

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS SIFAT FISIK DAN MEKANIK MORTAR GEOPOLIMER  
BERBAHAN DASAR *FLY ASH* – METAKAOLIN DENGAN VARIASI  
SERAT BEMBAN DAN PASIR PANTAI**

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

**Oleh:**

**Fathya Ghina Azmi**

**NIM. 2010811220062**

**Dosen Pembimbing:**

**Ir. 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**

**Analisis Sifat Fisik Dan Mekanik Mortar Geopolimer Berbahan Dasar *Fly Ash*-Metakaolin Dengan Variasi Serat Bermanan Dan Pasir Pantai**

**Fathya Ghina Azmi (2010811220062)**

Telah dipertahankan di depan tim penguji pada 28 Juni 2024 dan dinyatakan :

**LULUS**

**Komite Penguji:**

**Ketua** : **Wiku Adhiwicaksana Krasna, S.T., M.Eng., Ph.D.**  
NIP. 198606282012121002

**Anggota 1** : **Ir. Arya Rizki Darmawan, S.T., M.T.**  
NIP. 199308102019031011

**Anggota 2** : **Dr. Ir. Nursiah Chairunnisa, S.T., M. Eng.**  
NIP. 197907232005012005

**Pembimbing Utama** : **Ir. Ade Yuniati Pratiwi, S.T., M.Sc., Ph.D.**  
NIP. 199003062022032010

Banjarbaru,.....

Diketahui dan disahkan oleh:

**Wakil Dekan Bidang Akademik**

**Fakultas Teknik ULM**

**Dr. Mahmud, S.T., M.T.**

NIP. 197401071998021001

**Koordinator Program Studi**

**S-1 Teknik Sipil**

**Dr. Muhammad Arsyad, S.T., M.T.**

NIP. 199208261998021001

## LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Fathya Ghina Azmi  
NIM : 2010811220062  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Tugas Akhir : Analisis Sifat Fisik dan Mekanik Mortar Geopolimer  
Berbahan Dasar *Fly Ash*-Metakaolin Dengan Variasi Serat  
Bemban dan Pasir Pantai  
Pembimbing : Ir. 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.

Banjarbaru, 2024  
Penulis

Fathya Ghina Azmi  
NIM. 2010811220062

# **Analisis Sifat Fisik dan Mekanik Mortar Geopolimer Berbahan Dasar *Fly Ash*-Metakaolin Dengan Variasi Serat Berman dan Pasir Pantai**

**Fathya Ghina Azmi<sup>1</sup>, Ade Yuniati Pratiwi<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Lambung Mangkurat

<sup>2</sup>Dosen, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Lambung Mangkurat  
Jl. Jenderal Achmad Yani Km 35,5 Banjarbaru, Kalimantan Selatan – 70714

E-mail: [fathyaghinaazmi@gmail.com](mailto:fathyaghinaazmi@gmail.com)

## **ABSTRAK**

Mortar geopolimer merupakan alternatif ramah lingkungan untuk mortar konvensional, memanfaatkan bahan-bahan sisa industri seperti fly ash dan batuan kaolin yang dikalsinasi menjadi metakaolin. Pasir pantai digunakan sebagai agregat halus bersamaan dengan pasir Barito. Penambahan serat berman dapat meningkatkan ketahanan retak dan kekuatan tekan mortar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh persentase serat dan pasir pantai terhadap kuat tekan dan pengaruh persentase pasir pantai terhadap penyerapan mortar geopolimer.

Campuran *fly ash* dan metakaolin dengan perbandingan 70:30, Molaritas NaOH 8M, rasio larutan alkali 2,5:1, variasi serat berman 0% dan 1,5%, perbandingan campuran pasir barito dengan pasir pantai 100:0; 70:30; 50:50 dengan menggunakan metode *curing* lembab selama 28 hari. Pengujian yang dilakukan kuat tekan, karbonasi, porositas dan absorpsi serta *sorptivity*.

