

TUGAS AKHIR

PENGARUH PERBANDINGAN METAKAOLIN DAN *FLY ASH*, PERSENTASE SERAT BEMBAN TERHADAP KUAT TEKAN, *SORPTIVITY*, DAN POROSITAS MORTAR GEOPOLIMER DENGAN CURING OVEN

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

Disusun Oleh:

Shofia Afifah

NIM. 2010811120029

Pembimbing:

Ir. Ratni Nurwidayati, M.T., M.Eng.Sc.

NIP. 19690106 199502 2 001



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

UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL

BANJARBARU

2024

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Shofia Afifah
NIM : 2010811120029
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Perbandingan Metakaolin dan *Fly Ash*,
Persentase Serat Berman Terhadap Kuat Tekan,
Sorptivity, dan Porositas Mortar Geopolimer dengan
Curing Oven.
Pembimbing : Ir. Ratni Nurwidayati, M.T., M.Eng.Sc.

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,

Shofia Afifah
NIM. 2010811120029

LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL

**Pengaruh Perbandingan Metakaolin dan *Fly Ash*, Persentase Serat Berman
Terhadap Kuat Tekan, *Sorptivity*, dan Porositas Mortar Geopolimer dengan
*Curing Oven***

Shofia Afifah (2010811120029)

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

LULUS

Komite Penguji :

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

NIP. 19900306202203 2 010

Anggota 1 : Dr. Nursiah Chairunnisa, S.T., M.Eng.

NIP. 19790723200501 2 005

Anggota 2 : Dr. Eng. Irfan Prasetya, S.T., M.T.

NIP. 19851026200812 1 001

Pembimbing : Ir. Ratni Nurwidayati, M.T., M.Eng. Sc

Utama NIP. 19690106199502 2 001

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



Handwritten signatures of the committee members: Ade Yuniati Pratiwi, Dr. Nursiah Chairunnisa, Dr. Eng. Irfan Prasetya, and Ir. Ratni Nurwidayati.

**PENGARUH PERBANDINGAN METAKAOLIN DAN *FLY ASH*,
PERSENTASE SERAT BEMBAN TERHADAP KUAT TEKAN,
SORPTIVITY, DAN POROSITAS MORTAR GEOPOLIMER DENGAN
*CURING OVEN***

Shofia Afifah¹, Ratni Nurwidayati²

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: shofiaafifah@gmail.com

ABSTRAK

Mortar geopolimer merupakan material ramah lingkungan terdiri dari bahan anorganik yang tinggi kandungan alumina (Al) dan silika (Si) dan teraktivasi larutan basa seperti Natrium Hidroksida (NaOH) dan natrium silikat (Na_2SiO_3) untuk meningkatkan kekuatan geopolimer. Namun kekurangan geopolimer bersifat getas/*brittle* sehingga di perlukan serat seperti serat bemban yang dapat memperbaiki sifat mekanik material.

Pada penelitian ini, dibuat benda uji mortar geopolimer dengan variasi *raw material* metakaolin dan *fly ash* rasio 100:0, 70:30, dan 50:50 serta penambahan serat bemban 1,5% dan 2%. Molaritas NaOH sebesar 8M, rasio alkali 2,5:1. Perawatan mortar geopolimer dengan *curing oven* 100°C selama 12 jam. Setelah perawatan mortar geopolimer masuk ke kondisi lingkungan normal PDAM dan asam sulfat (H_2SO_4) dengan perlakuan *full wet* dan *wet dry* selama 1 dan 2 bulan. Pengujian yang dilakukan adalah kuat tekan, *sorptivity*, porositas, uji karbonasi, dan visual benda uji.

Hasil penelitian menunjukkan kuat tekan tertinggi pada campuran metakaolin dan *fly ash* 70:30 dengan penambahan serat 2% sebesar 25,47 MPa, 50,75 MPa dan 34,82 MPa masing-masing pada umur 28 hari, 1 bulan dan 2 bulan pada kondisi lingkungan normal PDAM *full wet*. Mortar geopolimer dengan penambahan serat bemban 2% memiliki kenaikan kuat tekan dibandingkan serat bemban 1,5%. Metakaolin dan persentase serat bemban yang tinggi dapat meningkatkan absorpsi, porositas dan *sorptivity* mortar geopolimer.

