

**TUGAS AKHIR**

**DAMPAK VARIASI METODE *CURING* PADA BETON GEOPOLIMER  
BERBAHAN DASAR *FLY ASH* DAN METAKAOLIN DENGAN  
TAMBAHAN SERAT BEMBAN**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Akademik Untuk Menyelesaikan  
Pendidikan Tingkat Sarjana (S-1)  
Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik  
Universitas Lambung Mangkurat

**Disusun oleh:**

**Mohammad Binadi Rahman**

**NIM. 2010811210058**

**Dosen Pembimbing:**

**Wiku Adhiwicaksana Krasna, S.T., M.Eng., Ph.D.**

**NIP: 19860628 2012121 002**



**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 : Mohammad Binadi Rahman  
NIM : 2010811210058  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Tugas Akhir : Dampak Variasi Metode *Curing* Pada Beton Geopolimer  
Berbahan Dasar *Fly Ash* Dan Metakaolin Dengan  
Tambahkan Serat Berman.  
Pembimbing : Wiku Adhiwicaksana Krasna, S.T., M.Eng., 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,

Mohammad Binadi Rahman

NIM. 2010811210058

# LEMBAR PENGESAHAN

## LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL

**Dampak Variasi Metode *Curing* Pada Beton Geopolimer Berbahan Dasar *Fly Ash* Dan Metakaolin Dengan Tambahan Serat Berman**

**Mohammad Binadi Rahman (2010811220062)**

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

**LULUS**

**Komite Penguji:**

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

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

**Anggota 2** : Dr. Ir. Ratni Nurwidayati, M.T., M.Eng.Sc  
NIP. 196901061995022001

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

Banjarbaru, 28 JUNI 2024  
Diketahui dan disahkan oleh:

**Wakil Dekan Bidang Akademik  
Fakultas Teknik ULM**



**Dr. Mahmut, S.T., M.T.**  
NIP. 197401071998021001

**Koordinator Program Studi  
S-1 Teknik Sipil**

**Dr. Muhammad Arsyad, S.T., M.T.**  
NIP. 199208261998021001

# **Dampak Variasi Metode *Curing* Pada Beton Geopolimer Berbahan Dasar *Fly Ash* Dan Metakaolin Dengan Tambahan Serat Bemban**

Mohammad Binadi Rahman<sup>1</sup>, Wiku Adhiwicaksana Krasna<sup>2</sup>  
Program Studi Teknik Sipil Universitas Lambung Mangkurat  
Jl. Jenderal Achmad Yani Km 35,5 Banjarbaru, Kalimantan Selatan – 70714  
E-mail : <sup>1</sup>[binadir3636@gmail.com](mailto:binadir3636@gmail.com); <sup>2</sup>[wakrasna@ulm.ac.id](mailto:wakrasna@ulm.ac.id)

## **ABSTRAK**

Beton geopolimer adalah alternatif ramah lingkungan yang menggunakan bahan limbah industri seperti fly ash dan metakaolin sebagai pengganti semen Portland. Fly ash adalah abu hasil pembakaran batubara di pembangkit listrik, sementara metakaolin adalah hasil kalsinasi kaolin yang berfungsi sebagai bahan pozzolan. Kedua bahan ini bereaksi dengan aktivator alkali untuk membentuk material geopolimer yang kuat dan tahan lama. Metode curing yang digunakan meliputi curing lembab asam, curing sinar matahari, dan curing suhu luar. Setiap metode curing memiliki efek berbeda pada kecepatan reaksi dan kekuatan akhir beton. Penambahan serat bemban, yang merupakan serat alami dari tanaman bemban, bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanis beton geopolimer. Campuran beton geopolimer dalam penelitian ini menggunakan rasio fly ash: metakaolin 70:30, NaOH dengan molaritas 8M, rasio  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ : NaOH sebesar 2,5:1, pasir Barito, dan serat bemban dengan persentase 0% dan 1,5%. Pengujian dilakukan terhadap kuat tekan, porositas, dan sorptivity. Dari pengujian tersebut, diperoleh nilai kuat tekan tertinggi persentase serat 0% pada sampel B2MF-LA1,5 sebesar 55,683 MPa. Hasil penyerapan dan sorptivity tertinggi juga pada sampel B4MF-LA1,5.

