

SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI
SILICA SLURRY DAN PENAMBAHAN PASIR HALUS
SILIKA TERHADAP KEKUATAN LENTUR,
KEKUATAN TEKAN, *ULTRASONIC PULSE*
VELOCITY, DAN ABSORPSI MORTAR PADA *SLAG*
YANG DIAKTIFKAN DENGAN KALSIMUM OKSIDA**



**KENDRA NATHANAEL
NPM : 6102001039**

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
JULI 2024**

SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI
SILICA SLURRY DAN PENAMBAHAN PASIR HALUS
SILIKA TERHADAP KEKUATAN LENTUR,
KEKUATAN TEKAN, *ULTRASONIC PULSE*
VELOCITY, DAN ABSORPSI MORTAR PADA *SLAG*
YANG DIAKTIFKAN DENGAN KALSIMUM OKSIDA**



**KENDRA NATHANAEL
NPM : 6102001039**

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
JULI 2024**

SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI
SILICA SLURRY DAN PENAMBAHAN PASIR HALUS
SILIKA TERHADAP KEKUATAN LENTUR,
KEKUATAN TEKAN, *ULTRASONIC PULSE*
VELOCITY, DAN ABSORPSI MORTAR PADA *SLAG*
YANG DIAKTIFKAN DENGAN KALSIMUM OKSIDA**



**KENDRA NATHANAEL
NPM : 6102001039**

BANDUNG, 24 JULI 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
JULI 2024**

SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI
SILICA SLURRY DAN PENAMBAHAN PASIR HALUS
SILIKA TERHADAP KEKUATAN LENTUR,
KEKUATAN TEKAN, *ULTRASONIC PULSE*
VELOCITY, DAN ABSORPSI MORTAR PADA SLAG
YANG DIAKTIFKAN DENGAN KALSIMUM OKSIDA**



**KENDRA NATHANAEL
NPM : 6102001039**

PEMBIMBING: Herry Suryadi, Ph.D.

PENGUJI 1: Ir. Nenny Samudra, M.T.

PENGUJI 2: Sisi Nova R., S.T., 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
JULI 2024**

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini, saya dengan data diri sebagai berikut:

Nama : KENDRA NATHANAEL
NPM : 6102001039
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

Studi Eksperimental Pengaruh Variasi *Silica Slurry* dan Penambahan Pasir Halus Silika terhadap Kekuatan Lentur, Kekuatan Tekan, *Ultrasonic Pulse Velocity*, dan Absorpsi Mortar Pada *Slag* Yang Diaktifkan dengan Kalsium Oksida

adalah benar-benar karya saya sendiri di bawah bimbingan dosen pembimbing. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini, saya siap menanggung segala risiko, akibat, dan/atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya, termasuk pembatalan gelar akademik yang saya peroleh dari Universitas Katolik Parahyangan.

Dinyatakan: di Bandung

Tanggal: 5 Juli 2024

Kendra Nathanael

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI *SILICA SLURRY* DAN
PENAMBAHAN PASIR HALUS SILIKA TERHADAP KEKUATAN
LENTUR, KEKUATAN TEKAN, *ULTRASONIC PULSE VELOCITY*, DAN
ABSORPSI MORTAR PADA *SLAG* YANG DIAKTIFKAN DENGAN
KALSIMUM OKSIDA**

**KENDRA NATHANAEL
NPM: 6102001039**

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
JULI 2024
ABSTRAK**

Sebagai salah satu penyumbang emisi karbon tertinggi di dunia, berbagai inovasi dilakukan untuk menggantikan penggunaan semen Portland sebagai bahan baku utama dalam pembangunan infrastruktur, salah satunya adalah penggunaan *Ground Granulated Blast Furnace Slag* (GGBFS). GGBFS merupakan hasil samping dari pembakaran pada tungku tanur gas dalam proses pembuatan besi. Pada studi eksperimental ini, ditambahkan pasir halus silika dan *silica slurry* sebagai bahan pengisi dalam pembuatan mortar tanpa semen. Pengujian dilakukan pada umur mortar 7; 14; dan 28 hari dengan kadar *silica slurry* divariasikan 0%; 5%; 10%; 15%; dan 20%, menggunakan rasio w/b sebesar 0,35. Hasil pengujian kekuatan lentur pada sampel benda uji umur 28 hari untuk variasi *silica slurry* 0%; 5%; 10%; 15%; dan 20%, secara berurutan adalah 3,77 MPa; 4,48 MPa; 5,44 MPa; 4,04 MPa; dan 4,45 MPa dan diperoleh juga nilai kekuatan tekan secara berurutan, yaitu 14,08 MPa; 19,68 MPa; 20,90 MPa; 20,58 MPa; dan 17,97 MPa. Dari pengujian *Ultrasonic Pulse Velocity*, diperoleh nilai kecepatan rambat gelombang ultrasonik untuk variasi *silica slurry* 0%; 5%; 10%; 15%; dan 20% pada umur benda uji 28 hari, secara berurutan adalah 3366,25 m/s; 3626,59 m/s; 3657,93 m/s; 3605,79 m/s; dan 3471,19 m/s. Kemudian, hasil pengujian absorpsi untuk variasi *silica slurry* 0%; 5%; 10%; 15%; dan 20% pada umur benda uji 28 hari, secara berurutan adalah 10,5%; 10,36%; 10,13%; 10,22%; 9,86%.