Dari hasil penelitian didapatkan nilai kuat tekan tertinggi mortar geopolimer dicapai pada persentase pasir Barito dan pasir pantai 100:0 dengan penambahan serat berman 1,5% sebesar 42,786 MPa. Nilai porositas, absorpsi serta *sorptivity* tertinggi dicapai pada persentase pasir Barito dan pasir pantai 100:0 dengan nilai masing-masing sebesar 3,23%, 0,57% dan 0,271 mm/menit. Hasil karbonasi menunjukkan semua sampel belum terkarbonasi.

Kata Kunci: Geopolimer, *Fly Ash*, Metakaolin, Serat Berman, Pasir Pantai

# **Analysis of Physical and Mechanical Properties of Geopolymer Mortar Based on Fly Ash-Metakaolin with Variations of Bemban Fiber and Beach Sand**

**Fathya Ghina Azmi<sup>1</sup>, Ade Yuniati Pratiwi<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Student, Department of Civil Engineering, Universitas Lambung Mangkurat

<sup>2</sup>Doctor, Department of Civil Engineering, Universitas Lambung Mangkurat  
Jl. Jenderal Achmad Yani Km 35,5 Banjarbaru, South Kalimantan – 70714

E-mail: [fathyaghinaazmi@gmail.com](mailto:fathyaghinaazmi@gmail.com)

## **ABSTRACT**

Geopolymer mortar is an environmentally friendly alternative to conventional mortar, utilizing industrial waste materials such as fly ash and kaolin calcined into metakaolin. Beach sand is used as fine aggregate along with Barito sand. The addition of bemban fiber can enhance crack resistance and compressive strength of the mortar. This research aims to determine the effect of fiber and beach sand percentages on compressive strength and the effect of beach sand percentage on the absorption of geopolymer mortar.

The mix of fly ash and metakaolin in a 70:30 ratio, 8M NaOH molarity, alkali solution ratio of 2.5:1, bemban fiber variations of 0% and 1.5%, and the mix ratio of Barito sand to beach sand of 100:0; 70:30; 50:50 were used with a moist curing method for 28 days. Tests conducted included compressive strength, carbonation, porosity, absorption, and sorptivity.

The research results showed that the highest compressive strength of geopolymer mortar was achieved with a 100:0 ratio of Barito sand to beach sand and a 1.5% addition of bemban fiber, yielding a strength of 42,786 MPa. The highest values for porosity, absorption, and sorptivity were also achieved with a 100:0 ratio of Barito sand to beach sand, with values of 3,23%, 0,57%, and 0,271 mm/min, respectively. Carbonation results indicated that all samples had not undergone carbonation.

**Keywords:** Geopolymer, Fly Ash, Metakaolin, Bemban Fiber, Beach Sand

## PRAKATA

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Sifat Fisik dan Mekanik Mortar Geopolimer Berbahan Dasar *Fly Ash*-Metakaolin Dengan Variasi Serat Bermanan dan Pasir Pantai”. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan Program S-1 Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat.

Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini saya menerima bantuan serta dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh karena itu saya ingin mengucapkan terimakasih, kepada:

1. Bapak Elvan Robiansyah, S.T., selaku orang tua saya yang telah memberikan doa dan segala yang diperlukan untuk kelancaran hidup saya.
2. Ibu Ir. Ade Yuniati Pratiwi, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku dosen pembimbing yang sabar dalam memberi bimbingan dan arahan dalam pengerjaan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Muhammad Arsyad, S.T, M.T. selaku Koordinator Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat.
4. Segenap dosen Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat yang telah banyak memberikan ilmu.
5. Husnatul ‘Athiyah, Shofia Nur Awaliyah dan Elfian Zulvaiza selaku teman saya yang selalu menemani, mendengarkan keluh kesah dan memberi semangat dikala stress.
6. Ahmad Athaillah Al Masykuri, Auliah Rasada, Gilbert Weden Hutasoit, M. Reza Aditya Pratama, Mohammad Binadi Rahman, Tito Yunan Setyawan dan Satriawan Fiddina Asis, selaku teman satu tim TA Geopolimer yang sudah banyak membantu dan bekerja sama dengan saya dalam pembuatan tugas akhir ini.
7. Para Instruktur Laboratorium Struktur dan Material Universitas Lambung Mangkurat yang telah membantu selama berada di laboratorium.

