

TUGAS AKHIR

**ANALISIS SIFAT FISIS, MEKANIS DAN DURABILITAS MORTAR
GEOPOLIMER BERBAHAN DASAR METAKAOLIN-*FLY ASH*
DENGAN VARIASI SERAT BEMBAN MENGGUNAKAN
METODE *CURING* LEMBAB**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Sarjana S1 pada
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Lambung Mangkurat

Disusun Oleh:

Kamila Rahmah

NIM. 2010811320001

Pembimbing:

Ade Yuniati Pratiwi S.T., M.Sc., Ph.D.

NIP. 19900306 202203 2 010



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN
TEKNOLOGI**

UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL

BANJARBARU

2024

LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL

**Analisa Sifat Fisis, Mekanis dan Durabilitas Mortar Geopolimer Berbahan
Dasar Metakaolin-Fly Ash dengan Variasi Serat Berman Menggunakan
Metode Curing Lembab
Kamila Rahmah (2010811320001)**

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada 23 Januari 2024 dan dinyatakan

L U L U S

Komite Penguji :

Ketua : Dr. Nursiah Chairunnisa, S.T., M.Eng.
NIP. 19790723200501 2 005
Anggota 1 : Dr. Eng. Irfan Prasetya, S.T., M.T.
NIP. 19851026200812 1 001
Anggota 2 : Ir. Ratni Nurwidayati, M.T., M.Eng. Sc
NIP. 19690106199502 2 001
Pembimbing : Ade Yuniati Pratiwi, S.T., M.Sc., Ph.D
Utama NIP. 19900306202203 2 010



Banjarbaru, 23 Januari 2024

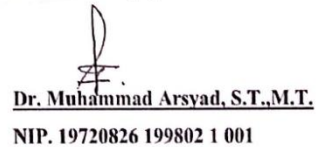
Diketahui dan disahkan oleh:

Wakil Dekan Bidang Akademik
Fakultas Teknik ULM,



Dr. Mahmud, S.T., M.T.
NIP. 19740107 199802 1 001

Koordinator Program Studi
S-1 Teknik Sipil,



Dr. Muhammad Arsyad, S.T., M.T.
NIP. 19720826 199802 1 001

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Kamila Rahmah
NIM : 2010811320001
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : Analisis Sifat Fisis, Mekanis dan Durabilitas Mortar Geopolimer Berbahan Dasar Metakaolin-*Fly Ash* Dengan Variasi Serat Berman Menggunakan Metode *Curing* Lembab
Pembimbing : Ade Yuniati Pratiwi S.T., M.Sc., Ph.D.

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan tugas akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari penulisan tugas akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus menerima sanksi berdasarkan aturan tata tertib di Universitas Lambung Mangkurat.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.

Banjarbaru, 2024

Penulis,

Kamila Rahmah

NIM. 2010811320001

**Analisis Sifat Fisis, Mekanis Dan Durabilitas Mortar Geopolimer Berbahan
Dasar Metakaolin-*Fly Ash* Dengan Variasi Serat Berman
Menggunakan Metode *Curing* Lembab**

Kamila Rahmah¹, Ade Yuniati Pratiwi²

1Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Lambung Mangkurat

2Dosen, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Lambung Mangkurat

Jl. Jenderal Achmad Yani Km 35,5 Banjarbaru, Kalimantan Selatan – 70714

Email: kamilarahmahpjr@gmail.com

ABSTRAK

Mortar geopolimer mengandalkan reaksi kimia antara material pozzolanik, seperti abu terbang dan metakaolin, dan larutan alkali sebagai aktivator, menghasilkan ikatan kuat dengan jejak karbon yang lebih rendah daripada beton pada umumnya. Penambahan serat berman dapat meningkatkan ketahanan terhadap retakan. Geopolimer menunjukkan ketahanan terhadap asam karena adanya ikatan aluminium silikat yang lebih stabil dan kandungan kalsium (Ca) yang lebih rendah jika dibandingkan dengan OPC. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh persentase metakaolin dan fly ash variasi serat berman terhadap kuat tekan mortar geopolimer sebelum dan sesudah terpapar lingkungan asam dan normal dengan curing lembab.

Penelitian ini dilakukan pengujian kuat tekan mortar geopolimer berbahan dasar metakaolin-fly ash, variasi serat berman, molaritas NaOH sebesar 8 M, rasio alkali sebesar 2,5 dengan metode perawatan suhu lembab selama 28 hari sebelum terpapar lingkungan asam. Selanjutnya dilakukan pengujian pada durasi 28+0 bulan, 28+1 bulan dan 28+2 bulan terpapar lingkungan asam.

Dari penelitian ini menunjukkan kuat tekan tertinggi pada mortar geopolimer dicapai pada persentase metakaolin-fly ash sebesar 70:30 variasi serat 1,5% dengan perawatan suhu lembab sebesar 60,94 MPa pada durasi terpapar lingkungan normal air PDAM kondisi full wet selama 28+1 bulan. Hal ini menunjukkan pada persentase metakaolin-fly ash 70:30 serat 1,5% memiliki penyerapan yang paling rendah dari semua variasi.

