uji Mortar	40
3.9.	Proses Uji Tekan Mortar	40
3.10.	Alat dan Bahan Uji Waktu Ikat	41
3.11.	Pasta Geopolimer	41
3.12.	<i>Curing</i> Oven Pasta	41
3.13.	Penetrasi Uji Waktu Ikat	42
3.14.	Alat dan Bahan Beton Geopolimer	43
3.15.	Proses Pencampuran Mortar	43
3.16.	Beton Segar	43
3.17.	<i>Slump Test</i>	44
3.18.	<i>Curing</i> Oven Beton	44
3.19.	Benda Uji Beton	44
3.20.	Penimbangan Beton	45
3.21.	Proses Uji Tekan Beton	45
3.22.	Diagram Alir Penelitian	46
4.1.	Grafik Lengkung Ayakan Agregat Halus Zona II	48
4.2.	Grafik Gradasi Agregat Halus	48
4.3.	Grafik Lengkung Ayakan Agregat Kasar Zona II	49
4.4.	Grafik Gradasi Agregat Kasar	50
4.5.	Grafik Pengaruh Konsentrasi Hidroksida Terhadap Kuat Tekan Mortar Geopolimer	56
4.6.	Grafik Pengaruh Konsentrasi Hidroksida Terhadap Waktu Ikat Awal Pasta Geopolimer	57
4.7.	Grafik Pengaruh Perbandingan Hidroksida dan Silikat Terhadap Kuat Tekan Mortar Geopolimer	58
4.8.	Grafik Pengaruh Perbandingan Molar $\text{K}_2\text{O}/\text{SiO}_2$ dan $\text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2$ Terhadap Kuat Tekan Mortar Geopolimer	59
4.9.	Grafik Pengaruh Perbandingan Hidroksida dan Silikat Terhadap Waktu Ikat Awal Pasta Geopolimer	60

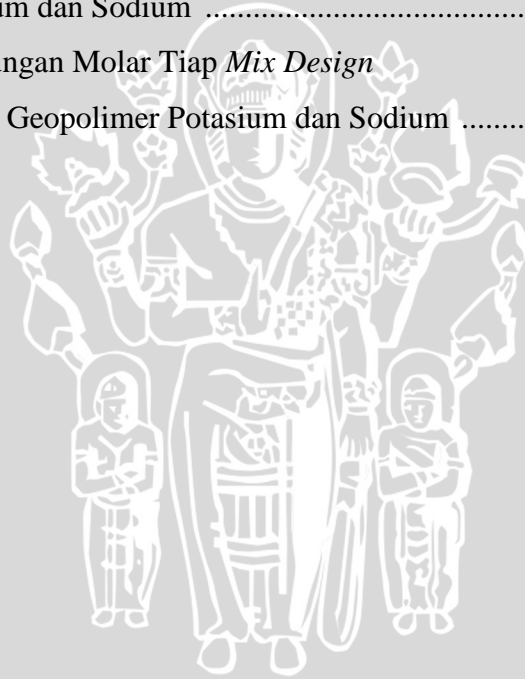
4.10.	Grafik Pengaruh Perbandingan Molar H ₂ O dan Na ₂ O Terhadap Kuat Tekan Mortar Geopolimer	61
4.11.	Grafik Pengaruh Perbandingan Molar H ₂ O dan K ₂ O Terhadap Kuat Tekan Mortar Geopolimer	62
4.12.	Grafik Pengaruh Penambahan Air Terhadap Waktu Ikat Awal Pasta Geopolimer	63
4.13.	Grafik Pengaruh Perbandingan Massa Alkali dan <i>Fly Ash</i> Terhadap Kuat Tekan Mortar Geopolimer	63
4.14.	Grafik Pengaruh Perbandingan Massa Alkali dan <i>Fly Ash</i> Terhadap Waktu Ikat Awal Pasta Geopolimer	65
4.15.	Grafik Pengaruh Perlakuan Larutan Alkali Terhadap Kuat Tekan Mortar Geopolimer	66
4.16.	Grafik Pengaruh Perlakuan Larutan Alkali Terhadap Waktu Ikat Awal Pasta Geopolimer	67
4.17.	Grafik Pengaruh Umur Mortar Terhadap Kuat Tekan Mortar Geopolimer	67
4.18.	Grafik Pengaruh Suhu <i>Curing</i> Terhadap Kuat Tekan Mortar Geopolimer	68
4.19.	Grafik Pengaruh Suhu <i>Curing</i> Terhadap Waktu Ikat Awal Pasta Geopolimer	69
4.20.	Grafik Pengaruh Perbandingan Molar SiO ₂ dan Al ₂ O ₃ Terhadap Kuat Tekan Mortar Geopolimer	70
4.21.	Grafik Waktu Ikat <i>Mix Design</i> Sodium (<i>Mix Design A</i>)	72
4.22.	Grafik Waktu Ikat <i>Mix Design</i> Potasium (<i>Mix Design B</i>)	72
4.23.	Grafik Perbandingan Kuat Tekan Beton Geopolimer Potasium dan Sodium	73

