

**SKRIPSI**

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI *SILICA SLURRY* DAN PENAMBAHAN PASIR HALUS SILIKA TERHADAP KEKUATAN TEKAN DAN WAKTU PENGIKATAN MORTAR PADA SLAG YANG DIAKTIFKAN DENGAN KALSIMUM OKSIDA**



**FIONI CITRA EFFENDI  
NPM : 6102001148**

**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 TEKAN DAN WAKTU PENGIKATAN MORTAR PADA SLAG YANG DIAKTIFKAN DENGAN KALSIMUM OKSIDA**



**FIONI CITRA EFFENDI  
NPM : 6102001148**

**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 TEKAN DAN WAKTU PENGIKATAN MORTAR PADA SLAG YANG DIAKTIFKAN DENGAN KALSIMUM OKSIDA**



**FIONI CITRA EFFENDI  
NPM : 6102001148**

**BANDUNG, 24 JULI 2024**

**PEMBIMBING:**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Herry Suryadi', is written over a white background.

**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 TEKAN DAN WAKTU PENGIKATAN MORTAR PADA SLAG YANG DIAKTIFKAN DENGAN KALSIUM OKSIDA**



**FIONI CITRA EFFENDI  
NPM : 6102001148**

**PEMBIMBING: Herry Suryadi, Ph.D.**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Herry Suryadi', is written above a horizontal dotted line.

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

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Nenny Samudra', is written above a horizontal dotted line.

**PENGUJI 2: Sisi Nova R., S.T., M.T.**

A horizontal dotted line is positioned below the name of the second reviewer.

**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 : FIONI CITRA EFFENDI

NPM : 6102001148

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa skripsi / ~~tersis / disertasi~~<sup>\*)</sup> dengan judul:

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI *SILICA SLURRY*  
DAN PENAMBAHAN PASIR HALUS SILIKA TERHADAP  
KEKUATAN TEKAN DAN WAKTU PENGIKATAN 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 resiko, akibat dan/atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya, termasuk pembatalan gelar akademik yang saya peroleh dari Universitas Katolik Parahyangan.

Dinyatakan: di Bandung

Tanggal: 17 Juli 2024



Fioni Citra Effendi

\*) coret yang tidak perlu

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI *SILICA SLURRY* DAN  
PENAMBAHAN PASIR HALUS SILIKA TERHADAP KEKUATAN TEKAN  
DAN WAKTU PENGIKATAN MORTAR PADA SLAG YANG DIAKTIFKAN  
DENGAN KALSIUM OKSIDA**

**FIONI CITRA EFFENDI  
NPM: 6102001148**

**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**

Pembangunan infrastruktur saat ini sangat penting untuk negara Indonesia untuk mencapai status negara maju. Semakin laju pertumbuhan infrastruktur, bahan baku seperti mortar semakin dibutuhkan, sehingga penggunaan semen sebagai bahan baku utama terus meningkat, jika berkelanjutan dapat merusak lingkungan. Pada penelitian ini, akan digunakan bahan pengganti semen yakni campuran *ground granulated blast furnace slag* (GGBFS) yang diaktifkan dengan kalsium oksida (CaO) dengan pemanfaatan penambahan bahan baku limbah pasir halus silika dan *silica slurry* sebagai bahan pengisi parsial agregat halus pada mortar. Variasi penambahan *silica slurry* diambil sebesar 0%; 5%; 10%; 15%; dan 20%. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi penambahan *silica slurry* terhadap kekuatan tekan dan waktu pengikatan awal serta akhir. Pencampuran mortar pada penelitian ini menggunakan *water-to-binder* (w/b) sebesar 0,35, rasio agregat halus terhadap bahan pengikat sebesar 2,5, rasio CaO terhadap bahan pengikat sebesar 15%, dan rasio GGBFS terhadap bahan pengikat sebesar 85%. Pengujian dilakukan pada umur 7; 14; 28; dan 56 hari perkembangan mortar. Kekuatan tekan pada umur benda uji 28 hari dengan variasi *silica slurry* 0%; 5%; 10%; 15%; dan 20% secara berurutan sebesar 14,61 MPa; 18,81 MPa; 14,58 MPa; 15,69 MPa; dan 13,37 MPa. Nilai waktu pengikatan akhir pada variasi *silica slurry* 0% sebesar 231 menit dan variasi *silica slurry* 20% memiliki waktu tercepat selama 190 menit. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai kekuatan tekan mortar terbesar pada umur 28 hari dan 56 hari terdapat pada variasi *silica slurry* 5%, dan semakin menurun nilai kekuatannya seiring dengan pertambahan persentase setiap variasi, dan waktu pengikatan akhir mortar semakin cepat seiring dengan bertambahnya persentase variasi *silica slurry*.