Kata Kunci: Abu Terbang, Metakaolin, Serat, Geopolimer, Kuat Tekan

Analysis of Physical, Mechanical and Durability Properties of Metakaolin-Fly Ash-Based Geopolymer Mortar with Variations of Bemban Fibre Using the Moist Curing Method

Kamila Rahmah¹ , Ade Yuniati Pratiwi²

1Student, Department of Civil Engineering, Universitas Lambung Mangkurat

2Doctor, Department of Civil Engineering, Universitas Lambung Mangkurat

Jl. Jenderal Achmad Yani Km 35.5 Banjarbaru, South Kalimantan - 70714 Email:

kamilarahmahpjr@gmail.com

ABSTRACT

Geopolymer mortar relies on the chemical reaction between pozzolanic materials, such as fly ash and metakaolin, and an alkaline solution as an activator, producing strong bonds with a lower carbon footprint than conventional concrete. The addition of polypropylene fiber can enhance crack resistance. Geopolymers exhibit acid resistance due to the presence of more stable aluminum silicate bonds and lower calcium (Ca) content compared to OPC. The objective of this research is to determine the influence of metakaolin percentage, fly ash, and variations in polypropylene fiber content on the compressive strength of geopolymer mortar before and after exposure to acidic and normal environments with moist curing.

The study involved testing the compressive strength of geopolymer mortar composed of metakaolin-fly ash, varying polypropylene fiber content, 8 M NaOH molarity, and a 2.5 alkali ratio, using a humid temperature curing method for 28 days before exposure to acidic conditions. Subsequently, tests were conducted at durations of 28+0 months, 28+1 months, and 28+2 months after exposure to an acidic environment.

The research indicates that the highest compressive strength in geopolymer mortar was achieved with a metakaolin-fly ash ratio of 70:30 and 1.5% fiber content, with humid temperature curing reaching 60.94 MPa during the 28+1 months exposure to a normal PDAM water condition. This suggests that the 70:30 metakaolin-fly ash ratio with 1.5% fiber content has the least permeability among all variations.

Keywords: Fly Ash, Metakaolin, Fiber, Geopolymer, Compressive Strength.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisis Sifat Fisis, Mekanis dan Durabilitas Mortar Geopolimer Berbahan Dasar Metakaolin-*Fly Ash* Dengan Variasi Serat Berman Menggunakan Metode *Curing* Lembab”. Penyusunan Tugas Akhir ini merupakan syarat kelulusan mahasiswa/i Program Studi S-1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat.

Selama penyusunan laporan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak yang telah memberikan kontribusi baik berupa bantuan maupun dukung, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua saya, Bapak M. Pajaruddin dan Ibu Lathifah Hidayati atas doa, dukungan, semangat, kasih sayang dan segala yang diperlukan hingga saya dapat menyelesaikan gelar sarjana ini.
2. Ade Yuniati Pratiwi, S.T., M.Sc., Ph.D.. selaku dosen pembimbing yang selalu sabar dalam memberikan arahan dan penjelasan kepada saya sehingga Laporan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
3. Bapak Dr. Muhammad Arsyad, S.T, M.T. selaku Koordinator Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat.
4. Ibu Dr. Nursiah Chairunnisa, S.T., M.Eng dan Ibu Ir. Ratni Nurwidayati, M.T., M.Eng.Sc. selaku dosen penguji seminar proposal.
5. Segenap dosen Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat yang telah banyak memberikan ilmu kepada kami.
6. Adik saya Ahmad Saufi yang selalu memberi doa dan dukungannya.
7. Teman-teman saya Neysa, Suci, Hanna, Zahra, Wulan, Dewi dan yang lainnya yang selalu mendengarkan keluh kesah saya ketika sedang mengerjakan skripsi ini.
8. Teman-teman saya dalam satu tim TA mortar geopolimer Shofia, Bela, Nadia, Adin, Akbar, Aldi dan Zacky yang sudah berjuang bersama dan bekerja sama dalam menyelesaikan tugas akhir ini. yang berjuang bersama dan bekerja sama dalam pembuatan tugas akhir ini.

9. Para Instruktur Laboratorium Struktur dan Material Universitas Lambung Mangkurat dan juga mahasiswa magang yang telah banyak membantu kami dalam pembuatan tugas akhir ini.

Akhir kata, saya menyadari penyusunan Tugas Akhir ini tidak luput dari kekurangan, oleh karena itu diharapkan kritik dan saran yang membangun agar Tugas Akhir ini lebih baik lagi. Saya berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Banjarbaru, 2024

Penulis,

Kamila Rahmah

NIM. 2010811320001

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Pasta dan Mortar	6
2.2 Geopolimer	7
2.3 Material Penyusun Mortar Geopolimer	10
2.3.1 Metakaolin.....	10
2.3.2 <i>Fly Ash</i>	11
2.3.3 Berman	15
2.3.4 Larutan Alkali	17
2.3.5 Agregat Halus.....	18
2.4 Faktor yang Mempengaruhi Kekuatan Geopolimer	19
2.4.1 Molaritas	19
2.4.2 Rasio Larutan Alkali	20
2.4.3 Rasio <i>Raw Material</i> terhadap Larutan Alkali	21
2.4.4 <i>Curing</i>	22
2.4.5 Kondisi Lingkungan.....	23
2.5 Pengujian yang Dilakukan	23