Penulis berharap laporan Tugas Akhir ini dapat berguna bagi semua orang dan dapat menjadi sumber informasi dan literatur bagi yang ingin melakukan penelitian sejenis berikutnya.

Banjarbaru, 2024

Penulis

Fathya Ghina Azmi  
NIM. 2010811220062

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>v</b>
<b>PRAKATA.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Pengertian Mortar .....	5
2.2 Geopolimer .....	6
2.3 Material Penyusun Mortar Geopolimer .....	7
2.3.1 <i>Fly Ash</i> .....	7
2.3.2 Metakaolin .....	11
2.3.3 Serat Berman .....	11
2.3.4 Larutan Alkali .....	12
2.3.4 Agregat Halus .....	13
2.4 Faktor Yang Mempengaruhi Kekuatan Geopolimer.....	14
2.4.1 Molaritas NaOH.....	14
2.4.2 Rasio Larutan Alkali .....	15
2.4.3 Rasio <i>Raw Material</i> Terhadap Larutan Alkali .....	16
2.4.4 Rasio Agregat Halus Terhadap Pasta .....	16
2.4.5 Perawatan Benda Uji ( <i>Curing</i> ) .....	16

2.5	Pengujian Yang Dilakukan .....	17
2.5.1	Pengujian Kuat Tekan .....	17
2.5.2	Pengujian Karbonasi .....	18
2.5.3	Pengujian Porositas dan Absorpsi .....	18
2.5.4	Pengujian <i>Sorptivity</i> .....	19
2.6	Penelitian Geopolimer Yang Pernah Dilakukan .....	21
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>24</b>
3.1	Diagram Alir .....	24
3.2	Waktu dan Tempat .....	25
3.3	Jadwal Penelitian .....	25
3.4	Alat dan Bahan .....	27
3.4.1	Alat .....	27
3.4.2	Bahan .....	28
3.5	Persiapan Bahan Dasar .....	28
3.5.1	<i>Fly Ash</i> .....	28
3.5.2	Metakaolin .....	29
3.5.3	Serat Berman .....	31
3.5.4	Larutan Alkali .....	33
3.5.5	Air .....	35
3.5.6	Agregat Halus .....	35
3.6	Pemeriksaan Bahan Dasar .....	35
3.7	Rancangan Penelitian .....	38
3.8	Pembuatan Benda Uji .....	40
3.8.1	Mortar Geopolimer Diameter 26 mm Tinggi 52 mm .....	40
3.8.2	Mortar Geopolimer Diameter 101,6 mm Tinggi 50,8 mm .....	47
3.9	Perawatan Benda Uji ( <i>Curing</i> ) .....	50
3.10	Pengujian Benda Uji .....	51
3.10.1	Pengamatan Visual dan Berat Benda Uji .....	51
3.10.2	Pengujian Kuat Tekan .....	51
3.10.3	Pengujian Karbonasi .....	52
3.10.4	Pengujian Porositas dan Absorpsi .....	52
3.10.5	Pengujian <i>Sorptivity</i> .....	54

