

SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI
KONSENTRASI MAGNESIUM OKSIDA TERHADAP
KEKUATAN LENTUR DAN ULTRASONIC PULSE
VELOCITY MORTAR PADA HIGH-VOLUME SLAG
MORTAR**



**AYREEN
NPM : 6102001072**

PEMBIMBING: Herry Suryadi, Ph.D.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)
BANDUNG
JANUARI 2024**

SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI
KONSENTRASI MAGNESIUM OKSIDA TERHADAP
KEKUATAN LENTUR DAN ULTRASONIC PULSE
VELOCITY MORTAR PADA HIGH-VOLUME SLAG
MORTAR**



**AYREEN
NPM : 6102001072**

PEMBIMBING: Herry Suryadi, Ph.D.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)
BANDUNG
JANUARI 2024**

SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI
KONSENTRASI MAGNESIUM OKSIDA TERHADAP
KEKUATAN LENTUR DAN ULTRASONIC PULSE
VELOCITY MORTAR PADA HIGH-VOLUME SLAG
MORTAR**



**AYREEN
NPM : 6102001072**

BANDUNG, 12 JANUARI 2024

PEMBIMBING:



Herry Suryadi, Ph.D.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)
BANDUNG
JANUARI 2024**

SKRIPSI

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI KONSENTRASI MAGNESIUM OKSIDA TERHADAP KEKUATAN LENTUR DAN ULTRASONIC PULSE VELOCITY MORTAR PADA HIGH-VOLUME SLAG MORTAR



AYREEN
NPM : 6102001072

PEMBIMBING: Herry Suryadi, Ph.D.

PENGUJI 1: Ir. Buen Sian, M.T.

PENGUJI 2: Ir. Nenny Samudra, M.T.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)
BANDUNG
JANUARI 2024

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : AYREEN

Tempat, tanggal lahir : Bandung, 5 Januari 2024

NPM : 610200172

Judul skripsi : **STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI KONSENTRASI MAGNESIUM OKSIDA TERHADAP KEKUATAN LENTUR DAN ULTRASONIC PULSE VELOCITY MORTAR PADA HIGH VOLUME SLAG MORTAR**

Dengan ini Saya menyatakan bahwa karya tulis ini adalah benar hasil karya tulis saya sendiri dan bebas plagiat. Adapun kutipan yang tertuang sebagian atau seluruh bagian pada karya tulis ini yang merupakan karya orang lain (buku, makalah, karya tulis, materi perkuliahan, internet, dan sumber lain) telah selayaknya saya kutip, sadur, atau tafsir dan dengan jelas telah melampirkan sumbernya. Bahwa tindakan melanggar hak cipta dan yang disebut plagiat merupakan pelanggaran akademik yang sanksinya dapat berupa peniadaan pengakuan atas karya ilmiah ini dan kehilangan hak keserjanaan.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Bandung, 5 Januari 2024



Ayreen

Ayreen

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI KONSENTRASI MAGNESIUM OKSIDA TERHADAP KEKUATAN LENTUR DAN ULTRASONIC PULSE VELOCITY MORTAR PADA HIGH-VOLUME SLAG MORTAR

Ayreen
NPM: 6102001072

Pembimbing: Herry Suryadi, Ph.D.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)
BANDUNG
JANUARI 2024

ABSTRAK

Infrastruktur menjadi salah satu pondasi perkembangan negara Indonesia yang secara massif dilaksanakan. Salah satu pemeran utama dalam pembangunan infrastruktur di Indonesia yaitu mortar. Penggunaan mortar berbahan dasar semen menimbulkan banyak gas emisi yang bersifat membahayakan lingkungan. Maka untuk mengatasi masalah tersebut, penggunaan *high volume slag mortar* (HVS) dengan kandungan GGBFS yang tinggi dapat bermanfaat sebagai alternatif penggunaan semen untuk mengurangi dampak lingkungan. Penggunaan GGBFS memerlukan aktivator untuk mempercepat proses hidrasi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi magnesium oksida terhadap kekuatan lentur dan *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) pada campuran HVS pada umur 7, 14, 28, dan 56 hari. Variasi kadar magnesium oksida ditetapkan sebesar 0%; 5%; 10%; 15%; dan 20% dengan rasio air terhadap binder ditetapkan sebesar 0,4. Hasil penelitian menunjukkan nilai kekuatan lentur secara berurutan untuk variasi kadar MgO 0%; 5%; 10%; 15%; dan 20% yaitu 3,61 MPa; 4,44 MPa; 4,35 MPa; 4,89 MPa; dan 4,69 MPa pada umur 28 hari dan nilai kekuatan tekan sebesar 12,65 MPa; 13,42 MPa; 13,96 MPa; 14,19 MPa; dan 16,64 MPa. Sedangkan untuk pengujian Ultrasonic Pulse Velocity pada variasi 0%; 5%; 10%; 15%; dan 20% pada hari ke 28 hari yaitu 3269,92 m/s; 3355,89 m/s; 3325,09 m/s; 3444,12 m/s; dan 3523,72 MPa.