Kata Kunci: Metakaolin, *Fly Ash*, Serat Bemban, *Sorptivity*, Porositas

EFFECT OF METAKAOLIN AND FLY ASH RATIO, PERCENTAGE OF BEMBAN FIBER ON COMPRESSIVE STRENGTH, SORPTIVITY, AND POROSITY OF OVEN-CURED GEOPOLYMER MORTAR

Shofia Afifah¹, Ratni Nurwidayati²

¹Student, Civil Engineering Study Program, Universitas Lambung Mangkurat

²Lecturer, Civil Engineering Study Program, Lambung Mangkurat University

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

Email : shofiaafifah@gmail.com

ABSTRACT

Geopolymer mortar is an environmentally friendly material consisting of inorganic materials that are high in alumina (Al) and silica (Si) and activated with alkaline solutions such as sodium hydroxide (NaOH) and sodium silicate (Na₂SiO₃) to increase the strength of the geopolymer. However, the shortcomings of geopolymers are brittle, so fibers such as bemoan fibers are needed to improve the material's mechanical properties.

In this study, geopolymer mortar specimens were made with variations of raw material metakaolin and fly ash ratios of 100:0, 70:30, and 50:50, with the addition of 1.5% and 2% bemban fibers. NaOH molarity of 8M, alkali ratio of 2.5:1. The geopolymer mortar was cured in a 100°C oven for 12 hours. After curing, the geopolymer mortar was subjected to normal environmental conditions of PDAM and sulfuric acid (H₂SO₄) with full wet and wet dry treatments for 1 and 2 months. The tests conducted were compressive strength, sorptivity, porosity, carbonation tests, and visual specimens.

The results showed the highest compressive strength in a mixture of metakaolin and fly ash 70:30 with the addition of 2% fiber of 25.47 MPa, 50.75 MPa, and 34.82 MPa, respectively, at the ages of 28 days, 1 month, and 2 months under normal environmental conditions (PDAM full wet). Geopolymer mortars with the addition of 2% bemban fiber increase compressive strength compared to 1.5% bemban fiber. Metakaolin and a high percentage of bemban fiber can increase geopolymer mortar's absorption, porosity, and sorptivity.

Keywords : Metakaolin, Fly ash, Bemban Fiber, Sorptivity, Porosity

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 “Pengaruh Perbandingan Metakaolin dan *Fly Ash*, Persentase Serat Berman Terhadap Kuat Tekan, *Sorptivity*, dan Porositas Mortar Geopolimer dengan *Curing Oven*”. 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 Mulyadi Djarni dan Mama Ida Rahmawati atas doa, dukungan, semangat, kasih sayang dan segala yang diperlukan hingga saya dapat menyelesaikan gelar sarjana ini.
2. Ir. Ratni Nurwidayati, M.T., M.Eng.Sc. 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 Ade Yuniati Pratiwi, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku dosen penguji seminar proposal.
5. Segenap dosen Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat yang telah banyak memberikan ilmu kepada kami.
6. Keluarga saya Ummah, Ali, Ka Aulia, Ka Fathur, Arkana yang selalu memberi doa dan dukungannya.
7. Teman-teman dekat saya grup Ceria HahaHihi, Sembilan, Hura-hura, Amel, Nal, dan Memey sudah mendengarkan keluh kesah dan mendukung saya dalam mengerjakan skripsi ini.
8. Teman-teman saya dalam satu tim TA geopolimer (Mila, Nanad, Bela, Aldi, Zacky, Akbar, dan Adin) 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, Januari 2024
Penulis

Shofia Afifah
NIM.2010811120029

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Mortar	7
2.2 Geopolimer	8
2.2.1 Pengertian Geopolimer.....	8
2.2.2 Sifat-Sifat Geopolimer	9
2.3 <i>Raw Material</i> Pembentuk Geopolimer	10
2.3.1 Fly Ash.....	10
2.3.2 Metakaolin.....	12
2.3.3 Air	13
2.3.4 Larutan Alkali	13
2.3.5 Agregat Halus.....	15
2.3.6 Serat Berman (Donax Cannifornis).....	16
2.4 Faktor Pengaruh Kekuatan Geopolimer.....	17
2.4.1 Molaritas	17
2.4.2 Rasio Larutan Alkali	19
2.4.3 Rasio <i>Fly Ash</i> terhadap Larutan Alkali	19
2.4.4 Kondisi Lingkungan Asam	20