2.5.1	Pengujian Kuat Tekan	23
2.5.2	Pengujian Karbonasi	24
2.5.3	Pengujian Absorpsi dan Porositas	25
2.5.4	Pengujian <i>Sorptivity</i>	26
2.5.5	Durabilitas Mortar Geopolimer	28
2.6	Penelitian Geopolimer yang Pernah Dilakukan	29
BAB III METODE PENELITIAN		34
3.1	Diagram Alir	34
3.2	Waktu dan Tempat	35
3.3	Jadwal Penelitian	35
3.4	Alat dan Bahan	36
3.4.1	Alat	36
3.4.2	Bahan	37
3.5	Persiapan Bahan Dasar	37
3.5.1	<i>Fly Ash</i>	37
3.5.2	Metakaolin	38
3.5.3	Serat Berman	39
3.5.4	Larutan Alkali	41
3.5.5	Air	42
3.5.6	Agregat Halus	42
3.5.7	Larutan Asam Sulfat (H_2SO_4)	43
3.6	Pemeriksaan Bahan Dasar	43
3.7	Rancangan Penelitian	52
3.8	Pembuatan Benda Uji	54
3.8.1	Mortar Geopolimer Diameter 26 mm Tinggi 52 mm	54
3.8.2	Mortar Geopolimer Diameter 100 mm Tinggi 50 mm	60
3.9	Perawatan Benda Uji (<i>Curing</i>)	63
3.10	Pembuatan Lingkungan	64
3.10.1	Lingkungan Asam Untuk Mortar Geopolimer	64
3.10.2	Lingkungan Normal Air PDAM Untuk Mortar Geopolimer	64
3.11	Pengujian Benda Uji	65
3.11.1	Pengujian Kuat Tekan	65

3.11.2	Pengujian Karbonasi	66
3.11.3	Pengujian Absorpsi dan Porositas.....	67
3.11.4	Pengujian <i>Sorptivity</i>	68
3.12	Penarikan Kesimpulan	70
BAB VI	HASIL DAN PEMBAHASAN	71
4.1	Pemeriksaan Bahan	71
4.1.1	Pemeriksaan Agregat Halus	71
4.1.2	Pemeriksaan <i>Fly ash</i>	72
4.1.3	Pemeriksaan Metakaolin	75
4.1.4	Pemeriksaan Serat Berman.....	77
4.1.5	Pemeriksaan Waktu Pengikatan.....	78
4.2	Pemeriksaan pH Lingkungan Asam.....	80
4.3	Pengujian Absorpsi dan Porositas.....	82
4.4	Pengujian <i>Sorptivity</i>	84
4.5	Pengujian Karbonasi	91
4.5.1	Sampel MFAS50-1,5W dan MFAS50-2W	92
4.5.2	Sampel MFAS50-1,5WD dan MFAS50-2WD	93
4.5.3	Sampel MFAS70-1,5W dan MFAS70-2W	94
4.5.4	Sampel MFAS70-1,5WD dan MFAS70-2WD	95
4.5.5	Sampel MFAS100-1,5W dan MFAS100-2W	96
4.5.6	Sampel MFAS100-1,5WD dan MFAS100-2WD	97
4.5.7	Sampel MFN50-1,5W dan MFN50-2W	99
4.5.8	Sampel MFN50-1,5WD dan MFN50-2WD.....	100
4.5.9	Sampel MFN70-1,5W dan MFN70-2W	101
4.5.10	Sampel MFN70-1,5WD dan MFN70-2WD.....	102
4.5.11	Sampel MFN100-1,5W dan MFN100-2W	103
4.5.12	Sampel MFN100-1,5WD dan MFN100-2WD.....	104
4.6	Pengamatan Visual dan Berat Benda Uji.....	105
4.6.1	Sampel MFAS50-1,5W	105
4.6.2	Sampel MFAS50-2W	106
4.6.3	Sampel MFAS50-1,5WD.....	107
4.6.4	Sampel MFAS50-2WD	108

4.6.5	Sampel MFN50-1,5W	109
4.6.6	Sampel MFN50-2W	110
4.6.7	Sampel MFN50-1,5WD	111
4.6.8	Sampel MFN50-2WD	112
4.6.9	Sampel MFAS70-1,5W	112
4.6.10	Sampel MFAS70-2W	113
4.6.11	Sampel MFAS70-1,5WD	114
4.6.12	Sampel MFAS70-2WD	115
4.6.13	Sampel MFN70-1,5W	116
4.6.14	Sampel MFN70-2W	117
4.6.15	Sampel MFN70-1,5WD	118
4.6.16	Sampel MFN70-2WD	119
4.6.17	Sampel MFAS100-1,5W	119
4.6.18	Sampel MFAS100-2W	120
4.6.19	Sampel MFAS100-1,5WD	121
4.6.20	Sampel MFAS100-2WD	122
4.6.21	Sampel MFN100-1,5W	123
4.6.22	Sampel MFN100-2W	124
4.6.23	Sampel MFN100-1,5WD	125
4.6.24	Sampel MFN100-2WD	126
4.7	Pengujian Kuat Tekan	127
4.7.1	Sampel 28 Hari Sebagai Kontrol	128
4.7.2	Sampel MFAS50-1,5W	129
4.7.3	Sampel MFAS50-2W	131
4.7.4	Sampel MFAS50-1,5WD	132
4.7.5	Sampel MFAS50-2WD	134
4.7.6	Sampel MFN50-1,5W	135
4.7.7	Sampel MFN50-2W	137
4.7.8	Sampel MFN50-1,5WD	138
4.7.9	Sampel MFN50-2WD	140
4.7.10	Sampel MFAS70-1,5W	141
4.7.11	Sampel MFAS70-2W	143