Kata Kunci : Beton Geopolimer, Fly Ash, Metakaolin, Metode Curing, Serat Bemban.

## **ABSTRACT**

*Geopolymer concrete is an environmentally friendly alternative that utilizes industrial waste materials such as fly ash and metakaolin as a substitute for Portland cement. Fly ash is the residue from coal combustion of power plants, while metakaolin is the calcined product of kaolin, which functions as a pozzolan material. These two materials react with an alkaline activator to form a geopolymer material that is strong and durable. The curing methods used include acid humid curing, sunlight curing, and ambient temperature curing. Each curing method has a different effect on the reaction rate and the final strength of the concrete. The addition of bemban fibers, which are natural fibers from the bemban plant, aims to enhance the mechanical properties of geopolymer concrete. The geopolymer concrete mixture in this study uses a fly ash to metakaolin ratio of 70:30, NaOH with a molarity of 8M, a  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  to NaOH ratio of 2.5:1, Barito sand, and bemban fibers at percentages of 0% and 1.5%. Tests were conducted on compressive strength, porosity, and sorptivity. From these tests, the highest compressive strength was obtained in the B2MF-LA1.5 sample at 55.683 MPa. The highest absorption and sorptivity values were also found in the B2MF-LA1.5 sample.*

*Keywords : Geopolymer Concrete, Fly Ash, Metakaolin, Curing Methods, Berman  
Fibers*

.

## PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “Dampak Variasi Metode *Curing* Pada Beton Geopolimer Berbahan Dasar *Fly Ash* Dan Metakaolin Dengan Tambahan Serat Bermanan”. 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, Bapa Bihman dan Ibu Hamriah atas doa, dukungan, semangat, kasih sayang dan segala yang diperlukan hingga saya dapat menyelesaikan gelar sarjana ini.
2. Wiku Adhiwicaksana Krasna, S.T., M.Eng., 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 Ade Yuniati Pratiwi, S.T., M.Sc., Ph.D. dan bapak Ir. Arya Rizki Darmawan, S.T., M.T. selaku dosen penguji seminar proposal.
5. Segenap dosen Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat yang telah banyak memberikan ilmu kepada kami.
6. Kakak saya Hervia yang selalu memberi doa dan dukungannya.
7. Teman-teman dekat saya pada grup Mahastudent sudah mendengarkan keluh kesah dan mendukung saya dalam mengerjakan skripsi ini.
8. Teman-teman saya dalam satu tim TA geopolimer 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,                      Juni 2024  
Penulis

Mohammad Binadi Rahman  
NIM.2010811210058

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
LEMBAR PERNYATAAN .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
ABSTRAK .....	iv
PRAKATA.....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	5
1.4 Batasan Masalah .....	5
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1 Pasta dan Beton.....	7
2.2 Geopolimer .....	7
2.3 Penyusun Beton Geopolimer .....	8
2.3.1 <i>Fly Ash</i> .....	8
2.3.2 Metakaolin.....	10
2.3.3 Bemban.....	11
2.3.4 Larutan Alkali.....	12
2.3.5 Agregat Halus.....	13
2.3.6 Agregat Kasar.....	14
2.4 Molaritas .....	14
2.5 Rasio Larutan Alkali .....	15
2.6 <i>Curing</i> .....	15
2.7 Pengujian Terhadap Benda Uji .....	16