**Kata Kunci:** Mortar, GGBFS, CaO, Pasir Halus Silika, *Silica Slurry*, Kekuatan Tekan, Waktu Pengikatan.

**EXPERIMENTAL STUDY ON THE EFFECT OF SILICA SLURRY VARIATION  
AND FINE SILICA SAND ADDITION ON THE COMPRESSIVE STRENGTH  
AND SETTING TIME OF CALCIUM OXIDE ACTIVATED SLAG MORTAR**

**FIONI CITRA EFFENDI  
NPM: 6102001148**

**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**

Nowadays, infrastructure development is very important for Indonesia to achieve developed country status. Infrastructure growth make materials such as mortar are needed, cement as the main material will be increasing too, which can damage the environment if it is not sustainable. In this study, cement replacement material will be used, namely a mixture of ground granulated blast furnace slag (GGBFS) activated with calcium oxide (CaO) with the fine silica sand waste and silica slurry as partial filler of fine aggregate in mortar. The variation of silica slurry addition is taken as 0%; 5%; 10%; 15%; and 20%. This study aims to determine the effect of variations in silica slurry addition on compressive strength and initial and final setting time. The mortar mixing in this study used a water-to-binder (w/b) ratio of 0.35, a fine aggregate to binder ratio of 2.5, a CaO to binder ratio of 15%, and a GGBFS to binder ratio of 85%, testing at the age of 7; 14; 28; and 56 days of mortar development. The compressive strength at the age of 28 days test specimens with variations of silica slurry 0%; 5%; 10%; 15%; and 20% sequentially are 14.61 MPa; 18.81 MPa; 14.58 MPa; 15.69 MPa; and 13.37 MPa. The final setting time value for the 0% silica slurry variation is 231 minutes and the 20% silica slurry variation has the fastest time of 190 minutes. The results of this study show that the largest compressive strength value of mortar at the age of 28 days and 56 days is found in the 5% silica slurry variation, and the compressive strength value decrease with increasing percentage of each variation, and the final setting time of mortar become faster as the percentage of silica slurry variation increase.

**Keywords:** Mortar, GGBFS, CaO, Silica Slurry, Compressive Strength, Time Setting

## PRAKATA

Puji syukur dan hormat setinggi-tingginya penulis haturkan kepada Tuhan Yang Maha Esa 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 TEKAN DAN WAKTU PENGIKATAN MORTAR PADA SLAG YANG DIAKTIFKAN DENGAN KALSIUM OKSIDA” ini 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. Kendra Nathanael 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. Kelompok Mahasiswa *Introvert* yaitu Kevin Nathanael, Erich Marcellino, Grady Arta Chandra selaku teman dekat penulis yang selalu mendukung perkembangan penulis di bangku perkuliahan.
6. Geng Ciwik Tulen yaitu Vrencia Liviana Benny, Evelyne Fioletta, Michelle Liu, dan Erlycia Surya Gustin selaku teman dekat penulis sedari bangku sekolah menengah yang selalu mendukung dan menghibur penulis saat dalam masa sulit.
7. Tim Penghuni Lab yaitu Alditio Manalu, Christian Vieri, Christiano Benedictus Tjahjadi, Alya Aurellia Putri Ryan, Kelvin Hasanudin, dan Alfando Santona yang telah membantu penulis dalam kelangsungan penulisan skripsi ini.
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 siapapun yang membacanya.

Bandung, 24 Juli 2024



Fioni Citra Effendi

6102001148



## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERNYATAAN</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>ii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iii</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xiii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Inti Permasalahan .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Pembatasan Masalah .....	3
1.5 Metode Penelitian .....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
1.7 Diagram Alir.....	5
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>8</b>
2.1 Mortar .....	8
2.2 Agregat Halus .....	8
2.3 <i>Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS)</i> .....	9
2.4 Kalsium Oksida (CaO) .....	9
2.5 Air.....	10
2.6 <i>Superplasticizer (SP)</i> .....	10
2.7 Pasir Halus Silika .....	11
2.8 <i>Silica Slurry (SS)</i> .....	11
2.9 Uji Berat Isi Optimum .....	11