Kata Kunci: CaO, Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS), Silica Slurry, Pasir Halus Silika.

**EXPERIMENTAL STUDY ON THE EFFECT OF SILICA SLURRY
VARIATION AND MICRO SILICA SAND ADDITION ON THE
FLEXURAL STRENGTH, COMPRESSIVE STRENGTH, ULTRASONIC
PULSE VELOCITY, AND ABSORPTION OF CALCIUM OXIDE
ACTIVATED SLAG MORTAR**

**KENDRA NATHANAEL
NPM: 6102001039**

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
JULY 2024**

ABSTRACT

As one of the world's major carbon emission contributors, many innovations has been made to replace the usage of Portland cement as the main material in building infrastructures, one of them is the usage of Ground Granulated Blast Furnace (GGBFS). GGBFS is the byproduct of blast furnace in iron production. In this experimental study, micro silica sand and silica slurry is added as fillers in making cement free mortar. Tests were performed when the mortar has reached the ages of 7; 14; and 28 days with the silica slurry content varied within 0%, 5%, 10%; 15%; and 20%, using w/b ratio of 0.35. The result of flexural strength test on the specimen at the age of 28 days for silica slurry variation of 0%; 5%; 10%; 15%; and 20%, respectively are 3.77 MPa; 4.48 MPa; 5.44 MPa; 4.04 MPa; and 4.45 MPa and also obtained the compressive strength respectively, which are 14.08 MPa; 19.68 MPa; 20.90 MPa; 20.58 MPa; and 17.97 MPa. From Ultrasonic Pulse Velocity test was obtained the ultrasonic velocity values for silica slurry variations of 0%; 5%; 10%; 15%; and 20% at the specimen age of 28 days, respectively 3366.26 m/s; 3626.59 m/s; 3657.93 m/s; 3605.79 m/s; and 3471.19 m/s. Lastly, the result of absorption test for silica slurry variations of 0%; 5%; 10%; 15%; and 20% at the specimen age of 28 days, respectively are 10.50%; 10.36%; 10.13%; 10.22%; 9.86%.

Keywords: CaO, Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS), Silica Slurry, Micro Silica Sand.

PRAKATA

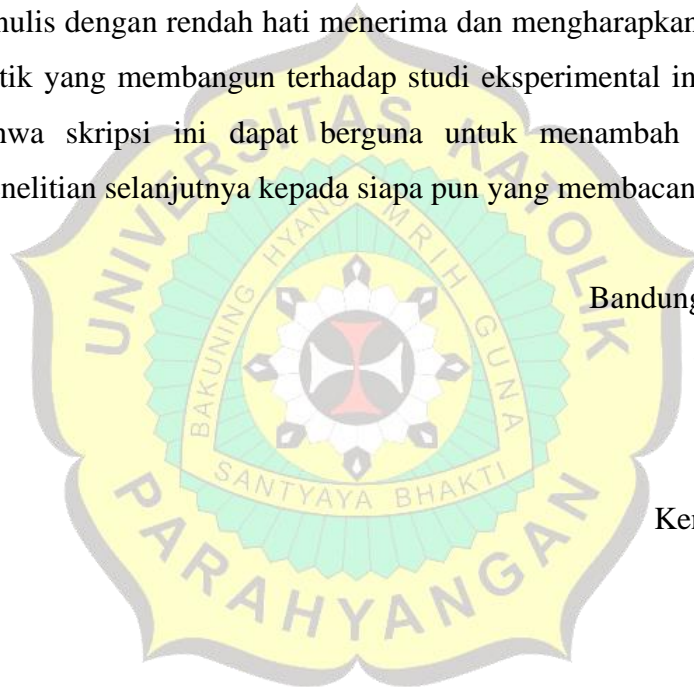
Puji syukur dan hormat setinggi-tingginya penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus atas berkat, perlindungan, dan penyertaan-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI *SILICA SLURRY* DAN PENAMBAHAN PASIR HALUS SILIKA TERHADAP KEKUATAN LENTUR, KEKUATAN TEKAN, *ULTRASONIC PULSE VELOCITY*, DAN ABSORBSI MORTAR PADA *SLAG* YANG DIAKTIFKAN DENGAN KALSIUM OKSIDA ” dengan baik dan tepat waktu.

Proses penyusunan skripsi ini tidak luput dari rintangan dan tantangan. Namun, semua dapat dilalui berkat bantuan, saran, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada semua pihak yang telah terlibat dalam proses penyusunan skripsi ini, yaitu:

1. Orang tua dan saudara dari keluarga penulis yang selalu memberikan semangat, motivasi, dan doa yang tiada henti-hentinya.
2. Bapak Herry Suryadi, Ph.D. selaku dosen pembimbing penulis yang telah memberikan wawasan, bimbingan, masukan serta waktu selama proses penyusunan skripsi ini dari awal hingga akhir.
3. Bapak Teguh Farid Nurul Iman, S.T. dan Bapak Markus Didi G. yang telah memberikan bantuan, wawasan, dan masukan selama proses penyusunan skripsi ini.
4. Fioni Citra Effendi selaku rekan seperjuangan dari persiapan material, pembuatan benda uji, hingga proses pengujian benda uji yang telah bekerja sama dan membantu penulis selama proses eksperimen dan pengerjaan skripsi.
5. Kelvin Hassanudin, Alfando Santona, Christiano Benedictus, Alya Aurellia, Alditio Manalu, dan Christian Vieri selaku teman seperjuangan dan satu bimbingan di Laboratorium Teknik Struktur Universitas Katolik Parahyangan.