4.7.12	Sampel MFAS70-1,5WD.....	144
4.7.13	Sampel MFAS70-2WD.....	146
4.7.14	Sampel MFN70-1,5W.....	147
4.7.15	Sampel MFN70-2W.....	149
4.7.16	Sampel MFN70-1,5WD.....	150
4.7.17	Sampel MFN70-2WD.....	152
4.7.18	Sampel MFAS100-1,5W.....	153
4.7.19	Sampel MFAS100-2W.....	155
4.7.20	Sampel MFAS100-1,5WD.....	156
4.7.21	Sampel MFAS100-2WD.....	158
4.7.22	Sampel MFN100-1,5W.....	159
4.7.23	Sampel MFN100-2W.....	161
4.7.24	Sampel MFN100-1,5WD.....	162
4.7.25	Sampel MFN100-2WD.....	164
4.7.26	Rekapitulasi Hasil Kuat Tekan.....	166
4.8	Durabilitas Benda Uji.....	169
4.8.1	Pengaruh Persentase Metakaolin- <i>Fly Ash</i> Variasi Serat Berman Terhadap Kuat Tekan.....	172
4.8.2	Perbandingan Persentase Metakaolin- <i>Fly Ash</i> Variasi Serat Berman pada Kondisi Asam.....	172
4.8.3	Perbandingan Persentase Metakaolin- <i>Fly Ash</i> Variasi Serat Berman pada Kondisi Normal.....	174
4.8.4	Kondisi Lingkungan Secara <i>Full Wet</i> pada Umur 28+1bulan.....	174
4.8.5	Kondisi Lingkungan Secara <i>Full Wet</i> pada Umur 28+2bulan.....	175
4.8.6	Kondisi Lingkungan Secara <i>Wet Dry</i> pada Umur 28+1bulan.....	176
4.8.7	Perbandingan Kondisi Lingkungan Secara <i>Wet Dry</i> pada Umur 28+2bulan.....	177
BAB V PENUTUP.....		178
5.1	Kesimpulan.....	178
5.2	Saran.....	179
DAFTAR PUSTAKA.....		180
LAMPIRAN.....		187

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Persyaratan kandungan fisika <i>fly ash</i>	12
Tabel 2. 2 Kandungan kimia <i>fly ash</i> PLTU Asam-Asam.....	13
Tabel 2. 3 Persyaratan kimia <i>fly ash</i>	14
Tabel 2. 4 Kandungan kimia <i>fly ash</i> PLTU Asam-Asam.....	15
Tabel 2. 5 Gradasi agregat halus	19
Tabel 3. 1 Jadwal penelitian.....	35
Tabel 3. 2 Variabel dan nomenklatur benda uji diameter 26 mm tinggi 52 mm. .	53
Tabel 3. 3 Variabel dan nomenklatur benda uji diameter 100 mm tinggi 50 mm.	54
Tabel 3. 4 Kebutuhan material mortar geopolimer untuk 234 sampel.....	57
Tabel 3. 5 Kebutuhan material mortar geopolimer untuk 12 sampel.....	63
Tabel 4. 1 Hasil pemeriksaan bahan agregat halus	71
Tabel 4. 2 Hasil pemeriksaan <i>fly ash</i>	72
Tabel 4. 3 Hasil kandungan kimia <i>fly ash</i> PLTU Asam-Asam 2023	73
Tabel 4.4 Hasil pengujian berat jenis <i>fly ash</i>	74
Tabel 4. 5 Hasil pemeriksaan berat volume <i>fly ash</i>	75
Tabel 4. 6 Hasil pengujian berat jenis metakaolin	76
Tabel 4.7 Hasil Pemeriksaan Berat Volume Metakaolin.....	76
Tabel 4. 8 Hasil kandungan kadar lignin dan selulosa.....	77
Tabel 4. 9 Hasil Pemeriksaan Waktu Pengikatan	79
Tabel 4. 10 Pemeriksaan air asam <i>artificial</i> untuk benda uji mortar	80
Tabel 4. 11 Hasil pengujian absorpsi dan porositas	83
Tabel 4. 12 Hasil Pengujian <i>Sorptivity</i>	85
Tabel 4. 13 Rekapitulasi <i>initial</i> dan <i>secondary rate</i>	89
Tabel 4. 14 Hasil uji karbonasi MFAS50-1,5W dan MFAS50-2W.....	92
Tabel 4. 15 Hasil uji karbonasi MFAS50-1,5WD dan MFAS50-2WD.....	93
Tabel 4. 16 Hasil uji karbonasi MFAS70-1,5W dan MFAS70-2W.....	94
Tabel 4. 17 Hasil uji karbonasi MFAS70-1,5WD dan MFAS70-2WD.....	95
Tabel 4. 18 Hasil uji karbonasi MFAS100-1,5W dan MFAS100-2W.....	96
Tabel 4. 19 Hasil uji karbonasi MFAS100-1,5WD dan MFAS100-2WD.....	98
Tabel 4. 20 Hasil uji karbonasi MFN50-1,5W dan MFN50-2W	99

