

**SKRIPSI**

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



**WILLYAM STEVEN  
NPM : 6101901176**

**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 TEKAN DAN MODULUS ELASTISITAS  
MORTAR BERBAHAN DASAR GROUND  
GRANULATED BLAST FURNACE SLAG DAN  
KALSIUM OKSIDA**



**WILLYAM STEVEN  
NPM : 6101901176**

**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 TEKAN DAN MODULUS ELASTISITAS  
MORTAR BERBAHAN DASAR GROUND  
GRANULATED BLAST FURNACE SLAG DAN  
KALSIUM OKSIDA**



**WILLYAM STEVEN  
NPM : 6101901176**

**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  
JANUARI 2024**

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : WILLYAM STEVEN  
Tempat, tanggal lahir : Bekasi, 20 Agustus 2001  
NPM : 6101901176  
Judul skripsi : **STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH PENAMBAHAN SILICA SLURRY TERHADAP KEKUATAN TEKAN DAN MODULUS ELASTISITAS 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.

(Kutipan pasal 25 ayat 2 UU no. 20 tahun 2003)

Bandung, 12 Januari 2024



Willyam Steven



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

**WILLYAM STEVEN  
NPM: 6101901176**

**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**

Adapun inovasi dalam menggantikan semen hidrolis yang lebih ramah lingkungan untuk pembuatan mortar dan beton, yaitu *Ground Granulated Blast Furnace Slag* (GGBFS). GGBFS dihasilkan dari pembuatan baja menggunakan tungku tanur gas. Pada studi eksperimental ini, ditambahkan *silica slurry* sebagai bahan pengisi dalam pembuatan mortar berbahan dasar tanpa semen, sehingga perlu dilakukan uji kekuatan tekan dan uji modulus elastisitas. *Silica slurry* merupakan produk dari *silica fume* yang diperoleh dari pelarutan hasil sisa produksi silikon tanur tinggi dengan kadar silika yang mencapai lebih dari 90%. Pengujian dilakukan seiring bertambahnya umur mortar 7;14;28;56 hari dengan penambahan variasi *silica slurry* 0%; 5%; 10%; 15%; dan 20%. Pada benda uji umur 56 hari, nilai kuat tekan mortar dengan variasi 0%:20% mencapai 39,21 MPa;35,29 MPa. Pengujian modulus elastisitas pada benda uji umur 28 hari dengan variasi 0%:20% mencapai 23704,729 MPa;19148,631 MPa MPa. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kekuatan tekan dan modulus elastisitas mortar tanpa campuran *silica slurry* lebih besar dibandingkan mortar dengan campuran *silica slurry*. Hasil tersebut berbanding terbalik dengan fungsi penambahan *silica slurry* ke dalam mortar, yaitu meningkatkan kekuatan tekan dan modulus elastisitas. Hal tersebut terjadi karena *silica slurry* memiliki rasio w/b yang ditetapkan sebesar 0,3 untuk setiap variasi menjadi lebih besar dari 0,3.

**Kata Kunci:** CaO, Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS), Kekuatan Tekan, Modulus Elastisitas.

**EXPERIMENTAL STUDY ON THE EFFECT OF SILICA SLURRY  
ADDITION ON COMPRESSIVE STRENGTH AND MODULUS OF  
ELASTICITY OF MORTAR WITH GROUND GRANULATED BLAST  
FURNACE SLAG AND CALCIUM OXIDE**

**WILLYAM STEVEN  
NPM: 6101901176**

**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***

GGBFS, a greener substitute for hydraulic cement, is used to make mortar and concrete. Warming steel in a gas furnace produces GGBFS. Testing for elastic modulus and compressive strength was necessary since silica slurry was added as a filler to create cement-free mortar for this experiment. Silica fume, produced in blast furnaces from silicon manufacture leftovers, makes up around 90% of all silica. A byproduct of it is silica slurry. Tests were conducted with additions of 0%; 5%; 10%; 15%; 20% silica slurry as the mortar grew to 7; 14; 28; 56 days. Test objects that were 56 days old revealed a range of 39.21 MPa–35.29 MPa for mortar's compressive strength, with 0%–20%. Values of 19148.631 MPa and 23704.729 MPa were obtained from test specimens that were 28 days old and had variations in their modulus of elasticity between 0% and 20%. The test findings show that mortars without a silica slurry mixture have higher modulus of elasticity and compressive strength values than mortars that do. Increasing the mortar's modulus of elasticity and compressive strength—two outcomes that are inversely related—is the goal of adding silica slurry. This occurs because, for any variation larger than 0.3, the w/b ratio of the silica slurry is locked at 0.3.

