

**SKRIPSI**

**KAJIAN KORELASI ANTARA VARIASI RASIO *WATER-TO-BINDER* DAN KEKUATAN TEKAN PADA *BLENDED CEMENT MORTAR* DENGAN KALSIMUM SULFAT SEBAGAI AKTIVATOR**



**NOVILYA  
NPM : 6101901088**

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

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)  
BANDUNG  
JANUARI 2023**

**SKRIPSI**

**KAJIAN KORELASI ANTARA VARIASI RASIO *WATER-TO-BINDER* DAN KEKUATAN TEKAN PADA *BLENDED CEMENT MORTAR* DENGAN KALSIUM SULFAT SEBAGAI AKTIVATOR**



**NOVILYA  
NPM : 6101901088**

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

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)  
BANDUNG  
JANUARI 2023**

**SKRIPSI**

**KAJIAN KORELASI ANTARA VARIASI RASIO *WATER-TO-BINDER* DAN KEKUATAN TEKAN PADA *BLENDED CEMENT MORTAR* DENGAN KALSIMUM SULFAT SEBAGAI AKTIVATOR**



**NOVILYA  
NPM : 6101901088**

**BANDUNG, 18 JANUARI 2023  
PEMBIMBING:**

**Herry Suryadi, Ph.D.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)  
BANDUNG  
JANUARI 2023**

**SKRIPSI**

**KAJIAN KORELASI ANTARA VARIASI RASIO WATER-TO-BINDER DAN KEKUATAN TEKAN PADA BLENDED CEMENT MORTAR DENGAN KALSIUM SULFAT SEBAGAI AKTIVATOR**



**NOVILYA**  
**NPM: 6101901088**

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

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

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

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL**  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)  
**BANDUNG**  
**JANUARI 2023**

## PERNYATAAN

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

Nama : Novilya

NPM : 6101901088

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

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

KAJIAN KORELASI ANTARA VARIASI RASIO *WATER-TO-BINDER* DAN KEKUATAN TEKAN PADA *BLENDED CEMENT MORTAR* DENGAN KALSIUM SULFAT SEBAGAI AKTIVATOR

.....

.....

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: 04 Januari 2023



NOVILYA

---

<sup>\*)</sup> coret yang tidak perlu



## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : NOVILYA

Tempat, tanggal lahir : Tanjung Balai Karimun, 18 November 2001

NPM : 6101901088

Judul skripsi : **KAJIAN KORELASI ANTARA VARIASI RASIO WATER-TO-BINDER DAN KEKUATAN TEKAN PADA *BLENDED CEMENT MORTAR* DENGAN KALSIMUM SULFAT SEBAGAI AKTIVATOR**

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, 18 Januari 2023



Novilya

# **KAJIAN KORELASI ANTARA VARIASI RASIO WATER-TO-BINDER DAN KEKUATAN TEKAN PADA *BLENDED CEMENT MORTAR* DENGAN KALSIMUM SULFAT SEBAGAI AKTIVATOR**

**Novilya**  
**NPM: 6101901088**

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

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL**  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)  
**BANDUNG**  
**JANUARI 2023**

## **ABSTRAK**

Seiring dengan banyaknya permintaan produksi semen di seluruh dunia, semakin tinggi juga emisi gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ). Setiap 1 ton semen Portland yang diproduksi setara dengan pelepasan 1 ton gas  $\text{CO}_2$ . Hal ini disebabkan karena terjadi pengonsumsi energi dalam jumlah besar yang membutuhkan sekitar 1800 MJ untuk setiap ton produksi klinker dan sekitar 3500 MJ untuk setiap ton produksi semen Portland. Oleh karena itu, digunakan *Ground Granulated Blast Furnace Slag* (GGBFS) sebagai alternatif substitusi semen sehingga material konstruksi menjadi lebih ramah lingkungan. GGBFS memerlukan senyawa aktivator untuk membantu proses hidrasi sehingga digunakan senyawa kalsium sulfat ( $\text{CaSO}_4$ ). Untuk mengetahui pengaruh variasi *water-to-binder ratio* (w/b) dan kekuatan tekan pada *blended cement mortar* (BCM) dengan  $\text{CaSO}_4$  sebagai aktivator, maka dilakukan penelitian dengan variasi w/b ditetapkan sebesar 0,3; 0,4; 0,5; dan 0,6 serta komposisi penggantian binder yaitu sebesar 30% OPC; 67,45% GGBFS; dan 2,55%  $\text{CaSO}_4$  berdasarkan massa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan tekan mortar pada umur 28 hari yang dihasilkan berdasarkan w/b 0,3; 0,4; 0,5; dan 0,6 secara berurutan yaitu sebesar 54,115 MPa; 32,215 MPa; 25,104 MPa; dan 17,964 MPa. Selain itu, terjadi peningkatan kekuatan tekan mortar seiring dengan umur pengujian 7 hari hingga 28 hari pada variasi w/b 0,3; 0,4; 0,5; dan 0,6 secara berurutan, yaitu sebesar 28,68%; 20,39%; 26,78%; dan 29,42%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa modifikasi *Abram's Law* dan *Bolomey's Formula* valid untuk diaplikasikan pada komposisi material mortar yang digunakan untuk studi eksperimental.