2.10	Uji <i>Flowability</i> .....	13
2.11	Uji Kekuatan Tekan.....	14
2.12	Uji Waktu Pengikatan/ <i>Setting Time</i> .....	14
<b>BAB 3</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>15</b>
3.1	Material Campuran Mortar .....	15
3.1.1	Agregat Halus .....	15
3.1.2	<i>Ground Granulated Blast Furnace Slag</i> (GGBFS) .....	16
3.1.3	Kalsium Oksida (CaO) .....	16
3.1.4	Air.....	17
3.1.5	<i>Superplasticizer</i> (SP) .....	17
3.1.6	<i>Silica Slurry</i> .....	18
3.1.7	Pasir Halus Silika .....	18
3.2	Pengujian Material Campuran Mortar .....	19
3.2.1	GGBFS dan CaO .....	19
3.2.2	Agregat Halus.....	20
3.3	<i>Silica Slurry</i> .....	24
3.4	Metode Pengujian Berat Isi Optimum .....	25
3.5	Proporsi Campuran Mortar .....	28
3.6	Pembuatan Benda Uji Mortar.....	30
3.7	Pengujian <i>Flowability</i> Mortar.....	31
3.8	Perawatan Benda Uji Mortar .....	32
3.9	Pengujian Kekuatan Tekan Mortar.....	32
3.10	Pengujian Waktu Pengikatan Mortar.....	33
<b>BAB 4</b>	<b>ANALISIS DATA .....</b>	<b>35</b>
4.1	Analisis Uji <i>Flowability</i> Mortar .....	35
4.2	Analisis Massa Jenis Mortar.....	36
4.3	Analisis Uji Kekuatan Tekan Mortar.....	40
4.4	Analisis Uji Waktu Pengikatan Mortar .....	44

<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>52</b>
5.1 Kesimpulan.....	52
5.2 Saran.....	52
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>54</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>57</b>



## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

<i>A</i>	:	Luas bidang tekan (mm <sup>2</sup> )
<i>a</i>	:	Konstanta derajat kedua
<i>A<sub>bs</sub></i>	:	Penyerapan air (%)
<i>ACI</i>	:	<i>American Concrete Institute</i>
<i>ASTM</i>	:	<i>American Society of Testing Materials</i>
<i>B</i>	:	Lebar (mm)
<i>b</i>	:	Konstanta derajat pertama
<i>C</i>	:	Penetrasi yang terjadi pada waktu E (mm)
<i>c</i>	:	Konstanta
<i>CaCO<sub>3</sub></i>	:	Kalsium Karbonat
<i>CaO</i>	:	Kalsium Oksida
<i>CO<sub>2</sub></i>	:	Karbon dioksida
<i>CTM</i>	:	<i>Compression Testing Machine</i>
<i>D</i>	:	Penetrasi yang terjadi pada waktu H (mm)
<i>E</i>	:	Waktu penetrasi terakhir yang lebih besar dari 10 mm (menit)
<i>F</i>	:	<i>Flowability</i>
<i>f<sub>c</sub>'</i>	:	Kekuatan tekan beton pada umur 28 hari (MPa)
<i>f<sub>m</sub></i>	:	Kekuatan tekan mortar (MPa)
<i>FM</i>	:	<i>Fineness Modulus</i>
<i>GGBFS</i>	:	<i>Ground Granulated Blast Furnace Slag</i>
<i>H</i>	:	Panjang (mm)
<i>k</i>	:	Faktor koreksi (%)
<i>L</i>	:	Waktu dalam menit dari penetrasi pertama yang lebih kecil dari 10 mm (menit)
<i>M<sub>a</sub></i>	:	Massa labu + minyak tanah (g)
<i>M<sub>t</sub></i>	:	Massa labu + GGBFS/CaO + minyak tanah (g)
<i>n</i>	:	Jumlah benda uji
<i>OD</i>	:	<i>Oven Dry</i>
<i>SG</i>	:	<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>
$Wc$	:	<i>water content</i>
$W_m$	:	Massa berat pengisi (kg)
$W_{pyc}$	:	Massa air + piknometer (g)
$W_s$	:	Massa agregat halus (kg)
$x$	:	Derajat persamaan
$Y$	:	Persamaan kuadratik dari grafik regresi
$\alpha$	:	Parameter alpha (kadar berat pengisi) (%)
$\alpha_{maks}$	:	Parameter alpha (kadar maksimum) (%)
$\eta$	:	Rasio GGBFS terhadap bahan pengikat (%)
$\beta$	:	Rasio aktivator terhadap bahan pengikat (%)
$\gamma$	:	Massa jenis ( $kg/m^3$ )
$\lambda$	:	Rasio air terhadap bahan pengikat