Tabel 4. 21 Hasil uji karbonasi MFN50-1,5WD dan MFN50-2WD	100
Tabel 4. 22 Hasil uji karbonasi MFN70-1,5W dan MFN70-2W	101
Tabel 4. 23 Hasil uji karbonasi MFN70-1,5WD dan MFN70-2WD	102
Tabel 4. 24 Hasil uji karbonasi MFN100-1,5W dan MFN100-2W	103
Tabel 4. 25 Hasil uji karbonasi MFN100-1,5WD dan MFN100-2WD	104
Tabel 4. 26 Hasil visual MFAS50-1,5W	106
Tabel 4. 27 Hasil berat MFAS50-1,5W	106
Tabel 4. 28 Hasil visual MFAS50-2W	106
Tabel 4. 29 Hasil berat MFAS50-2W	107
Tabel 4. 30 Hasil visual MFAS50-1,5WD	107
Tabel 4. 31 Hasil berat MFAS50-1,5WD	108
Tabel 4. 32 Hasil visual MFAS50-2WD	108
Tabel 4. 33 Hasil berat MFAS50-2WD	109
Tabel 4. 34 Hasil visual MFN50-1,5W	109
Tabel 4. 35 Hasil berat MFN50-1,5W	110
Tabel 4. 36 Hasil visual MFN50-2W	110
Tabel 4. 37 Hasil berat MFN50-2W	110
Tabel 4. 38 Hasil visual MFN50-1,5WD	111
Tabel 4. 39 Hasil berat MFN50-1,5WD	111
Tabel 4. 40 Hasil visual MFN50-2WD	112
Tabel 4. 41 Hasil berat MFN50-2WD	112
Tabel 4. 42 Hasil visual MFAS70-1,5W	113
Tabel 4. 43 Hasil berat MFAS70-1,5W	113
Tabel 4. 44 Hasil visual MFAS70-2W	114
Tabel 4. 45 Hasil berat MFAS70-2W	114
Tabel 4. 46 Hasil visual MFAS70-1,5WD	115
Tabel 4. 47 Hasil berat MFAS70-1,5WD	115
Tabel 4. 48 Hasil visual MFAS70-2WD	116
Tabel 4. 49 Hasil berat MFAS70-2WD	116
Tabel 4. 50 Hasil visual MFN70-1,5W	117
Tabel 4. 51 Hasil berat MFN70-1,5W	117
Tabel 4. 52 Hasil visual MFN70-2W	117

Tabel 4. 53 Hasil berat MFN70-2W	117
Tabel 4. 54 Hasil visual MFN70-1,5WD	118
Tabel 4. 55 Hasil berat MFN70-1,5WD	118
Tabel 4. 56 Hasil visual MFN70-2WD	119
Tabel 4. 57 Hasil berat MFN70-2WD	119
Tabel 4. 58 Hasil visual MFAS100-1,5W	120
Tabel 4. 59 Hasil berat MFAS100-1,5W	120
Tabel 4. 60 Hasil visual MFAS100-2W	121
Tabel 4. 61 Hasil berat MFAS100-2W	121
Tabel 4. 62 Hasil visual MFAS100-1,5WD	122
Tabel 4. 63 Hasil berat MFAS100-1,5WD	122
Tabel 4. 64 Hasil visual MFAS100-2WD	123
Tabel 4. 65 Hasil berat MFAS100-2WD	123
Tabel 4. 66 Hasil visual MFN100-1,5W	124
Tabel 4. 67 Hasil berat MFN100-1,5W	124
Tabel 4. 68 Hasil visual MFN100-2W	124
Tabel 4. 69 Hasil berat MFN100-2W	125
Tabel 4. 70 Hasil visual MFN100-1,5WD	125
Tabel 4. 71 Hasil berat MFN100-1,5WD	126
Tabel 4. 72 Hasil visual MFN100-2WD	126
Tabel 4. 73 Hasil berat MFN100-2WD	126
Tabel 4. 74 Hasil pengujian kuat tekan 28 hari	128
Tabel 4. 75 Hasil kuat tekan MFAS50-1,5W	130
Tabel 4. 76 Hasil kuat tekan MFAS50-2W	132
Tabel 4. 77 Hasil kuat tekan MFAS50-1,5WD	133
Tabel 4. 78 Hasil uji tekan MFAS50-2WD	135
Tabel 4. 79 Hasil uji tekan MFN50-1,5W	136
Tabel 4. 80 Hasil Uji Tekan MFN50-2W	138
Tabel 4. 81 Hasil uji tekan MFN50-1,5WD	139
Tabel 4. 82 Hasil uji tekan MFN50-2WD	141
Tabel 4. 83 Hasil uji tekan MFAS70-1,5W	142
Tabel 4. 84 Hasil kuat tekan MFAS70-2W	144