**Keywords:** CaO, Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS), Compressive Strength, Modulus of Elasticity, Silica Slurry.

## PRAKATA

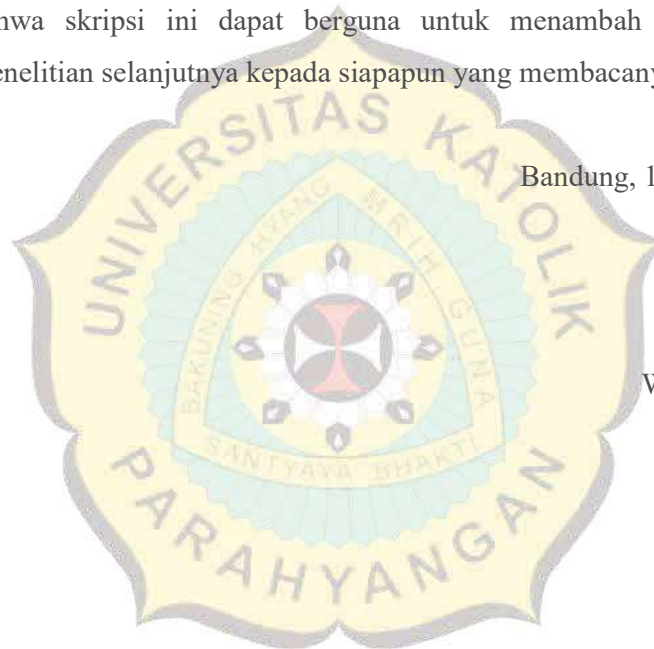
Puji syukur dan hormat setinggi-tingginya penulis haturkan kepada Tuhan Yesus atas berkat, perlindungan, dan penyertaan-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH PENAMBAHAN SILICA SLURRY TERHADAP KEKUATAN TEKAN DAN MODULUS ELASTISITAS MORTAR BERBAHAN DASAR GROUND GRANULATED BLAST FURNACE SLAG DAN 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. Gavyn Owen Edrick Rumbajan 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. Vincent Sutirta, Felix Ciho, M. Davaray Suryanegara, M. Shidqi Fadiya, Ayreen, dan Dinda Aisyah selaku teman seperjuangan dan satu bimbingan di Laboratorium Teknik Struktur Universitas Katolik Parahyangan.
6. Jessica Elvina Siswanto selaku kekasih penulis yang terus memberikan dukungan dengan tulus berupa doa, motivasi, dan semangat baik dalam suka maupun duka dalam proses pengerjaan skripsi ini hingga tuntas.

7. Jeremy Reno Adrian, David Dermawan, Vincencius Willie, Hansen Gunawan Teja, Achmad Zulfikar, dan Matthew Jonathan 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 siapapun yang membacanya.



Bandung, 12 Januari 2024

Willyam Steven

6101901176



# DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN .....	i
ABSTRAK .....	ii
<i>ABSTRACT</i> .....	iii
PRAKATA.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Inti Permasalahan .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Pembatasan Masalah .....	4
1.5 Metode Penelitian.....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	6
1.7 Diagram Alir.....	6
<b>BAB 2 DASAR TEORI</b> .....	<b>9</b>
2.1 Mortar.....	9
2.2 Agregat Halus.....	9
2.3 <i>Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS)</i> .....	10
2.4 Kalsium Oksida (CaO) .....	11
2.5 Air.....	11
2.6 <i>Superplasticizer (SP)</i> .....	12
2.7 <i>Silica Slurry (SS)</i> .....	12
2.8 Uji <i>Flowability</i> .....	13