**Kata Kunci:** GGBFS, kalsium sulfat, kekuatan tekan, mortar, *water-to-binder ratio*



# **CORRELATION BETWEEN WATER BINDER RATIO VARIATIONS AND THE COMPRESSIVE STRENGTH OF BLENDED CEMENT MORTAR WITH CALCIUM SULFATE AS AN ACTIVATOR**

**Novilya**  
**NPM: 6101901088**

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

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY**  
**FACULTY OF ENGINEERING**  
**DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING**  
**BACHELOR PROGRAM**  
(Accredited by SK BAN-PT Number: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)  
**BANDUNG**  
**JANUARY 2023**

## **ABSTRACT**

Along with the increasing demand for cement production around the world, the emissions of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) are also increasing. Every 1 ton of Portland cement produced is equivalent to the release of 1 ton of CO<sub>2</sub> gas. This is due to the large amounts of energy consumption, which require around 1800 MJ for every ton of clinker production and around 3500 MJ for every ton of Portland cement production. Therefore, Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS) is used as a cement substitution alternative so that the construction material becomes more environmentally friendly. GGBFS requires an activator compound to assist the hydration process, so calcium sulfate (CaSO<sub>4</sub>) is used. To determine the effect of variations in water-to-binder ratio (w/b) and compressive strength on blended cement mortar (BCM) with CaSO<sub>4</sub> as an activator, a study was conducted with the variation w/b set at 0.3; 0.4; 0.5; and 0.6 and the composition of the binder replacement is 30% OPC; 67.45% GGBFS; and 2.55% CaSO<sub>4</sub> replaced by mass. The results showed that the compressive strengths of the mortar at 28 days were 54.115 MPa; 32.215 MPa; 25.104 MPa; and 17.964 MPa, based on w/b 0.3; 0.4; 0.5; and 0.6 respectively. In addition, the results of an increase in the compressive strength of the mortar along with the test age from 7 days to 28 days were 28.68%; 20.39%; 26.78%; and 29.42% based on w/b 0.3; 0.4; 0.5; and 0.6. These results indicate that the modifications to Abram's Law and Bolomey's Formula are valid to be applied to the mortar material compositions used for this experimental studies.

**Keywords:** calcium sulfate, compressive strength, GGBFS, mortar, water-to-binder ratio

## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Kajian Korelasi Antara Variasi Rasio *Water-To-Binder* Dan Kekuatan Tekan Pada *Blended Cement Mortar* Dengan Kalsium Sulfat Sebagai Aktivator” dengan baik.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari berbagai kesulitan dan tantangan. Namun, berkat bantuan, doa, dukungan, dan motivasi dari berbagai pihak sehingga penyusunan skripsi ini dapat dilalui dengan baik. Oleh karena itu, penulis hendak menyampaikan terima kasih kepada seluruh pihak yang terlibat dalam proses penyusunan skripsi ini, yaitu:

1. Bapak Herry Suryadi, Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, pengalaman, masukan, wawasan dan waktunya selama proses penyusunan skripsi ini.
2. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi S-1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan yang telah meluangkan waktu untuk hadir dan memberikan saran pada seminar judul, seminar isi, dan sidang.
3. Bapak Teguh Farid Nurul Iman, S.T., Bapak Markus Didi G., dan Bapak Heri yang telah memberikan bantuan, wawasan, dan masukan selama proses penyusunan skripsi ini.
4. Keluarga yang selalu memberikan doa, dukungan, dan semangat sepanjang masa perkuliahan.
5. Maria Margaretha Wirasetya selaku teman seperjuangan dalam pembuatan *Blended Cement Mortar* yang telah bekerja sama, membantu, dan menghibur selama proses penyusunan skripsi ini.
6. Jean Jessica, Jerrica Pangestu, Jose Andreas Madolen, Styvean Haley, Tiffany Chandra, dan Vico Christian selaku teman seperjuangan dan satu bimbingan di Laboratorium Teknik Struktur Universitas Katolik Parahyangan.
7. Teman-teman “Tim Hore” selaku teman seperjuangan yang telah menemani, membantu, menghibur, dan berjuang bersama sepanjang masa perkuliahan.

