

SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI KADAR
NATRIUM SULFAT TERHADAP KEKUATAN TEKAN
DAN *DRYING SHRINKAGE SUPER SULFATED CEMENT
MORTAR***



**JEAN JESSICA ALIUSIUS
NPM : 6101901008**

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

**EXPERIMENTAL STUDY ON THE EFFECT OF
NATRIUM SULFATE VARIATIONS ON COMPRESSIVE
STRENGTH AND DRYING SHRINKAGE OF SUPER
SULFATED CEMENT MORTAR**



**JEAN JESSICA ALIUSIUS
NPM : 6101901008**

ADVISOR: 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

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI KADAR
NATRIUM SULFAT TERHADAP KEKUATAN TEKAN
DAN *DRYING SHRINKAGE SUPER SULFATED CEMENT
MORTAR***



**JEAN JESSICA ALIUSIUS
NPM : 6101901008**

**BANDUNG, 25 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

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI KADAR
NATRIUM SULFAT TERHADAP KEKUATAN TEKAN
DAN *DRYING SHRINKAGE SUPER SULFATED CEMENT
MORTAR***



**JEAN JESSICA ALIUSIUS
NPM : 6101901008**

PEMBIMBING: Herry Suryadi, Ph.D.

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

PENGUJI 2: Sisi Nova Rizkiani, S.T., 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**

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, saya dengan data diri sebagai berikut:

Nama : JEAN JESSICA ALIUSIUS

NPM : 6101901008

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa skripsi / ~~tesis~~ / ~~disertasi~~ dengan judul:

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI KADAR NATRIUM SULFAT TERHADAP KEKUATAN DAN *DRYING SHRINKAGE SUPER SULFATED CEMENT MORTAR*

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: 4 Januari 2023



A handwritten signature in black ink, identifying the author of the statement.

Jean Jessica Aliusius

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI KADAR NATRIUM SULFAT TERHADAP KEKUATAN TEKAN DAN DRYING SHRINKAGE SUPER SULFATED CEMENT MORTAR

**Jean Jessica Aliusius
NPM: 6101901008**

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

Mortar merupakan bahan konstruksi yang terdiri dari campuran air, agregat halus, dan bahan pengikat yaitu semen. Akan tetapi, semen yang digunakan sebagai material mortar mengonsumsi energi yang besar pada produksinya dan menghasilkan emisi karbon dioksida yang cukup besar. Diciptakanlah salah satu inovasi untuk mengatasi masalah ini, yaitu *super sulfated cement mortar* dimana inovasi mortar ini menggunakan *ground granulated blast-furnace slag* (GGBFS) sebagai bahan utamanya. GGBFS memerlukan *sulfate activator* dan *alkaline activator* untuk mengaktifkan reaksinya. Natrium sulfat merupakan salah satu *sulfate activator* yang mudah didapatkan dan dapat meningkatkan hidrasi campuran. *Alkaline activator* yang digunakan sebagai bahan pengikat adalah *Ordinary Portland Cement* (OPC). Untuk mengetahui pengaruh kadar Na_2SO_4 terhadap kekuatan tekan dan *drying shrinkage* campuran, maka dilakukan pengujian terhadap kedua faktor tersebut. Dari hasil pengujian yang dilakukan, didapatkan nilai kekuatan tekan pada campuran dengan variasi kadar SO_3 sebesar 0%; 2,5%; 5%; 7,5%; dan 10% pada umur 56 hari adalah sebagai berikut 10,505 MPa; 31,599 MPa; 31,836 MPa; 43,803 MPa; dan 43,998 MPa dan pada variasi kontrol OPC sebesar 48,436 MPa. Nilai perubahan panjang yang didapatkan dari hasil pengujian pada campuran dengan variasi kadar SO_3 sebesar 0%; 2,5%; 5%; 7,5%; dan 10% pada umur 49 hari secara berurutan adalah -0,00012; -0,00061; -0,000567; -0,000568; dan -0,000239.