Kata Kunci: Magnesium Oksida, High Volume Slag Mortar, Kekuatan Tekan, Kekuatan Lentur, Ultrasonic Pulse Velocity

EXPERIMENTAL STUDY ON THE EFFECT OF MAGNESIUM OXIDE CONCENTRATION ON FLEXURAL STRENGTH AND ULTRASONIC PULSE VELOCITY OF HIGH VOLUME SLAG MORTAR

**Ayreen
NPM: 6102001072**

Advisor: Herry Suryadi, Ph.D.

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
BACHELOR PROGRAM
(Accredited by SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)
BANDUNG
JANUARY 2024**

ABSTRACT

Infrastructure is one of the foundations for the development of Indonesia, which carried out massively. One of the main contributors to infrastructure development in Indonesia is mortar. The use of cement-based mortar generates many emission gases that are environmentally harmful. Therefore, to address this issue, the use of high volume slag mortar (HVS) with a high content of GGBFS can be beneficial as an alternative to reduce the environmental impact of cement use. The use of GGBFS requires an activator to accelerate the hydration process. This research was conducted to determine the influence of varying concentrations of magnesium oxide on the flexural strength and Ultrasonic Pulse Velocity (UPV) of HVS mixtures at the ages of 7, 14, 28, and 56 days. The variations of magnesium oxide content were set at 0%; 5%; 10%; 15%; dan 20%, with a water-to-binder ratio set at 0,4. The research results show consecutive flexural strength values for MgO variations of 0%; 5%; 10%; 15%; and 20% at 28 days, which are 3,61 MPa; 4,44 MPa; 4,35 MPa; 4,89 MPa; and 4,69 MPa, respectively. The compressive strength values are 12,65 MPa; 13,42 MPa; 13,96 MPa; 14,19 MPa; and 16,64 MPa, respectively. Meanwhile, for Ultrasonic Pulse Velocity testing at variations of 0%; 5%; 10%; 15%; and 20% on the 28th day, the values are 3269,92 m/s; 3355,89 m/s; 3325,09 m/s; 3444,12 m/s; and 3523,72 MPa.

Keywords: Magnesium Oxide, High Volume Slag Mortar, Compressive Strength, Flexural Strength, Ultrasonic Pulse Velocity

PRAKATA

Puji Syukur kepada Tuhan Yesus Kristus penulis panjatkan karena atas berkat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Konsentrasi Magnesium Oksida Terhadap Kekuatan Lentur dan Ultrasonic Pulse Velocity Mortar pada High Volume Slag Mortar” dengan baik dan tepat waktu. Adapun skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memenuhi syarat kelulusan program sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan.

Proses penyusunan skripsi ini tidak luput dari hambatan dan tantangan yang dihadapi secara fisik maupun emosional yang dialami penulis. Namun berkat dukungan dan motivasi dari berbagai pihak, skripsi ini dapat diselesaikan Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Herry Suryadi, Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu dengan sabar membimbing dan memberikan banyak pengetahuan baru serta masukan bagi penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
2. Bapak dan Ibu dosen Program Studi Teknik Sipil yang telah meluangkan waktunya untuk menghadiri serta memberikan masukan dalam seminar judul, seminar isi, dan sidang akhir.
3. Bapak Teguh Farid Iman, Bapak Markus Didi, dan Bapak Heri Rustandi yang telah membantu selama proses persiapan material dan pengujian benda uji serta memberikan bantuan dan wawasan pada Laboratorium Teknik Struktur Universitas Katolik Parahyangan.
4. Keluarga yang terus menerus mendoakan serta memberikan dukungan selama proses penyusunan skripsi.
5. Dinda Aisyah Aulia Zahira selaku teman dalam membuat *high volume slag mortar* yang telah mengisi hari-hari perkuliahan, mendengarkan keluh kesah, berdiskusi bersama serta memberikan dukungan dan kekuatan tanpa henti selama perkuliahan serta penyusunan skripsi ini.

6. Vincent, Davaray, Shidqi, Gavyn, Ara, dan Steven selaku teman satu bimbingan serta teman diskusi penulis yang telah memberi dukungan dan memberikan banyak bantuan dalam perjalanan skripsi ini.
7. Farah Fediasha, Kevin Jonathan, dan Javier Ramadhan selaku teman-teman yang selalu ada untuk mendengarkan keluh kesah dan memberikan dukungan tanpa henti selama proses penulisan skripsi.
8. Rekan-rekan “barudak-baruduk” Teknik Sipil UNPAR Angkatan 2020 yang telah banyak menghibur dan berjuang bersama menyelesaikan perkuliahan di UNPAR.
9. Narendra Putra Widjatmiko, Fadhlan Hambali, Ravi Purnama Laisa, dan teman-teman Teknik Sipil UNPAR Angkatan 2019 yang telah membantu serta memberi dukungan selama perkuliahan di UNPAR.
10. Teman-teman dari Santa Ursula Jakarta yang selalu hadir untuk menyemangati dan menghibur selama proses perkuliahan di UNPAR.
11. Seluruh pihak yang telah turut memberikan dukungan, masukan, dan saran dalam penyusunan skripsi yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari adanya ketidaksempurnaan dan kekurangan dalam. Dengan demikian, penulis sepenuhnya terbuka terhadap segala kritik dan saran yang konstruktif untuk memperbaiki dan meningkatkan kualitasnya di masa mendatang. Akhir kata, penulis berharap skripsi ini juga dapat menjadi manfaat bagi seluruh pembaca. Terima kasih.