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian .....	6
Gambar 1.2 Lanjutan Diagram Alir Penelitian .....	7
Gambar 2.1 Proses Pembuatan GGBFS (Ahmad et al., 2022).....	9
Gambar 2.2 Ilustrasi Berat Isi Optimum $\square$ <i>Test</i> .....	12
Gambar 2.3 Grafik Hasil Alpha Test .....	12
Gambar 2.4 <i>Electric Flow Table</i> .....	13
Gambar 3.1 Agregat Halus .....	15
Gambar 3.2 Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS) .....	16
Gambar 3.3 Kalsium Oksida (CaO).....	16
Gambar 3.4 Air .....	17
Gambar 3.5 Superplasticizer (SP).....	17
Gambar 3.6 <i>Silica Slurry</i> .....	18
Gambar 3.7 Pasir Halus Silika .....	18
Gambar 3.8 Grafik Gradasi <i>Fineness Modul</i> Agregat Halus .....	23
Gambar 3.9 Perataan Permukaan Uji <i>Flowability</i> .....	31
Gambar 3.10 Pengukuran Diameter.....	31
Gambar 3.11 Metode <i>Sealed Curing</i> .....	32
Gambar 3.12 <i>Compression Testing Machine (CTM)</i> .....	33
Gambar 3.13 Data Pembacaan Pada CTM.....	33
Gambar 3.14 Alat Penetrasi Waktu Pengikatan .....	34
Gambar 3.15 Benda Uji Waktu Pengikatan .....	34
Gambar 4.1 <i>Flowability</i> Mortar SM-0 .....	35
Gambar 4.2 <i>Flowability</i> Mortar SM-5 .....	36
Gambar 4.3 <i>Flowability</i> Mortar SM-10 .....	36
Gambar 4.4 <i>Flowability</i> Mortar SM-15 .....	36
Gambar 4.5 <i>Flowability</i> Mortar SM-20 .....	36
Gambar 4.6 Massa Jenis Rata-rata Setiap Variasi Mortar .....	40
Gambar 4.7 Perkembangan Kekuatan Tekan Mortar Setiap Variasi <i>Silica Slurry</i> .....	43
Gambar 4.8 Material Dalam Mortar Yang Belum Bereaksi .....	44
Gambar 4.9 Waktu Pengikatan Akhir Mortar .....	49
Gambar 4.10 Waktu Pengikatan Awal Mortar.....	50
Gambar 4.11 Grafik Waktu Pengikatan Setiap Variasi Campuran Mortar .....	50

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Rekapitulasi Jumlah Benda Uji Kekuatan Tekan Mortar .....	4
Tabel 2.1 Persen Lolos Agregat Halus (ASTM C33) .....	8
Tabel 3.1 Perhitungan <i>Specific Gravity</i> GGBFS .....	20
Tabel 3.2 Perhitungan <i>Specific Gravity</i> CaO .....	20
Tabel 3.3 Perhitungan <i>Specific Gravity</i> Agregat Halus .....	21
Tabel 3.4 Perhitungan <i>Fineness Modulus</i> Agregat Halus Sampel 1 .....	22
Tabel 3.5 Perhitungan <i>Fineness Modulus</i> Agregat Halus Sampel 2 .....	23
Tabel 3.6 Perhitungan Absorpsi Agregat Halus.....	24
Tabel 3.7 Perhitungan Kadar Air <i>Silica Slurry</i> .....	25
Tabel 3.8 Data Pengujian □ <i>Test</i> .....	26
Tabel 3.9 Hasil Pengujian □ <i>Test</i> .....	27
Tabel 3.10 Perhitungan <i>Specific Gravity</i> Agregat Campuran .....	28
Tabel 3.11 Perhitungan Absorpsi Agregat Campuran .....	28
Tabel 3.12 Proporsi Campuran Mortar .....	30
Tabel 4.1 Hasil Pengujian <i>Flowability</i> Mortar .....	35
Tabel 4.2 Massa Jenis SM-0 .....	37
Tabel 4.3 Massa Jenis SM-5 .....	38
Tabel 4.4 Massa Jenis SM-10 .....	38
Tabel 4.5 Massa Jenis SM-15 .....	39
Tabel 4.6 Massa Jenis SM-20 .....	39
Tabel 4.7 Kekuatan Tekan Mortar SM-0 .....	41
Tabel 4.8 Kekuatan Tekan Mortar SM-5 .....	41
Tabel 4.9 Kekuatan Tekan Mortar SM-10 .....	42
Tabel 4.10 Kekuatan Tekan Mortar SM-15 .....	42
Tabel 4.11 Kekuatan Tekan Mortar SM-20 .....	43
Tabel 4.13 Waktu Pengikatan Mortar SM-0 .....	45
Tabel 4.14 Waktu Pengikatan Mortar SM-5 .....	46
Tabel 4.15 Waktu Pengikatan Mortar SM-10 .....	47
Tabel 4.16 Waktu Pengikatan Mortar SM-15 .....	48
Tabel 4.17 Waktu Pengikatan Mortar SM-20 .....	49



## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 <i>SPECIFIC GRAVITY</i> GGFBS.....	57
LAMPIRAN 2 <i>SPECIFIC GRAVITY</i> CaO .....	58
LAMPIRAN 3 <i>SPECIFIC GRAVITY</i> AGREGAT HALUS.....	59
LAMPIRAN 4 <i>FINENESS MODULUS</i> AGREGAT HALUS.....	60
LAMPIRAN 5 ABSORPSI AGREGAT HALUS .....	62
LAMPIRAN 6 KADAR AIR <i>SILICA SLURRY</i> .....	63
LAMPIRAN 7 PENGUJIAN $\alpha$ <i>TEST</i> .....	64
LAMPIRAN 8 <i>SPECIFIC GRAVITY</i> AGREGAT CAMPURAN.....	66
LAMPIRAN 9 ABSORPSI AGREGAT CAMPURAN .....	67
LAMPIRAN 10 <i>MIX DESIGN</i> MORTAR <i>SILICA SLURRY</i> 0%.....	68
LAMPIRAN 11 <i>MIX DESIGN</i> MORTAR <i>SILICA SLURRY</i> 5%.....	70
LAMPIRAN 12 <i>MIX DESIGN</i> MORTAR <i>SILICA SLURRY</i> 10%.....	72
LAMPIRAN 13 <i>MIX DESIGN</i> MORTAR <i>SILICA SLURRY</i> 15%.....	74
LAMPIRAN 14 <i>MIX DESIGN</i> MORTAR <i>SILICA SLURRY</i> 20%.....	76
LAMPIRAN 15 SP MASTEREASE 3079.....	78
LAMPIRAN 16 <i>SILICA SLURRY</i> MASTERLIFE SF3263.....	80



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kemajuan pembangunan infrastruktur merupakan salah satu indikator terpenting bagi Indonesia untuk mencapai status negara maju. Jumlah penduduk Indonesia pada pertengahan 2023 mencapai 278,69 juta jiwa, pertumbuhan ini meningkat sebesar 1,05% dari tahun 2022. Jawa Barat menempati posisi teratas sebagai provinsi dengan jumlah penduduk terbanyak pada tahun 2022 yakni sebanyak 49,40 juta jiwa disusul dengan Jawa Timur sebanyak 41,15 juta jiwa dan Jawa Tengah sebanyak 37,03 juta jiwa (Ahdiat, 2023). Masalah ketidakmerataan penduduk dapat memperburuk keadaan ekonomi dan menimbulkan kesenjangan sosial, hal tersebut akan menghambat kemajuan suatu negara. Oleh karena itu untuk mencapai status negara maju, pembangunan infrastruktur di Indonesia dalam bidang transportasi seperti jalan tol hingga jalan daerah terus dikembangkan dalam upaya meningkatkan konektivitas antar daerah dan aksesibilitas untuk mencapai kesejahteraan masyarakat yang merata. Tentunya bahan baku konstruksi seperti beton dan mortar semakin dibutuhkan seiring meningkatnya pembangunan infrastruktur.