2.9	Uji Kekuatan Tekan.....	13
2.10	Uji Modulus Elastisitas.....	14
2.11	Uji Rasio Poisson .....	15
2.12	Uji Modulus Geser .....	16
<b>BAB 3</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>18</b>
3.1	Material Campuran Mortar.....	18
3.1.1	Agregat Halus .....	18
3.1.2	<i>Ground Granulated Blast Furnace Slag</i> (GGBFS) .....	18
3.1.3	Kalsium Oksida (CaO).....	19
3.1.4	Air .....	19
3.1.5	<i>Superplasticizer</i> (SP).....	20
3.1.6	<i>Silica Slurry</i> .....	20
3.2	Pengujian Material Campuran Mortar .....	20
3.2.1	GGBFS dan CaO.....	21
3.2.2	Agregat Halus .....	22
3.3	Proporsi Campuran Mortar .....	25
3.4	Pembuatan Benda Uji Mortar .....	27
3.5	Pengujian <i>Flowability</i> Mortar.....	28
3.6	Perawatan Benda Uji Mortar .....	29
3.7	Pengujian Kekuatan Tekan Mortar.....	29
3.8	Pengujian Modulus Elastisitas Mortar.....	30
<b>BAB 4</b>	<b>ANALISIS DATA .....</b>	<b>32</b>
4.1	Analisis Uji <i>Flowability</i> Mortar .....	32
4.2	Analisis Uji Kuat Tekan Mortar .....	36
4.3	Analisis Uji Modulus Elastisitas Mortar .....	41
4.4	Hubungan Modulus Elastisitas Dengan Kekuatan Tekan Mortar .....	58
4.5	Analisis Uji Rasio Poisson Mortar .....	59
4.6	Analisis Uji Modulus Geser Mortar .....	61

<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>63</b>
5.1 Kesimpulan.....	63
5.2 Saran.....	64
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>66</b>
<b>LAMPIRAN</b>	



## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

$A$	:	Luas bidang tekan ( $\text{mm}^2$ )
$A_{bs}$	:	Penyerapan air (%)
$ACI$	:	<i>American Concrete Institute</i>
$ASTM$	:	<i>American Society of Testing Materials</i>
$B$	:	Lebar (mm)
$\text{CaCO}_3$	:	Kalsium Karbonat
$\text{CaO}$	:	Kalsium Oksida
$\text{CO}_2$	:	Karbon dioksida
$CTM$	:	<i>Compression Testing Machine</i>
$E$	:	Modulus geser mortar (MPa)
$F$	:	<i>Flowability</i>
$f_c'$	:	Kekuatan tekan beton pada umur 28 hari (MPa)
$f_m$	:	Kekuatan tekan mortar (MPa)
$FM$	:	<i>Fineness Modulus</i>
$\text{GGBFS}$	:	<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>
$\text{SNI}$	:	Standar Nasional Indonesia
$V$	:	Volume ( $\text{m}^3$ )
$W_{pyc}^*$	:	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)

$\alpha$	:	Rasio GGBFS terhadap bahan pengikat (%)
$\beta$	:	Rasio aktivator terhadap bahan pengikat (%)
$\gamma$	:	Massa jenis ( $\text{kg/m}^3$ )
$\lambda$	:	Rasio air terhadap bahan pengikat
$\varepsilon$	:	Regangan
$\nu$	:	Rasio Poisson
$\sigma$	:	Tegangan (MPa)