Bandung, 5 Januari 2024



Ayreen
6102001072

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Inti Permasalahan	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Pembatasan Masalah	3
1.5 Metodologi Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
1.7 Diagram Alir	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Mortar	7
2.2 <i>High-Volume Slag</i> (HVS) Mortar	8
2.3 Material Campuran <i>High-Volume Slag</i> Mortar	8
2.3.1 Agregat Halus	8
2.3.2 <i>Semen Portland (Ordinary Portland Cement)</i>	9
2.3.3 <i>Ground Granulated Blast Furnace Slag</i>	9

2.3.4	Magnesium Oksida (MgO)	10
2.3.5	Air.....	10
2.3.6	<i>Superplasticizer</i>	11
2.4	Pengujian Karakteristik Campuran <i>High-Volume Slag</i> Mortar	12
2.4.1	Pengujian <i>Specific Gravity</i> Agregat Halus.....	12
2.4.2	Pengujian <i>Specific Gravity</i> Semen	13
2.4.3	Pengujian <i>Specific Gravity</i> GGBFS	13
2.4.4	Pengujian Absorpsi Agregat Halus	14
2.4.5	Pengujian Modulus Kehalusan (<i>fineness modulus</i>).....	14
2.5	Pengujian <i>Flowability</i>	15
2.6	Perencanaan <i>mix design</i>	15
2.7	Perawatan Benda Uji (<i>curing</i>)	17
2.8	Pengujian Kekuatan Lentur.....	17
2.9	Pengujian Kekuatan Tekan	18
2.10	Pengujian Ultrasonic Pulse Velocity (UPV).....	18
2.11	Hubungan Kekuatan Lentur dengan <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> (UPV)..	20
2.12	Hubungan Kekuatan Tekan dengan <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> (UPV) ..	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		21
3.1	Material Campuran <i>High-Volume Slag</i> Mortar.....	21
3.1.1	Pasir.....	21
3.1.2	Semen <i>Portland</i> (OPC)	21
3.1.3	<i>Ground Granulated Blast Furnace Slag</i> (GGBFS).....	22
3.1.4	Magnesium Oksida (MgO)	22
3.1.5	Air.....	23
3.1.6	<i>Superplasticizer</i>	23
3.2	Pengujian Karakteristik Material Mortar	23

3.2.1	Pengujian <i>Specific Gravity</i>	23
3.2.2	Pengujian Absorpsi Pasir	26
3.2.3	Pengujian Modulus Kehalusan Pasir (<i>fineness modulus</i>).....	26
3.3	Perencanaan Campuran.....	28
3.4	Pembuatan Benda Uji	29
3.5	Pengujian <i>Flowability</i> Mortar	31
3.6	Pengujian Benda Uji	32
3.6.1	Pengujian Kekuatan Lentur.....	32
3.6.2	Pengujian Kekuatan Tekan.....	33
3.6.3	Pengujian Ultrasonic Pulse Velocity.....	34
3.7	Perawatan Benda Uji (<i>curing</i>)	35
BAB IV ANALISIS DATA		37
4.1	Analisis <i>Flowability</i> Campuran Mortar Segar	37
4.2	Analisis Pengujian Kekuatan Lentur	38
4.2.1	Analisis Pengujian Kekuatan Lentur dengan Variasi MgO 0%	38
4.2.2	Analisis Pengujian Kekuatan Lentur dengan Variasi MgO 5%	39
4.2.3	Analisis Pengujian Kekuatan Lentur dengan Variasi MgO 10%	40
4.2.4	Analisis Pengujian Kekuatan Lentur dengan Variasi MgO 15%	41
4.2.5	Analisis Pengujian Kekuatan Lentur dengan Variasi MgO 20%	42
4.2.6	Perbandingan Hasil Uji Kekuatan Lentur Antar Variasi.....	43
4.3	Analisis Pengujian Kekuatan Tekan	45
4.3.1	Analisis Pengujian Kekuatan Tekan dengan Variasi MgO 0%.....	46
4.3.2	Analisis Pengujian Kekuatan Tekan dengan Variasi MgO 5%.....	47
4.3.3	Analisis Pengujian Kekuatan Tekan dengan Variasi MgO 10%.....	48
4.3.4	Analisis Pengujian Kekuatan Tekan dengan Variasi MgO 15%.....	49
4.3.5	Analisis Pengujian Kekuatan Tekan dengan Variasi MgO 20%.....	50