DAFTAR TABEL

2.1.	Spesifikasi Kimia dan Fisik Tiap Kelas <i>Fly Ash</i>	13
2.2.	Perbedaan antara Sodium Hidroksida dan Potasium Hidroksida	16
2.3.	Perbedaan Antara Sodium Silikat dan Potasium Silikat	19
2.4.	Pengaruh Larutan Alkalin Aktivator Terhadap Kuat Tekan Beton	21
3.1.	Kandungan Senyawa Kimia <i>Fly Ash</i> yang Digunakan	29
3.2.	<i>Trial Mix Design</i> Mortar	31
4.1.	Analisis Gradasi Agregat Halus	47
4.2.	Analisis Gradasi Agregat Kasar	49
4.3.	Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus	50
4.4.	Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar	50
4.5.	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	51
4.6.	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	51
4.7.	Pemeriksaan Kadar NaOH dalam Larutan Hidroksida	52
4.8.	Pemeriksaan Kadar KOH dalam Larutan Hidroksida	52
4.9.	Hasil Pengujian Pengaruh Konsentrasi Larutan Hidroksida	53
4.10.	Hasil Pengujian Pengaruh Perbandingan Larutan -OH dan Larutan Si-	53
4.11.	Hasil Pengujian Pengaruh Penambahan Air	54
4.12.	Hasil Pengujian Pengaruh Perbandingan Larutan Alkali dan <i>Fly Ash</i> .	54
4.13.	Hasil Pengujian Pengaruh Perlakuan Larutan	55
4.14.	Hasil Pengujian Pengaruh Umur Mortar	55
4.15.	Hasil Pengujian Pengaruh Suhu <i>Curing</i>	56
4.16.	Komposisi Yang Menghasilkan Kuat Tekan Mortar Sodium Maksimum (<i>Mix Design A</i>)	70
4.17.	Komposisi Yang Menghasilkan Kuat Tekan Mortar Potasium Maksimum (<i>Mix Design B</i>)	71
4.18.	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Geopolimer Sodium Umur 28 hari	71
4.19.	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Geopolimer Potasium Umur 28 hari	71
4.20.	Hasil Pengujian Waktu Ikat Pasta Geopolimer <i>Mix Design</i> Sodium (<i>Mix Design A</i>)	71
4.21.	Hasil Pengujian Waktu Ikat Pasta Geopolimer <i>Mix Design</i> Potasium (<i>Mix Design B</i>)	72

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	Hasil Pengujian Kandungan Kimia <i>Fly Ash</i> di Laboratorium	78
LAMPIRAN B	Detail Kebutuhan Campuran per <i>Batch</i> , Suhu <i>Curing</i> , Perlakuan Larutan, dan Umur Mortar Geopolimer Sodium dan Potasium	80
LAMPIRAN C	Detail Kebutuhan Campuran per <i>Batch</i> , Suhu <i>Curing</i> , dan Perlakuan Larutan Uji Waktu Ikat Pasta Geopolimer Sodium dan Potasium	82
LAMPIRAN D	Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar Geopolimer Potasium dan Sodium	84
LAMPIRAN E	Hasil Pengujian Waktu Ikat Pasta Geopolimer Potasium dan Sodium	88
LAMPIRAN F	Perhitungan Molar Tiap <i>Mix Design</i> Mortar Geopolimer Potasium dan Sodium	104



DAFTAR SINGKATAN

CAS	<i>Chemical Abstracts Service</i>
EC	<i>European Commission</i>
EU	<i>European Union</i>
ICSC	<i>International Chemical Safety Cards</i>
IUPAC	<i>International Union of Pure and Applied Chemistry</i>
LD	<i>Lethal Dose</i>
MSDS	<i>Material Safety Data Sheet</i>
NFPA	<i>National Fire Protection Association.</i>
RTECS	<i>Registry of Toxic Effects of Chemical Substances</i>
UN	<i>United Nations</i>