6. Misye Septania Hasan selaku kekasih penulis memberikan dukungan tulus berupa doa, motivasi, dan semangat dalam proses pengerjaan skripsi ini.
7. Nelson Tri Yapari, Antonio Bennarivo, Je Andre Stefan, Samuel William, Axl Sebastian, dan Alfandro William selaku teman dekat penulis yang selalu mendukung dan menghibur penulis saat dalam masa sulit.
8. Berbagai pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah memberikan bantuan dan dukungan kepada penulis secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Dengan demikian, penulis dengan rendah hati menerima dan mengharapkan segala bentuk saran dan kritik yang membangun terhadap studi eksperimental ini. Penulis juga berharap bahwa skripsi ini dapat berguna untuk menambah wawasan dan membantu penelitian selanjutnya kepada siapa pun yang membacanya.



Bandung, 26 Juni 2024

Kendra Nathanael

6102001039

DAFTAR ISI

SKRIPSI	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GRAFIK	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Inti Permasalahan.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Pembatasan Masalah.....	3
1.5 Metode Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	5
1.7 Diagram Alir	7
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Mortar	9
2.2 Agregat Halus	9
2.3 Pasir Halus Silika.....	10
2.4 <i>Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS)</i>	10
2.5 Kalsium Oksida (CaO).....	11
2.6 Air	11
2.7 <i>Superplasticizer (SP)</i>	12
2.8 <i>Silica Slurry (SS)</i>	12
2.9 Uji Berat Isi Optimum	13
2.10 Uji <i>Flowability</i>	14
2.11 Uji Kekuatan Lentur	15
2.12 Uji Kuat Tekan.....	15
2.13 Uji <i>Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)</i>	16

2.14	Hubungan Antara Kekuatan Lentur dan <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> (UPV)	17
2.15	Hubungan Antara Kekuatan Tekan dan <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> (UPV)	18
2.16	Uji Absorpsi	18
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....		19
3.1	Material Campuran Mortar	19
3.1.1	Agregat Halus.....	19
3.1.2	<i>Ground Granulated Blast Furnace Slag</i> (GGBFS)	19
3.1.3	Kalsium Oksida (CaO).....	20
3.1.4	Air	20
3.1.5	<i>Superplasticizer</i> (SP).....	21
3.1.6	Pasir Halus Silika	21
3.1.7	<i>Silica Slurry</i>	21
3.2	Pengujian Berat Isi Optimum.....	22
3.3	Pengujian Karakteristik Material	23
3.3.1	GGBFS dan CaO.....	23
3.3.2	Agregat Halus.....	25
3.3.3	<i>Silica Slurry</i>	29
3.4	Proporsi Campuran Mortar	30
3.5	Pembuatan Benda Uji Mortar	31
3.6	Pengujian <i>Flowability</i> Mortar	32
3.7	Perawatan Benda Uji Mortar	33
3.8	Pengujian Kekuatan Lentur Mortar	34
3.9	Pengujian Kekuatan Tekan Mortar yang Dimodifikasi	35
3.10	Pengujian <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> Mortar	36
3.11	Pengujian Absorpsi Mortar	38
BAB 4 ANALISIS DATA		39
4.1	Analisis Uji <i>Flowability</i> Mortar.....	39
4.2	Analisis Uji Kekuatan Lentur Mortar	39
4.2.1	Analisis Uji Kekuatan Lentur dengan Variasi <i>Silica Slurry</i> 0%	40
4.2.2	Analisis Uji Kekuatan Lentur dengan Variasi <i>Silica Slurry</i> 5%	40
4.2.3	Analisis Uji Kekuatan Lentur dengan Variasi <i>Silica Slurry</i> 10%	41
4.2.4	Analisis Uji Kekuatan Lentur dengan Variasi <i>Silica Slurry</i> 15%	42