Mortar merupakan salah satu bahan konstruksi yang dimanfaatkan sebagai pengikat blok bata, pengisi dan penutup celah pada bangunan, hingga perbaikan jalan. Mortar terbuat dari campuran semen, agregat halus (pasir), dan air. Pada bahan campuran mortar, semen berfungsi sebagai bahan pengikat agregat halus yang berhidrasi dengan air sehingga proses pengerasan semen dapat terjadi. Umumnya semen hidrolik berjenis semen portland digunakan sebagai bahan pengikat karena sifat mekanik dan durabilitas yang dihasilkan sangat baik (Setiati, 2018)

Kebutuhan semen hidrolik berbanding lurus dengan meningkatnya jumlah pembangunan sehingga produksi semen ikut meningkat. Semen sebagai material pengikat utama dalam bahan konstruksi dalam produksinya secara global menghasilkan emisi berupa CO<sub>2</sub>. Produksi semen global pada tahun 2022 telah menghasilkan emisi CO<sub>2</sub> sebesar 1.6 miliar ton (Tiseo, 2023). Proses produksi, semen hidrolik yang panjang hingga pengemasan setiap kg per semen menghasilkan setidaknya 0,65-0,92 kg CO<sub>2</sub> pada pabrik semen dengan teknologi dan peralatan modern (Hoenig, 2007). Emisi CO<sub>2</sub> yang tinggi dapat meningkatkan suhu di permukaan bumi yang akan mengakibatkan perubahan iklim,

bencana alam, berujung ketidakstabilan ekonomi global (Rizaty, 2022). Oleh karena itu, dapat dilakukan inovasi dalam mengurangi produksi CO<sub>2</sub> ini dengan mengganti semen hidrolik dengan bahan yang lebih ramah lingkungan, yakni menggunakan *Ground Granulated Blast Furnace Slag* (GGBFS) sebagai bahan pengikat pada mortar dan beton.

*Ground Granulated Blast Furnace Slag* adalah produk sisa pembakaran pada tanur tinggi yang diperoleh dari penggilingan kerak. GGBFS memiliki sifat pozolanic yang mirip dengan semen, sehingga dapat digunakan menjadi bahan pengganti ataupun bahan tambahan pada beton maupun mortar (Taufan, 2020). Namun, proses hidrasi awal pada GGBFS dapat dikatakan sangat lambat daripada semen pada suhu standar 20°C (Turuallo, 2013). Untuk mempercepat hidrasi GGBFS diperlukan suatu aktivator senyawa alkali misalnya natrium, kalium, sulfat (SO<sub>4</sub>), nitrat (NO<sub>3</sub>), dan salah satunya yang dapat digunakan adalah kalsium oksida (CaO) (Arif, 2015). Senyawa CaO ini merupakan hasil dari pembakaran kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>) yang berpotensi memiliki sifat reaktif sehingga sangat efektif untuk mengaktifkan GGBFS.

*Silica slurry* merupakan produk *silica fume* yang berbentuk cair. *Silica fume* didapat dari sisa produksi silikon yang dilebur dari tanur tinggi yang memiliki kandungan silika lebih dari 90%. *Silica slurry* digunakan sebagai bahan tambahan pengisi (*filler*) pada bahan pengikat (*binder*) mortar.

Pasir halus silika merupakan pasir halus yang lolos saringan 325 dan memiliki kadar silika lebih dari 99%. Sebagai partikel yang halus, pasir halus silika dapat digunakan sebagai bahan tambahan pengisi (*filler*) pada agregat halus agar dapat memperkecil jumlah ruang kosong pada campuran mortar.

Kedua bahan pengisi (*filler*) yakni *silica slurry* dan pasir halus silika digunakan pada campuran mortar agar dapat meningkatkan kekuatan tekan serta mempercepat waktu pengikatan.

## 1.2 Inti Permasalahan

Inti permasalahan pada penelitian eksperimental ini ialah untuk mengetahui pengaruh dari variasi penambahan *silica slurry* dan pasir halus silika dalam mortar tanpa semen berbahan dasar *Ground Granulated Blast Furnace Slag* (GGBFS) dan kalsium oksida (CaO) terhadap kekuatan tekan dan waktu pengikatan.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Studi eksperimental ini dilaksanakan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui perkembangan nilai kekuatan tekan mortar yang berbahan dasar GGBFS dan kalsium oksida dengan variasi penambahan *silica slurry* dan penambahan pasir halus silika.
2. Mengetahui waktu pengikatan awal dan waktu pengikatan akhir mortar yang berbahan dasar GGBFS dan kalsium oksida dengan variasi penambahan *silica slurry* dan penambahan pasir halus silika.