8. Celine Chrysentia, Noviana, dan teman-teman “Grup Rumah” selaku teman yang telah memberikan dukungan, motivasi, dan semangat selama proses penyusunan skripsi ini.
9. Pihak lain yang telah memberikan doa, dukungan, dan semangat yang tidak dapat ditulis satu per satu selama proses penyusunan skripsi ini.

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. Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.



Bandung, 18 Januari 2023

Novilya  
6101901088

# DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN .....	i
ABSTRAK .....	ii
ABSTRACT .....	iii
PRAKATA .....	iv
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR NOTASI .....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1-1
1.1 Latar Belakang.....	1-1
1.2 Inti Permasalahan .....	1-2
1.3 Tujuan Penelitian.....	1-2
1.4 Pembatasan Masalah.....	1-3
1.5 Metode Penelitian.....	1-4
1.6 Sistematika Penulisan.....	1-4
1.7 Diagram Alir.....	1-6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	2-1
2.1 Mortar .....	2-1
2.2 Semen .....	2-2
2.3 <i>Ground Granulated Blast Surface (GGBFS)</i> .....	2-3
2.4 Agregat Halus .....	2-4
2.5 Kalsium Sulfat .....	2-4
2.6 Air.....	2-5

2.7 <i>Superplasticizer</i> .....	2-5
2.8 Uji <i>Organic Impurities</i> .....	2-6
2.9 Perencanaan Campuran Mortar.....	2-7
2.10 Uji <i>Flowability</i> .....	2-9
2.11 Uji Kekuatan Tekan.....	2-10
2.11.1 Hubungan Kekuatan Tekan Terhadap w/b.....	2-10
2.12 Uji <i>Fresh Density</i> .....	2-11
2.13 Uji <i>Hardened Density</i> .....	2-11
2.14 Perawatan Benda Uji Mortar.....	2-12
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>3-1</b>
3.1 Properti Material Campuran Mortar.....	3-1
3.1.1 Semen Portland.....	3-1
3.1.2 <i>Ground Granulated Blast Furnace (GGBFS)</i> .....	3-1
3.1.3 Agregat Halus.....	3-2
3.1.4 Kalsium Sulfat.....	3-2
3.1.5 Air.....	3-2
3.1.6 <i>Superplasticizer</i> .....	3-3
3.2 Pengujian Material Campuran Mortar.....	3-3
3.2.1 Pengujian <i>Specific Gravity (SG)</i> .....	3-4
3.2.2 Pengujian Absorpsi.....	3-6
3.2.3 Pengujian <i>Fineness Modulus (FM)</i> .....	3-7
3.2.4 Pengujian <i>Organic Impurities</i> .....	3-9
3.3 Proporsi Campuran Mortar.....	3-11
3.4 Pembuatan Benda Uji Mortar.....	3-11
3.5 Pengujian <i>Flowability</i> Mortar.....	3-14
3.6 Pengujian Densitas Segar Mortar.....	3-15



3.7 Perawatan Benda Uji Mortar .....	3-16
3.8 Pengujian Densitas Mengeras Mortar.....	3-16
3.9 Pengujian Kekuatan Tekan Mortar .....	3-17
<b>BAB 4 ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>4-1</b>
4.1 Analisis <i>Flowability</i> Mortar .....	4-1
4.2 Analisis Densitas Segar Mortar .....	4-3
4.3 Analisis Densitas Mengeras Mortar .....	4-4
4.4 Analisis Kekuatan Tekan Mortar.....	4-7
4.5 Hubungan Antara Kekuatan Tekan dan Variasi w/b Mortar.....	4-10
4.6 Hubungan Kekuatan Tekan dan Umur Uji Mortar.....	4-13
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>5-1</b>
5.1 Kesimpulan.....	5-1
5.2 Saran.....	5-2
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>UCAPAN TERIMA KASIH</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	



