

**SKRIPSI**

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH  
PENAMBAHAN SILICA SLURRY TERHADAP  
KEKUATAN LENTUR DAN DURABILITAS MORTAR  
BERBAHAN DASAR GROUND GRANULATED  
BLAST FURNACE SLAG DAN KALSIUM OKSIDA**



**GAVYN OWEN EDRICK RUMBAJAN  
NPM : 6101901063**

**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  
PENAMBAHAN SILICA SLURRY TERHADAP  
KEKUATAN LENTUR DAN DURABILITAS MORTAR  
BERBAHAN DASAR GROUND GRANULATED  
BLAST FURNACE SLAG DAN KALSIUM OKSIDA**



**GAVYN OWEN EDRICK RUMBAJAN  
NPM : 6101901063**

**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  
PENAMBAHAN SILICA SLURRY TERHADAP  
KEKUATAN LENTUR DAN DURABILITAS MORTAR  
BERBAHAN DASAR GROUND GRANULATED  
BLAST FURNACE SLAG DAN KALSIUM OKSIDA**



**GAVYN OWEN EDRICK RUMBAJAN  
NPM : 6101901063**

**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 PENAMBAHAN SILICA SLURRY TERHADAP KEKUATAN LENTUR DAN DURABILITAS MORTAR BERBAHAN DASAR GROUND GRANULATED BLAST FURNACE SLAG DAN KALSIUM OKSIDA



**GAVYN OWEN EDRICK RUMBAJAN**  
**NPM : 6101901063**

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

**PENGUJI 1:** Buen Sian, Ir., MT.

**PENGUJI 2:** Nenny Samudra, Ir., MT.

**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 : GAVYN OWEN EDRICK RUMBAJAN  
Tempat, tanggal lahir : Manado, 4 Juni 2001  
NPM : 6101901063  
Judul skripsi : STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH PENAMBAHAN SILICA SLURRY TERHADAP KEKUATAN LENTUR DAN DURABILITAS MORTAR BERBAHAN DASAR GROUND GRANULATED BLAST FURNACE SLAG DAN KALSIUM OKSIDA

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, 6 Januari 2024



Gavyn Owen Edrick Rumbajan

# STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH PENAMBAHAN SILICA SLURRY TERHADAP KEKUATAN LENTUR DAN DURABILITAS MORTAR BERBAHAN DASAR GROUND GRANULATED BLAST FURNACE SLAG DAN KALSIUM OKSIDA

Gavyn Owen Edrick Rumbajan  
NPM: 6101901063

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

Mortar merupakan salah satu bahan konstruksi yang terdiri dari bahan pengikat seperti semen, agregat halus dan air. Seiring meningkatnya pembangunan infrastruktur tidak terlepas dari penggunaan mortar, maka penggunaan semen juga meningkat. Akan tetapi, proses produksi dari semen menghasilkan gas emisi karbon dioksida yang tinggi. Untuk mengatasi masalah tersebut, digunakanlah bahan pengikat berupa Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS) yang berasal dari limbah industri pembuatan baja. Namun, GGBFS memiliki proses hidrasi di awal, maka digunakan kalsium oksida (CaO) sebagai aktivator. Kemudian digunakan bahan tambah yaitu *silica slurry* dan memiliki fungsi sebagai bahan pengisi juga. Untuk mengetahui pengaruh *silica slurry* terhadap kekuatan lentur dan durabilitas mortar, maka dilakukan pengujian, didapatkan nilai kekuatan lentur umur ke-28 hari pada variasi 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% *silica slurry* sebagai berikut 8,89 MPa, 7,52 MPa, 7,10 MPa, 7,07 MPa, dan 6,93 MPa. Nilai Ultrasonic Pulse Velocity (UPV) umur ke-28 hari pada variasi 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% *silica slurry* sebagai berikut sebesar 3960,41 m/s, 3934,55 m/s, 3912,56 m/s, 3856,93 m/s, dan 3765,83 m/s. Nilai penyerapan air umur ke-28 hari pada variasi 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% *silica slurry* sebagai berikut 4,18%, 4,43%, 5,53%, 6,33%, dan 7,01%.

**Kata Kunci:** CaO, GGBFS, Kekuatan Lentur, Penyerapan Air, UPV.

# **EXPERIMENTAL STUDY THE EFFECT OF SILICA SLURRY ADDITION ON FLEXURAL STRENGTH AND DURABILITY OF MORTAR WITH GROUND GRANULATED BLAST FURNACE SLAG AND CALCIUM OXIDE**

**Gavyn Owen Edrick Rumbajan  
NPM: 6101901063**

**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**

Mortar is one of the construction materials consisting of binders such as cement, fine aggregate and water. As the increase in infrastructure development is inseparable from the use of mortar, the use of cement also increases. However, the production process of cement produces high carbon dioxide emission gases. To overcome this problem, a binder in the form of Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS) derived from steelmaking industry waste is used. However, GGBFS has an initial hydration process, so calcium oxide (CaO) is used as an activator. Silica slurry is used as supplementary cementitious material which acted as filler. To determine the effect of silica slurry on the flexural strength and durability of mortar, testing was carried out, obtained the value of flexural strength at 28 days of age in variations of 0%, 5%, 10%, 15%, and 20% silica slurry as follows 8.89 MPa, 7.52 MPa, 7.10 MPa, 7.07 MPa, and 6.93 MPa. The values of Ultrasonic Pulse Velocity (UPV) at 28 days of age in variations of 0%, 5%, 10%, 15%, and 20% silica slurry as follows 3960.41 m/s, 3934.55 m/s, 3912.56 m/s, 3865.93 m/s, and 3765.83 m/s. The 28-day age water absorption value in the variation of 0%, 5%, 10%, 15%, and 20% silica slurry as follows 4.18%, 4.43%, 5.53%, 6.33%, and 7.01%.