2.5	Perawatan Benda Uji (Curing).....	21
2.6	Uji Absorpsi dan Porositas.....	22
2.7	Uji <i>Sorptivity</i>	24
2.8	Uji Karbonasi.....	25
2.9	Durabilitas Mortar Geopolimer.....	26
2.10	Pengujian Kuat Tekan Geopolimer.....	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		28
3.1	Diagram Alir Penelitian	28
3.2	Waktu dan Tempat.....	29
3.3	Alat dan Bahan.....	30
3.3.1	Alat.....	30
3.3.2	Bahan.....	31
3.4	Pengujian Bahan Dasar	40
3.4.1	Pemeriksaan <i>Fly ash</i>	40
3.4.2	Pemeriksaan Agregat Halus	41
3.4.3	Pemeriksaan Metakaolin	42
3.4.4	Pemeriksaan Serat Bemban.....	43
3.5	Rancangan Penelitian.....	49
3.6	Pembuatan Benda Uji	52
3.7	Perawatan Benda Uji.....	61
3.8	Pengaruh Kondisi Lingkungan	61
3.9	Uji Absorpsi dan Porositas.....	62
3.10	Uji <i>Sorptivity</i>	63
3.11	Uji Karbonasi.....	66
3.12	Pengujian Kuat tekan	66
3.13	Penarikan kesimpulan	67
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		68
4.1	Pemeriksaan Bahan.....	68
4.1.1	Pemeriksaan <i>Fly ash</i>	68
4.1.2	Pemeriksaan Metakaolin	70
4.1.3	Pemeriksaan Agregat Halus	72
4.1.4	Pemeriksaan Serat Bemban.....	73

4.2	Pemeriksaan Waktu Pengikatan.....	75
4.3	Pemeriksaan pH Lingkungan Asam.....	76
4.4	Pengamatan Visual dan Berat Benda Uji.....	78
4.4.1	Pengamatan Sampel M100F0-1,5-NW	78
4.4.2	Pengamatan Sampel M100F0-1,5-NWD	79
4.4.3	Pengamatan Sampel M100F0-1,5-ASW	80
4.4.4	Pengamatan Sampel M100F0-1,5-ASWD	82
4.4.5	Pengamatan Sampel M100F0-2-NW	83
4.4.6	Pengamatan Sampel M100F0-2-NWD	84
4.4.7	Pengamatan Sampel M100F0-2-ASW	86
4.4.8	Pengamatan Sampel M100F0-2-ASWD	87
4.4.9	Pengamatan Sampel M70F30-1,5-NW	88
4.4.10	Pengamatan Sampel M70F30-1,5-NWD	90
4.4.11	Pengamatan Sampel M70F30-1,5-ASW	91
4.4.12	Pengamatan Sampel M70F30-1,5-ASWD	92
4.4.13	Pengamatan Sampel M70F30-2-NW	94
4.4.14	Pengamatan Sampel M70F30-2-NWD	95
4.4.15	Pengamatan Sampel M70F30-2-ASW	96
4.4.16	Pengamatan Sampel M70F30-2-ASWD	98
4.4.17	Pengamatan Sampel M50F50-1,5-NW	99
4.4.18	Pengamatan Sampel M50F50-1,5-NWD	100
4.4.19	Pengamatan Sampel M50F50-1,5-ASW	102
4.4.20	Pengamatan Sampel M50F50-1,5-ASWD	103
4.4.21	Pengamatan Sampel M50F50-2-NW	105
4.4.22	Pengamatan Sampel M50F50-2-NWD	106
4.4.23	Pengamatan Sampel M50F50-2-ASW	107
4.4.24	Pengamatan Sampel M50F50-2-ASWD	108
4.4.25	Rekapitulasi Pengamatan Visual dan Berat Benda Uji.....	110
4.5	Pengujian Kuat Tekan.....	112
4.5.1	Pengujian Sampel M100F0-1,5-NW	112
4.5.2	Pengujian Sampel M100F0-1,5-NWD.....	114
4.5.3	Pengujian Sampel M100F0-1,5-ASW	116

4.5.4	Pengujian Sampel M100F0-1,5-ASWD	117
4.5.5	Pengujian Sampel M100F0-2-NW.....	119
4.5.6	Pengujian Sampel M100F0-2-NWD.....	121
4.5.7	Pengujian Sampel M100F0-2-ASW	122
4.5.8	Pengujian Sampel M100F0-2-ASWD	124
4.5.9	Pengujian Sampel M70F30-1,5-NW.....	125
4.5.10	Pengujian Sampel M70F30-1,5-NWD.....	127
4.5.11	Pengujian Sampel M70F30-1,5-ASW	128
4.5.12	Pengujian Sampel M70F30-1,5-ASWD	130
4.5.13	Pengujian Sampel M70F30-2-NW.....	132
4.5.14	Pengujian Sampel M70F30-2-NWD.....	133
4.5.15	Pengujian Sampel M70F30-2-ASW	135
4.5.16	Pengujian Sampel M70F30-2-ASWD	137
4.5.17	Pengujian Sampel M50F50-1,5-NW.....	138
4.5.18	Pengujian Sampel M50F50-1,5-NWD.....	140
4.5.19	Pengujian Sampel M50F50-1,5-ASW	142
4.5.20	Pengujian Sampel M50F50-1,5-ASWD	143
4.5.21	Pengujian Sampel M50F50-2-NW.....	145
4.5.22	Pengujian Sampel M50F50-2-NWD.....	147
4.5.23	Pengujian Sampel M50F50-2-ASW	148
4.5.24	Pengujian Sampel M50F50-2-ASWD	150
4.6	Rekapitulasi Pengujian Kuat Tekan.....	152
4.7	Uji Karbonasi	154
4.7.1	Hasil Uji Karbonasi Terpapar Lingkungan Normal- <i>Full Wet</i>	154
4.7.2	Hasil Uji Karbonasi Terpapar Lingkungan Normal- <i>Wet Dry</i>	155
4.7.3	Hasil Uji Karbonasi Terpapar Lingkungan Asam- <i>Full Wet</i>	156
4.7.4	Hasil Uji Karbonasi Terpapar Lingkungan Asam- <i>Wet Dry</i>	157
4.8	Pengaruh Persentase Metakaolin dan <i>Fly Ash</i> Terhadap Kuat Tekan ..	159
4.8.1	Perbandingan Variasi Metakaolin dan <i>Fly Ash</i> pada Lingkungan Normal PDAM – <i>Full Wet</i>	159
4.8.2	Perbandingan Variasi Metakaolin dan <i>Fly Ash</i> pada Lingkungan Normal PDAM – <i>Wet Dry</i>	161