Tabel 4. 85 Hasil uji tekan MFAS70-1,5WD	145
Tabel 4. 86 Hasil uji tekan MFAS70-2WD	147
Tabel 4. 87 Hasil uji tekan MFN70-1,5W.....	148
Tabel 4. 88 Hasil uji tekan MFN70-2W.....	150
Tabel 4. 89 Hasil uji tekan MFN70-1,5WD.....	151
Tabel 4. 90 Hasil uji tekan MFN70-2WD.....	153
Tabel 4. 91 Hasil uji tekan MFAS100-1,5W	154
Tabel 4. 92 Hasil uji tekan MFAS100-2W	156
Tabel 4. 93 Hasil uji tekan MFAS100-1,5WD	157
Tabel 4. 94 Hasil uji tekan MFAS100-2WD	159
Tabel 4. 95 Hasil uji tekan MFN100-1,5W.....	160
Tabel 4. 96 Hasil uji tekan MFN100-2W.....	162
Tabel 4. 97 Hasil uji kuat tekan MFN100-1,5WD.....	163
Tabel 4. 98 Hasil uji tekan MFN100-2WD.....	165
Tabel 4. 99 Trend kuat tekan berdasarkan kondisi lingkungan asam	167
Tabel 4. 100 Trend kuat tekan berdasarkan kondisi lingkungan normal	168
Tabel 4. 101 Visualisasi benda uji setelah terekspos lingkungan asam.....	170
Tabel 4. 102 Hasil berat benda uji setelah terpapar lingkungan asam.....	170
Tabel 4. 103 Hasil Karbonasi Setelah Terpapar Lingkungan Asam.....	171

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tanaman Bemban.....	16
Gambar 2. 2 Skema Pengujian <i>Sorptivity</i>	27
Gambar 3. 1 Bagan alir	34
Gambar 3. 2 Bagan alir lanjutan gambar 3.1	35
Gambar 3. 3 Mengeringkan <i>fly ash</i>	37
Gambar 3. 4 Menyaring <i>fly ash</i>	37
Gambar 3. 5 <i>Fly ash</i> Asam-Asam	38
Gambar 3. 6 Mencuci kaolin.....	38
Gambar 3. 7 Mengeringkan kaolin.....	38
Gambar 3. 8 Menghaluskan kaolin	38
Gambar 3. 9 Menyaring kaolin	39
Gambar 3. 10 Kalsinasi kaolin	39
Gambar 3. 11 Metakaolin.....	39
Gambar 3. 12 Membersihkan batang bemban	39
Gambar 3. 13 Merendam batang bemban	39
Gambar 3. 14 Merebus batang bemban.....	40
Gambar 3. 15 Menyisir serat bemban	40
Gambar 3. 16 Mengeringkan serat bemban	40
Gambar 3. 17 Alkalisasi serat bemban larutan NaOH 4%	40
Gambar 3. 18 Menetralkan pH serat bemban.....	40
Gambar 3. 19 Serat bemban	41
Gambar 3. 20 Natrium hidroksida (NaOH).....	42
Gambar 3. 21 NaOH 8M.....	42
Gambar 3. 22 Natrium silikat.....	42
Gambar 3. 23 Agregat halus	43
Gambar 3. 24 Larutan H ₂ SO ₄	43
Gambar 3. 25 Menimbang <i>fly ash</i>	44
Gambar 3. 26 Mencuci <i>fly ash</i>	44
Gambar 3. 27 Mengoven <i>fly ash</i>	44
Gambar 3. 28 Menimbang <i>fly ash</i> setelah di oven	45

Gambar 3. 29 Menimbang metakaolin.....	45
Gambar 3. 30 Menyaring metkaolin	46
Gambar 3. 31 Mengoven metakaolin	46
Gambar 3. 32 Menimbang metakaolin sesudah di oven	46
Gambar 3. 33 Menimbang serat bemban	47
Gambar 3. 34 Memasukkan Larutan NaOH 17,5% 15 mL	47
Gambar 3. 35 Proses Pengadukan Sampel.....	47
Gambar 3. 36 Sampel di Atas <i>Hotplate Stirrer</i>	47
Gambar 3. 37 Sampel ditutup dengan <i>plastic wrap</i>	48
Gambar 3. 38 Proses Filtrasi	48
Gambar 3. 39 Proses Penyucian dengan Aquades	48
Gambar 3. 40 Larutan CH ₃ COOH 2N	48
Gambar 3. 41 Proses Filtrasi	49
Gambar 3. 42 Desikator	49
Gambar 3. 43 Menimbang serat bemban	49
Gambar 3. 44 Proses filtrasi dengan etanol.....	50
Gambar 3. 45 Mengoven Sampel.....	50
Gambar 3. 46 Memasukkan larutan H ₂ SO ₄ 72% 15 mL.....	50
Gambar 3. 47 Sampel ditutup dengan <i>plastic wrap</i>	50
Gambar 3. 48 Menambahkan aquades	51
Gambar 3. 49 Sampel direbus di atas <i>hotplate stirrer</i>	51
Gambar 3. 50 Proses pengendapan	51
Gambar 3. 51 Proses filtrasi dengan air panas	51
Gambar 3. 52 Desikator	52
Gambar 3. 53 Larutan alkali.....	58
Gambar 3. 54 Bekisting silinder.....	58
Gambar 3. 55 Mengoleskan bekisting dengan oli	59
Gambar 3. 56 Menimbang <i>raw material</i>	59
Gambar 3. 57 Memasukkan <i>raw material</i>	59
Gambar 3. 58 Memasukkan larutan alkali	59
Gambar 3. 59 Memasukkan agregat halus	60
Gambar 3. 60 Memasukkan serat bemban	60