**Keywords:** CaO, GGBFS, Flexural Strength, Water absorption, UPV



## **PRAKATA**

Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan berkat yang diberikan sehingga skripsi dengan judul “STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH PENAMBAHAN SILICA SLURRY TERHADAP KEKUATAN LENTUR DAN DURABILITAS MORTAR BERBAHAN DASAR GROUND GRANULATED BLAST FURNACE SLAG DAN KALSIUM OKSIDA” dapat selesai dengan tepat waktu dan baik. Penyusunan skripsi ini dilakukan dengan tujuan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan pendidikan S-1 pada program studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan Bandung.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari dukungan, masukan, dan bimbingan banyak pihak sehingga bisa terselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Maka, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang terlibat dalam penyusunan skripsi ini, yaitu

1. Bapak Herry Suryadi, Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak masukan, pengetahuan, bimbingan dan waktunya untuk membantu penulis selama proses penyusunan skripsi.
2. Seluruh dosen Program Studi Teknik Sipil terlebih khusus bidang ilmu Teknik Struktur yang telah meluangkan waktu untuk menghadiri dan memberikan masukan serta saran pada saat seminar judul, seminar isi, dan sidang.
3. Bapak Teguh Farid Iman, S.T., Bapak Markus Didi G., dan Bapak Heri Rustandi yang telah membantu dalam proses persiapan sampai pengujian benda uji di Laboratorium Struktur Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan serta memberikan masukan selama proses penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Arlan Rumbajan, Ibu Regina Benawan, dan Bapak Kiky Runtuwene selaku orang tua yang selalu memberikan motivasi dan dukungan serta doa selama penyusunan skripsi.



5. Willyam Steven yang sudah menjadi rekan seperjuangan dalam melakukan pengujian material, pembuatan benda uji dan proses penyusunan laporan skripsi.
6. Vincent, Davaray, Shidqi, Felix, Dinda, dan Ayreen selaku teman-teman seperjuangan di Laboratorium Teknik Struktur Universitas Katolik Parahyangan.
7. Tamang Mabo selaku sahabat dari Manado yang sama-sama merantau yang telah memberikan motivasi dan semangat dalam penyusunan skripsi ini.
8. Teman-teman Teknik Sipil UNPAR angkatan 2019 yang telah berjuang bersama menyelesaikan perkuliahan di UNPAR.
9. Seluruh pihak yang turut memberikan masukan, saran, dan motivasi dalam penyusunan skripsi yang tidak dapat disebut satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat menerima masukan dari seluruh pihak yang ingin memberikan masukan dan saran untuk studi eksperimental ini. Akhir kata, semoga skripsi ini berguna bagi para peneliti dan pembaca.

Bandung, 6 Januari 2024



Gavyn Owen Edrick Rumbajan

6101901063

# DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN .....	i
PRAKATA .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Inti Permasalahan .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Pembatasan Masalah .....	3
1.5 Metode Penelitian .....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	5
1.7 Diagram Alir .....	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1 Mortar .....	7
2.2 <i>Grand Granulated Blast Furnace Slag</i> (GGBFS) .....	7
2.3 Aktivator Alkali (CaO) .....	8
2.4 Agregat Halus .....	9
2.5 <i>Silica Slurry</i> .....	10
2.6 Air .....	10
2.7 <i>Superplasticizer</i> .....	10

2.8 Pengujian <i>Flowability</i> .....	11
2.9 Pengujian Kekuatan Lentur.....	12
2.10 Pengujian Kuat Tekan.....	12
2.11 Pengujian <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> (UPV) .....	13
2.12 Pengujian Penyerapan Air ( <i>Absorpsi</i> ).....	14
2.13 Hubungan Kekuatan Lentur dan Tekan .....	15
2.14 Hubungan UPV dan Rasio Poisson.....	15
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>16</b>
3.1 Material Campuran Mortar .....	16
3.1.1 <i>Ground Granulated Blast Furnace Slag</i> (GGBFS) .....	16
3.1.2 Kalsium Oksida (CaO).....	16
3.1.3 Agregat Halus.....	16
3.1.4 <i>Silica Slurry</i> .....	17
3.1.5 Air .....	17
3.1.6 <i>Superplasticizer</i> .....	17
3.2 Pengujian Material Campuran Mortar.....	18
3.2.1 GGBFS dan CaO.....	18
3.2.2 Agregat Halus.....	19
3.3 Proporsi Campuran Mortar .....	22
3.4 Pembuatan Benda Uji Mortar.....	23
3.5 Pengujian <i>Flowability</i> Mortar .....	25
3.6 Perawatan Benda Uji.....	25
3.7 Pengujian Kekuatan Lentur.....	26
3.8 Pengujian Kekuatan Tekan .....	26
3.9 Pengujian <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> .....	27
3.10 Pengujian Penyerapan Air.....	27