4.3.6	Perbandingan Hasil Uji Kekuatan Tekan Antar Variasi	51
4.4	Analisis Pengujian <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i>	52
4.4.1	Analisis Pengujian UPV dengan Variasi MgO 0%	52
4.4.2	Analisis Pengujian UPV dengan Variasi MgO 5%	54
4.4.3	Analisis Pengujian UPV dengan Variasi MgO 10%	55
4.4.4	Analisis Pengujian UPV dengan Variasi MgO 15%	56
4.4.5	Analisis Pengujian UPV dengan Variasi MgO 20%	57
4.4.6	Perbandingan Hasil Pengujian UPV Antar Variasi.....	58
4.5	Analisis Hubungan Kuat Lentur dan UPV.....	60
4.5.2	Analisis Hubungan Kuat Lentur dan UPV dengan Variasi MgO 0% ..	61
4.5.3	Analisis Hubungan Kuat Lentur dan UPV dengan Variasi MgO 5% ..	61
4.5.4	Analisis Hubungan Kuat Lentur dan UPV dengan Variasi MgO 10%	62
4.5.5	Analisis Hubungan Kuat Lentur dan UPV dengan Variasi MgO 15%	63
4.5.6	Analisis Hubungan Kuat Lentur dan UPV dengan Variasi MgO 20%	63
4.6	Analisa Hubungan Kuat Tekan dan UPV	64
4.6.1	Analisa Hubungan Kuat Tekan dan UPV dengan Kadar MgO 0% ...	64
4.6.2	Analisa Hubungan Kuat Tekan dan UPV dengan Kadar MgO 5% ...	65
4.6.3	Analisa Hubungan Kuat Tekan dan UPV dengan Kadar MgO 10% .	65
4.6.4	Analisa Hubungan Kuat Tekan dan UPV dengan Kadar MgO 15% .	66
4.6.5	Analisa Hubungan Kuat Tekan dan UPV dengan Kadar MgO 20% .	67
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		68
5.1	Kesimpulan	68
5.2	Saran	69
DAFTAR PUSTAKA		70

LAMPIRAN I	73
PERHITUNGAN PENGUJIAN MATERIAL.....	73
LAMPIRAN 2.....	77
PERHITUNGAN <i>MIX DESIGN</i>	77



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

a,b	:	koefisien
A	:	Luas Permukaan Benda Uji [mm ²]
Abs	:	Absorpsi [%]
ASTM	:	<i>American Society for Testing and Materials</i>
D_0	:	Diameter <i>flow</i> awal [mm]
D_{avg}	:	Rata-rata diameter <i>flow</i> akhir [mm]
f_r	:	Kekuatan lentur mortar [MPa]
f_m	:	Kekuatan tekan mortar [Mpa]
FM	:	<i>Fineness Modulus</i>
GGBFS	:	<i>Ground Granulated Blast Furnace Slag</i>
HVS	:	<i>High Volume Slag</i>
MgO	:	Magnesium Oksida
MO0	:	Penggantian 95% OPC dengan GGBFS dan 0% MgO
MO5	:	Penggantian 95% OPC dengan 90% GGBFS dan 5% MgO
MO10	:	Penggantian 95% OPC dengan 85% GGBFS dan 10% MgO
MO15	:	Penggantian 95% OPC dengan 80% GGBFS dan 15% MgO
MO20	:	Penggantian 95% OPC dengan 75% GGBFS dan 20% MgO
M_b	:	Massa labu + semen + minyak tanah [g]
M_0	:	Massa labu + minyak tanah [g]
M'_b	:	Massa labu + semen + minyak tanah [g]
M'_0	:	Massa labu + minyak tanah [g]
OD	:	<i>Oven Dry</i>
OPC	:	<i>Ordinary Portland Cement</i>
P	:	Beban maksimum yang dipikul balok [N]
R ²	:	Koefisien Determinasi
SF	:	<i>Safety Factor</i>
SG	:	<i>Specific Gravity</i>
SNI	:	Standar Nasional Indonesia
SP	:	<i>Superplasticizer</i>

SSD	:	<i>Saturated Surface Dry</i>
UPV	:	<i>Ultrasonic Pulse Velocity</i>
UTM	:	<i>Universal Testing Machine</i>
W_{SSD}	:	Massa agregat halus dalam kondisi SSD [g]
W_{OD}	:	Massa agregat halus dalam kondisi OD [g]
W_{fa}	:	Massa pasir dalam kondisi SSD [g]
W_p	:	Massa piknometer + air hingga batas kalibrasi [g]
$W_{p,fa}$:	Massa piknometer + agregat halus + air pada kondisi SSD [g]
V	:	Volume [m ³]
V	:	Kecepatan Rambat Gelombang Ultrasonik [m/s]
ρ	:	Massa jenis [g/cm ³]