Gambar 3. 61 Sampel yang sudah dicetak	60
Gambar 3. 62 Perawatan benda uji	63
Gambar 3. 63 Pembuatan lingkungan asam	64
Gambar 3. 64 Kondisi lingkungan normal air PDAM	65
Gambar 3. 65 Menimbang benda uji	65
Gambar 3. 66 Meletakkan benda uji	65
Gambar 3. 67 Penekanan benda uji	66
Gambar 3. 68 Contoh hasil uji karbonasi	66
Gambar 3. 69 Hasil uji karbonasi perbesaran 500x	66
Gambar 3. 70 Mengeringkan benda uji dengan oven	67
Gambar 3. 71 Perendaman benda uji	67
Gambar 3. 72 Perhitungan massa benda uji	68
Gambar 3. 73 Mengeringkan benda uji dengan oven	68
Gambar 3. 74 Penyimpanan benda uji selama 15 hari	68
Gambar 3. 75 Mengukur massa benda uji	69
Gambar 3. 76 Meletakkan benda uji di atas balok	69
Gambar 3. 77 Pengukuran benda uji	69
Gambar 4. 1 Grafik gradasi agregat halus	72
Gambar 4. 2 Pemeriksaan waktu pengikatan	79
Gambar 4. 3 Pengukuran ph larutan asam untuk mortar geopolimer	80
Gambar 4. 4 Kondisi perendaman larutan asam benda uji mortar	80
Gambar 4. 5 Pengujian absorpsi dan porositas	82
Gambar 4. 6 Pengujian Absorpsi dan Porositas	83
Gambar 4. 7 Pengujian <i>sorptivity</i>	84
Gambar 4. 8 Hasil pengujian <i>sorptivity</i>	87
Gambar 4. 9 Hasil pengujian <i>sorptivity</i> serat 1,5%	87
Gambar 4. 10 Hasil pengujian <i>sorptivity</i> serat 2%	87
Gambar 4. 11 Hasil pengujian <i>sorptivity</i> MF50-1,5 dan MF50-2	88
Gambar 4. 12 Hasil pengujian <i>sorptivity</i> MF70-1,5 dan MF70-2	88
Gambar 4. 13 Hasil pengujian <i>sorptivity</i> MF100-1,5 dan MF100-2	88
Gambar 4. 14 Contoh penentuan <i>rate of water absorption</i> untuk MF50-1,5: (a) <i>initial</i> dan (b) <i>secondary</i>	89

Gambar 4. 15 <i>Sorptivity vs waktu</i>	89
Gambar 4. 16 <i>Sorptivity vs waktu serat 1,5%</i>	90
Gambar 4. 17 <i>Sorptivity vs waktu serat 2%</i>	90
Gambar 4. 18 <i>Sorptivity vs waktu MF50-1,5 dan MF50-2</i>	90
Gambar 4. 19 <i>Sorptivity vs waktu MF70-1,5 dan MF70-2</i>	90
Gambar 4. 20 <i>Sorptivity vs waktu MF100-1,5 dan MF100-2</i>	91
Gambar 4. 21 Pengukuran sampel uji karbonasi.....	91
Gambar 4. 22 Grafik berat benda uji kondisi lingkungan asam.....	127
Gambar 4. 23 Grafik berat benda uji kondisi normal.....	127
Gambar 4. 24 Pola keruntuhan pada variasi: (a) MF50-1,5 (b) MF50-2 (c) MF70- 1,5 (d) MF70-2 (e) MF100-1,5 (f) MF100-2.....	128
Gambar 4. 25 Hasil uji tekan 28 hari	129
Gambar 4. 26 Pengujian kuat tekan MFAS50-1,5W	130
Gambar 4. 27 Pola keruntuhan MFAS50-1,5W.....	130
Gambar 4. 28 Hasil kuat tekan MFAS50-1,5W	131
Gambar 4. 29 Pengujian kuat tekan MFAS50-2W	131
Gambar 4. 30 Pola keruntuhan MFAS50-2W.....	131
Gambar 4. 31 Hasil uji tekan MFAS50-2W.....	132
Gambar 4. 32 Pengujian kuat tekan MFAS50-1,5WD	133
Gambar 4. 33 Pola keruntuhan MFAS50-1,5WD.....	133
Gambar 4. 34 Hasil uji tekan MFAS50-1,5WD.....	134
Gambar 4. 35 Pengujian Kuat Tekan MFAS50-2WD	134
Gambar 4. 36 Pola keruntuhan MFAS50-2WD.....	134
Gambar 4. 37 Hasil uji tekan MFAS50-2WD.....	135
Gambar 4. 38 Pengujian kuat tekan MFN50-1,5W	136
Gambar 4. 39 Pola keruntuhan MFN50-1,5W	136
Gambar 4. 40 Hasil uji tekan MFN50-1,5W	137
Gambar 4. 41 Pengujian kuat tekan MFN50-2W.....	137
Gambar 4. 42 Pola keruntuhan MFN50-2W	137
Gambar 4. 43 Hasil uji tekan MFN50-2W.....	138
Gambar 4. 44 Pengujian kuat tekan MFN50-1,5WD.....	139
Gambar 4. 45 Pola keruntuhan MFN50-1,5WD	139