3.11	Analisis Hasil dan Pembahasan.....	56
3.12	Penarikan Kesimpulan.....	56
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>57</b>
4.1	Pemeriksaan Bahan.....	57
4.1.1	Pemeriksaan <i>Fly Ash</i> .....	57
4.1.2	Pemeriksaan Metakaolin.....	59
4.1.3	Pemeriksaan Agregat Halus.....	61
4.1.4	Pemeriksaan Serat Bemban.....	63
4.2	Pengamatan Visual dan Berat Benda Uji.....	64
4.2.1	Pengamatan Visual Mortar Geopolimer.....	64
4.2.1	Pengamatan Berat Mortar Geopolimer.....	65
4.3	Pengujian Kuat Tekan.....	67
4.3.1	Sampel Dengan Serat Bemban 0%.....	67
4.3.2	Sampel Dengan Serat Bemban 1,5%.....	69
4.3.3	Rekapitulasi Hasil Uji Kuat Tekan.....	71
4.4	Pengujian Karbonasi.....	72
4.5	Pengujian Porositas dan Absorpsi.....	75
4.6	Pengujian <i>Sorptivity</i> .....	76
4.7	Hubungan Porositas dan <i>Sorptivity</i> .....	81
<b>BAB V PENUTUP.....</b>		<b>82</b>
5.1	Kesimpulan.....	82
5.2	Saran.....	83
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>84</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>90</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Mortar .....	5
Tabel 2.2 Persyaratan Kandungan Fisika Fly Ash .....	9
Tabel 2.3 Persyaratan Kimia Fly Ash.....	10
Tabel 2.4 Kandungan Kimia Fly Ash PLTU Asam Asam.....	10
Tabel 2.5 Gradasi Agregat Halus .....	14
Tabel 2.6 Penelitian Geopolimer Terdahulu.....	21
Tabel 3.1 Jadwal Penelitian.....	27
Tabel 3.2 Nomenklatur benda uji 26 mm × 52 mm .....	40
Tabel 3.3 Nomenklatur benda uji 101,6 mm × 50,8 mm .....	40
Tabel 3.4 Kebutuhan material mortar geopolimer untuk 18 sampel.....	44
Tabel 3.5 Kebutuhan material mortar geopolimer untuk 6 sampel.....	50
Tabel 4.1 Hasil Pemeriksaan Waktu Pengikatan.....	57
Tabel 4.2 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Fly Ash.....	58
Tabel 4.3 Hasil Pemeriksaan Berat Volume Fly Ash.....	59
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Berat Jenis Metakaolin.....	59
Tabel 4.5 Hasil Pemeriksaan Pasir Barito .....	61
Tabel 4.6 Hasil Pemeriksaan Pasir Pantai .....	62
Tabel 4.7 Hasil Pemeriksaan Kadar Lignin Dan Selulosa .....	63
Tabel 4.8 Pengamatan Visual Mortar Geopolimer .....	65
Tabel 4.9 Pengamatan Berat Mortar Geopolimer .....	65
Tabel 4.10 Hasil Pengujian Kuat Tekan Serat 0%.....	67
Tabel 4.11 Hasil Pengujian Kuat Tekan Serat 1,5%.....	69
Tabel 4.12 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tekan .....	71
Tabel 4.13 Hasil Pengujian Karbonasi.....	73
Tabel 4.14 Pengujian Porositas dan Absorpsi .....	75
Tabel 4.15 Hasil Pengujian Sorptivity MFB100P.....	77
Tabel 4.16 Hasil Pengujian Sorptivity MFB70P .....	77
Tabel 4.17 Hasil Pengujian Sorptivity MFB50P.....	78
Tabel 4.18 Rekapitulasi Initial dan Secondary Rate .....	80