Kata Kunci: GGBFS, Na_2SO_4 , Kekuatan Tekan, *Drying Shrinkage*, OPC.

EXPERIMENTAL STUDY ON THE EFFECT OF NATRIUM SULFATE VARIATIONS ON COMPRESSIVE STRENGTH AND DRYING SHRINKAGE OF SUPER SULFATED CEMENT MORTAR

Jean Jessica Aliusius
NPM: 6101901008

Advisor: Herry Suryadi, Ph.D.

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

ABSTRACT

Mortar is a construction material consisting of water, fine aggregate, and a binder, namely cement. However, cement which is used as a mortar material consumes a large amount of energy in its production and produces big amount of carbon dioxide emissions. One of the innovations that were created to overcome this problem is super sulfated cement mortar where this mortar innovation uses ground granulated blast-furnace slag (GGBFS) as its main ingredient. GGBFS requires sulfate activator and alkaline activator to activate its reaction. Sodium sulfate is one of the sulfate activators that is easily get and can increase the hydration of the mixture. The alkaline activator used as a binder is Ordinary Portland Cement (OPC). To determine the effect of Na_2SO_4 content on the compressive strength and drying shrinkage of the mixture, the two factors were tested. From the results of the tests carried out, the compressive strength values were obtained for the mixture with variations in the SO_3 content of 0%; 2.5%; 5%; 7.5%; and 0% at the age of 56 days is as follows 10.505 MPa; 31.599 MPa; 31.836 MPa; 43.803 MPa; and 43.998 MPa and in the OPC control variation of 48.436 MPa. The change in length value obtained from the test results on a mixture with a variation of SO_3 content of 0%; 2.5%; 5%; 7.5%; and 10% at 49 days old respectively --0.00012; -0.00061; -0.000567; -0.000568; and -0.000239.

Keywords: GGBFS, Na_2SO_4 , Compressing Strength, Drying Shrinkage, OPC.

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 VARIASI KADAR NATRIUM SULFAT TERHADAP KEKUATAN TEKAN DAN *DRYING SHRINKAGE SUPER SULFATED CEMENT MORTAR*” ini dengan baik dan tepat waktu.

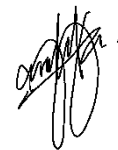
Penulisan skripsi ini merupakan syarat kelulusan pada program studi tingkat S-1 Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan. Dalam penyusunan skripsi ini, terlepas dari banyaknya tantangan yang penulis hadapi, banyak pihak yang senantiasa memberikan dukungan, bimbingan, masukan, hingga motivasi sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Penulis ingin mengucapkan terima kasih sebanyak-banyaknya kepada:

1. Bapak Herry Suryadi, Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan ilmu, masukan, pengalaman, bimbingan, dan waktunya dalam penyusunan skripsi ini.
2. Seluruh dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan yang telah meluangkan waktunya untuk hadir pada saat berlangsungnya seminar judul, seminar isi, dan sidang serta memberikan saran dan masukan yang membangun bagi penulis.
3. Bapak Teguh Farid Nurul Iman, S.T., Bapak Markus Didi G., Bapak Heri Rustandi, dan Bapak Hermawan, S.T. yang telah memberikan banyak bantuan dan masukan selama proses persiapan bahan material hingga proses pengujian benda uji di Laboratorium Teknik Struktur Universitas Katolik Parahyangan.
4. Orang tua, saudara, dan segenap keluarga tercinta yang senantiasa memberikan dukungan dan doa selama proses pembuatan skripsi.
5. Jerrica Pangestu dan Tiffany Candra selaku teman seperjuangan dalam pembuatan campuran benda uji *super sulfated cement mortar* yang telah bekerja sama dan membantu penulis selama proses eksperimen dan pengerjaan skripsi.