4.8.3	Perbandingan Variasi Metakaolin dan <i>Fly Ash</i> pada Lingkungan Asam Sulfat – <i>Full Wet</i>	164
4.8.4	Perbandingan Variasi Metakaolin dan <i>Fly Ash</i> pada Lingkungan Asam Sulfat – <i>Wet Dry</i>	167
4.9	Pengaruh Variasi Penambahan Serat Berman Terhadap Kuat Tekan ..	170
4.9.1	Perbandingan Variasi Penambahan Serat Berman pada Lingkungan Normal PDAM – <i>Full Wet</i>	170
4.9.2	Perbandingan Variasi Penambahan Serat Berman pada Lingkungan Normal PDAM – <i>Wet Dry</i>	173
4.9.3	Perbandingan Variasi Penambahan Serat Berman pada Lingkungan Asam Sulfat – <i>Full Wet</i>	176
4.9.4	Perbandingan Variasi Penambahan Serat Berman pada Lingkungan Asam Sulfat – <i>Wet Dry</i>	179
4.10	Uji <i>Sorptivity</i>	182
4.11	Uji Absorpsi dan Porositas.....	193
BAB V PENUTUP.....		195
5.1	Kesimpulan	195
5.2	Saran	195
DAFTAR PUSTAKA		203
LAMPIRAN.....		212
DOKUMENTASI.....		214

Gambar 2.1 Tanaman Bemban.....	16
Gambar 2.2 Skema Pengujian <i>Sorptivity</i> Mortar	24
Gambar 2.3 Skema Pengujian Kuat Tekan	27
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	29
Gambar 3. 2 Proses Pengambilan <i>Fly Ash</i> PLTU Asam-Asam	31
Gambar 3. 3 Proses Pengovenan <i>Fly Ash</i>	31
Gambar 3. 4 Proses Penyaringan <i>Fly Ash</i>	31
Gambar 3. 5 <i>Fly Ash</i> PLTU Asam-Asam.....	32
Gambar 3. 6 Proses Pengambilan Kaolin di Gunung Kupang.....	32
Gambar 3. 7 Bongkahan Kaolin.....	32
Gambar 3. 8 Proses Perendaman Kaolin.....	33
Gambar 3. 9 Oven Kaolin	33
Gambar 3. 10 Penghalusan Kaolin.....	33
Gambar 3. 11 Proses Penyaringan Kaolin.....	33
Gambar 3. 12 <i>Furnace</i> Kaolin	34
Gambar 3. 13 Metakaolin.....	34
Gambar 3. 14 Air.....	34
Gambar 3. 15 Serpihan Natrium hidroksida (NaOH)	35
Gambar 3. 16 Natrium Silikat	36
Gambar 3. 17 Pasir Barito.....	36
Gambar 3. 18 Proses pengambilan dan pemotongan serat bemban di Banua Anyar	37
Gambar 3. 19 Perendaman Batang Bemban	37
Gambar 4. 1 Hasil Analisis XRF.....	69
Gambar 4. 2 Gradasi Agregat Halus	73
Gambar 4. 3 Pemeriksaan Waktu Pengikatan	75
Gambar 4. 6 Rekapitulasi Perubahan Berat Benda Uji Variasi Serat 1,5%	111
Gambar 4. 7 Rekapitulasi Perubahan Berat Benda Uji Variasi Serat 2%	111
Gambar 4. 8 Pengujian Kuat Tekan M100F0-1,5-NW	113
Gambar 4. 9 Kuat Tekan M100F0-1,5-NW	114
Gambar 4. 10 Pengujian Kuat Tekan M100F0-1,5-NWD	114
Gambar 4. 11 Kuat Tekan M100F0-1,5-NWD	115