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1. 1</b> Permintaan Global Produksi Semen Hidrolik dan Baja .....	2
<b>Gambar 2. 1</b> Proses Pembuatan GGBFS .....	11
<b>Gambar 2. 2</b> <i>Electric Flow Table</i> .....	13
<b>Gambar 2. 3</b> Kurva Tegangan vs Regangan .....	14
<b>Gambar 2. 4</b> Ilustrasi Regangan Transversal dan Longitudinal pada Benda.....	16
<b>Gambar 2. 5</b> Ilustrasi Deformasi Material saat diberi Gaya F .....	17
<b>Gambar 3. 1</b> Agregat Halus .....	18
<b>Gambar 3. 2</b> <i>Ground Granulated Blast Furnace Slag</i> (GGBFS) .....	19
<b>Gambar 3. 3</b> Kalsium Oksida (CaO) .....	19
<b>Gambar 3. 4</b> Air .....	19
<b>Gambar 3. 5</b> <i>Superplasticizer</i> (SP) .....	20
<b>Gambar 3. 6</b> <i>Silica Slurry</i> .....	20
<b>Gambar 3. 7</b> Uji <i>Flowability</i> Mortar .....	28
<b>Gambar 3. 8</b> Pengukuran Diameter Hasil Pengujian <i>Flowability</i> .....	28
<b>Gambar 3. 9</b> Metode <i>Sealed Curing</i> .....	29
<b>Gambar 3. 10</b> <i>Compression Testing Machine</i> (CTM) .....	30
<b>Gambar 3. 11</b> Data Hasil CTM .....	30
<b>Gambar 3. 12</b> Pengujian Modulus Elastisitas Mortar .....	31
<b>Gambar 4. 1</b> <i>Flowability</i> Mortar SS-0 (Kubus) .....	33
<b>Gambar 4. 2</b> <i>Flowability</i> Mortar SS-5 (Kubus) .....	33
<b>Gambar 4. 3</b> <i>Flowability</i> Mortar SS-10 (Kubus) .....	34
<b>Gambar 4. 4</b> <i>Flowability</i> Mortar SS-15 (Kubus) .....	34
<b>Gambar 4. 5</b> <i>Flowability</i> Mortar SS-20 (Kubus) .....	34
<b>Gambar 4. 6</b> <i>Flowability</i> Mortar SS-0 (Silinder) .....	35
<b>Gambar 4. 7</b> <i>Flowability</i> Mortar SS-5 (Silinder) .....	35
<b>Gambar 4. 8</b> <i>Flowability</i> Mortar SS-10 (Silinder) .....	35
<b>Gambar 4. 9</b> <i>Flowability</i> Mortar SS-15 (Silinder) .....	36
<b>Gambar 4. 10</b> <i>Flowability</i> Mortar SS-20 (Silinder) .....	36
<b>Gambar 4. 11</b> Perkembangan Nilai Kekuatan Tekan Mortar (Kubus) .....	39
<b>Gambar 4. 12</b> Kurva Tegangan Regangan Mortar SS-0 (Sampel 1) .....	49
<b>Gambar 4. 13</b> Kurva Tegangan Regangan Mortar SS-0 (Sampel 2) .....	49
<b>Gambar 4. 14</b> Kurva Tegangan Regangan Mortar SS-0 (Sampel 3) .....	50
<b>Gambar 4. 15</b> Kurva Tegangan Regangan Mortar SS-5 (Sampel 1) .....	50

<b>Gambar 4. 16</b> Kurva Tegangan Regangan Mortar SS-5 (Sampel 2).....	51
<b>Gambar 4. 17</b> Kurva Tegangan Regangan Mortar SS-5 (Sampel 3).....	51
<b>Gambar 4. 18</b> Kurva Tegangan Regangan Mortar SS-10 (Sampel 1).....	52
<b>Gambar 4. 19</b> Kurva Tegangan Regangan Mortar SS-10 (Sampel 2).....	52
<b>Gambar 4. 20</b> Kurva Tegangan Regangan Mortar SS-10 (Sampel 3).....	53
<b>Gambar 4. 21</b> Kurva Tegangan Regangan Mortar SS-15 (Sampel 1).....	53
<b>Gambar 4. 22</b> Kurva Tegangan Regangan Mortar SS-15 (Sampel 2).....	54
<b>Gambar 4. 23</b> Kurva Tegangan Regangan Mortar SS-15 (Sampel 3).....	54
<b>Gambar 4. 24</b> Kurva Tegangan Regangan Mortar SS-20 (Sampel 1).....	55
<b>Gambar 4. 25</b> Kurva Tegangan Regangan Mortar SS-20 (Sampel 2).....	55
<b>Gambar 4. 26</b> Kurva Tegangan Regangan Mortar SS-20 (Sampel 3).....	56
<b>Gambar 4. 27</b> Diagram Modulus Elastisitas Mortar.....	58



## DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Rekapitulasi Jumlah Benda Uji Kekuatan Tekan Mortar.....	5
Tabel 1. 2 Rekapitulasi Jumlah Benda Uji Modulus Elastisitas Mortar.....	5
Tabel 2. 1 Persen Lolos Agregat Halus (ASTM C33).....	10
Tabel 3. 1 Perhitungan Specific Gravity GGBFS .....	21
Tabel 3. 2 Perhitungan Specific Gravity CaO.....	22
Tabel 3. 3 Perhitungan Specific Gravity Agregat Halus .....	23
Tabel 3. 4 Perhitungan Fineness Modulus Agregat Halus Sampel 1 .....	24
Tabel 3. 5 Perhitungan Fineness Modulus Agregat Halus Sampel 2 .....	24
Tabel 3. 6 Perhitungan Absorpsi Agregat Halus .....	25
Tabel 3. 7 Proporsi Campuran Mortar.....	26
Tabel 3. 8 Faktor Konversi (UNESCO).....	31
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian <i>Flowability</i> Mortar (Kubus).....	32
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian <i>Flowability</i> Mortar (Silinder).....	32
Tabel 4. 3 Kekuatan Tekan Mortar SS-0 (Kubus).....	37
Tabel 4. 4 Kekuatan Tekan Mortar SS-5 (Kubus).....	37
Tabel 4. 5 Kekuatan Tekan Mortar SS-10 (Kubus).....	37
Tabel 4. 6 Kekuatan Tekan Mortar SS-15 (Kubus).....	38
Tabel 4. 7 Kekuatan Tekan Mortar SS-20 (Kubus).....	38
Tabel 4. 8 Kekuatan Tekan Mortar Setiap Variasi (Silinder).....	40
Tabel 4. 9 Rasio w/b Proporsi Campuran Mortar .....	41
Tabel 4. 10 Nilai Tegangan Regangan Mortar SS-0 (Sampel 1).....	41
Tabel 4. 11 Nilai Tegangan Regangan Mortar SS-0 (Sampel 2).....	42
Tabel 4. 12 Nilai Tegangan Regangan Mortar SS-0 (Sampel 3).....	42
Tabel 4. 13 Nilai Tegangan Regangan Mortar SS-5 (Sampel 1).....	43
Tabel 4. 14 Nilai Tegangan Regangan Mortar SS-5 (Sampel 2).....	43
Tabel 4. 15 Nilai Tegangan Regangan Mortar SS-5 (Sampel 3).....	44
Tabel 4. 16 Nilai Tegangan Regangan Mortar SS-10 (Sampel 1).....	44
Tabel 4. 17 Nilai Tegangan Regangan Mortar SS-10 (Sampel 2).....	45
Tabel 4. 18 Nilai Tegangan Regangan Mortar SS-10 (Sampel 3).....	45
Tabel 4. 19 Nilai Tegangan Regangan Mortar SS-15 (Sampel 1).....	46
Tabel 4. 20 Nilai Tegangan Regangan Mortar SS-15 (Sampel 2).....	46
Tabel 4. 21 Nilai Tegangan Regangan Mortar SS-15 (Sampel 3).....	47
Tabel 4. 22 Nilai Tegangan Regangan Mortar SS-20 (Sampel 1).....	47

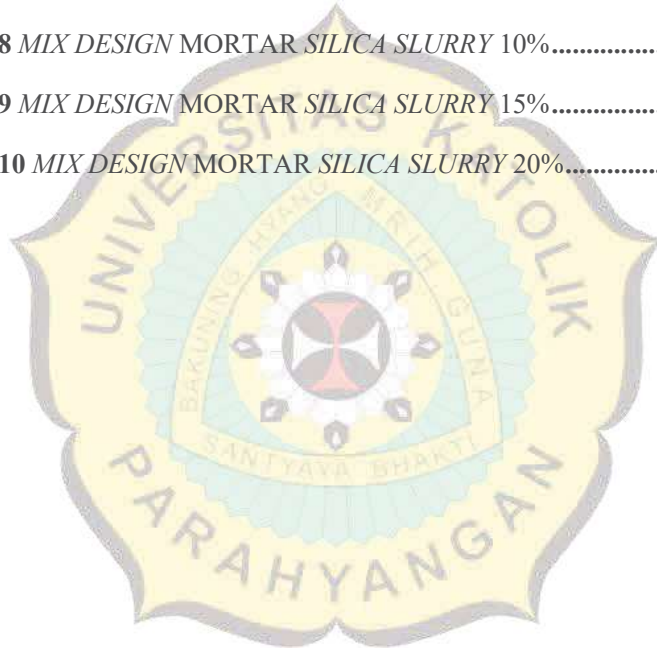


<b>Tabel 4. 23</b> Nilai Tegangan Regangan Mortar SS-20 (Sampel 2).....	48
<b>Tabel 4. 24</b> Nilai Tegangan Regangan Mortar SS-20 (Sampel 3).....	48
<b>Tabel 4. 25</b> Nilai Modulus Elastisitas Mortar .....	57
<b>Tabel 4. 26</b> Nilai Koefisien Hubungan Modulus Elastisitas Dengan Kekuatan Tekan....	59
<b>Tabel 4. 27</b> Nilai Rasio Poisson Mortar Setiap Variasi.....	60
<b>Tabel 4. 28</b> Nilai Modulus Geser Mortar Setiap Variasi.....	61



## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 <i>SPECIFIC GRAVITY</i> GGFBS .....	69
LAMPIRAN 2 <i>SPECIFIC GRAVITY</i> CaO .....	70
LAMPIRAN 3 <i>SPECIFIC GRAVITY</i> AGREGAT HALUS .....	71
LAMPIRAN 4 <i>FINENESS MODULUS</i> AGREGAT HALUS .....	72
LAMPIRAN 5 ABSORPSI AGREGAT HALUS .....	74
LAMPIRAN 6 <i>MIX DESIGN</i> MORTAR <i>SILICA SLURRY</i> 0%.....	75
LAMPIRAN 7 <i>MIX DESIGN</i> MORTAR <i>SILICA SLURRY</i> 5%.....	77
LAMPIRAN 8 <i>MIX DESIGN</i> MORTAR <i>SILICA SLURRY</i> 10%.....	79
LAMPIRAN 9 <i>MIX DESIGN</i> MORTAR <i>SILICA SLURRY</i> 15%.....	81
LAMPIRAN 10 <i>MIX DESIGN</i> MORTAR <i>SILICA SLURRY</i> 20%.....	83



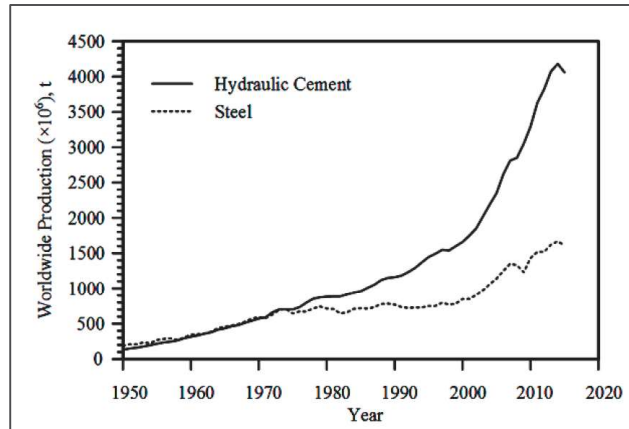
# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan suatu negara dapat dilihat dari beberapa faktor, salah satunya pada sektor infrastruktur. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah penduduk Indonesia saat ini telah mencapai sebanyak 278,69 juta jiwa pada pertengahan 2023, menunjukkan peningkatan sebesar 1,05% dari tahun sebelumnya. Menurut laporan BPS pada tahun 2022, DKI Jakarta menempati peringkat ke-6 dengan jumlah penduduk sebanyak 10,68 juta jiwa, sementara Kalimantan Timur menempati posisi ke-19 dengan jumlah penduduk sebesar 3.9 juta jiwa (Ahdiat, 2023). Karena pertumbuhan penduduk yang semakin padat dan tidak merata di setiap provinsi Indonesia, hal tersebut menjadi salah satu alasan di balik keputusan pemindahan Ibu Kota Negara (IKN) dari Jakarta ke Kalimantan Timur. Pembangunan ibukota baru yang terjadi meliputi gedung, bandara, rumah sakit, daerah pemukiman, jalan, jembatan, dan lainnya. Pembangunan tersebut hampir sebagian besar menggunakan beton dan mortar sebagai salah satu bahan konstruksi.

Mortar merupakan salah satu material umum yang digunakan sebagai perekat bata, plester dinding, dan perbaikan struktur bangunan. Mortar terdiri dari campuran semen, pasir, dan air. Semen merupakan bahan pengikat agregat halus pada mortar dan air digunakan untuk mengaktifkan proses pengerasan semen. Pada umumnya semen yang digunakan sebagai bahan pengikat adalah semen hidrolik yang berjenis semen Portland karena memiliki sifat mekanis dan durabilitas yang sangat baik (Yang *et al.*, 2014). Permintaan global terhadap semen hidrolik mengalami peningkatan yang sangat signifikan. Dampaknya dapat dilihat pada Gambar 1.1. Dalam kurun waktu lebih dari 65 tahun terakhir, produksi semen hidrolik meningkat 30 kali lipat dan produksi baja sebagai material konstruksi hanya meningkat 10 kali lipat (Kelly *et al.*, 2005).