2.8.1 Waktu Pengikatan.....	16
2.8.2 Pengujian Kuat Tekan .....	17
2.8.3 Pengujian Absorpsi dan Porositas .....	17
2.8.4 Pengujian <i>Sorptivity</i> .....	19
2.8.5 Pengujian Karbonasi .....	20
2.9 Penelitian Gepolimer Yang Pernah Dilakukan .....	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	24
3.1 Diagram Alir .....	24
3.2 Waktu dan Tempat .....	25
3.3 Alat dan Bahan .....	26
3.3.1 Alat.....	26
3.3.2 Bahan.....	27
3.4 Pemeriksaan Bahan Dasar .....	36
3.4.1 Pemeriksaan <i>Fly Ash</i> .....	36
3.4.3 Pemeriksaan Metakaolin .....	36
3.4.4 Pemeriksaan Serat Bemban.....	37
3.5 Rancangan Penelitian.....	38
3.6 Pembuatan Benda Uji Beton Geopolimer.....	42
3.7 Perawatan Benda Uji Beton Geopolimer.....	47
3.8 Pengujian Sifat Fisik dan Mekanik Beton Geopolimer .....	49
3.9.1 Uji Kuat Tekan .....	49
3.9.2 Uji Absorpsi dan Porositas .....	50
3.9.3 Uji <i>Sorptivity</i> .....	52
3.10 Pengamatan Visual dan Berat Benda Uji.....	54
3.11 Penarikan Kesimpulan .....	54
3.12 Jadwal Penelitian .....	55
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	56
4.1 Pemeriksaan Bahan.....	56
4.1.1 Pemeriksaan <i>Fly Ash</i> .....	56
4.1.1 Pemeriksaan Metakaolin .....	57
4.1.2 Pemeriksaan Waktu Pengikatan .....	59
4.1.3 Pemeriksaan Agregat Halus .....	60

4.1.4	Pemeriksaan Agregat Kasar .....	61
4.1.5	Pemeriksaan Serat Berman .....	63
4.2	Pengujian Absorpsi dan Porositas.....	64
4.3	Pengujian <i>Sorptivity</i> .....	65
4.4	Pengujian <i>Sorptivity</i> dan Porositas .....	69
4.5	Pengujian Beton Umur 28 Hari .....	70
4.4.1	Pengamatan Visual dan Berat Benda Uji .....	70
4.4.2	Pengujian Kuat Tekan .....	73
4.4.3	Pengujian Karbonasi .....	79
4.4.4	Pengaruh Variasi <i>Curing</i> Tanpa Tambahan Serat Berman Terhadap Kuat Tekan Beton Geopolimer.....	82
4.4.5	Pengaruh Variasi <i>Curing</i> dengan Tambahan Serat Berman Terhadap Kuat Tekan Beton Geopolimer.....	83
4.4.6	Pengaruh Penambahan Serat Berman Terhadap Kuat Tekan Geopolimer.....	84
4.4.7	Hubungan Absorpsi dan Porositas terhadap Kuat Tekan .....	85
BAB V PENUTUP.....		87
5.1	Kesimpulan.....	87
5.2	Saran .....	88
DAFTAR PUSTAKA .....		89
LAMPIRAN.....		93

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Persyaratan Kandungan Kimia <i>Fly Ash</i> .....	9
Tabel 2. 2 Persyaratan Fisik <i>Fly Ash</i> .....	10
Tabel 2. 3 Komposisi $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ .....	13
Tabel 2. 4 Batas-Batas Gradasi Agregat Halus .....	14
Tabel 2. 5 Penelitian Geopolimer Terdahulu.....	21
Tabel 3. 1 Spesifikasi larutan $\text{H}_2\text{SO}_4$ .....	36
Tabel 3. 2 Variabel dan Nomenklatur Benda Uji Beton Geopolimer.....	41
Tabel 3. 3 Total Bahan yang Digunakan .....	43
Tabel 3. 4 Jadwal Penelitian.....	55
Tabel 4. 1 Hasil pengujian berat jenis <i>fly ash</i> .....	56
Tabel 4. 2 Hasil pemeriksaan berat volume <i>fly ash</i> .....	57
Tabel 4. 3 Hasil pengujian berat jenis metakaolin .....	58
Tabel 4. 4 Hasil Pemeriksaan Berat Volume Metakaolin.....	58
Tabel 4. 5 Hasil Pemeriksaan Waktu Pengikatan.....	59
Tabel 4. 6 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus .....	60
Tabel 4. 7 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus .....	62
Tabel 4. 8 Hasil pemeriksaan kadar lignin dan selulosa .....	63
Tabel 4. 9 Pengujian Absorpsi dan Porositas .....	64
Tabel 4. 10 Hasil Pengujian <i>Sorptivity</i> B2MF-SL0 .....	65
Tabel 4. 11 Hasil Pengujian <i>Sorptivity</i> B2MF-SM0 .....	66
Tabel 4. 12 Hasil Pengujian <i>Sorptivity</i> B2MF-LA0.....	66
Tabel 4. 13 Rekapitulasi <i>Initial dan Secondary Rate</i> .....	69
Tabel 4. 14 Hasil Pengujian Kuat Tekan 28 Hari.....	73
Tabel 4. 15 Hasil Pengujian Kuat Tekan B2MF-SL0.....	75
Tabel 4. 16 Hasil Pengujian Kuat Tekan B2MF-SM0 .....	75
Tabel 4. 17 Hasil Pengujian Kuat Tekan B2MF-LA0 .....	76
Tabel 4. 18 Hasil Pengujian Kuat Tekan B2MF-SL1,5.....	77
Tabel 4. 19 Hasil Pengujian Kuat Tekan B2MF-SM1,5 .....	78
Tabel 4. 20 Hasil Pengujian Kuat Tekan B2MF-LA1,5 .....	78
Tabel 4. 21 Hasil Pengujian Karbonasi B2MF-SL0.....	80
Tabel 4. 22 Hasil Pengujian Karbonasi B2MF-SM0 .....	80