Gambar 4. 12 Pengujian Kuat Tekan M100F0-1,5-ASW	116
Gambar 4. 13 Kuat Tekan M100F0-1,5-ASW	117
Gambar 4. 14 Pengujian Kuat Tekan M100F0-1,5-ASWD	118
Gambar 4. 15 Kuat Tekan M100F0-1,5-ASWD	119
Gambar 4. 16 Pengujian Kuat Tekan M100F0-2-NW	119
Gambar 4. 17 Kuat Tekan M100F0-2-NW	120
Gambar 4. 18 Pengujian Kuat Tekan M100F0-2-NWD	121
Gambar 4. 19 Kuat Tekan M100F0-2-NWD	122
Gambar 4. 20 Pengujian Kuat Tekan M100F0-2-ASW	122
Gambar 4. 21 Kuat Tekan M100F0-2-ASW	123
Gambar 4. 22 Pengujian Kuat Tekan M100F0-2-ASWD	124
Gambar 4. 23 Kuat Tekan M100F0-2-ASWD	125
Gambar 4. 24 Pengujian Kuat Tekan M70F30-1,5-NW	125
Gambar 4. 25 Kuat Tekan M70F30-1,5-NW	126
Gambar 4. 26 Pengujian Kuat Tekan M70F30-1,5-NWD	127
Gambar 4. 27 Kuat Tekan M70F30-1,5-NWD	128
Gambar 4. 28 Pengujian Kuat Tekan M70F30-1,5-ASW	129
Gambar 4. 29 Kuat Tekan M70F30-1,5-ASW	130
Gambar 4. 30 Pengujian Kuat Tekan M70F30-1,5-ASWD	130
Gambar 4. 31 Kuat Tekan M70F30-1,5-ASWD	131
Gambar 4. 32 Pengujian Kuat Tekan M70F30-2-NW	132
Gambar 4. 33 Kuat Tekan M70F30-2-NW	133
Gambar 4. 34 Pengujian Kuat Tekan M70F30-2-NWD	134
Gambar 4. 35 Kuat Tekan M70F30-2-NWD	135
Gambar 4. 36 Pengujian Kuat Tekan M70F30-2-ASW	135
Gambar 4. 37 Kuat Tekan M70F30-2-ASW	136
Gambar 4. 38 Pengujian Kuat Tekan M70F30-2-ASWD	137
Gambar 4. 39 Kuat Tekan M70F30-2-ASWD	138
Gambar 4. 40 Pengujian Kuat Tekan M50F50-1,5-NW	139
Gambar 4. 41 Kuat Tekan M50F50-1,5-NW	140
Gambar 4. 42 Pengujian Kuat Tekan M50F50-1,5-NWD	140
Gambar 4. 43 Kuat Tekan M50F50-1,5-NWD	141

Gambar 4. 44 Pengujian Kuat Tekan M50F50-1,5-ASW	142
Gambar 4. 45 Kuat Tekan M50F50-1,5-ASW	143
Gambar 4. 46 Pengujian Kuat Tekan M50F50-1,5-ASWD	144
Gambar 4. 47 Kuat Tekan M50F50-1,5-ASWD	145
Gambar 4. 48 Pengujian Kuat Tekan M50F50-2-NW	145
Gambar 4. 49 Kuat Tekan M50F50-2-NW	146
Gambar 4. 50 Pengujian Kuat Tekan M50F50-2-NWD	147
Gambar 4. 51 Kuat Tekan M50F50-2-NWD	148
Gambar 4. 52 Pengujian Kuat Tekan M50F50-2-ASW	149
Gambar 4. 53 Kuat Tekan M50F50-2-ASW	150
Gambar 4. 54 Pengujian Kuat Tekan M50F50-2-ASWD	150
Gambar 4. 55 Kuat Tekan M50F50-2-ASWD	151
Gambar 4. 56 Rekapitulasi Kuat Tekan Serat 1,5% Lingkungan Normal PDAM	153
Gambar 4. 57 Rekapitulasi Kuat Tekan Serat 2% Lingkungan Normal PDAM	153
Gambar 4. 58 Rekapitulasi Kuat Tekan Serat 1,5% Lingkungan Asam Sulfat ..	154
Gambar 4. 59 Rekapitulasi Kuat Tekan Serat 2% Lingkungan Asam Sulfat	154
Gambar 4. 60 Pengaruh Persentase Metakaolin dan <i>Fly Ash</i> pada Serat 1,5% di Lingkungan Normal PDAM– <i>Full Wet</i>	159
Gambar 4. 61 Pengaruh Persentase Metakaolin dan <i>Fly Ash</i> pada Serat 2% di Lingkungan Normal PDAM– <i>Full Wet</i>	160
Gambar 4. 62 Pengaruh Persentase Metakaolin dan <i>Fly Ash</i> pada Serat 1,5% di Lingkungan Normal PDAM– <i>Wet Dry</i>	162
Gambar 4. 63 Pengaruh Persentase Metakaolin dan <i>Fly Ash</i> pada Serat 2% di Lingkungan Normal PDAM– <i>Wet Dry</i>	163
Gambar 4. 64 Pengaruh Persentase Metakaolin dan <i>Fly Ash</i> pada Serat 1,5% di Lingkungan Asam Sulfat– <i>Full Wet</i>	165
Gambar 4. 65 Pengaruh Persentase Metakaolin dan <i>Fly Ash</i> pada Serat 2% di Lingkungan Asam Sulfat– <i>Full Wet</i>	166
Gambar 4. 66 Pengaruh Persentase Metakaolin dan <i>Fly Ash</i> pada Serat 1,5% di Lingkungan Asam Sulfat– <i>Wet Dry</i>	167