Gambar 4. 46 Hasil uji tekan MFN50-1,5WD	140
Gambar 4. 47 Pengujian kuat tekan MFN50-2WD	140
Gambar 4. 48 Pola keruntuhan MFN50-2WD	140
Gambar 4. 49 Hasil uji tekan MFN50-2WD	141
Gambar 4. 50 Pengujian Kuat Tekan MFAS70-1,5W	142
Gambar 4. 51 Pola keruntuhan MFAS70-1,5W	142
Gambar 4. 52 Hasil uji tekan MFAS70-1,5W	143
Gambar 4. 53 Pengujian kuat tekan MFAS70-2W	143
Gambar 4. 54 Hasil Belah Kuat Tekan MFAS70-2W	143
Gambar 4. 55 Hasil uji tekan MFAS70-2W	144
Gambar 4. 56 Pengujian kuat tekan MFAS70-1,5WD	145
Gambar 4. 57 Pola keruntuhan MFAS70-1,5WD	145
Gambar 4. 58 Hasil uji tekan MFAS70-1,5WD	146
Gambar 4. 59 Pengujian kuat tekan MFAS70-2WD	146
Gambar 4. 60 Pola keruntuhan MFAS70-2WD	146
Gambar 4. 61 Hasil uji tekan MFAS70-2WD	147
Gambar 4. 62 Pengujian kuat tekan MFN70-1,5W	148
Gambar 4. 63 Pola keruntuhan MFN70-1,5W	148
Gambar 4. 64 Hasil uji tekan MFN70-1,5W	149
Gambar 4. 65 Pengujian kuat tekan MFN70-2W	149
Gambar 4. 66 Pola keruntuhan MFN70-2W	149
Gambar 4. 67 Hasil uji tekan MFN70-2W	150
Gambar 4. 68 Pengujian kuat tekan MFN70-1,5WD	151
Gambar 4. 69 Pola keruntuhan MFN70-1,5WD	151
Gambar 4. 70 Hasil uji tekan MFN70-1,5WD	152
Gambar 4. 71 Pengujian kuat tekan MFN70-2WD	152
Gambar 4. 72 Pola keruntuhan MFN70-2WD	152
Gambar 4. 73 Hasil uji tekan MFN70-2WD	153
Gambar 4. 74 Pengujian kuat tekan MFAS100-1,5W	154
Gambar 4. 75 Pola keruntuhan MFAS100-1,5W	154
Gambar 4. 76 Hasil uji tekan MFAS100-1,5W	155
Gambar 4. 77 Pengujian kuat tekan MFAS100-2W	155

Gambar 4. 78 Pola keruntuhan MFAS100-2W	155
Gambar 4. 79 Hasil uji tekan MFAS100-2W.....	156
Gambar 4. 80 Pengujian kuat tekan MFAS100-1,5WD	157
Gambar 4. 81 Pola keruntuhan MFAS100-1,5WD	157
Gambar 4. 82 Hasil uji tekan MFAS100-1,5WD.....	158
Gambar 4. 83 Pengujian kuat tekan MFAS100-2WD	158
Gambar 4. 84 Pola keruntuhan MFAS100-2WD.....	158
Gambar 4. 85 Hasil uji tekan MFAS100-2WD.....	159
Gambar 4. 86 Pengujian kuat tekan MFN100-1,5W.....	160
Gambar 4. 87 Pola keruntuhan MFN100-1,5W	160
Gambar 4. 88 Hasil uji tekan MFN100-1,5W	161
Gambar 4. 89 Pengujian kuat tekan MFN100-2W.....	161
Gambar 4. 90 Pola keruntuhan MFN100-2W	161
Gambar 4. 91 Hasil uji tekan MFN100-2W.....	162
Gambar 4. 92 Pengujian kuat tekan MFN100-1,5WD.....	163
Gambar 4. 93 Pola keruntuhan MFN100-1,5WD	163
Gambar 4. 94 Hasil uji tekan MFN100-1,5WD.....	164
Gambar 4. 95 Pengujian kuat tekan MFN100-2WD.....	164
Gambar 4. 96 Pola keruntuhan MFN100-2WD	164
Gambar 4. 97 Hasil uji tekan MFN100-2WD	165
Gambar 4. 98 Rekapitulasi hasil kuat tekan.....	166
Gambar 4. 99 Hasil kuat tekan mortar geopolimer sebelum dan sesudah terpapar lingkungan	171
Gambar 4. 100 Hasil kuat tekan pada kondisi asam	173
Gambar 4. 101 Hasil kuat tekan pada kondisi normal	174
Gambar 4. 102 Hasil uji tekan pada kondisi lingkungan <i>full wet</i> pada umur 28+1 bulan	175
Gambar 4. 103 Hasil kuat tekan kondisi lingkungan <i>full wet</i> pada umur 28+2 bulan	175
Gambar 4. 104 Hasil kuat tekan kondisi lingkungan <i>wet dry</i> pada umur 28+1 bulan	176

Gambar 4. 105 Hasil kuat tekan kondisi lingkungan *wet dry* pada umur
28+2bulan 177