BAB 4 ANALISIS DATA .....	29
4.1 Analisis Pengujian <i>Flowability</i> Mortar Segar .....	29
4.2 Analisis Pengujian Kekuatan Lentur.....	30
4.2.1 Analisis Pengujian Kekuatan Lentur Variasi 0% <i>Silica Slurry</i> .....	31
4.2.2 Analisis Pengujian Kekuatan Lentur Variasi 5% <i>Silica Slurry</i> .....	32
4.2.3 Analisis Pengujian Kekuatan Lentur Variasi 10% <i>Silica Slurry</i> .....	33
4.2.4 Analisis Pengujian Kekuatan Lentur Variasi 15% <i>Silica Slurry</i> .....	34
4.2.5 Analisis Pengujian Kekuatan Lentur Variasi 20% <i>Silica Slurry</i> .....	35
4.2.6 Perbandingan Hasil Perbandingan Kekuatan Lentur Antar Variasi.....	36
4.3 Analisis Pengujian Kekuatan Tekan .....	36
4.3.1 Analisis Pengujian Kekuatan Tekan Variasi 0% <i>Silica Slurry</i> .....	37
4.3.2 Analisis Pengujian Kekuatan Tekan Variasi 5% <i>Silica Slurry</i> .....	38
4.3.3 Analisis Pengujian Kekuatan Tekan Variasi 10% <i>Silica Slurry</i> .....	39
4.3.4 Analisis Pengujian Kekuatan Tekan Variasi 15% <i>Silica Slurry</i> .....	40
4.3.5 Analisis Pengujian Kekuatan Tekan Variasi 20% <i>Silica Slurry</i> .....	41
4.3.6 Perbandingan Pengujian Kekuatan Tekan Antar Variasi.....	42
4.4 Analisis Pengujian <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> (UPV).....	42
4.4.1 Analisis Pengujian UPV Variasi 0% <i>Silica Slurry</i> .....	43
4.4.2 Analisis Pengujian UPV Variasi 5% <i>Silica Slurry</i> .....	44
4.4.3 Analisis Pengujian UPV Variasi 10% <i>Silica Slurry</i> .....	45
4.4.4 Analisis Pengujian UPV Variasi 15% <i>Silica Slurry</i> .....	46
4.4.5 Analisis Pengujian UPV Variasi 20% <i>Silica Slurry</i> .....	47
4.4.6 Perbandingan Pengujian UPV Antar Variasi .....	48
4.5 Analisis Uji Penyerapan Air.....	49
4.5.1 Analisis Pengujian Penyerapan Air Variasi 0% <i>Silica Slurry</i> .....	49
4.5.2 Analisis Pengujian Penyerapan Air Variasi 5% <i>Silica Slurry</i> .....	50

4.5.3 Analisis Pengujian Penyerapan Air Variasi 10% <i>Silica Slurry</i> .....	51
4.5.4 Analisis Pengujian Penyerapan Air Variasi 15% <i>Silica Slurry</i> .....	52
4.5.5 Analisis Pengujian Penyerapan Air Variasi 20% <i>Silica Slurry</i> .....	53
4.5.6 Perbandingan Pengujian Penyerapan Air Tekan Antar Variasi .....	54
4.6 Analisis Korelasi Pengujian Kekuatan Lentur dan Tekan .....	55
4.7 Nilai Modulus Elastisitas Dinamik Berdasarkan Nilai UPV .....	55
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>56</b>
5.1 Kesimpulan .....	56
5.2 Saran.....	57
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>58</b>
LAMPIRAN 1 .....	60
LAMPIRAN 2 .....	61
LAMPIRAN 3 .....	62
LAMPIRAN 4 .....	63
LAMPIRAN 5 .....	65
LAMPIRAN 6 .....	66
LAMPIRAN 7 .....	69
LAMPIRAN 8 .....	72
LAMPIRAN 9 .....	75
LAMPIRAN 10 .....	78



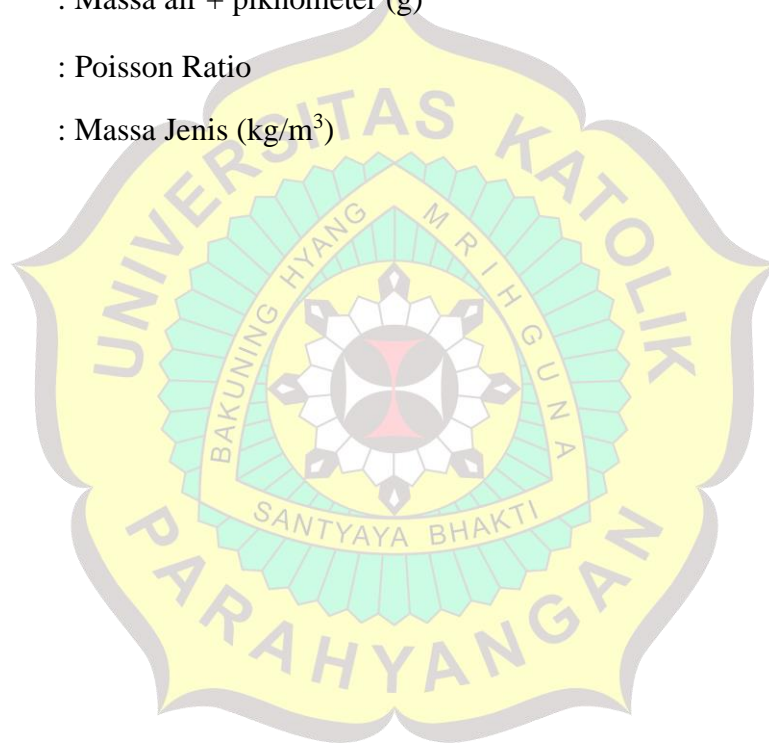
## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN



$A$	: Luas bidang tekan (mm <sup>2</sup> )
$A_{bs}$	: 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
$d$	: Lebar (mm)
$E_d$	: <i>Dynamic modulus of elasticity</i> [MPa]
$F$	: <i>Flowability</i>
$f_r$	: Kekuatan lentur mortar (MPa)
$f_m$	: Kekuatan tekan mortar (MPa)
$FM$	: Fineness Modulus
$GGBFS$	: <i>Ground Granulated Blast Furnace Slag</i>
$L$	: Panjang (mm)
$k$	: Koefisien korelasi
$k$	: 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>