Gambar 4. 67 Pengaruh Persentase Metakaolin dan <i>Fly Ash</i> pada Serat 2% di Lingkungan Asam Sulfat– <i>Wet Dry</i>	169
Gambar 4. 68 Pengaruh Serat pada 100% Metakaolin di Lingkungan Normal PDAM– <i>Full Wet</i>	170
Gambar 4. 69 Pengaruh Serat pada 70% Metakaolin dan 30% <i>Fly Ash</i> di Lingkungan Normal PDAM– <i>Full Wet</i>	171
Gambar 4. 70 Pengaruh Serat pada 50% Metakaolin dan 50% <i>Fly Ash</i> di Lingkungan Normal PDAM– <i>Full Wet</i>	172
Gambar 4. 71 Pengaruh Serat pada 100% Metakaolin di Lingkungan Normal PDAM– <i>Wet Dry</i>	173
Gambar 4. 72 Pengaruh Serat pada 70% Metakaolin dan 30% <i>Fly Ash</i> di Lingkungan Normal PDAM– <i>Wet Dry</i>	174
Gambar 4. 73 Pengaruh Serat pada 50% Metakaolin dan 50% <i>Fly Ash</i> di Lingkungan Normal PDAM– <i>Wet Dry</i>	175
Gambar 4. 74 Pengaruh Serat pada 100% Metakaolin di Lingkungan Asam Sulfat– <i>Full Wet</i>	176
Gambar 4. 75 Pengaruh Serat pada 70% Metakaolin dan 30% <i>Fly Ash</i> di Lingkungan Asam Sulfat– <i>Full Wet</i>	177
Gambar 4. 76 Pengaruh Serat pada 50% Metakaolin dan 50% <i>Fly Ash</i> di Lingkungan Asam Sulfat– <i>Full Wet</i>	178
Gambar 4. 77 Pengaruh Serat pada 100% Metakaolin di Lingkungan Asam Sulfat– <i>Wet Dry</i>	179
Gambar 4. 78 Pengaruh Serat pada 70% Metakaolin dan 30% <i>Fly Ash</i> di Lingkungan Asam Sulfat– <i>Wet Dry</i>	180
Gambar 4. 79 Pengaruh Serat pada 50% Metakaolin dan 50% <i>Fly Ash</i> di Lingkungan Asam Sulfat– <i>Wet Dry</i>	181
Gambar 4. 80 Penyerapan Air Kumulatif vs $\sqrt{\text{Waktu Curing Oven}}$ Variasi Serat 1,5%	183
Gambar 4. 81 Penyerapan Air Kumulatif vs $\sqrt{\text{Waktu Curing Oven}}$ Variasi Serat 2%	183
Gambar 4. 82 Penyerapan Air Kumulatif vs $\sqrt{\text{Waktu Curing Oven}}$ Variasi Metakaolin 100%	190

Gambar 4. 83 Penyerapan Air Kumulatif vs $\sqrt{\text{Waktu Curing Oven}}$ Variasi Metakaolin 70% dan <i>Fly Ash</i> 30%	190
Gambar 4. 84 Penyerapan Air Kumulatif vs $\sqrt{\text{Waktu Curing Oven}}$ Variasi Metakaolin 50% dan <i>Fly Ash</i> 50%	191
Gambar 4. 85 <i>Sorptivity</i> vs Waktu <i>Curing Oven</i> Variasi Serat 1,5%	191
Gambar 4. 86 <i>Sorptivity</i> vs Waktu <i>Curing Oven</i> Variasi Serat 2%	192
Gambar 4. 87 Absorpsi	194
Gambar 4. 88 <i>Volume of permeable voids (VPV)</i>	194