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pengujian Kuat Tekan (SNI 03-6825-2002).....	17
Gambar 2.2 Alat Pengujian Kuat Tekan.....	18
Gambar 2.3 Pengujian Sorptivity (ASTM 1585-13).....	21
Gambar 3.1 Diagram Alir.....	24
Gambar 3.2 Diagram Alir Lanjutan Gambar 3.1.....	25
Gambar 3.3 Mengeringkan Fly Ash.....	28
Gambar 3.4 Menyaring Fly Ash.....	29
Gambar 3.5 Mencuci Kaolin.....	29
Gambar 3.6 Mengeringkan Kaolin.....	29
Gambar 3.7 Menghaluskan Kaolin Dengan Los Angeles .....	30
Gambar 3.8 Menyaring Kaolin .....	30
Gambar 3.9 Kalsinasi Kaolin.....	30
Gambar 3.10 Metakaolin.....	30
Gambar 3.11 Lokasi Pengambilan Tumbuhan Bemban.....	31
Gambar 3.12 Membersihkan Batang Bemban .....	31
Gambar 3.13 Merendam Batang Bemban.....	31
Gambar 3.14 Merebus Batang Bemban .....	32
Gambar 3.15 Menyisir Serat Bemban.....	32
Gambar 3.16 Mengeringkan Serat Bemban.....	32
Gambar 3.17 Alkalisasi Serat Bemban NaOH 4%.....	32
Gambar 3.18 Menetralkan pH Serat Bemban .....	33
Gambar 3.19 Serat Bemban Yang Siap Digunakan.....	33
Gambar 3.20 Natrium Hidroksida (NaOH).....	34
Gambar 3.21 Natrium Silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ).....	35
Gambar 3.22 Ilustrasi Benda Uji Silinder $26 \times 52$ mm.....	40
Gambar 3.23 Membuat Larutan Alkali .....	45
Gambar 3.24 Menyiapkan Bekisting Silinder.....	45
Gambar 3.25 Mengoleskan Bekisting Dengan Oli .....	45
Gambar 3.26 Menimbang Bahan Yang Dibutuhkan .....	45
Gambar 3.27 Memasukkan Raw Material .....	46

Gambar 3.28 Memasukkan Agregat Halus .....	46
Gambar 3.29 Memasukkan Serat Bemban.....	46
Gambar 3.30 Memasukkan Larutan Alkali .....	46
Gambar 3.31 Ilustrasi Benda Uji Silinder $101,6 \times 50,8$ mm.....	47
Gambar 3.32 Perawatan Benda Uji (Curing) .....	51
Gambar 3.33 Menimbang Benda Uji .....	51
Gambar 3.34 Meletakkan Benda Uji Pada Mesin Kuat Tekan .....	52
Gambar 3.35 Benda Uji Setelah Dilakukan Kuat Tekan.....	52
Gambar 3.36 Mengoven Benda Uji Absorpsi dan Porositas.....	53
Gambar 3.37 Merendam Benda Uji .....	53
Gambar 3.38 Mendidihkan Benda Uji .....	54
Gambar 3.39 Menghitung Massa Benda Uji.....	54
Gambar 3.40 Mengoven Benda Uji Sorptivity .....	55
Gambar 3.41 Penyimpanan Benda Uji Selama 15 Hari.....	55
Gambar 3.42 Mengukur Massa Benda Uji Awal.....	55
Gambar 3.43 Meletakkan Benda Uji Ke Dalam Wadah .....	56
Gambar 4.1 Pemeriksaan Waktu Pengikatan .....	58
Gambar 4.2 Gradasi Pasir Barito .....	62
Gambar 4.3 Gradasi Pasir Pantai .....	63
Gambar 4.4 Hasil Pengujian Kuat Tekan Serat 0% .....	68
Gambar 4.5 Keruntuhan Sampel Kuat Tekan Serat 0%.....	68
Gambar 4.6 Sketsa Keruntuhan Sampel Kuat Tekan Serat 0%.....	69
Gambar 4.7 Hasil Pengujian Kuat Tekan Serat 1,5% .....	70
Gambar 4.8 Keruntuhan Sampel Kuat Tekan Serat 1,5%.....	70
Gambar 4.9 Sketsa Keruntuhan Sampel Kuat Tekan Serat 1,5%.....	71
Gambar 4.10 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tekan.....	72
Gambar 4.11 Pengujian Porositas dan Absorpsi .....	76
Gambar 4.12 Hubungan Penyerapan Air Kumulatif dengan $\sqrt{\text{Waktu Hisap}}$ .....	79
Gambar 4.13 Contoh penentuan Rate Of Water Absorption.....	79
Gambar 4.14 Hubungan Sorptivity dengan Waktu .....	80
Gambar 4.15 Hubungan Porositas dan Sorptivity.....	81