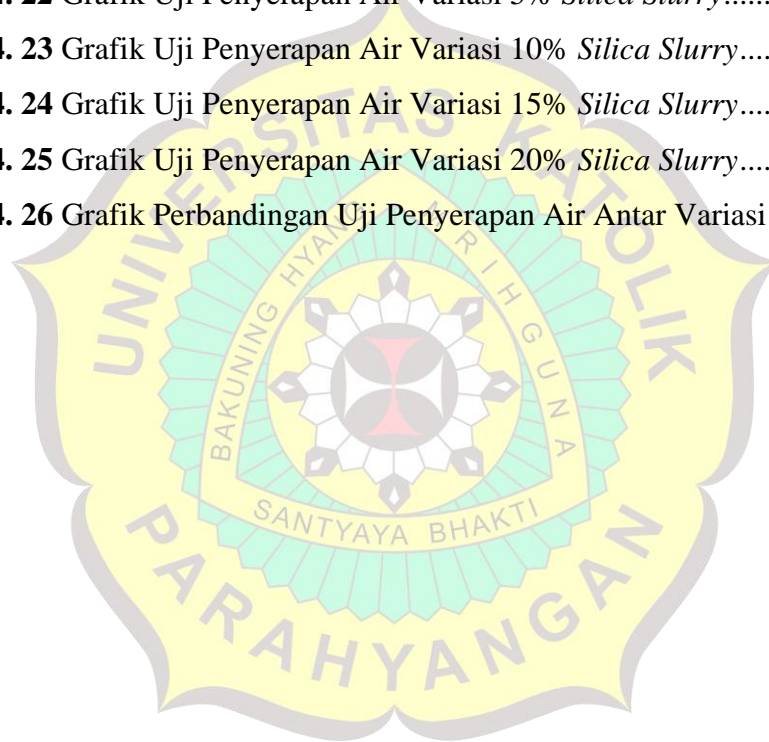
SNI	: Standar Nasional Indonesia
V	: Volume (m <sup>3</sup> )
v	: Kecepatan rata-rata (m/s)
$W_{pyc}^*$	: Massa air + piknometer + agregat halus (g)
$W_{SSD}$	: Berat benda uji kondisi SSD (g)
$W_{OD}$	: Berat benda uji kondisi kering oven (g)
w/b	: <i>water-to-binder</i>
w/c	: <i>water-to-cement</i>
$W_{pyc}$	: Massa air + piknometer (g)
$\mu$	: Poisson Ratio
$\rho$	: Massa Jenis (kg/m <sup>3</sup> )



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b> Diagram Alir Penerlitan.....	6
<b>Gambar 2. 1</b> Proses Pembuatan GGBFS (Özbay et al, 2016) .....	8
<b>Gambar 2. 2</b> <i>Electric Flow Table</i> .....	12
<b>Gambar 2. 3</b> Alat PUNDIT.....	13
<b>Gambar 2. 4</b> Uji UPV Metode <i>Direct</i> .....	14
<b>Gambar 2. 5</b> Uji UPV Metode <i>Semi Direct</i> .....	14
<b>Gambar 2. 6</b> Uji UPV Metode <i>Indirect</i> .....	14
<b>Gambar 3. 1</b> <i>Ground Granulated Blas Furnace Slag</i> .....	16
<b>Gambar 3. 2</b> Kalsium Oksida (CaO) .....	16
<b>Gambar 3. 3</b> Pasir Galunggung.....	17
<b>Gambar 3. 4</b> <i>Silica Slurry</i> .....	17
<b>Gambar 3. 5</b> Air.....	17
<b>Gambar 3. 6</b> <i>Superplasticizer</i> .....	18
<b>Gambar 3. 7</b> Mixer.....	24
<b>Gambar 3. 8</b> <i>Sealed Curing</i> .....	25
<b>Gambar 3. 9</b> Pengujian Kekuatan Lentur .....	26
<b>Gambar 3. 10</b> Pengujian Kekuatan Lentur .....	27
<b>Gambar 3. 11</b> Pengujian Penyerapan Air.....	28
<b>Gambar 4. 1</b> Grafik Flowability Benda Uji Silinder .....	29
<b>Gambar 4. 2</b> Grafik Flowability Benda Uji Balok .....	30
<b>Gambar 4. 3</b> Grafik Kekuatan Lentur Variasi 0% <i>Silica Slurry</i> .....	31
<b>Gambar 4. 4</b> Grafik Kekuatan Lentur Variasi 5% <i>Silica Slurry</i> .....	32
<b>Gambar 4. 5</b> Grafik Kekuatan Lentur Variasi 10% <i>Silica Slurry</i> .....	33
<b>Gambar 4. 6</b> Grafik Kekuatan Lentur Variasi 15% <i>Silica Slurry</i> .....	34
<b>Gambar 4. 7</b> Grafik Kekuatan Lentur Variasi 20% <i>Silica Slurry</i> .....	35
<b>Gambar 4. 8</b> Grafik Perbandingan Uji Kekuatan Lentur Antar Variasi .....	36
<b>Gambar 4. 9</b> Grafik Uji Kekuatan Tekan Variasi 0% <i>Silica Slurry</i> .....	37
<b>Gambar 4. 10</b> Grafik Uji Kekuatan Tekan Variasi 5% <i>Silica Slurry</i> .....	38
<b>Gambar 4. 11</b> Grafik Uji Kekuatan Tekan Variasi 10% <i>Silica Slurry</i> .....	39
<b>Gambar 4. 12</b> Grafik Uji Kekuatan Tekan Variasi 15% <i>Silica Slurry</i> .....	40