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Skema Pengujian Kekuatan Lentur	18
Gambar 2.2 Metode Langsung Pengujian UPV	19
Gambar 2.3 Metode Semi Lansung Pengujian UPV	19
Gambar 2.4 Metode Tidak Langsung Pengujian UPV	20
Gambar 3.1 Pasir Galunggung	21
Gambar 3.2 Semen OPC.....	22
Gambar 3.3 GGBFS	22
Gambar 3.4 Magnesium Oksida	22
Gambar 3.5 Air.....	23
Gambar 3.6 Superplasticizer.....	23
Gambar 3.7 Kurva Gradasi Pasir Galunggung	28
Gambar 3.8 Cetakan Prisma Segiempat 40 x 40 x 160 mm.....	30
Gambar 3.9 Cetakan Prisma Segiempat 50 x 50 x 200 mm.....	30
Gambar 3.10 <i>Mixer</i>	30
Gambar 3.11 Pengujian <i>Flowability</i>	31
Gambar 3.12 <i>Electric Flow Table</i>	31
Gambar 3.13 Kerucut <i>Slump</i> dan Tumbukan	32
Gambar 3.14 Pengujian Kekuatan Lentur	33
Gambar 3.15 Pengujian Kekuatan Tekan	34
Gambar 3.16 Kalibrasi Alat PUNDIT	35
Gambar 3.17 Pengujian UPV	35
Gambar 3.18 Perawatan Benda Uji	36
Gambar 4.1 <i>Flowability</i> Campuran Mortar Segar	37
Gambar 4.2 Nilai Kekuatan Lentur Variasi MgO 0%	39

Gambar 4.3 Nilai Kekuatan Lentur Variasi MgO 5%	40
Gambar 4.4 Nilai Kekuatan Lentur Variasi MgO 10%	41
Gambar 4.5 Nilai Kekuatan Lentur Variasi MgO 15%	42
Gambar 4.6 Nilai Kekuatan Lentur Variasi MgO 20%	43
Gambar 4.7 Nilai Kekuatan Lentur Terhadap Umur Pengujian.....	44
Gambar 4.8 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kekuatan Lentur untuk Setiap Variasi Kadar MgO.....	44
Gambar 4.9 Nilai Kekuatan Tekan Variasi MgO 0%.....	46
Gambar 4.10 Nilai Kekuatan Tekan Variasi MgO 5%.....	47
Gambar 4.11 Nilai Kekuatan Variasi MgO 10%.....	48
Gambar 4.12 Nilai Kekuatan Tekan Variasi MgO 15%.....	49
Gambar 4.13 Nilai Kekuatan Tekan Variasi MgO 20%.....	50
Gambar 4.14 Nilai Kekuatan Tekan Terhadap Umur Pengujian.....	51
Gambar 4.15 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kekuatan Tekan untuk Setiap Variasi Kadar MgO.....	52
Gambar 4.16 Nilai UPV Variasi MgO 0%	53
Gambar 4.17 Nilai UPV Variasi MgO 5%	54
Gambar 4.18 Nilai UPV Variasi MgO 10%	55
Gambar 4.19 Nilai UPV Variasi MgO 15%	57
Gambar 4.20 Nilai UPV Variasi MgO 20%	58
Gambar 4.21 Nilai UPV Terhadap Umur Pengujian.....	59
Gambar 4.22 Rekapitulasi Hasil Pengujian UPV untuk Setiap Variasi Kadar MgO	59
Gambar 4.23 Grafik Hubungan Kuat Lentur dan UPV Variasi MgO 0%.....	61
Gambar 4.24 Grafik Hubungan Kuat Lentur dan UPV Variasi MgO 5%.....	62
Gambar 4.25 Grafik Hubungan Kuat Lentur dan UPV Variasi MgO 10%.....	62
Gambar 4.26 Grafik Hubungan Kuat Lentur dan UPV Variasi MgO 15%.....	63

Gambar 4.27 Grafik Hubungan Kuat Lentur dan UPV Variasi MgO 20% 63
Gambar 4.28 Grafik Hubungan Kuat Lentur dan UPV Variasi 0% 64
Gambar 4.29 Grafik Hubungan Kuat Lentur dan UPV Variasi 5% 65
Gambar 4.30 Grafik Hubungan Kuat Lentur dan UPV Variasi 10% 66
Gambar 4.31 Grafik Hubungan Kuat Tekan dan UPV Variasi 15% 66
Gambar 4.32 Grafik Hubungan Kuat Tekan dan UPV Variasi 20% 67



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Persentase Lolos Agregat Halus Berdasarkan ASTM C33	8
Tabel 3.1 Hasil Pengujian SG Pasir Galunggung.....	24
Tabel 3.2 Hasil Pengujian SG Semen OPC.....	25
Tabel 3.3 Hasil Pengujian SG GGBFS	26
Tabel 3.4 Hasil Pengujian Absorpsi Pasir Galunggung	26
Tabel 3.5 Hasil Pengujian Modulus Kehalusan Pasir Galunggung (Sampel I)....	27
Tabel 3.6 Hasil Pengujian Modulus Kehalusan Pasir Galunggung (Sampel II) ..	27
Tabel 3.7 Kebutuhan Campuran HVS per m ³	28
Tabel 4.1 <i>Flowability</i> Campuran Mortar Segar.....	37
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Kekuatan Lentur Variasi MgO 0%	38
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kekuatan Lentur Variasi MgO 5%	39
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Kekuatan Lentur Variasi MgO 10%	40
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Kekuatan Lentur Variasi MgO 15%	41
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Kekuatan Lentur Variasi MgO 20%	42
Tabel 4.7 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kekuatan Lentur untuk Setiap Variasi Kadar MgO.....	44
Tabel 4.8 Hasil Pengujian Kekuatan Tekan Variasi MgO 0%	46
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Kekuatan Tekan Variasi MgO 5%	47
Tabel 4.10 Hasil Pengujian Kekuatan Tekan Variasi MgO 10%	48
Tabel 4.11 Hasil Pengujian Kekuatan Tekan Variasi MgO 15%	49
Tabel 4.12 Hasil Pengujian Kekuatan Tekan Variasi MgO 20%	50
Tabel 4.13 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kekuatan Tekan untuk Setiap Variasi Kadar MgO.....	51
Tabel 4.14 Hasil Pengujian UPV Variasi MgO 0%	53