4.2.5	Analisis Uji Kekuatan Lentur dengan Variasi <i>Silica Slurry</i> 20% ...	43
4.2.6	Perbandingan Hasil Uji Kekuatan Lentur Antar Variasi.....	43
4.3	Analisis Uji Kuat Tekan Mortar	45
4.3.1	Analisis Uji Kekuatan Tekan dengan Variasi <i>Silica Slurry</i> 0%.....	45
4.3.2	Analisis Uji Kekuatan Tekan dengan Variasi <i>Silica Slurry</i> 5%.....	46
4.3.3	Analisis Uji Kekuatan Tekan dengan Variasi <i>Silica Slurry</i> 10%....	46
4.3.4	Analisis Uji Kekuatan Tekan dengan Variasi <i>Silica Slurry</i> 15%....	47
4.3.5	Analisis Uji Kekuatan Tekan dengan Variasi <i>Silica Slurry</i> 20%....	48
4.3.6	Perbandingan Hasil Uji Kekuatan Tekan Antar Variasi	48
4.4	Analisis Uji <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i>	50
4.4.1	Analisis Uji UPV Variasi <i>Silica Slurry</i> 0%.....	50
4.4.2	Analisis Uji UPV Variasi <i>Silica Slurry</i> 5%.....	51
4.4.3	Analisis Uji UPV Variasi <i>Silica Slurry</i> 10%.....	52
4.4.4	Analisis Uji UPV Variasi <i>Silica Slurry</i> 15%.....	52
4.4.5	Analisis Uji UPV Variasi <i>Silica Slurry</i> 20%.....	53
4.4.6	Perbandingan Hasil Uji UPV Antar Variasi	54
4.5	Analisis Hubungan Kekuatan Lentur dan UPV	56
4.6	Analisis Hubungan Kekuatan Tekan dan UPV.....	58
4.7	Analisis Uji Absorpsi Mortar.....	60
4.7.1	Analisis Uji Absorpsi Mortar Variasi <i>Silica Slurry</i> 0%	60
4.7.2	Analisis Uji Absorpsi Mortar Variasi <i>Silica Slurry</i> 5%	61
4.7.3	Analisis Uji Absorpsi Mortar Variasi <i>Silica Slurry</i> 10%	62
4.7.4	Analisis Uji Absorpsi Mortar Variasi <i>Silica Slurry</i> 15%	63
4.7.5	Analisis Uji Absorpsi Mortar Variasi <i>Silica Slurry</i> 20%	64
4.7.6	Perbandingan Hasil Uji Absorpsi Antar Variasi	64
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	66
5.1	Kesimpulan	66
5.2	Saran	67
DAFTAR PUSTAKA		68
LAMPIRAN 1 SPECIFIC GRAVITY GGFBS		71
LAMPIRAN 2 SPECIFIC GRAVITY CaO		72
LAMPIRAN 3 SPECIFIC GRAVITY AGREGAT HALUS + PASIR HALUS SILIKA73		
LAMPIRAN 4 FINENESS MODULUS AGREGAT HALUS		74

LAMPIRAN 5 ABSORPSI AGREGAT HALUS + PASIR HALUS SILIKA	76
LAMPIRAN 6 KADAR AIR <i>SILICA SLURRY</i>	77
LAMPIRAN 7 <i>MIX DESIGN</i> MORTAR <i>SILICA SLURRY</i> 0%	78
LAMPIRAN 8 <i>MIX DESIGN</i> MORTAR <i>SILICA SLURRY</i> 5%	80
LAMPIRAN 9 <i>MIX DESIGN</i> MORTAR <i>SILICA SLURRY</i> 10%	82
LAMPIRAN 10 <i>MIX DESIGN</i> MORTAR <i>SILICA SLURRY</i> 15%	84
LAMPIRAN 11 <i>MIX DESIGN</i> MORTAR <i>SILICA SLURRY</i> 20%	86



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN



A	:	Luas bidang tekan (mm^2)
A_{bs}	:	Penyerapan air (%)
ACI	:	<i>American Concrete Institute</i>
$ASTM$:	<i>American Society of Testing Materials</i>
B	:	Lebar (mm)
CaCO_3	:	Kalsium Karbonat
CaO	:	Kalsium Oksida
CO_2	:	Karbon dioksida
UTM	:	<i>Universal Testing Machine</i>
F	:	<i>Flowability</i>
f_c'	:	Kekuatan tekan beton pada umur 28 hari (MPa)
f_m	:	Kekuatan tekan mortar (MPa)
FM	:	<i>Fineness Modulus</i>
GGBFS	:	<i>Ground Granulated Blast Furnace Slag</i>
H	:	Panjang (mm)
k	:	Faktor koreksi (%)
M_a	:	Massa labu + minyak tanah (g)
M_t	:	Massa labu + GGBFS/CaO + minyak tanah (g)
n	:	Jumlah benda uji
OD	:	<i>Oven Dry</i>
SG	:	<i>Specific Gravity</i>
SP	:	<i>Superplasticizer</i>
SS	:	<i>Silica Slurry</i>
SSD	:	<i>Saturated Surface Dry</i>
SNI	:	Standar Nasional Indonesia
V	:	Volume (m^3)
W_{pyc}^*	:	Massa air + piknometer + agregat halus (g)
w/b	:	<i>water-to-binder</i>
w/c	:	<i>water-to-cement</i>
W_{pyc}	:	Massa air + piknometer (g)
WC_{SS}	:	Kadar air <i>silica slurry</i>

- α : Rasio GGBFS terhadap bahan pengikat (%)
- β : Rasio aktivator terhadap bahan pengikat (%)
- γ : Massa jenis (kg/m^3)
- λ : Rasio air terhadap bahan pengikat