<b>Gambar 4. 13</b>	Grafik Uji Kekuatan Tekan Variasi 20% <i>Silica Slurry</i> .....	41
<b>Gambar 4. 14</b>	Grafik Perbandingan Uji Kekuatan Tekan Antar Variasi.....	42
<b>Gambar 4. 15</b>	Grafik Pengujian UPV Variasi 0% <i>Silica Slurry</i> .....	43
<b>Gambar 4. 16</b>	Grafik Pengujian UPV Variasi 5% <i>Silica Slurry</i> .....	44
<b>Gambar 4. 17</b>	Grafik Pengujian UPV Variasi 10% <i>Silica Slurry</i> .....	45
<b>Gambar 4. 18</b>	Grafik Pengujian UPV Variasi 15% <i>Silica Slurry</i> .....	46
<b>Gambar 4. 19</b>	Grafik Pengujian UPV Variasi 20% <i>Silica Slurry</i> .....	47
<b>Gambar 4. 20</b>	Grafik Perbandingan Pengujian UPV Antar Variasi .....	48
<b>Gambar 4. 21</b>	Grafik Uji Penyerapan Air Variasi 0% <i>Silica Slurry</i> .....	49
<b>Gambar 4. 22</b>	Grafik Uji Penyerapan Air Variasi 5% <i>Silica Slurry</i> .....	50
<b>Gambar 4. 23</b>	Grafik Uji Penyerapan Air Variasi 10% <i>Silica Slurry</i> .....	51
<b>Gambar 4. 24</b>	Grafik Uji Penyerapan Air Variasi 15% <i>Silica Slurry</i> .....	52
<b>Gambar 4. 25</b>	Grafik Uji Penyerapan Air Variasi 20% <i>Silica Slurry</i> .....	53
<b>Gambar 4. 26</b>	Grafik Perbandingan Uji Penyerapan Air Antar Variasi .....	54



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1. 1</b> Benda Uji Kuat Lentur dan Penyerapan Air .....	4
<b>Tabel 1. 2</b> Benda Uji Ultrasonic Pulse Velocity.....	4
<b>Tabel 2. 1</b> Distribusi Persen Lolos Agregat Halus (ASTM C33).....	9
<b>Tabel 3. 1</b> Hasil Pengujian <i>Spesific Gravity</i> GGBFS .....	19
<b>Tabel 3. 2</b> Hasil Pengujian <i>Spesific Gravity</i> CaO .....	19
<b>Tabel 3. 3</b> Hasil Pengujian <i>Spesific Gravity</i> Agregat Halus .....	20
<b>Tabel 3. 4</b> Hasil Pengujian <i>Absorpsi</i> agregat halus .....	21
<b>Tabel 3. 5</b> Hasil Pengujian Saringan Agregat Halus (Sampel 1) .....	22
<b>Tabel 3. 6</b> Hasil Pengujian Saringan Agregat Halus (Sampel 2) .....	22
<b>Tabel 3. 7</b> Proporsi Campuran Mortar.....	23
<b>Tabel 4. 1</b> Flowability Campuran Mortar Segar (Benda Uji Silinder).....	29
<b>Tabel 4. 2</b> Flowability Campuran Mortar Segar (Benda Uji Balok).....	30
<b>Tabel 4. 3</b> Hasil Pengujian Kekuatan Lentur Variasi 0% <i>Silica Slurry</i> .....	31
<b>Tabel 4. 4</b> Hasil Pengujian Kekuatan Lentur Variasi 5% <i>Silica Slurry</i> .....	32
<b>Tabel 4. 5</b> Hasil Pengujian Kekuatan Lentur Variasi 10% <i>Silica Slurry</i> .....	33
<b>Tabel 4. 6</b> Hasil Pengujian Kekuatan Lentur Variasi 15% <i>Silica Slurry</i> .....	34
<b>Tabel 4. 7</b> Hasil Pengujian Kekuatan Lentur Variasi 15% <i>Silica Slurry</i> .....	35
<b>Tabel 4. 8</b> Perbandingan Hasil Pengujian Kekuatan Lentur Antar Variasi .....	36
<b>Tabel 4. 9</b> Hasil Pengujian Kekuatan Tekan Variasi 0% <i>Silica Slurry</i> .....	37
<b>Tabel 4. 10</b> Hasil Pengujian Kekuatan Tekan Variasi 5% <i>Silica Slurry</i> .....	38
<b>Tabel 4. 11</b> Hasil Pengujian Kekuatan Tekan Variasi 10% <i>Silica Slurry</i> .....	39
<b>Tabel 4. 12</b> Hasil Pengujian Kekuatan Tekan Variasi 15% <i>Silica Slurry</i> .....	40
<b>Tabel 4. 13</b> Hasil Pengujian Kekuatan Tekan Variasi 20% <i>Silica Slurry</i> .....	41
<b>Tabel 4. 14</b> Perbandingan hasil Pengujian Kekuatan Tekan Antar Variasi .....	42
<b>Tabel 4. 15</b> Hasil Pengujian UPV Variasi 0% <i>Silica Slurry</i> .....	43
<b>Tabel 4. 16</b> Hasil Pengujian UPV Variasi 5% <i>Silica Slurry</i> .....	44
<b>Tabel 4. 17</b> Hasil Pengujian UPV Variasi 10% <i>Silica Slurry</i> .....	45
<b>Tabel 4. 18</b> Hasil Pengujian UPV Variasi 15% <i>Silica Slurry</i> .....	46
<b>Tabel 4. 19</b> Hasil Pengujian UPV Varias 20% <i>Silica Slurry</i> .....	47
<b>Tabel 4. 20</b> Perbandingan Hasil UPV Antar Variasi.....	48