## DAFTAR NOTASI

%	: Persen
$A$	: Luas permukaan benda uji ( $\text{mm}^2$ )
$Abs$	: Absorpsi (%)
$A_r$	: Massa Atom Relatif
$B$	: Lebar (mm)
$CTM$	: Compression Testing Machine
$CaSO_4$	: Kalsium Sulfat
$d_0$	: Diameter awal campuran uji flowability (mm)
$d_{avg}$	: Diameter rata-rata campuran hasil uji flowability (mm)
$D_f$	: Nilai <i>fresh density</i> ( $\text{kg/m}^3$ )
$D_h$	: Nilai <i>hardened density</i> ( $\text{kg/m}^3$ )
$F$	: Flow (%)
$F_m$	: Kekuatan tekan (MPa)
$FM$	: <i>Fineness Modulus</i>
$GGBFS$	: <i>Ground Granulated Blast-Furnace Slag</i>
$g$	: Gram
$H$	: Tinggi (mm)
$M-0,3$	: Mortar jenis variasi w/b 0,3
$M-0,4$	: Mortar jenis variasi w/b 0,4
$M-0,5$	: Mortar jenis variasi w/b 0,5
$M-0,6$	: Mortar jenis variasi w/b 0,6
$Ma$	: Massa labu + minyak tanah (g)
$Mc$	: Massa wadah ukur yang diisi beton (kg)
$Mm$	: Massa wadah ukur (kg)
$Mr$	: Massa Molekul Relatif
$Mt$	: Massa labu + minyak tanah + semen atau GGBFS (g)
$OD$	: <i>Oven-dry</i>
$OPC$	: <i>Ordinary Portland Cement</i>
$P$	: Beban maksimum (kN)
$SF$	: <i>Safety Factor</i>

$SG$	: <i>Specific Gravity</i>
$SP$	: <i>Superplasticizer</i>
$SSD$	: <i>Saturated Surface Dry</i>
$SO_3$	: Sulfur Trioksida
$V$	: Perpindahan volume minyak tanah ( $cm^3$ )
$V_b$	: Volume binder ( $m^3$ )
$V_{fa}$	: Volume agregat halus ( $m^3$ )
$V_m$	: Volume wadah ukur ( $m^3$ )
$V_w$	: Volume air ( $m^3$ )
$W$	: Berat (kg)
$W_{aktivator}$	: Massa aktivator (g)
$W_{GGBFS^*}$	: Massa sebelum GGBFS diganti dengan senyawa aktivator (g)
$W_{OD}$	: Massa benda uji dalam kondisi <i>oven dry</i> (g)
$W_{OPC}$	: Massa OPC (g)
$W_{pyc}$	: Massa air + piknometer (g)
$W_{*pyc}$	: Massa air + piknometer + agregat halus (g)
$W_{SSD}$	: Massa benda uji dalam kondisi SSD (g)
$w/b$	: <i>water-to-binder ratio</i>
$w/c$	: <i>water-to-cement ratio</i>
$\alpha$	: Persentase OPC (%)
$\beta$	: Persentase GGBFS (%)
$\rho$	: Densitas ( $g/cm^3$ )