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Alir	7
Gambar 1.2 Diagram Alir (Lanjutan).....	8
Gambar 2.1 Mencari nilai α	14
Gambar 2.2 <i>Electric Flow Table</i>	14
Gambar 2.3 Skema Pengujian Kuat Lentur.....	15
Gambar 2.4 Uji UPV metode langsung (Andi <i>et al.</i> , 2019).....	16
Gambar 2.5 Uji UPV metode semi-langsung (Andi <i>et al.</i> , 2019).....	17
Gambar 2.6 Uji UPV metode tidak langsung (Andi <i>et al.</i> , 2019).....	17
Gambar 3.1 Agregat Halus.....	19
Gambar 3.2 <i>Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS)</i>	20
Gambar 3.3 Kalsium Oksida (CaO).....	20
Gambar 3.4 Air.....	20
Gambar 3.5 <i>Superplasticizer (SP)</i>	21
Gambar 3.6 Pasir Halus Silika	21
Gambar 3.7 <i>Silica Slurry</i>	22
Gambar 3.8 Uji <i>flowability mortar</i>	32
Gambar 3.9 Pengukuran diameter pengujian <i>flowability</i>	33
Gambar 3.10 Metode <i>sealed curing</i>	34
Gambar 3.11 Pengujian Kekuatan Lentur.....	35
Gambar 3.12 Hasil Pembacaan pada Layar	35
Gambar 3.13 Pengujian Kekuatan Tekan.....	36
Gambar 3.14 Pembacaan pada Layar.....	36
Gambar 3.15 Kalibrasi PUNDIT.....	37

Gambar 3.16 Pengujian UPV 37

Gambar 3.17 Pengujian Absorpsi 38



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Rekapitulasi benda uji.....	4
Tabel 2.1 Persyaratan kekuatan untuk mortar struktural (Sakir <i>et al.</i> , 2020)	9
Tabel 2.2 Persen Lolos Agregat Halus (ASTM C33)	10
Tabel 3.1 Perhitungan SG GGBFS	24
Tabel 3.2 Perhitungan SG CaO	25
Tabel 3.3 Perhitungan SG agregat halus	26
Tabel 3.4 Perhitungan FM Agregat Halus Sampel 1	27
Tabel 3.5 Perhitungan FM Agregat Halus Sampel 2	27
Tabel 3.6 Perhitungan Absorpsi Agregat Halus	28
Tabel 3.7 Perhitungan Kadar Air <i>Silica Slurry</i>	29
Tabel 3.8 Proporsi Campuran Mortar	31
Tabel 4.1 Hasil Pengujian <i>Flowability</i> Mortar	39
Tabel 4.2 Kekuatan Lentur Variasi 0%	40
Tabel 4.3 Kekuatan Lentur Variasi 5%	41
Tabel 4.4 Kekuatan Lentur Variasi 10%	41
Tabel 4.5 Kekuatan Lentur Variasi 15%	42
Tabel 4.6 Kekuatan Lentur Variasi 20%	43
Tabel 4.7 Rekapitulasi Kekuatan Lentur Tiap Variasi	44
Tabel 4.8 Kekuatan Tekan Variasi 0%	45
Tabel 4.9 Kekuatan Tekan Variasi 5%	46
Tabel 4.10 Kekuatan Tekan Variasi 10%	46
Tabel 4.11 Kekuatan Tekan Variasi 15%	47
Tabel 4.12 Kekuatan Tekan Variasi 20%	48

Tabel 4.13 Rekapitulasi Kekuatan Tekan Tiap Variasi	49
Tabel 4.14 UPV Variasi 0%	50
Tabel 4.15 UPV Variasi 5%	51
Tabel 4.16 UPV Variasi 10%	52
Tabel 4.17 UPV Variasi 15%	53
Tabel 4.18 UPV Variasi 20%	54
Tabel 4.19 Rekapitulasi UPV Tiap Variasi	55
Tabel 4.20 Interpretasi Koefisien Determinasi	56
Tabel 4.21 Data kekuatan lentur dan UPV tiap variasi	57
Tabel 4.22 Data kekuatan tekan dan UPV tiap variasi	59
Tabel 4.23 Absorpsi variasi 0%	60
Tabel 4.24 Absorpsi variasi 5%	61
Tabel 4.25 Absorpsi variasi 10%	62
Tabel 4.26 Absorpsi variasi 15%	63
Tabel 4.27 Absorpsi variasi 20%	64
Tabel 4.28 Rekapitulasi Uji Absorpsi Tiap Variasi	65

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Rekapitulasi Kekuatan Lentur untuk Setiap Variasi.....	44
Grafik 4.2 Rekapitulasi Kekuatan Tekan Tiap Variasi	49
Grafik 4.3 Rekapitulasi UPV Tiap Variasi	55
Grafik 4.4 Hubungan Kekuatan Lentur dan UPV	57
Grafik 4.5 Hubungan Kekuatan Tekan dan UPV.....	59
Grafik 4.6 Rekapitulasi Absorpsi Tiap Variasi	65



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai negara berkembang, terus berupaya untuk meningkatkan kualitasnya dari segala sektor untuk mencapai status negara maju. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), rata-rata pertumbuhan ekonomi di Indonesia selama tahun 2023 adalah sebesar 5,05%. Berdasarkan diskusi pada kuliah umum tentang Proyek Indonesia dan Universitas Nasional Australia tahun 2023 di Canberra, Australia, Indonesia perlu mencapai pertumbuhan ekonomi sebesar 6-7% per tahunnya untuk mencapai status negara maju pada tahun 2045. Sektor infrastruktur merupakan salah satu sektor yang perkembangannya sangat krusial dalam menunjang pertumbuhan ekonomi di Indonesia. Oleh karena itu, seiring berkembangnya sektor infrastruktur pastinya akan terjadi peningkatan kebutuhan akan bahan-bahan konstruksi, misalnya beton dan mortar.