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Persyaratan kandungan kimia <i>Fly ash</i>	10
Tabel 2.2 Persyaratan fisik <i>fly ash</i>	11
Tabel 2.3 Kandungan Kimia <i>Fly Ash</i> PLTU Asam-Asam.....	12
Tabel 2.4 Batas-Batas Gradasi Agregat Halus	15
Tabel 3. 1 Spesifikasi larutan H ₂ SO ₄	39
Tabel 3. 2 Variabel dan Nomenklatur Benda Uji Kuat Tekan Mortar Geopolimer.	50
Tabel 3. 3 Variabel dan Nomenklatur Benda Uji Porositas dan Uji <i>Sorptivity</i> Mortar Geopolimer.....	50
Tabel 3. 4. Campuran benda uji silinder diameter 26 mm tinggi 52 mm mortar geopolimer (kontrol 28 hari).	56
Tabel 3. 5. Campuran benda uji silinder diameter 26 mm tinggi 52 mm mortar geopolimer.....	56
Tabel 3. 6 Campuran benda uji silinder diameter 100 mm tinggi 50 mm mortar geopolimer.....	57
Tabel 4. 1 Komposisi Kimia <i>Fly Ash</i>	68
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Berat Jenis <i>Fly ash</i>	69
Tabel 4. 3 Hasil Pemeriksaan Berat Volume <i>Fly ash</i>	70
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Berat Jenis Metakaolin	71
Tabel 4. 5 Hasil Pemeriksaan Berat Volume Metakaolin	71
Tabel 4. 6 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus.....	72
Tabel 4. 7 Hasil Pemeriksaan Waktu Pengikatan	75
Tabel 4. 8 Pemeriksaan Air Asam Sulfat untuk Benda Uji Mortar	77
Tabel 4. 9 Hasil Visual Sampel M100F0-1,5-NW	78
Tabel 4. 10 Hasil Berat Sampel M100F0-1,5-NW	79
Tabel 4. 11 Hasil Visual Sampel M100F0-1,5-NWD.....	79
Tabel 4. 12 Hasil Berat Sampel M100F0-1,5-NWD.....	80
Tabel 4. 13 Hasil Visual Sampel M100F0-1,5-ASW	80
Tabel 4. 14 Hasil Berat Sampel M100F0-1,5-ASW	81
Tabel 4. 15 Hasil Visual Sampel M100F0-1,5-ASWD	82
Tabel 4. 16 Hasil Berat Sampel M100F0-1,5-ASWD	83

Tabel 4. 17 Hasil Visual Sampel M100F0-2-NW.....	83
Tabel 4. 18 Hasil Berat Sampel M100F0-2-NW	84
Tabel 4. 19 Hasil Visual Sampel M100F0-2-NWD.....	85
Tabel 4. 20 Hasil Berat Sampel M100F0-2-NWD.....	85
Tabel 4. 21 Hasil Visual Sampel M100F0-2-ASW	86
Tabel 4. 22 Hasil Berat Sampel M100F0-2-ASW	87
Tabel 4. 23 Hasil Visual Sampel M100F0-2-ASWD.....	87
Tabel 4. 24 Hasil Berat Sampel M100F0-2-ASWD	88
Tabel 4. 25 Hasil Visual Sampel M70F30-1,5-NW.....	89
Tabel 4. 26 Hasil Berat Sampel M70F30-1,5-NW	89
Tabel 4. 27 Hasil Visual Sampel M70F30-1,5-NWD.....	90
Tabel 4. 28 Hasil Berat Sampel M70F30-1,5-NWD.....	91
Tabel 4. 29 Hasil Visual Sampel M70F30-1,5-ASW	91
Tabel 4. 30 Hasil Berat Sampel M70F30-1,5-ASW	92
Tabel 4. 31 Hasil Visual Sampel M70F30-1,5-ASWD	93
Tabel 4. 32 Hasil Berat Sampel M70F30-1,5-ASWD	93
Tabel 4. 33 Hasil Visual Sampel M70F30-2-NW.....	94
Tabel 4. 34 Hasil Berat Sampel M70F30-2-NW	95
Tabel 4. 35 Hasil Visual Sampel M70F30-2-NWD.....	95
Tabel 4. 36 Hasil Berat Sampel M70F30-2-NWD.....	96
Tabel 4. 37 Hasil Visual Sampel M70F30-2-ASW	96
Tabel 4. 38 Hasil Berat Sampel M70F30-2-ASW	97
Tabel 4. 39 Hasil Visual Sampel M70F30-2-ASWD.....	98
Tabel 4. 40 Hasil Berat Sampel M70F30-2-ASWD	99
Tabel 4. 41 Hasil Visual Sampel M50F50-1,5-NW.....	99
Tabel 4. 42 Hasil Berat Sampel M50F50-1,5-NW	100
Tabel 4. 43 Hasil Visual Sampel M50F50-1,5-NWD.....	101
Tabel 4. 44 Hasil Berat Sampel M50F50-1,5-NWD.....	101
Tabel 4. 45 Hasil Visual Sampel M50F50-1,5-ASW	102
Tabel 4. 46 Hasil Berat Sampel M50F50-1,5-ASW	103
Tabel 4. 47 Hasil Visual Sampel M50F50-1,5-ASWD	103
Tabel 4. 48 Hasil Berat Sampel M50F50-1,5-ASWD	104