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Proses Pembuatan GGBFS .....	2-3
<b>Gambar 2.2</b> Mesin <i>Flow Table</i> .....	2-10
<b>Gambar 3.1</b> <i>Ordinary Portland Cement</i> .....	3-1
<b>Gambar 3.2</b> <i>Ground Granulated Blast Furnace</i> .....	3-1
<b>Gambar 3.3</b> Agregat Halus Gunung Galunggung .....	3-2
<b>Gambar 3.4</b> Kalsium Sulfat .....	3-2
<b>Gambar 3.5</b> Air .....	3-3
<b>Gambar 3.6</b> <i>Superplasticizer</i> .....	3-3
<b>Gambar 3.7</b> Kurva Gradasi Agregat Halus.....	3-9
<b>Gambar 3.8</b> Alat <i>Organic Plate</i> .....	3-10
<b>Gambar 3.9</b> Perbandingan Warna Supernatan dan Alat <i>Organic Plate</i> .....	3-10
<b>Gambar 3.10</b> Urutan Pematatan Cetakan Benda Uji .....	3-13
<b>Gambar 3.11</b> <i>Mixer</i> .....	3-13
<b>Gambar 3.12</b> Cetakan dan <i>Hand Tamping</i> .....	3-13
<b>Gambar 3.13</b> <i>Mini Slump Cone</i> .....	3-14
<b>Gambar 3.14</b> Pengukuran Diameter <i>Slump Flow</i> .....	3-14
<b>Gambar 3.15</b> Penimbangan <i>Container</i> Berisi Mortar Segar.....	3-15
<b>Gambar 3.16</b> Metode <i>Sealed Curing</i> pada Benda Uji .....	3-16
<b>Gambar 3.17</b> Jangka Sorong.....	3-16
<b>Gambar 3.18</b> <i>Compression Testing Machine</i> .....	3-17
<b>Gambar 4.1</b> <i>Flowability M-0,3</i> .....	4-2
<b>Gambar 4.2</b> <i>Flowability M-0,4</i> .....	4-2
<b>Gambar 4.3</b> <i>Flowability M-0,5</i> .....	4-2
<b>Gambar 4.4</b> <i>Flowability M-0,6</i> .....	4-3
<b>Gambar 4.5</b> Grafik Densitas Segar Mortar .....	4-3
<b>Gambar 4.6</b> Grafik Densitas Mengeras Mortar .....	4-6
<b>Gambar 4.7</b> Grafik Kekuatan Tekan Mortar .....	4-9
<b>Gambar 4.8</b> Grafik Hubungan Kekuatan Tekan dan w/b Mortar Umur 7 Hari.....	4-11
<b>Gambar 4.9</b> Grafik Hubungan Kekuatan Tekan dan w/b Mortar Umur 14 Hari... .....	4-11