Mortar merupakan bahan konstruksi yang terbuat dari campuran pasir, air, dan agen pengikat seperti semen atau kapur yang umumnya digunakan untuk merekatkan bata atau batu, plester dinding, dan perbaikan pada struktur bangunan. Semen merupakan material berbentuk bubuk halus yang ketika dicampur dengan air akan membentuk pasta yang dapat mengeras untuk mengikat agregat halus pada adukan mortar. Bahan pengikat yang paling umum digunakan pada adukan mortar adalah semen hidrolik dengan jenis semen Portland. Semen Portland sendiri banyak dipilih karena memiliki sifat mekanis dan durabilitas yang sangat baik (Setiati *et al.*, 2018).

Sebagai bahan yang umum digunakan, kegiatan industri semen Portland menjadi salah satu penyumbang emisi karbon dioksida (CO₂) tertinggi di dunia dengan tiap ton semen dapat menghasilkan sekitar 0,58-ton CO₂ (*International Energy Agency, 2022*) dan juga produksi semen turut andil dalam menyumbangkan sekitar 5% hingga 8% dari total gas rumah kaca secara global (Andrew, 2019). Dua sumber utama emisi CO₂ dari hasil produksi semen antara lain: (i) 60 hingga 65% dari total emisi CO₂ dihasilkan oleh proses dekarbonasi batu kapur dari ketika unsur

CaCO_3 terdekomposisi menjadi CaO dan CO_2 pada temperatur di atas 550°C (Imbabi *et al.*, 2012) dan (ii) 35 hingga 40% sisanya berasal dari hasil pembakaran bahan bakar fosil untuk memanaskan tungku pembakaran semen. Oleh karena itu, salah satu inovasi untuk menggantikan semen hidraulik sebagai bahan utama pembuatan mortar dan beton adalah dengan menggunakan bahan alternatif yang lebih ramah lingkungan, seperti *Ground Granulated Blast Furnace Slag* (GGBFS).

GGBFS adalah material bersifat semen yang merupakan hasil sampingan dari pembakaran pada tungku tanur gas pada proses pembuatan besi. Dengan menggunakan bahan hasil samping dari sebuah proses industri, diharapkan dapat mengurangi kebutuhan akan semen Portland dalam upaya menurunkan emisi CO_2 . Proses hidrasi dari GGBFS tergolong lama dibandingkan dengan semen Portland (Bellman and Stark, 2009) sehingga dibutuhkan bantuan aktivator untuk mencapai waktu hidrasi yang lebih cepat. Untuk mempersingkat proses hidrasi pada GGBFS, dapat dibantu dengan senyawa aktivator seperti kalsium oksida (CaO), magnesium oksida (MgO), natrium hidroksida (NaOH), dan sebagainya. Senyawa kalsium oksida (CaO) yang bersifat alkali dan terbilang sangat reaktif ketika menghidrasi GGBFS. Senyawa CaO sendiri merupakan hasil dari pembakaran kalsium karbonat (CaCO_3) yang mana CaCO_3 umumnya dikenal sebagai batu gamping.

Silica slurry merupakan campuran dari *silica fume* dan air. *Silica fume* sendiri merupakan hasil sampingan dari produksi silikon atau bahan dengan campuran silikon dengan kadar silikon (SiO_2) 85 hingga 95%. *Silica slurry* digunakan sebagai tambahan bahan pengisi (*filler*) pada bahan pengikat (binder) dalam pembuatan mortar. Pasir halus silika merupakan pasir halus yang ukurannya lolos saringan no. 325 ($45\ \mu\text{m}$) dengan kandungan partikel halus silikon (SiO_2) 85-97%. Pasir halus silika digunakan sebagai bahan pengisi (*filler*) pada agregat halus dalam pembuatan mortar. Kedua bahan tersebut ditambahkan dengan tujuan untuk meningkatkan kekuatan tekan, modulus elastisitas, kekuatan lentur, ketahanan terhadap abrasi dan erosi, serta memperkecil permeabilitas.

1.2 Inti Permasalahan

Inti permasalahan dari studi eksperimental ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi *silica slurry* dan penambahan pasir halus silika terhadap kekuatan

lentur, tekan, *Ultrasonic Pulse Velocity*, dan absorpsi ke dalam mortar berbahan dasar GGBFS yang diaktifkan dengan kalsium oksida (CaO).

1.3 Tujuan Penelitian

Studi eksperimental ini dilakukan dengan tujuan:

1. Mengetahui perkembangan nilai kekuatan lentur dan tekan mortar berbahan dasar GGBFS dan kalsium oksida dengan variasi penambahan *silica slurry* dan pasir halus silika.
2. Mengetahui nilai *Ultrasonic Pulse Velocity* mortar berbahan dasar GGBFS dan kalsium oksida dengan variasi penambahan *silica slurry* dan pasir halus silika.
3. Mengetahui nilai absorpsi mortar berbahan dasar GGBFS dan kalsium oksida dengan variasi penambahan *silica slurry* dan pasir halus silika.
4. Membuat korelasi antara nilai kekuatan lentur terhadap nilai *Ultrasonic Pulse Velocity* dan nilai kekuatan tekan terhadap nilai *Ultrasonic Pulse Velocity* mortar berbahan dasar GGBFS dan kalsium oksida dengan variasi penambahan *silica slurry* dan pasir halus silika.