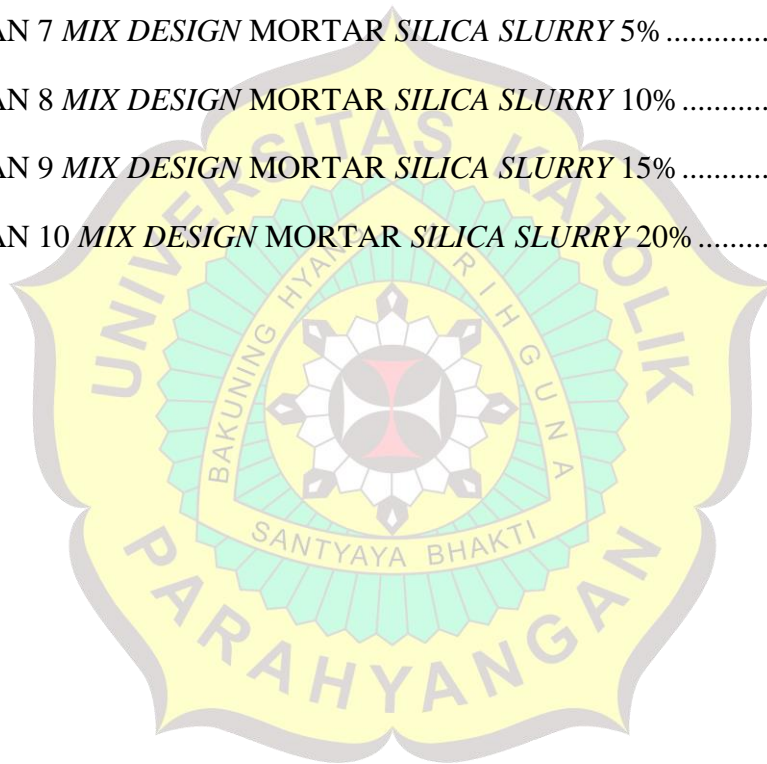
<b>Tabel 4. 21</b> Hasil Pengujian Penyerapan Air Variasi 0% <i>Silica Slurry</i> .....	49
<b>Tabel 4. 22</b> Hasil Pengujian Penyerapan Air Variasi 5% <i>Silica Slurry</i> .....	50
<b>Tabel 4. 23</b> Hasil Pengujian Penyerapan Air Variasi 10% <i>Silica Slurry</i> .....	51
<b>Tabel 4. 24</b> Hasil Pengujian Penyerapan Air Variasi 15% <i>Silica Slurry</i> .....	52
<b>Tabel 4. 25</b> Hasil Pengujian Penyerapan Air Variasi 20% <i>Silica Slurry</i> .....	53
<b>Tabel 4. 26</b> Perbandingan Hasil Pengujian Penyerapan Air Antar Variasi.....	54
<b>Tabel 4. 27</b> Korelasi Pengujian Lentur dan Tekan.....	55
<b>Tabel 4. 28</b> Nilai Modulus Elastisitas Dinamik.....	55





## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 <i>SPECIFIC GRAVITY</i> GGFBS.....	60
LAMPIRAN 2 <i>SPECIFIC GRAVITY</i> CaO .....	61
LAMPIRAN 3 <i>SPECIFIC GRAVITY</i> AGREGAT HALUS .....	62
LAMPIRAN 4 <i>FINENESS MODULUS</i> AGREGAT HALUS .....	63
LAMPIRAN 5 <i>ABSORPSI</i> AGREGAT HALUS .....	65
LAMPIRAN 6 <i>MIX DESIGN</i> MORTAR <i>SILICA SLURRY</i> 0% .....	66
LAMPIRAN 7 <i>MIX DESIGN</i> MORTAR <i>SILICA SLURRY</i> 5% .....	69
LAMPIRAN 8 <i>MIX DESIGN</i> MORTAR <i>SILICA SLURRY</i> 10% .....	72
LAMPIRAN 9 <i>MIX DESIGN</i> MORTAR <i>SILICA SLURRY</i> 15% .....	75
LAMPIRAN 10 <i>MIX DESIGN</i> MORTAR <i>SILICA SLURRY</i> 20% .....	78





# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara berkembang karena masih adanya ketimpangan antara satu daerah dengan daerah yang lain terlebih khusus dalam hal ekonomi. Sampai saat ini Indonesia masih berupaya untuk mewujudkan kesetaraan ekonomi, hal yang paling menonjol yang dilakukan yaitu pembangunan infrastruktur. Pembangunan infrastruktur yang meliputi jalan, jembatan, bandara, pelabuhan, gedung, rumah sakit, sekolah dan gedung fasilitas pemerintah. Seiring dengan pembangunan infrastruktur yang terus meningkat, maka penggunaan semen untuk membuat beton dan mortar juga terus meningkat.

Semen adalah salah satu bahan campur pada pembuatan mortar, yang berfungsi untuk mengikat agregat halus. Dalam produksi dan penggunaan semen menimbulkan permasalahan lingkungan yang serius yaitu meningkatnya emisi karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ). Proses pembakaran bahan baku dan reaksi kimia dalam pembuatan semen menyumbang emisi gas rumah kaca yang kontribusinya sebesar 8% (Lehne dan Preston, 2018). Emisi gas karbon dioksida dihasilkan dari proses pembakaran yang menggunakan bahan bakar fosil seperti batu bara.

Menurut Nursyafril dan Taufan (2020), *Ground Granulated Blast Furnace Slag* (GGBFS) adalah sisa hasil pembakaran dari proses di tanur tinggi yang dapat digunakan sebagai komponen material dalam pembangunan. Bahan ini diperoleh melalui proses penggilingan dari material bekas yang terbentuk dalam tanur tinggi. GGBFS memiliki sifat pozolanik, sehingga dapat digunakan sebagai salah satu tambahan dalam campuran mortar. Meskipun GGBFS bisa menjadi komponen mortar yang berguna, penggunaannya sebagai bahan tambahan dalam mortar tidak umum. Ini mungkin disebabkan oleh fakta bahwa mortar sendiri tidak digunakan sebagai elemen pembentuk struktur bangunan utama, melainkan lebih sering digunakan untuk bagian non-struktural dari bangunan. Oleh karena itu, peran mortar seringkali kurang mendapat perhatian yang layak, padahal kualitas mortar sangat penting dalam memengaruhi kualitas keseluruhan bangunan, baik dari segi

tampilan estetika maupun kenyamanan penghuni. Meskipun demikian, penggunaan GGBFS pada campuran mortar itu memiliki sejumlah manfaat yaitu meningkatkan kekuatan, plastisitas dan *workability*. Namun, jika GGBFS hanya dicampurkan dengan air saja itu tidak akan menjadi bahan pengikat tetapi diperlukan senyawa aktivator alkali. Pada penelitian ini, digunakan kalsium oksida (CaO) sebagai aktivator, CaO merupakan suatu senyawa logam reaktif dari hasil pembakaran batu gamping atau sering dikenal dengan kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>).