Tabel 4.15 Hasil Pengujian UPV Variasi MgO 5%	54
Tabel 4.16 Hasil Pengujian UPV Variasi MgO 10%	55
Tabel 4.17 Hasil Pengujian UPV Variasi MgO 15%	56
Tabel 4.18 Hasil Pengujian UPV Variasi MgO 20%	57
Tabel 4.19 Rekapitulasi Hasil Pengujian UPV untuk Setiap Variasi Kadar MgO	59
Tabel 4.20 Interpretasi Koefisien Determinasi (Sugiyono, 2014).....	61



DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

LAMPIRAN I PERHITUNGAN PENGUJIAN MATERIAL **Error! Bookmark not defined.**

LAMPIRAN 2 PERHITUNGAN *MIX DESIGN*...**Error! Bookmark not defined.**



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur memegang peran besar dalam perkembangan negara dari banyak sektor, meliputi perkembangan ekonomi daerah dan nasional, serta meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Menjadi salah satu pondasi perkembangan negara, pembangunan infrastruktur di seluruh daerah Indonesia dilakukan secara massif selama 5 tahun terakhir. Infrastruktur meliputi pembuatan jalan raya, tol, Pelabuhan, bandara, jembatan, serta gedung-gedung yang menunjang produktivitas masyarakat. Salah satu material konstruksi yang banyak digunakan dalam membangun infrastruktur yaitu material beton dan mortar. Menurut SNI 03-6825-2002 mortar didefinisikan sebagai campuran material yang terdiri dari agregat halus, bahan perekat, dan air dengan komposisi tertentu. Mortar digunakan sebagai material pengikat bata, plester dinding, dan perbaikan struktur yang rusak.

Salah satu material utama perekat utama pembuat beton dan mortar merupakan semen. Proses pencampuran semen menimbulkan banyak gas emisi yang bersifat bahaya bagi lingkungan serta menyebabkan pencemaran udara. Menurut data survei geologis Amerika Serikat, pada tahun 2021 Indonesia menempati negara keenam produsen semen terbanyak di dunia yaitu sebanyak 66 juta metrik ton dalam satu tahun. Gas emisi yang dihasilkan dari penggunaan semen meliputi karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), sulfur dioksida (SO₂), serta material debu lainnya. Pabrik semen menjadi salah satu penyumbang terbesar polusi udara di Indonesia. Polusi udara yang ditimbulkan menyebabkan banyak kerugian dalam hal kesehatan bagi masyarakat seperti penyakit kulit, iritasi pada mata, dan penyakit pernapasan.

Dalam rangka mengurangi dampak negatif dari pembangunan, diatur dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 11 tahun 2012 mengenai rencana aksi nasional mitigasi dan adaptasi perubahan iklim berupa penggunaan material yang ramah lingkungan salah satunya, yaitu regulasi mengenai pengurangan jumlah penggunaan OPC (*Ordinary Portland Cement*). Penggunaan OPC dapat digantikan dengan menggunakan abu terbang dari industri pembangkit listrik (*fly ash*) atau slag dari industri logam yang telah digiling halus. Substitusi material tersebut tentu harus memenuhi standar material atau bahkan penggunaan material tersebut mampu

menambah nilai kekuatan maupun usia layan dari infrastruktur yang dibangun. Penggunaan bahan-bahan tersebut sebagai material pengikat dapat mengurangi energi yang diperlukan dan menurunkan emisi gas rumah kaca.

Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS) merupakan hasil pengolahan limbah produksi baja dapat digunakan sebagai bahan pengganti sebagian OPC yang bersifat ramah lingkungan. Akibat penggunaannya sebagai substitusi Sebagian besar OPC maka semen yang dihasilkan dapat disebut sebagai *blended cement*. Dalam penggunaannya, GGBFS tidak dapat bereaksi dengan air dalam waktu yang singkat untuk menghasilkan kuat sehingga diperlukan suatu zat aktivator yang membantu GGBFS untuk melakukan hidrasinya sebagai material perekat. Maka, dalam penelitian digunakan senyawa magnesium oksida (MgO) sebagai zat aktivator GGBFS.