6. Novilya, Maria Margaretha, Styvean Haley, Jose Andreas, Vico Christian dan Efnus S. Sinuhaji selaku teman – teman seperjuangan di Laboratorium Teknik Stuktur Universitas Katolik Parahyangan.
7. Bapak Ferry Darmawan, Ibu Clairine Dipa, dan Ibu Melissa Kurniawan selaku kakak rohani yang senantiasa memberikan dukungan dan doa selama proses pengerjaan skripsi.
8. Bryan Yehezkiel Firmansyah, Nicholas Audwin Agathon, Sharon Abigail Sugono, dan Yeremia Grant Setiawan selaku teman dekat penulis yang selalu mendukung dan menemani penulis selama proses perkuliahan hingga pengerjaan skripsi.
9. Andreas Christian, Christoffer Bryan, Dricya Amadea, Jeremy Marcell, Jonathan Theodore, dan Joshua Nathanael Jogia selaku teman – teman yang selalu memberikan dukungan dan semangat kepada penulis.
10. 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 skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk menyempurnakan studi eksperimental ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi dunia pendidikan khususnya di bidang Teknik Sipil.

Bandung, 25 Januari 2023



Jean Jessica Aliusius

6101901008

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR NOTASI	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1-1
1.1 Latar Belakang.....	1-1
1.2 Inti Permasalahan	1-3
1.3 Tujuan Penelitian.....	1-3
1.4 Pembatasan Masalah.....	1-3
1.5 Metode Penelitian.....	1-5
1.6 Sistematika Penulisan.....	1-6
1.7 Diagram Alir.....	1-6
BAB 2 DASAR TEORI.....	2-1
2.1 Mortar	2-1
2.2 <i>Super Sulfated Cement Mortar</i>	2-1
2.3 Campuran <i>Super Sulfated Cement Mortar</i>	2-1
2.3.1 Air.....	2-2
2.3.2 Agregat Halus	2-3
2.3.3 <i>Ground Granulated Blast-Furnace Slag (GGBFS)</i>	2-3

2.3.4 Natrium Sulfat (Na_2SO_4).....	2-4
2.3.5 <i>Alkaline Activator</i>	2-5
2.3.6 <i>Superplasticizer (SP)</i>	2-5
2.4 Pengujian Material Campuran <i>Super Sulfated Cement Mortar</i>	2-6
2.4.1 <i>Specific Gravity</i> Agregat Halus.....	2-6
2.4.2 Pengujian <i>Specific Gravity Binder</i> (Bahan Pengikat) dan Semen	2-7
2.4.3 Pengujian Absorpsi Agregat Halus	2-7
2.4.4 Pengujian <i>Fineness Modulus</i> (Modulus Kehalusan).....	2-8
2.5 <i>Mix Design</i> Campuran <i>Super Sulfated Cement Mortar</i> dengan Metode Volume Absolut	2-8
2.6 Uji Flowability	2-10
2.7 Uji Kekuatan Tekan	2-10
2.8 Uji <i>Drying Shrinkage</i>	2-11
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	3-1
3.1 Jumlah Halaman dan Penggandaan.....	3-1
3.1.1 Pasir.....	3-1
3.1.2 <i>Ground Granulated Blast-Furnace Slag</i>	3-1
3.1.3 <i>Ordinary Portland Cement</i>	3-2
3.1.4 Natrium Sulfat.....	3-2
3.1.5 Air	3-2
3.1.6 <i>Superplasticizer</i>	3-3
3.2 Pengujian Material	3-3
3.2.1 Pengujian <i>Specific Gravity</i> Pasir Galunggung	3-3
3.2.2 Pengujian Absorpsi Pasir Galunggung.....	3-4
3.2.3 Pengujian <i>Fineness Modulus</i> Pasir Galunggung.....	3-5
3.2.4 Pengujian <i>Specific Gravity Binder</i> dan Semen.....	3-7