*Silica slurry* berasal dari *silica fume* yang merupakan material yang berasal dari proses produksi silikon yang diproses khusus sehingga berwujud cair yang diproduksi sebagai bahan tambah pada produksi beton dan mortar dalam dunia konstruksi. Dalam penggunaan *Silica slurry* dalam campuran beton dan mortar itu memiliki beberapa keunggulan, yaitu meningkatkan kuat tekan dan daya tahan, tahan terhadap abrasi dan erosi, kekuatan lentur lebih baik, dan lebih mudah bercampur karena sudah berbentuk cair.

Banyak kegagalan yang terjadi pada penggunaan mortar, yang meliputi kekuatan, kelenturan dan durabilitas mortar. Kegagalan mortar yang sering terjadi sangat berkaitan dengan durabilitas, yang disebabkan oleh faktor lingkungan, cuaca dan pengaruh kimia. Untuk itu pengujian durabilitas sangat diperlukan untuk menghindari kegagalan yang akan terjadi, pengujian durabilitas meliputi penyerapan air dan *ultrasonic pulse velocity (UPV)*. Uji penyerapan air dan uji UPV dilakukan untuk mengetahui kepadatan dari benda uji.

## **1.2 Inti Permasalahan**

Inti permasalahan dari uji eksperimental ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan *silica slurry* terhadap kekuatan lentur dan durabilitas mortar berbahan dasar ground granulated blast furnace slag (GGBFS) dan kalsium oksida (CaO).

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui perkembangan nilai kekuatan lentur dan kekuatan tekan pada mortar berbahan dasar GGBFS dan CaO dengan variasi penambahan kadar *silica slurry*.

2. Mengetahui nilai *ultrasonic pulse velocity* dan modulus elastisitas dinamik berdasarkan nilai *ultrasonic pulse velocity* pada mortar berbahan dasar GGBFS dan CaO dengan variasi penambahan kadar *silica slurry*.
3. Mengetahui tingkat penyerapan air pada mortar berbahan dasar GGBFS dan CaO dengan variasi penambahan kadar *silica slurry*.

#### 1.4 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pasir yang digunakan adalah pasir Galunggung
2. Slag yang digunakan adalah GGBFS dari PT. KRNG Indonesia
3. Rasio air terhadap binder (*w/b*) pada mortar slag ditetapkan sebesar 0,4
4. Rasio pasir terhadap binder ditetapkan sebesar 2,5
5. *Silica slurry* yang digunakan berasal dari PT. Master Builders Solutions Indonesia dengan tipe MasterLife SF 3263. Variasi penambahan kadar *silica slurry* yang digunakan, yaitu sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%.
6. Perencanaan *mix design* menggunakan metode volume absolut.
7. Mortar dengan bahan dasar slag menggunakan komposisi kadar GGBFS sebesar 85% dan CaO sebagai aktivator sebesar 15% (Djayaprabha dan Hermawan, 2023).
8. *Superplasticizer* (SP) yang digunakan berasal dari PT. Master Builders Solutions Indonesia dengan tipe MasterEase 3079.
9. Pengujian kekuatan lentur dilakukan pada umur 7, 14, 28, dan 56 hari dengan benda uji berbentuk balok yang berukuran 160×40×40 mm. (berdasarkan ASTM C348)
10. Kekuatan tekan mortar diuji pada benda uji berbentuk prisma segiempat yang dimodifikasi dari potongan benda uji prisma segiempat dengan ukuran 40×40×160 mm yang diuji pada umur 7, 14, 28, dan 56 hari dengan mengambil nilai rata-rata dari minimum 3 buah benda uji (berdasarkan ASTM C349).
11. Pengujian *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) dilakukan pada umur 7, 14, 28, dan 56 hari dengan benda uji berbentuk silinder berdiameter 100 mm dan tinggi 200 mm. (berdasarkan ASTM C597).

12. Pengujian penyerapan air dilakukan pada umur 7, 14, 28, dan 56 hari dengan potongan benda uji dari prisma segiempat dengan ukuran 40×40×160 mm. (berdasarkan ASTM C642)

13. Total keseluruhan benda uji adalah 120 buah balok (160×40×40 mm) dan 15 buah silinder (berdiameter 100 mm dan tinggi 200 mm), dengan rekapitulasi benda uji seperti terlihat pada **Tabel 1.1** dan **Tabel 1.2**

**Tabel 1. 1** Benda Uji Kekuatan Lentur, Kekuatan Tekan, dan Penyerapan Air

Variasi Silica Slurry	Jenis Benda Uji	Umur Pengujian	Jumlah Benda Uji
[%]		[hari]	[buah]
0			12
5	Balok 160×40×40 mm	7, 14, 28, dan 56	12
10			12
15			12
20			12
Total Benda Uji			60 buah

**Tabel 1. 2** Benda Uji Ultrasonic Pulse Velocity

Variasi Silica Slurry	Jenis Benda Uji	Umur Pengujian	Jumlah Benda Uji
[%]		[hari]	[buah]
0			3
5	Silinder Diameter 100 mm dan tinggi 200 mm	7, 14, 28 dan 56	3
10			3
15			3
20			3
Total Benda Uji			15 buah

### 1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan pada skripsi adalah sebagai berikut:

#### 1. Studi Literatur

Metode studi literatur merupakan suatu metode yang digunakan dalam pengumpulan pengetahuan dan informasi yang berkaitan dengan studi eksperimental yang dilakukan dengan membaca dari sumber-sumber



yang ada seperti jurnal penelitian, karya tulis ilmiah dan paper yang bisa menjadi acuan sebagai dasar teori pada studi eksperimental yang dilakukan.