Dengan adanya studi eksperimental mengenai pengaruh kandungan MgO terhadap GGBFS maka perlu diadakan pengujian. Pengujian mortar yang dilakukan yaitu pengujian terhadap durabilitas dan property mekanis. Durabilitas didefinisikan sebagai ketahanan beton terhadap proses yang terjadi pada beton akibat interaksi eksternal. Pengujian yang dilakukan untuk menguji durabilitas beton yaitu *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV). UPV merupakan salah satu metode pengujian beton *non-destructive* untuk mengidentifikasi mutu beton serta kedalaman retak beton menggunakan gelombang *ultrasonic* pada beton. Sedangkan pengujian lainnya yang dilakukan untuk mengetahui kualitas benda uji yaitu pengujian terhadap properti mekanis beton, yaitu terhadap kekuatan tekan dan kekuatan lentur.

1.2 Inti Permasalahan

Pengaruh variasi konsentrasi MgO sebagai aktivator GGBFS pada campuran pasta memerlukan penelitian lebih lanjut terhadap kekuatan lentur dan *Ultrasonic Pulse Velocity* mortar pada *high volume slag mortar*.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini, antara lain:

1. Mengetahui nilai kekuatan tekan *high volume slag mortar* dengan variasi konsentrasi MgO
2. Mengetahui nilai kekuatan lentur *high volume slag mortar* dengan variasi konsentrasi MgO

3. Mengetahui nilai *Ultrasonic Pulse Velocity high volume slag mortar* dengan variasi konsentrasi MgO
4. Membuat korelasi nilai *Ultrasonic Pulse Velocity* dengan nilai kekuatan tekan dan lentur dengan variasi konsentrasi MgO, dimana nilai kekuatan tekan dan lentur didapatkan dari data sekunder

1.4 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah penelitian ini sebagai berikut:

1. Semen yang digunakan yaitu *Ordinary Portland Cement (OPC)* dengan merk Tiga Roda.
2. Menggunakan *Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS)* dari PT. KRNG Indonesia
3. Magnesium oksida (MgO) dari PT.Brataco (Bratachem)
4. *Superplasticizer* dari yang digunakan adalah Master Ease dari PT. Master Builder Solution Indonesia ditetapkan sebesar 1% berdasarkan trial mix.
5. Perencanaan campuran dengan menggunakan metode volume absolut.
6. Rasio air terhadap binder (w/b) pada mortar slag ditetapkan sebesar 0,4 berdasarkan trial mix.
7. Penggunaan MgO sebagai activator ditetapkan dengan kadar sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% terhadap *binder*.
8. Penggunaan OPC berfungsi sebagai *alkali activator* pada mortar slag ditetapkan sebesar 5% terhadap *binder*. Besaran ini ditetapkan untuk mewujudkan *high volume slag mortar* dengan kadar OPC minimum.
9. Perawatan sampel dilakukan dengan metode *sealed curing*.
10. Kekuatan tekan mortar diuji pada kubus yang dimodifikasi dari potongan benda uji prisma segiempat dengan ukuran $40 \times 40 \times 160$ mm yang diuji pada umur 7 hari, 14 hari, 28 hari, dan 56 hari. Pengujian dilakukan berdasarkan ASTM C349.
11. Kekuatan lentur mortar diuji pada kubus yang dimodifikasi dari potongan benda uji prisma segiempat dengan ukuran $40 \times 40 \times 160$ mm yang diuji pada umur 7 hari, 14 hari, 28 hari, dan 56 hari. Pengujian dilakukan berdasarkan ASTM C348.

12. *Ultrasonic Pulse Velocity* diuji pada benda uji prisma dengan ukuran $50 \times 50 \times 200$ mm pada umur 7 hari, 14 hari, 28 hari, dan 56 hari. Pengujian dilakukan berdasarkan ASTM C597.
13. Jumlah total benda uji adalah sebanyak 20 buah prisma dengan ukuran $40 \times 40 \times 160$ mm dan 20 buah prisma dengan ukuran $50 \times 50 \times 200$ mm seperti yang dapat dilihat pada Tabel 1.1 dan Tabel 1.2

Tabel 1.1 Rekapitulasi Benda Uji Kuat Lentur

Variasi MgO [hari]	Jenis Benda Uji	Umur Pengujian [hari]	Jumlah Benda Uji [buah]
0%	Prisma 40×40		12
5%	$\times 160$ mm	7, 14, 28, dan 56	12
10%		hari	12
15%			12
20%			12
Total Benda Uji			60

Tabel 1.2 Rekapitulasi Benda Uji UPV

Variasi MgO [hari]	Jenis Benda Uji	Umur Pengujian [hari]	Jumlah Benda Uji [buah]
0%	Prisma 50×50		3
5%	$\times 200$ mm	7, 14, 28, dan 56	3
10%		hari	3
15%			3
20%			3
Total Benda Uji			15

1.5 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang dilakukan dalam penyusunan skripsi adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan melakukan kajian terhadap beberapa sumber berupa jurnal, *paper*, buku, dan karya tulis ilmiah yang relevan dengan topik tinjauan untuk menambah pengetahuan dan wawasan yang berhubungan dengan penelitian sebagai acuan dan sumber referensi untuk melakukan studi eksperimental.