**Gambar 4.10** Grafik Hubungan Kekuatan Tekan dan w/b Mortar Umur 28 Hari  
.....4-12

**Gambar 4.11** Grafik Hubungan Kekuatan Tekan dan w/b Mortar Umur 56 Hari  
.....4-12

**Gambar 4.12** Grafik Hubungan Kekuatan Tekan dan Umur Uji Mortar .....4-13

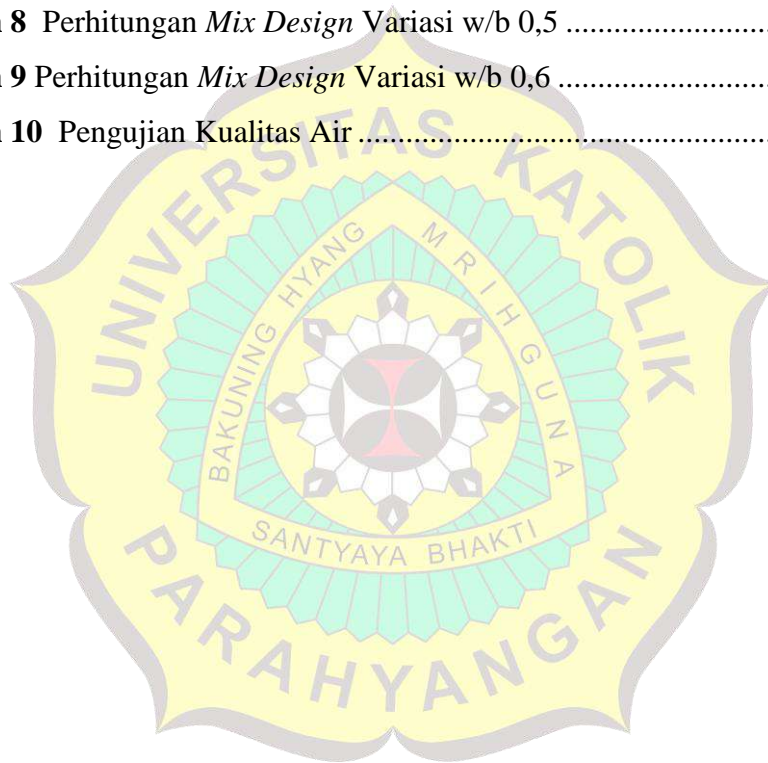


## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.1</b> Rekapitulasi Alat Uji Pengujian <i>Fresh Density</i> .....	1-3
<b>Tabel 1.2</b> Rekapitulasi Benda Uji Pengujian Kekuatan Tekan dan <i>Hardened Density</i> .....	1-4
<b>Tabel 2.1</b> Persen Lolos Agregat Halus Berdasarkan ASTM C33 .....	2-4
<b>Tabel 2.2</b> 5 Standar Warna <i>Organic Plate</i> .....	2-6
<b>Tabel 3.1</b> <i>Specific Gravity</i> Semen .....	3-5
<b>Tabel 3.2</b> <i>Specific Gravity</i> GGBFS .....	3-5
<b>Tabel 3.3</b> <i>Specific Gravity</i> Agregat Halus .....	3-6
<b>Tabel 3.4</b> Absorpsi Agregat Halus .....	3-7
<b>Tabel 3.5</b> Analisa Saringan Agregat Halus .....	3-8
<b>Tabel 3.6</b> Proporsi Campuran Mortar.....	3-11
<b>Tabel 4.1</b> <i>Flowability</i> Mortar .....	4-1
<b>Tabel 4.2</b> Densitas Segar Mortar.....	4-3
<b>Tabel 4.3</b> Densitas Mengeras M-0,3.....	4-4
<b>Tabel 4.4</b> Densitas Mengeras M-0,4.....	4-5
<b>Tabel 4.5</b> Densitas Mengeras M-0,5.....	4-5
<b>Tabel 4.6</b> Densitas Mengeras M-0,6.....	4-6
<b>Tabel 4.7</b> Kekuatan Tekan M-0,3.....	4-7
<b>Tabel 4.8</b> Kekuatan Tekan M-0,4.....	4-8
<b>Tabel 4.9</b> Kekuatan Tekan M-0,5.....	4-8
<b>Tabel 4.10</b> Kekuatan Tekan M-0,6.....	4-9
<b>Tabel 4.11</b> Hubungan Kekuatan Tekan & w/b Mortar Berdasarkan Umur Uji	4-10

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1</b>	Perhitungan <i>Specific Gravity</i> Semen.....	L-2
<b>Lampiran 2</b>	Perhitungan <i>Specific Gravity</i> GGBFS.....	L-4
<b>Lampiran 3</b>	Perhitungan <i>Specific Gravity</i> Agregat Halus .....	L-6
<b>Lampiran 4</b>	Perhitungan Absorpsi Agregat Halus.....	L-8
<b>Lampiran 5</b>	Perhitungan Analisa Saringan Agregat Halus.....	L-10
<b>Lampiran 6</b>	Perhitungan <i>Mix Design</i> Variasi w/b 0,3 .....	L-12
<b>Lampiran 7</b>	Perhitungan <i>Mix Design</i> Variasi w/b 0,4 .....	L-17
<b>Lampiran 8</b>	Perhitungan <i>Mix Design</i> Variasi w/b 0,5 .....	L-22
<b>Lampiran 9</b>	Perhitungan <i>Mix Design</i> Variasi w/b 0,6 .....	L-27
<b>Lampiran 10</b>	Pengujian Kualitas Air .....	L-32



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan suatu negara didorong dari beberapa faktor, salah satunya adalah pembangunan infrastruktur. Pembangunan infrastruktur yang memadai mampu menggerakkan roda peningkatan ekonomi di suatu negara. Infrastruktur seperti jalan raya, bandara, pelabuhan, perumahan hingga sekolah dibangun untuk meningkatkan produktivitas suatu wilayah. Material konstruksi utama dalam pembangunan infrastruktur adalah beton dan mortar. Mortar adalah campuran dari pasta semen, agregat halus dan bahan tambahan lainnya yang dapat meningkatkan plastisitas dan workabilitas lebih tinggi (ACI CT-2021).

Semen adalah material konstruksi yang umum digunakan sebagai bahan pengikat agregat halus maupun agregat kasar pada beton dan mortar. Salah satu jenis semen yang sering digunakan adalah semen Portland. Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan melakukan penggilingan terak terutama yang terdiri dari silikat-silikat kalsium bersifat hidrolis dengan bahan tambahan berbentuk kristal senyawa kalsium sulfat yang digiling secara bersamaan serta dapat ditambah dengan bahan lainnya (SNI 15-2049-2004). Pada tahun 2021 yang lalu, negara Indonesia masuk kedalam posisi 6 besar produksi semen terbesar di dunia dengan 66 juta ton semen sedangkan pada posisi pertama dipimpin oleh negara Cina yang telah memproduksi 2500 juta ton semen per tahun. Seiring dengan banyaknya permintaan produksi semen di seluruh dunia, semakin tinggi juga emisi gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Setiap 1 ton semen Portland yang diproduksi setara dengan pelepasan 1 ton gas CO<sub>2</sub>. Hal ini disebabkan karena dalam berbagai proses produksi semen Portland, terjadi pengonsumsian energi dalam jumlah besar yang membutuhkan sekitar 1800 MJ untuk setiap ton produksi klinker dan sekitar 3500 MJ untuk setiap ton produksi semen Portland (Cao *et al.*, 2022).