## 2. Studi Eksperimental

Metode studi eksperimental merupakan suatu metode yang digunakan dalam pengumpulan data dan nilai dari hasil pengujian yang dilakukan di laboratorium. Studi eksperimental ini dilakukan dari persiapan bahan, pengujian *specific gravity*, perhitungan *mix design*, *trial mix*, hingga melakukan pengujian kekuatan lentur dan durabilitas pada mortar berbahan dasar GGBFS dan kalsium oksida CaO.

## 3. Analisis Data

Analisis data merupakan metode yang dilakukan setelah mendapatkan hasil dari pengujian dengan harapan bisa mencapai tujuan studi eksperimental yang dilakukan.

### 1.6 Sistematika Penulisan

Pada penulisan skripsi dibagi dalam 5 bab, yaitu

#### **BAB 1 PENDAHULUAN**

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

#### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

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

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

Bab ini berisi tentang prosedur penelitian yang meliputi kegiatan persiapan material, persiapan benda uji, dan pengujian benda uji.

#### **BAB 4 ANALISIS DATA & PEMBAHASAN**

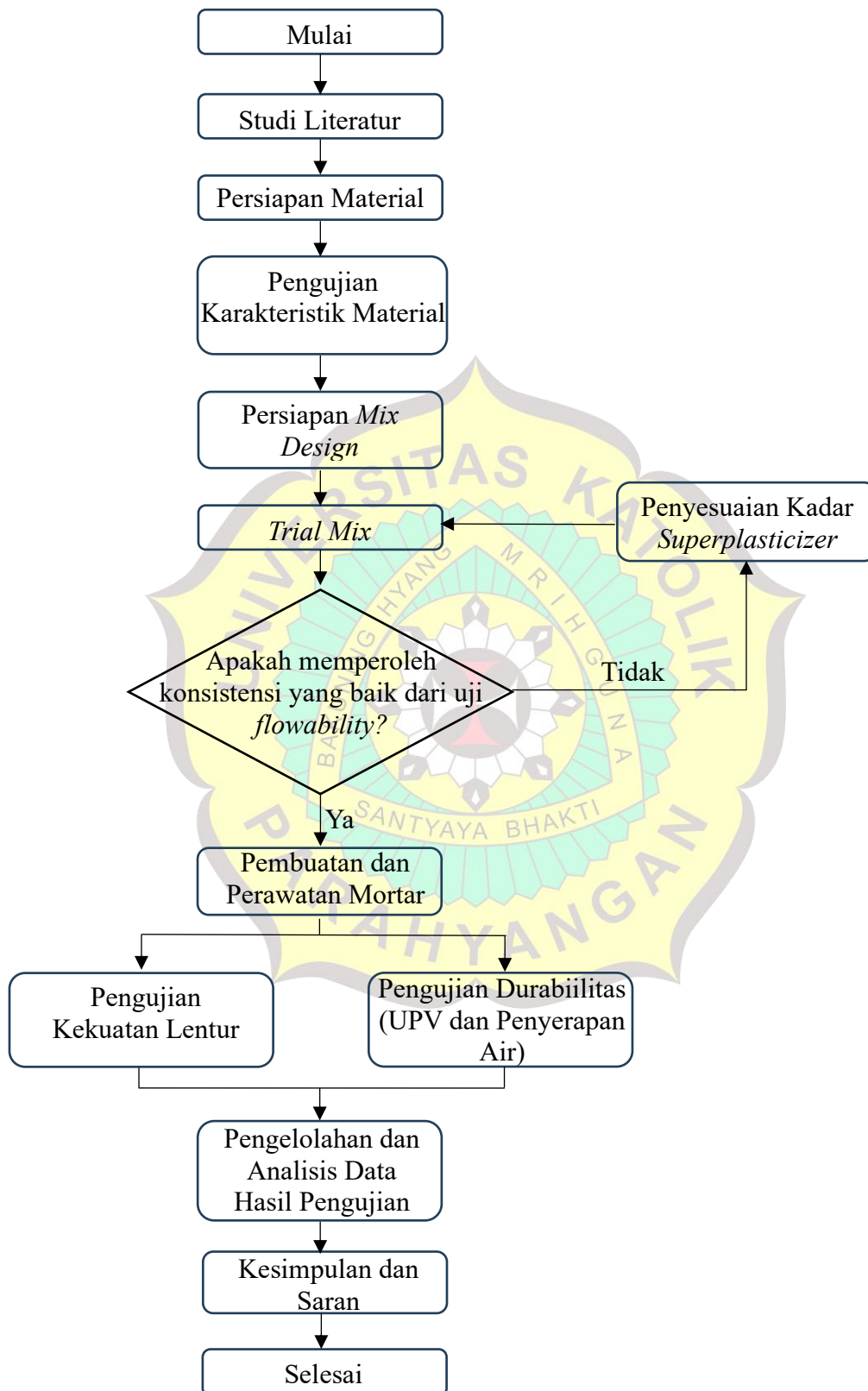
Bab ini berisi pembahasan tentang proses pengolahan data eksperimen dari hasil pengujian di laboratorium.

#### **BAB 5 KESIMPULAN & SARAN**

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari hasil eksperimen dan saran untuk kegiatan penelitian selanjutnya.

### 1.7 Diagram Alir

Studi eksperimental dilakukan dengan prosedur yang terlampir pada **Gambar 1.1**



**Gambar 1.1** Diagram Alir Penelitian