3.3 Proporsi Campuran (<i>Mix Design</i>) <i>Super Sulfated Cement Mortar</i>	3-9
3.4 Pembuatan Benda Uji	3-9
3.4.1 Proses <i>Mixing</i> atau Pengecoran	3-10
3.4.2 Pengujian <i>Flowability</i>	3-11
3.4.3 Proses <i>Curing</i> atau Perawatan	3-12
3.5 Pengujian Benda Uji.....	3-12
3.5.1 Pengujian Kekuatan Tekan.....	3-12
3.5.2 Pengujian <i>Drying Shrinkage</i>	3-13
BAB 4 ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	4-15
4.1 Analisis Pengujian <i>Flowability</i> Campuran Mortar Segar.....	4-15
4.2 Analisis Pengujian Kekuatan Tekan Campuran SSC Mortar Segar.....	4-17
4.2.1 Analisis Pengujian Kekuatan Tekan Campuran Variasi 0% SO ₃	4-17
4.2.2 Analisis Pengujian Kekuatan Tekan Campuran Variasi 2,5% SO ₃ ...	4-18
4.2.3 Analisis Pengujian Kekuatan Tekan Campuran Variasi 5% SO ₃	4-20
4.2.4 Analisis Pengujian Kekuatan Tekan Campuran Variasi 7,5% SO ₃ ...	4-21
4.2.5 Analisis Pengujian Kekuatan Tekan Campuran Variasi 10% SO ₃	4-22
4.2.6 Analisis Perbandingan Kekuatan Tekan Campuran dan Kontrol OPC .4-	23
4.3 Analisis Pengujian <i>Drying Shrinkage</i> Campuran SSC Mortar Segar	4-26
4.3.1 Analisis Pengujian <i>Drying Shrinkage</i> Campuran Variasi 0% SO ₃ ...	4-26
4.3.2 Analisis Pengujian <i>Drying Shrinkage</i> Campuran Variasi 2,5% SO ₃	4-28
4.3.3 Analisis Pengujian <i>Drying Shrinkage</i> Campuran Variasi 5% SO ₃ ...	4-30
4.3.4 Analisis Pengujian <i>Drying Shrinkage</i> Campuran Variasi 7,5% SO ₃	4-32
4.3.5 Analisis Pengujian <i>Drying Shrinkage</i> Campuran Variasi 10% SO ₃ .4-	34
4.3.6 Analisis Perbandingan <i>Drying Shrinkage</i> Campuran dan Kontrol OPC4-36

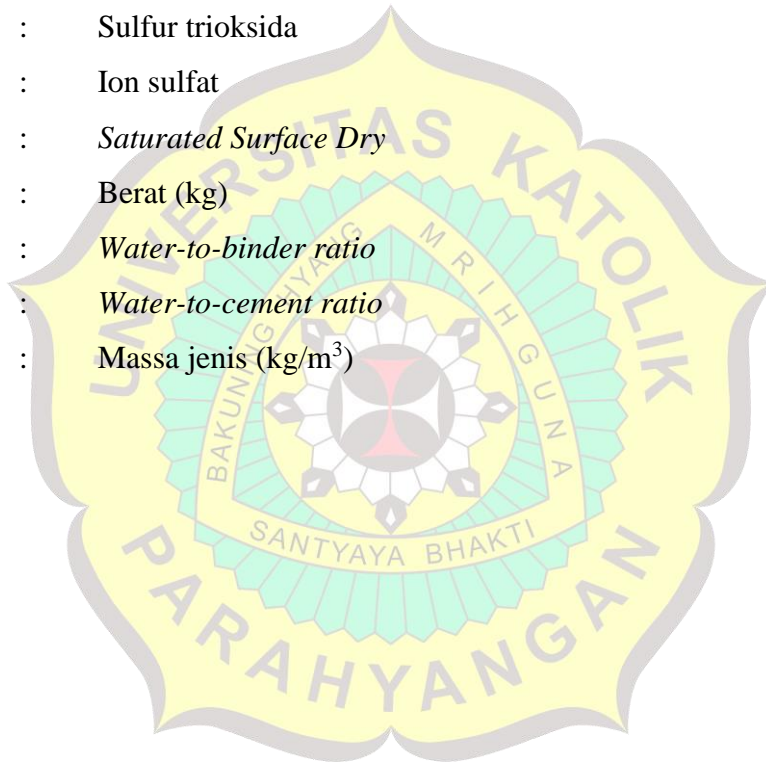
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	5-1
5.1 Kesimpulan	5-1
5.2 Saran.....	5-2
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN 1 Perhitungan pengujian <i>Specific Gravity</i> OPC	1-1
LAMPIRAN 2 Perhitungan pengujian <i>Specific Gravity</i> GGBFS	2-1
LAMPIRAN 3 Perhitungan pengujian <i>Specific Gravity</i> Na ₂ SO ₄	3-1
LAMPIRAN 4 Perhitungan pengujian <i>Specific Gravity</i> Pasir Galunggung	4-1
LAMPIRAN 5 Contoh Perhitungan <i>Mix Design</i> Campuran SSC Mortar	5-1