*Ground Granulated Blast Furnace Slag* (GGBFS) merupakan limbah produksi baja yang dapat digunakan sebagai alternatif substitusi semen sehingga material konstruksi menjadi lebih ramah lingkungan. Dengan adanya substitusi



sebagian semen menjadi GGBFS, maka campuran mortar juga dapat disebut sebagai *blended cement mortar* (BCM) yang memiliki benefit terhadap lingkungan yaitu mampu melestarikan sumber daya alam serta menurunkan konsumsi energi dan emisi. GGBFS tidak mampu menjadi bahan pengikat hanya dengan diberikan air karena proses hidrasi pada GGBFS tidak secepat semen, melainkan memerlukan senyawa aktivator sehingga pada penelitian digunakan senyawa kalsium sulfat ( $\text{CaSO}_4$ ). Di dalam senyawa  $\text{CaSO}_4$ , terdapat kandungan sulfur trioksida ( $\text{SO}_3$ ) yang bekerja sebagai sulfat aktivator (Nguyen *et al.*, 2015).

Berdasarkan *Abram's law*, perubahan kekuatan tekan pada beton tergantung pada variasi *water-to-cement ratio* (*w/c*). Walaupun terbatas, terdapat juga penelitian yang telah dilakukan atas modifikasi *Abram's law* dan hasil yang didapatkan mampu memprediksi kekuatan tekan pada mortar dengan syarat *w/c* harus lebih dari 0,40 (Rao, 2001). Oleh karena itu, pada skripsi ini dilakukan penelitian atas modifikasi *Abram's law* terhadap pengaruh variasi *water-to-binder ratio* (*w/b*) dan kekuatan tekan pada *blended cement mortar* (BCM). Selain *Abram's law*, *Bolomey's formula* juga menjadi acuan dalam penelitian tersebut.

## 1.2 Inti Permasalahan

Pada penelitian ini akan dipelajari modifikasi *Abram's law* dan *Bolomey's formula* terhadap pengaruh variasi *water-to-binder ratio* (*w/b*) dan kekuatan tekan pada *blended cement mortar* (BCM) dengan  $\text{CaSO}_4$  sebagai aktivator.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini, antara lain:

1. Mengetahui perkembangan nilai kekuatan tekan *blended cement mortar* (BCM) dengan kalsium sulfat sebagai aktivator.
2. Membuat persamaan antara kekuatan tekan *blended cement mortar* (BCM) dengan kalsium sulfat sebagai aktivator berdasarkan *Abram's law* dan *Bolomey's formula*.
3. Mengetahui nilai densitas segar dan densitas mengeras *blended cement mortar* (BCM) dengan kalsium sulfat sebagai aktivator.

#### 1.4 Pembatasan Masalah

Lingkup penelitian ini, antara lain:

1. Material *Ordinary Portland Cement* (OPC) berasal dari PT Semen Indonesia
2. Material *Ground Granulated Blast Furnace Slag* (GGBFS) berasal dari PT KRNG Indonesia
3. Material agregat halus berasal dari penambangan di kaki Gunung Galunggung
4. Perencanaan campuran menggunakan metode volume absolut
5. Penggantian sebagian OPC menjadi GGBFS dan penggantian sebagian GGBFS menjadi Kalsium Sulfat ( $\text{CaSO}_4$ ) dengan komposisi yaitu sebesar 30% OPC; 67,45% GGBFS; dan 2,55%  $\text{CaSO}_4$  (kadar  $\text{SO}_3$  sebesar 1,5%) berdasarkan massa
6. *Water-to-binder ratio* (w/b) ditetapkan sebesar 0,3; 0,4; 0,5; dan 0,6
7. Nilai densitas diuji pada dua kondisi, yaitu kondisi segar (*fresh*) dan kondisi mengeras (*hardened*)
8. Kekuatan tekan mortar diuji pada benda uji kubus dengan ukuran  $50 \times 50 \times 50$  mm yang diuji pada umur 7, 14, 28, dan 56 hari dengan mengambil nilai rata-rata dari minimum 3 buah benda uji (sesuai ASTM C109)
9. Korelasi antara kekuatan tekan dan w/b dibuat berdasarkan *Abram's law* dan *Bolomey's formula*
10. Jumlah total benda uji: 64 buah benda uji kubus dengan ukuran  $50 \times 50 \times 50$  mm