Tabel 4. 23 Hasil Pengujian Karbonasi B2MF-LA0.....	81
Tabel 4. 24 Hasil Pengujian Karbonasi B2MF-SL1,5.....	81
Tabel 4. 25 Hasil Pengujian Karbonasi B2MF-SM1,5 .....	81
Tabel 4. 26 Hasil Pengujian Karbonasi B2MF-LA1,5.....	82

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram Reaksi Pembentukan Metakaolinit.....	11
Gambar 2. 2 Pengujian <i>Sorptivity</i> (ASTM 1585-13) .....	20
Gambar 3. 1 Diagram Alir.....	24
Gambar 3. 2 Diagram Alir lanjutan Gambar 3. 1 .....	25
Gambar 3. 3 Pengambilan <i>Fly Ash</i> dari PLTU Asam-asam .....	27
Gambar 3. 4 Proses Pengeringan <i>Fly Ash</i> di Dalam Oven.....	27
Gambar 3. 5 Proses Penyaringan <i>Fly Ash</i> .....	28
Gambar 3. 6 <i>Fly Ash</i> .....	28
Gambar 3. 7 Pengambilan Batu-batuan Kalolin dari Bukit Cempaka .....	28
Gambar 3. 8 Pemilihan Batuan Kaolin .....	29
Gambar 3. 9 Merendam Batuan Kaolin .....	29
Gambar 3. 10 Proses Pengeringan Kaolin di Dalam Oven .....	29
Gambar 3. 11 6 Alat Abrasi untuk Menghaluskan Batu Kaolin.....	29
Gambar 3. 12 <i>Sieve Shaker</i> untuk Menyaring Kaolin.....	30
Gambar 3. 13 Gelas Krusibel .....	30
Gambar 3. 14 Memasukan Kaolin kedalam Gelas Krusibel .....	30
Gambar 3. 15 Alat <i>Furnace Burnstead Thermolyne</i> .....	31
Gambar 3. 16 Metakaolin.....	31
Gambar 3. 17 Natrium Silikat .....	32
Gambar 3. 18 Agregat Kasar Screen .....	33
Gambar 3. 19 Membersihkan Batang Bemban .....	33
Gambar 3. 20 Merendam Batang Bemban .....	34
Gambar 3. 21 Merebus Batang Bemban .....	34
Gambar 3. 22 Menyisir Serat Bemban .....	34
Gambar 3. 23 Mengeringkan Serat Bemban .....	34
Gambar 3. 24 Alkalisasi Serat Bemban NaOH 4%.....	35
Gambar 3. 25 Menetralkan pH Serat Bemban .....	35
Gambar 3. 26 Serat Bemban Yang Siap Digunakan.....	35
Gambar 3. 27 NaOH Dalam Bentuk <i>Flakes</i> .....	44
Gambar 3. 28 Larutan NaOH .....	44