**Gambar 1.1** Permintaan Global Produksi Semen Hidrolik dan Baja (Kelly *et al.*, 2005)

Karena tingginya permintaan pasar terhadap kebutuhan semen hidrolik, menyebabkan produksi semen meningkat. Namun, proses produksi semen yang merupakan bahan pokok dalam konstruksi, terbukti menjadi salah satu penyumbang utama emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dengan total sekitar 3 miliar ton gas rumah kaca atau sekitar 9% emisi gas CO<sub>2</sub> (Sulasmi dkk., 2022). Proses produksi ini dimulai dari penyediaan bahan baku, pengeringan, penggilingan, pembakaran, pendinginan, dan pengemasan semen hidrolik. Dalam setiap kilogram semen yang diproduksi, rata-rata menghasilkan sekitar 0,87 kg CO<sub>2</sub> (Lukasik *et al.*, 2007). Kadar CO<sub>2</sub> yang tinggi di udara dapat mengakibatkan efek rumah kaca dan pemanasan global yang akan berdampak pada perubahan iklim. Selain itu, emisi gas CO<sub>2</sub> juga menimbulkan dampak langsung bagi kesehatan manusia seperti sakit kepala, kesulitan bernapas, kelelahan, hingga peningkatan denyut jantung (Fadli, 2022). Dalam upaya untuk mengurangi emisi gas CO<sub>2</sub>, dapat dilakukan inovasi dalam menggantikan semen hidrolik menggunakan bahan yang lebih ramah lingkungan, yaitu *Ground Granulated Blast Furnace Slag* (GGBFS) untuk pembuatan mortar dan beton.

GGBFS merupakan produk sampingan dari industri peleburan besi yang dihasilkan dari pembuatan baja menggunakan tungku tanur gas. Penggunaan GGBFS sebagai bahan tambah atau pengganti semen dianggap sebagai solusi yang menguntungkan karena dapat mengurangi jumlah produksi semen. Selain itu, senyawa utama pada GGBFS memiliki kemiripan dengan semen (Susilowati & Ginting, 2020). Proses hidrasi dari GGBFS bisa dikategorikan rendah karena

membutuhkan waktu yang cukup lama untuk bereaksi dengan air (Adi dkk., 2020). Pada penelitian ini, digunakan senyawa aktivator alkali berupa kalsium oksida (CaO) untuk meningkatkan kecepatan proses hidrasi pada mortar. CaO diperoleh melalui proses pembakaran kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>).

*Silica slurry* adalah produk dari *silica fume*. *Silica fume* diperoleh dari pelarutan hasil sisa produksi silikon dari tanur tinggi dengan kadar silika yang mencapai lebih dari 90%. Penggunaan *silica slurry* sebagai tambahan bahan pengisi (*filler*) dalam mortar dapat meningkatkan kekuatan tekan, memperbesar modulus elastisitas, memperkuat kekuatan lentur, meningkatkan ketahanan terhadap abrasi dan erosi, serta memperkecil permeabilitas.

Pada studi eksperimental ini, akan ditambahkan *silica slurry* sebagai bahan pengisi (*filler*) dalam pembuatan mortar dengan bahan dasar tanpa semen, sehingga perlu dilakukan pengujian. Pengujian yang dilakukan adalah uji kekuatan tekan dan uji modulus elastisitas.

## 1.2 Inti Permasalahan

Inti permasalahan dari studi eksperimental ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi penambahan *silica slurry* ke dalam mortar tanpa semen dengan bahan dasar *Ground Granulated Blast Furnace Slag* (GGBFS) dan kalsium oksida (CaO) terhadap kekuatan tekan dan modulus elastisitas.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Studi eksperimental ini dilakukan dengan tujuan:

1. Mengetahui perkembangan nilai kekuatan tekan mortar menggunakan bahan dasar GGBFS dan kalsium oksida dengan variasi penambahan *silica slurry*.
2. Mengetahui nilai modulus elastisitas, rasio Poisson, dan modulus geser mortar menggunakan bahan dasar GGBFS dan kalsium oksida dengan variasi penambahan *silica slurry*.