### 1.4 Pembatasan Masalah

Pembatasan yang diterapkan pada studi eksperimental ini mencakup:

1. Agregat halus yang digunakan adalah pasir Galunggung, dengan penambahan pasir halus silika sebagai *filler* pada agregat halus yang ditetapkan berdasarkan pengujian berat isi optimum.
2. *Slag* yang dipergunakan adalah *Ground Granulated Blast Furnace Slag* (GGBFS) dari PT. KRNG Indonesia.
3. Aktivator alkali yang digunakan adalah CaO yang ditetapkan sebesar 15% (Djayaprabha & Hermawan, 2023).
4. *Superplasticizer* yang dipergunakan 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.
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 tekan mortar dilakukan pada umur 7; 14; 28; dan 56 hari dengan benda uji berbentuk kubus ( $50 \times 50 \times 50$  mm) sesuai dengan standar ASTM C109.
12. Pengujian waktu pengikatan dan konsistensi mortar dilakukan sesuai dengan ASTM C807-13, pada masing-masing variasi.

13. Rincian benda uji yang digunakan untuk pengujian kuat tekan adalah 60 buah berbentuk kubus pada Tabel 1.1.

**Tabel 1.1** Rekapitulasi Jumlah Benda Uji Kekuatan Tekan Mortar

Jenis Pengujian	Bentuk dan Ukuran	Variasi Silica Slurry (%)	Kode	Umur Pengujian (hari)	Jumlah Benda Uji (buah)
Kekuatan Tekan	Kubus berukuran 50 × 50 × 50 mm	0	SM-0	7, 14, 28, dan 56	12
		5	SM-5		12
		10	SM-10		12
		15	SM-15		12
		20	SM-20		12
Total Benda Uji					60

### 1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian pada studi eksperimental ini adalah:

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan pencarian berbagai sumber, seperti jurnal, karya tulis ilmiah, dan buku yang dapat menambah pemahaman dan wawasan penulis dalam mengerjakan penelitian di laboratorium.

2. Studi Eksperimental

Studi eksperimental dilakukan di Laboratorium Teknik Struktur Universitas Katolik Parahyangan. Kegiatan penelitian ini melewati tahapan dari persiapan material, perhitungan jumlah kebutuhan material, pembuatan benda uji, hingga pengujian benda uji.

3. Analisis Data

Analisis data adalah tahap mengolah data yang diperoleh setelah seluruh kegiatan studi eksperimental untuk mencapai tujuan penelitian.

### 1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini dibagi menjadi 5 bab, yaitu:

**BAB 1: PENDAHULUAN**

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

**BAB 2: DASAR TEORI**

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

### **BAB 3: METODOLOGI PENELITIAN**

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

### **BAB 4: ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisikan analisis dan pembahasan data hasil dari proses pengujian benda uji di laboratorium.

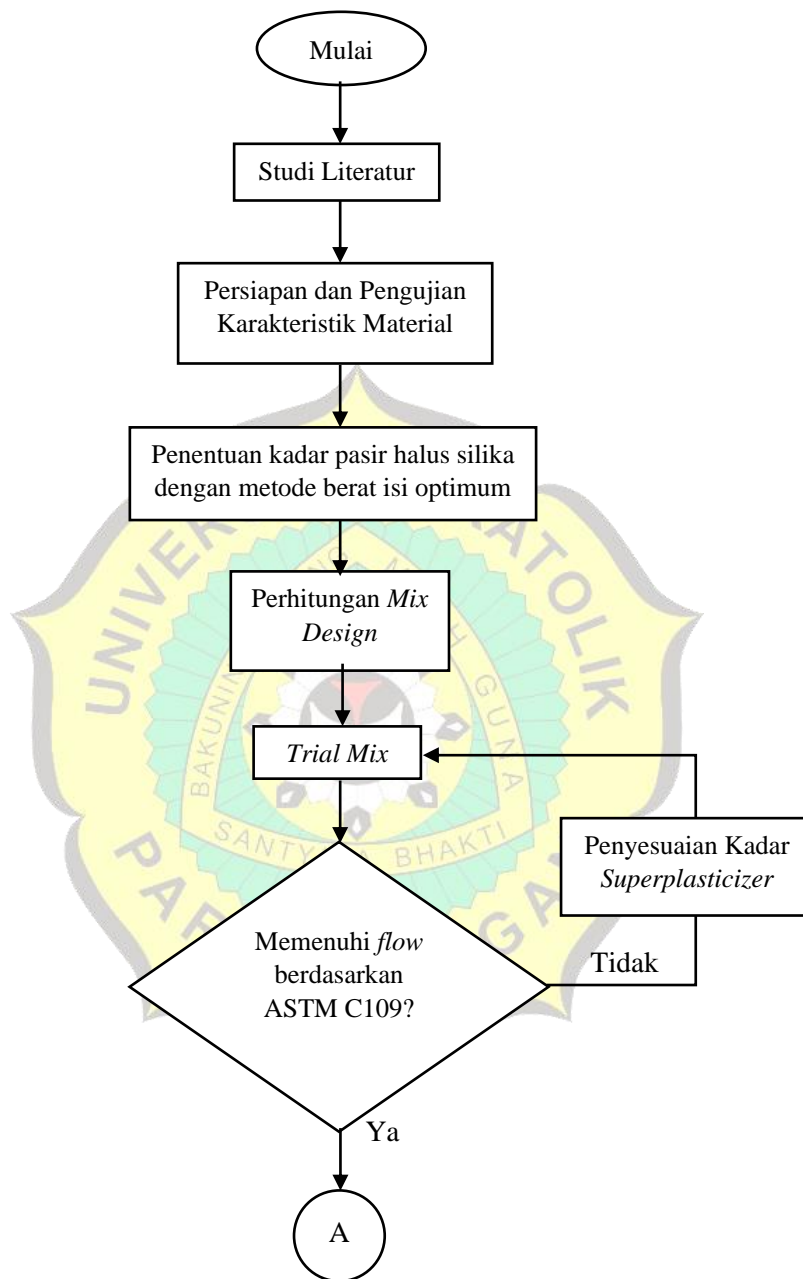
### **BAB 5: KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisikan kesimpulan atas hasil yang telah diperoleh dari pengujian dan saran untuk penelitian selanjutnya atau praktisi pada bidang terkait.