2. Studi Eksperimental

Studi eksperimental dilakukan secara langsung di Laboratorium Teknik Struktur Universitas Katolik Parahyangan mulai dari persiapan material, pengujian material, pembuatan benda uji, dan pengujian benda uji

3. Analisis Data

Analisis data merupakan tahap pengolahan terhadap seluruh data pengujian untuk mencapai tujuan penelitian.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini secara garis besar terdiri dari lima bab, antara lain:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, inti permasalahan, tujuan penelitian, pembatasan masalah, metodologi penelitian, sistematika penulisan, dan diagram alir penelitian.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi landasan teori yang digunakan sebagai referensi dalam melakukan penelitian dalam menyusun skripsi

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang proses penelitian meliputi persiapan material, pengujian material, pembuatan benda uji, hingga tahap pengujian kekuatan lentur dan *Ultrasonic Pulse Velocity* pada benda uji.

BAB IV : ANALISIS DAN PEMBAHASAN

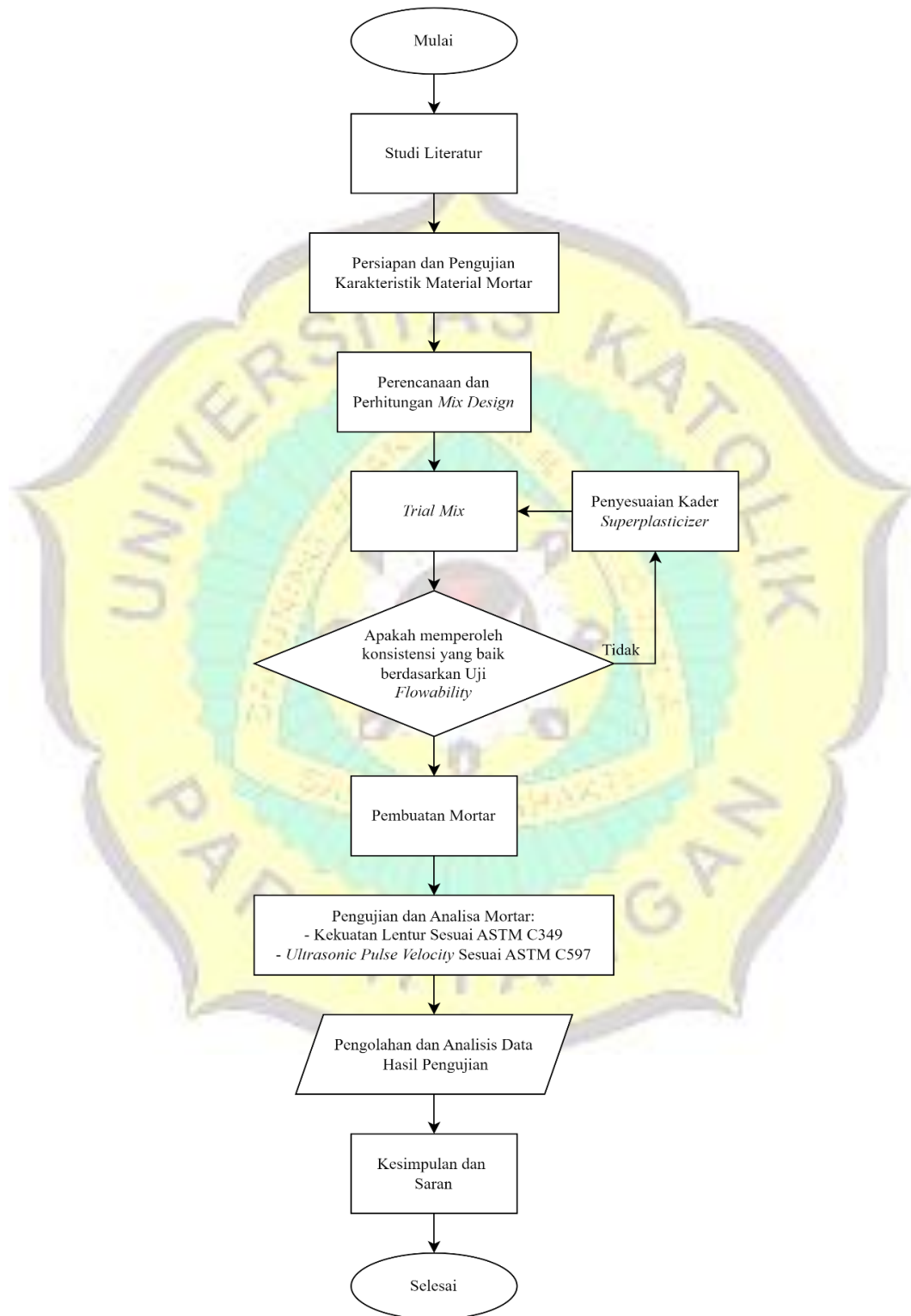
Bab ini berisi pengolahan data hasil pengujian kekuatan lentur dan *Ultrasonic Pulse Velocity* yang telah dilakukan pada benda uji di laboratorium.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dari studi eksperimental yang telah dilakukan dan saran berdasarkan hasil penelitian untuk kegiatan penelitian di masa depan.

1.7 Diagram Alir

Penelitian kekuatan lentur dan *Ultrasonic Pulse Velocity* dilakukan berdasarkan pada diagram alir pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Diagram Alir