1.4 Pembatasan Masalah

Pada studi eksperimental ini, pembatasan masalah yang diterapkan mencakup:

1. Agregat halus yang digunakan adalah pasir Galunggung dengan penambahan pasir halus silika sebagai bahan pengisi (*filler*) yang ditetapkan berdasarkan pengujian berat isi optimum.
2. *Slag* yang digunakan adalah *Ground Granulated Blast Furnace Slag* (GGBFS) dari PT. KRNG Indonesia.
3. Aktivator alkali yang digunakan adalah kalsium oksida (CaO) dengan perbandingan yaitu GGBFS sebesar 85% dan CaO 15% (Djayaprabha & Hermawan, 2023).
4. *Superplasticizer* yang digunakan adalah MasterEase 3079 dari PT. Sika Indonesia sebagai *admixture type F* (*water-reducing, high range admixtures*) sesuai standar ASTM C494.

5. Penggunaan MasterLife SF 3263 dari PT. Sika Indonesia sebagai *additional* dengan variasi 0%; 5%; 10%; 15%; dan 20% dari berat *binder*.
6. Rasio *water-to-binder (w/b)* ditetapkan sebesar 0,35 berdasarkan *trial mix*.
7. Rasio *fine aggregate-to-binder* ditetapkan sebesar 2,5.
8. Perencanaan *mix design* menggunakan metode volume absolut.
9. *Workability* mortar segar ditentukan dengan menggunakan *flow test* sesuai dengan standar ASTM C109.
10. Perawatan benda uji dilakukan dengan metode *sealed curing*.
11. Pengujian kekuatan lentur dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari dengan benda uji berbentuk balok yang berukuran 40×40×160 mm. (berdasarkan ASTM C348)
12. Pengujian kekuatan tekan dilakukan pada potongan benda uji hasil uji kekuatan lentur dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari. (berdasarkan ASTM C349)
13. Pengujian *Ultrasonic Pulse Velocity* dilakukan pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari dengan benda uji berbentuk balok berukuran 40×40×160 mm. (berdasarkan ASTM C597)
14. Pengujian absorpsi dilakukan pada potongan benda uji hasil uji kekuatan lentur pada umur 7, 14, dan 28 hari. (berdasarkan standar ASTM C642)
15. Rincian benda uji yang digunakan untuk pengujian kuat lentur dan tekan, *Ultrasonic Pulse Velocity*, serta absorpsi adalah 45 buah berbentuk balok dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Rekapitulasi benda uji

Jenis Pengujian	Bentuk dan Ukuran	Variasi Silica Slurry (%)	Kode	Umur Pengujian (hari)	Jumlah Benda Uji (buah)
Kekuatan Lentur dan Tekan	Balok berukuran 160 × 40 × 40 mm	0	SM-0	7, 14, 28, dan 56	9
		5	SM-5		9
		10	SM-10		9
		15	SM-15		9
		20	SM-20		9
Total Benda Uji					45

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada studi eksperimental ini adalah:

1. Studi Literatur

Studi literatur merupakan kegiatan penelitian terhadap sumber-sumber seperti jurnal, buku, paper, dan karya tulis ilmiah. Ditujukan untuk menambah wawasan dan pengetahuan yang diperlukan selama kegiatan studi eksperimental ini.

2. Studi Eksperimental

Studi eksperimental ditujukan untuk memperoleh data dari serangkaian kegiatan dari tahap persiapan material, perhitungan jumlah kebutuhan material, pembuatan benda uji, sampai ke tahap pengujian benda uji. Kegiatan tersebut dilakukan di Laboratorium Teknik Struktur Universitas Katolik Parahyangan.

3. Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan mengolah data dari serangkaian uji yang telah dilakukan pada studi eksperimental ini untuk mencapai tujuan dari penelitian.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini dibagi menjadi 5 bab, yaitu:

BAB 1: PENDAHULUAN

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

BAB 2: TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi landasan teori sebagai acuan dalam melakukan penelitian dan penyusunan skripsi ini.

BAB 3: METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi prosedur penelitian yang meliputi persiapan benda uji, pembuatan benda uji, hingga pengujian benda uji di laboratorium.

BAB 4: ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi analisis dan pembahasan dari proses pengujian benda uji di laboratorium.