**Tabel 1.1** Rekapitulasi Alat Uji Pengujian *Fresh Density*

Jenis Pengujian	Alat Uji	w/b	Keterangan
<i>Fresh Density</i>	<i>Container</i> (1 liter)	0,6	Diuji pada mortar dalam keadaan segar
		0,5	
		0,4	
		0,3	

Tabel 1.2 Rekapitulasi Benda Uji Pengujian Kekuatan Tekan dan *Hardened Density*

Jenis Pengujian	Benda Uji	Variasi w/b	Umur Pengujian (hari)	Jumlah Benda Uji (buah)
Kekuatan Tekan dan <i>Hardened Density</i>	Kubus berukuran $50 \times 50 \times 50$ mm	0,6	7, 14, 28, dan 56	16
		0,5		16
		0,4		16
		0,3		16
Total Benda Uji				64

### 1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan, antara lain:

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan acuan tentang pengetahuan yang diperlukan dalam melaksanakan penelitian di laboratorium. Pada studi literatur, sumber-sumber yang digunakan antara lain berupa karya tulis ilmiah, jurnal, dan *textbook*.

2. Studi Eksperimental

Studi eksperimental dilakukan di Laboratorium Teknik Struktur Universitas Katolik Parahyangan. Studi eksperimental dimulai dengan melakukan persiapan material, pembuatan dan pengujian benda uji terhadap kekuatan tekan dan densitas dari *blended cement mortar* (BCM).

3. Analisis Data

Analisis data dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian dari hasil eksperimen pada laboratorium.

### 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi dibagi menjadi beberapa bab sebagai berikut:

#### BAB 1: PENDAHULUAN

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



**BAB 2: TINJAUAN PUSTAKA**

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

**BAB 3: METODOLOGI PENELITIAN**

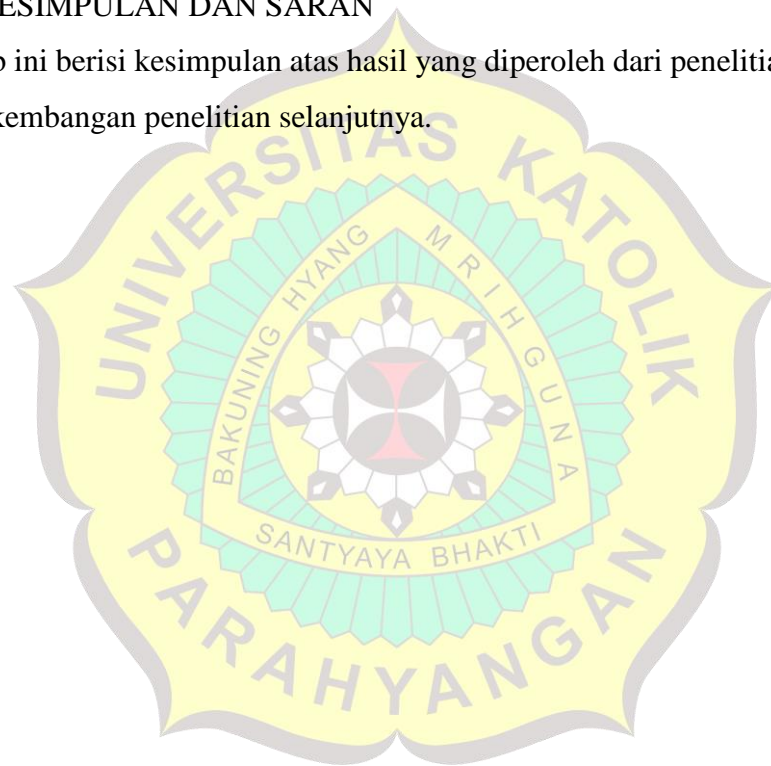
Dalam bab ini berisi metode penelitian diantaranya adalah persiapan material, pengujian material, pembuatan benda uji, dan pengujian benda uji.

**BAB 4: ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN**

Dalam bab ini berisi analisis data dan pembahasan dari hasil pengujian benda uji di laboratorium.

**BAB 5: KESIMPULAN DAN SARAN**

Dalam bab ini berisi kesimpulan atas hasil yang diperoleh dari penelitian dan saran untuk perkembangan penelitian selanjutnya.



### 1.7 Diagram Alir