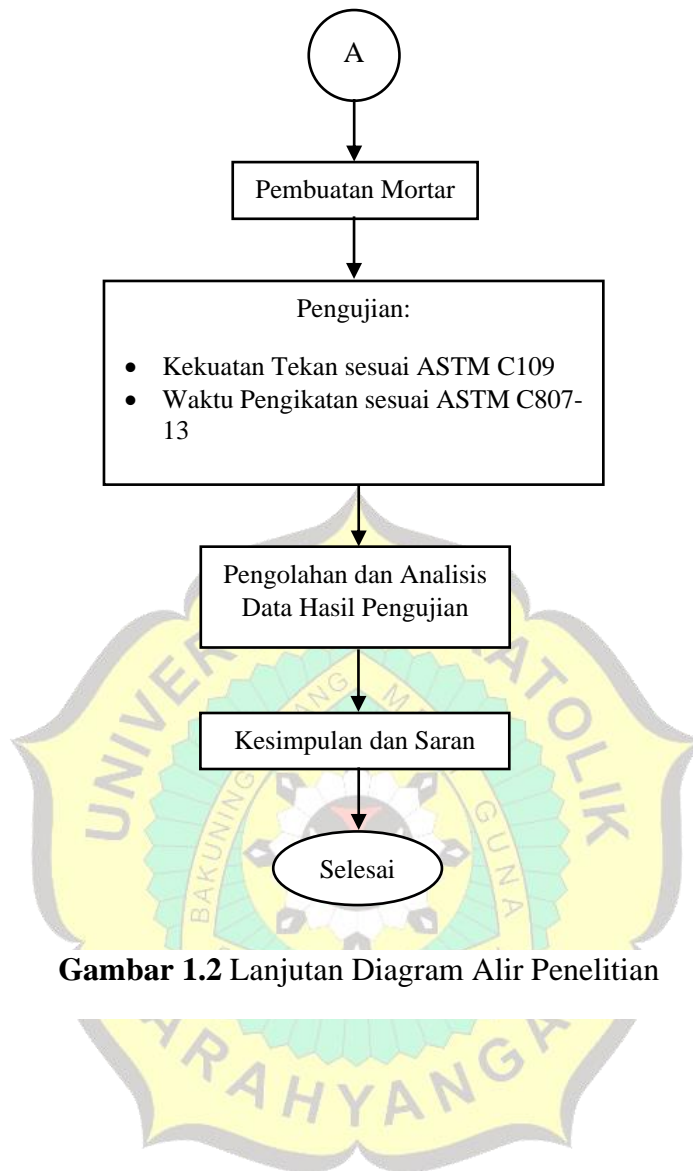
#### **1.7 Diagram Alir**

Penelitian kekuatan tekan dan waktu peningkatan dilakukan berdasarkan diagram alir pada Gambar 1.1.





**Gambar 1.1** Diagram Alir Penelitian



**Gambar 1.2** Lanjutan Diagram Alir Penelitian