3. Mengetahui korelasi antara kekuatan tekan dan modulus elastisitas mortar menggunakan bahan dasar GGBFS dan kalsium oksida dengan variasi penambahan *silica slurry* pada umur 28 hari.

#### 1.4 Pembatasan Masalah

Pembatasan yang diterapkan pada studi eksperimental ini mencakup:

1. Agregat halus yang digunakan adalah pasir Galunggung dan lolos saringan ASTM No. 4 (4,75 mm).
2. *Slag* yang digunakan adalah *Ground Granulated Blast Furnace Slag* (GGBFS) dari PT. KRNG Indonesia.
3. Aktivator alkali yang digunakan adalah kalsium oksida (CaO).
4. Penggantian semen sebagai *binder* menjadi GGBFS dan CaO ditetapkan sebesar 85% GGBFS dan 15% CaO (Djayaprabha & Hermawan, 2023).
5. *Superplasticizer* yang digunakan adalah MasterEase 3079 dari PT. Master Builders Solutions Indonesia sebagai *admixture type F* (*water-reducing, high range admixtures*) sesuai standar ASTM C494, ditetapkan sebesar 1,7% berdasarkan *trial mix*.
6. Penggunaan MasterLife SF 3263 dari PT. Master Builders Solutions Indonesia sebagai *additional* dengan variasi 0%; 5%; 10%; 15%; dan 20% dari berat *binder*.
7. Rasio *water-to-binder* (*w/b*) ditetapkan sebesar 0,3 berdasarkan *trial mix*.
8. Rasio *fine aggregate-to-binder* ditetapkan sebesar 2,5.
9. Perencanaan *mix design* menggunakan metode volume absolut.
10. Workability mortar segar ditentukan dengan menggunakan *flow test* sesuai dengan standar ASTM C109.
11. Perawatan benda uji dilakukan dengan metode *sealed curing*.
12. Pengujian kekuatan tekan mortar dilakukan pada umur 7; 14; 28; dan 56 hari dengan benda uji berbentuk kubus (50 × 50 × 50 mm) sesuai dengan standar ASTM C109.
13. Pengujian modulus elastisitas mortar dilakukan pada umur 28 hari dengan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 100 mm dan tinggi 200 mm sesuai dengan standar ASTM C469.

14. Rincian benda uji yang digunakan untuk pengujian kuat tekan dan modulus elastisitas adalah 60 buah berbentuk kubus dan 15 buah berbentuk silinder dapat dilihat pada Tabel 1.1 dan Tabel 1.2.

**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	SS-0	7, 14, 28, dan 56	12
		5	SS-5		12
		10	SS-10		12
		15	SS-15		12
		20	SS-20		12
Total Benda Uji					60

**Tabel 1. 2** Rekapitulasi Jumlah Benda Uji Modulus Elastisitas Mortar

Jenis Pengujian	Bentuk dan Ukuran	Variasi Silica Slurry (%)	Kode	Umur Pengujian (hari)	Jumlah Benda Uji (buah)
Modulus Elastisitas	Silinder berukuran 100 × 200 mm	0	SS-0	28	3
		5	SS-5		3
		10	SS-10		3
		15	SS-15		3
		20	SS-20		3
Total Benda Uji					15

### 1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada studi eksperimental ini adalah:

#### 1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan meneliti sejumlah sumber, seperti jurnal, *paper*, buku, dan karya tulis ilmiah. Tujuannya adalah untuk memperluas pengetahuan dan wawasan yang diperlukan dalam melaksanakan penelitian di laboratorium.

#### 2. Studi Eksperimental

Studi eksperimental ini dilakukan di Laboratorium Teknik Struktur Universitas Katolik Parahyangan. Rangkaian kegiatan studi mencakup

tahapan dari persiapan material, perhitungan jumlah kebutuhan material, pembuatan benda uji, hingga pengujian benda uji.

### 3. Analisis Data

Analisis data adalah tahap pengolahan data yang dilakukan pada seluruh rangkaian studi eksperimental untuk mencapai tujuan 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: DASAR TEORI**

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.