Tabel 4. 49 Hasil Visual Sampel M50F50-2-NW.....	105
Tabel 4. 50 Hasil Berat Sampel M50F50-2-NW	105
Tabel 4. 51 Hasil Visual Sampel M50F50-2-NWD.....	106
Tabel 4. 52 Hasil Berat Sampel M50F50-2-NWD.....	107
Tabel 4. 53 Hasil Visual Sampel M50F50-2-ASW	107
Tabel 4. 54 Hasil Berat Sampel M50F50-2-ASW	108
Tabel 4. 55 Hasil Visual Sampel M50F50-2-ASWD.....	109
Tabel 4. 56 Hasil Berat Sampel M50F50-2-ASWD	109
Tabel 4. 57 Rekapitulasi Berat Benda Uji.....	110
Tabel 4. 58 Hasil Kuat Tekan M100F0-1,5-NW	113
Tabel 4. 59 Hasil Kuat Tekan M100F0-1,5-NWD	115
Tabel 4. 60 Hasil Kuat Tekan M100F0-1,5-ASW	116
Tabel 4. 61 Hasil Kuat Tekan M100F0-1,5-ASWD	118
Tabel 4. 62 Hasil Kuat Tekan M100F0-2-NW	120
Tabel 4. 63 Hasil Kuat Tekan M100F0-2-NWD	121
Tabel 4. 64 Hasil Kuat Tekan M100F0-2-ASW	123
Tabel 4. 65 Hasil Kuat Tekan M100F0-2-ASWD	124
Tabel 4. 66 Hasil Kuat Tekan M70F30-1,5-NW	126
Tabel 4. 67 Hasil Kuat Tekan M70F30-1,5-NWD	127
Tabel 4. 68 Hasil Kuat Tekan M70F30-1,5-ASW	129
Tabel 4. 69 Hasil Kuat Tekan M70F30-1,5-ASWD	131
Tabel 4. 70 Hasil Kuat Tekan M70F30-2-NW	132
Tabel 4. 71 Hasil Kuat Tekan M70F30-2-NWD	134
Tabel 4. 72 Hasil Kuat Tekan M70F30-2-ASW	136
Tabel 4. 73 Hasil Kuat Tekan M70F30-2-ASWD	137
Tabel 4. 74 Hasil Kuat Tekan M50F50-1,5-NW	139
Tabel 4. 75 Hasil Kuat Tekan M50F50-1,5-NWD	141
Tabel 4. 76 Hasil Kuat Tekan M50F50-1,5-ASW	142
Tabel 4. 77 Hasil Kuat Tekan M50F50-1,5-ASWD	144
Tabel 4. 78 Hasil Kuat Tekan M50F50-2-NW	146
Tabel 4. 79 Hasil Kuat Tekan M50F50-2-NWD	147
Tabel 4. 80 Hasil Kuat Tekan M50F50-2-ASW	149

Tabel 4. 81 Hasil Kuat Tekan M50F50-2-ASWD	151
Tabel 4. 82 Rekapitulasi Kuat Tekan	152
Tabel 4. 83 Hasil Uji Karbonasi Terpapar Lingkungan Normal– <i>Full Wet</i>	155
Tabel 4. 84 Hasil Uji Karbonasi Terpapar Lingkungan Normal– <i>Wet Dry</i>	156
Tabel 4. 85 Hasil Uji Karbonasi Terpapar Lingkungan Asam– <i>Full Wet</i>	157
Tabel 4. 86 Hasil Uji Karbonasi Terpapar Lingkungan Asam– <i>Wet Dry</i>	158
Tabel 4. 87 Pengujian <i>Sorptivity</i> Variasi Serat 1,5%	188
Tabel 4. 88 Pengujian <i>Sorptivity</i> Variasi Serat 2%	189
Tabel 4. 89 Hasil Pengujian Absorpsi dan Porositas	193