Gambar 3. 29 Pencampuran larutan NaOH dengan larutan Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> .....	45
Gambar 3. 30 Persiapan Bekisting .....	45
Gambar 3. 31 Menimbang Bahan yang Diperlukan.....	45
Gambar 3. 32 Proses Memasukan Bahan Kedalam <i>Mixer</i> .....	46
Gambar 3. 33 Menambahkan Larutan Alkali <i>Aktivator</i> .....	46
Gambar 3. 34 Mencetak Adonan Kedalam Bekisting.....	46
Gambar 3. 35 Proses Pelepasan Beton dari Bekisting .....	47
Gambar 3. 36 Menimbang Berat Benda Uji.....	47
Gambar 3. 37 <i>Curing</i> Suhu Luar .....	48
Gambar 3. 38 <i>Curing</i> Suhu Dibawah Matahari .....	48
Gambar 3. 39 <i>Curing</i> Lembab Asam .....	49
Gambar 3. 40 Penimbangan Benda Uji Sebelum Uji Kuat Tekan .....	49
Gambar 3. 41 Pengujian Kuat Tekan .....	50
Gambar 3. 42 Hasil Uji Kuat Tekan.....	50
Gambar 3. 43 Mengoven Benda Uji Absorpsi dan Porositas.....	51
Gambar 3. 44 Merendam Benda Uji .....	51
Gambar 3. 45 Mendidihkan Benda Uji .....	52
Gambar 3. 46 Menghitung Massa Benda Uji.....	52
Gambar 3. 47 Mengoven Benda Uji <i>Sorptivity</i> .....	52
Gambar 3. 48 Penyimpanan Benda Uji Selama 15 Hari .....	53
Gambar 3. 49 Benda Uji Dilapisi Lapisan Non Penyerap .....	53
Gambar 3. 50 Mengukur Massa Benda Uji.....	53
Gambar 3. 51 Meletakkan Benda Uji di Wadah Air .....	54
Gambar 4. 1 Pemeriksaan Waktu Pengikatan .....	60
Gambar 4. 2 Analisa Saringan Barito.....	61
Gambar 4. 3 Analisa Saringan Batu <i>split/Screen</i> .....	62
Gambar 4. 4 Pengujian Absorpsi dan Porositas .....	64
Gambar 4. 5 Hasil Pengujian <i>Sorptivity</i> Gabungan .....	67
Gambar 4. 6 <i>Rate of Water Absorption</i> B2MF-SL0.....	68
Gambar 4. 7 <i>Rate of Water Absorption</i> B2MF-SM0.....	68
Gambar 4. 8 <i>Rate of Water Absorption</i> B2MF-LA0 .....	68
Gambar 4. 9 Hubungan <i>Sorptivity</i> Dengan Waktu.....	69

Gambar 4. 10 Hubungan <i>Sorptivity</i> dan Porositas .....	70
Gambar 4. 11 Visual dan Berat Benda Uji .....	71
Gambar 4. 12 Visual dan Berat Benda Uji .....	71
Gambar 4. 13 Visual dan Berat Benda Uji .....	71
Gambar 4. 14 Visual dan Berat Benda Uji .....	72
Gambar 4. 15 Visual dan Berat Benda Uji .....	72
Gambar 4. 16 Visual dan Berat Benda Uji .....	72
Gambar 4. 17 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan 28 Hari .....	74
Gambar 4. 18 Pola Keruntuhan Sampel Kuat Tekan 28 Hari .....	74
Gambar 4. 19 Hasil Uji Tekan B2MF-SL0 .....	75
Gambar 4. 20 Hasil Uji Tekan B2MF-SM0 .....	76
Gambar 4. 21 Hasil Uji Tekan B2MF-LA0.....	76
Gambar 4. 22 Hasil Uji Tekan B2MF-SL1,5 .....	77
Gambar 4. 23 Hasil Uji Tekan B2MF-SM1,5 .....	78
Gambar 4. 24 Hasil Uji Tekan B2MF-LA1,5.....	79
Gambar 4. 25 Grafik Pengaruh Variasi <i>Curing</i> Tanpa Bemban.....	82
Gambar 4. 26 Grafik Pengaruh Variasi <i>Curing</i> Dengan Bemban .....	83
Gambar 4. 27 Grafik Pengaruh Penambahan Serat Bemban .....	84
Gambar 4. 28 Hubungan Absorpsi dan Kuat Tekan.....	85
Gambar 4. 29 Hubungan Porositas dan Kuat Tekan .....	85