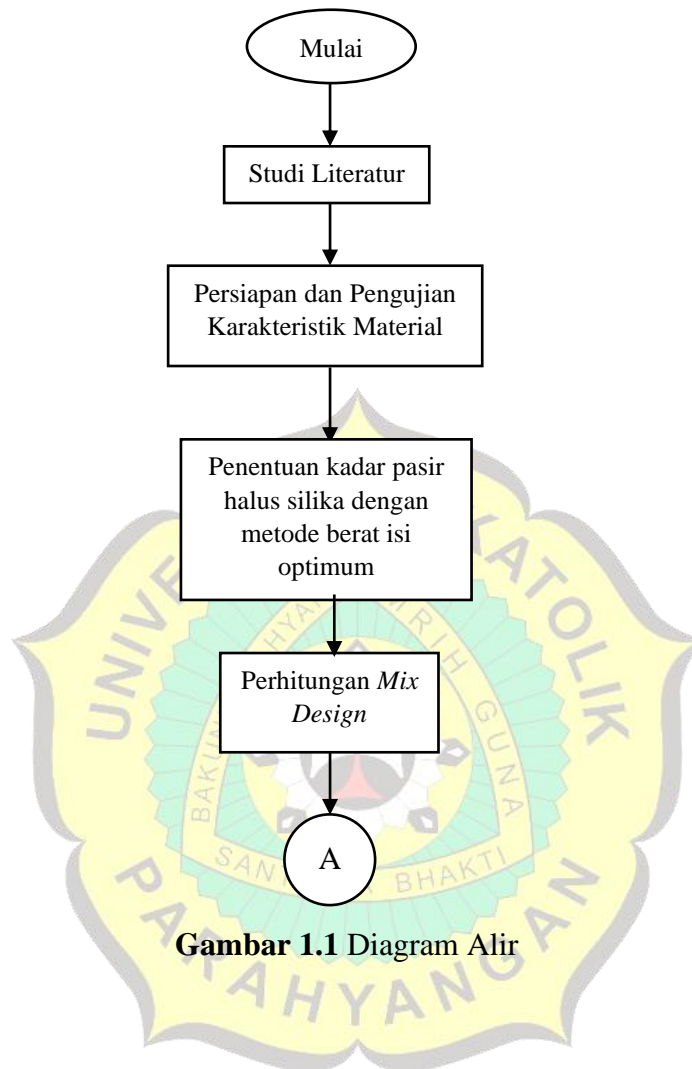
BAB 5: KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan atas temuan yang diperoleh dari pengujian dan saran untuk penelitian selanjutnya atau praktisi di bidang terkait.

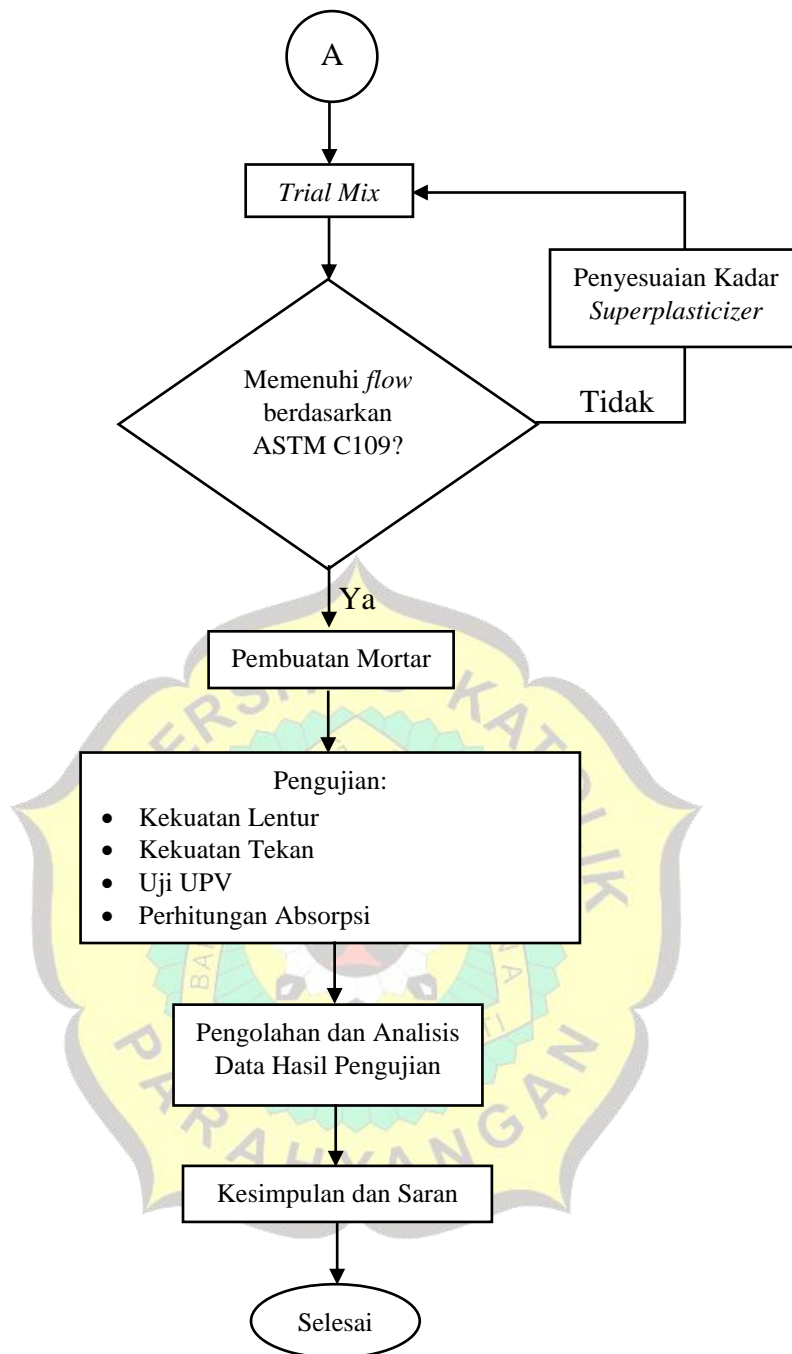


1.7 Diagram Alir

Penelitian kekuatan tekan dan modulus elastisitas dilakukan berdasarkan diagram alir pada Gambar 1.2.



Gambar 1.1 Diagram Alir



Gambar 1.2 Diagram Alir (Lanjutan)