DAFTAR NOTASI

%	:	Persen
A	:	Luas penampang (mm ²)
ACI	:	<i>American Concrete Institute</i>
ASTM	:	<i>American Society for Testinf and Materials</i>
Abs	:	Absorpsi (%)
C	:	Celsius
CTM	:	<i>Compression Testing Machine</i>
cm	:	Sentimeter
d	:	Diameter campuran hasil uji <i>flowability</i> (mm)
d ₀	:	Diameter awal campuran uji <i>flowability</i> (mm)
d _{avg}	:	Diameter rata-rata campuran hasil uji <i>flowability</i> (mm)
F	:	<i>Flow</i> (%)
FM	:	<i>Fineness Modulus</i>
f _m	:	Kekuatan tekan mortar (MPa)
G	:	<i>Gauge Length</i> (mm)
GGBFS	:	<i>Ground Granulated Blast-Furnace Slag</i>
g	:	Gram
K ₂ O	:	Kalium oksida
kN	:	Kilonewton
L	:	Perubahan panjang benda uji pada umur x hari (mm)
L _i	:	Pembacaan benda uji pada umur <i>initial</i> dikurangi bacaan <i>reference bar</i> umur <i>initial</i>
L ₀	:	Pembacaan <i>reference bar</i> pada hari uji (mm)
L _x	:	Pembacaan benda uji pada umur x dikurangi bacaan <i>reference bar</i> umur <i>initial</i>
MPa	:	Megapascal
Mr	:	Molekul relatif
m	:	meter
mm	:	milimeter
Na ₂ O	:	Natrium oksida

Na ₂ SO ₄	:	Natrium sulfat
OD	:	<i>Oven Dry</i>
OPC	:	<i>Ordinary Portland Cement</i>
P	:	Beban maksimum (N)
ppm	:	<i>parts per million</i>
SF	:	<i>Safety factor</i>
SG	:	<i>Specific gravity</i>
SSC	:	<i>Super Sulfated Cement</i>
SNI	:	Standar Nasional Indonesia
SP	:	<i>Superplasticizer</i>
SO ₃	:	Sulfur trioksida
SO ₄	:	Ion sulfat
SSD	:	<i>Saturated Surface Dry</i>
W	:	Berat (kg)
w/b	:	<i>Water-to-binder ratio</i>
w/c	:	<i>Water-to-cement ratio</i>
ρ	:	Massa jenis (kg/m ³)



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian	1-7
Gambar 2.1 Proses Produksi GGBFS (Ahmad <i>et al.</i> , 2022).....	2-4
Gambar 2.2 <i>Flow Table</i>	2-10
Gambar 2.3 Detail Cetakan Benda Uji <i>Drying Shrinkage</i> (ASTM 490)	2-11
Gambar 3.1 Pasir Galunggung Lolos Saringan No.4.....	3-1
Gambar 3.2 <i>Ground Granulated Blast-Furnace Slag</i>	3-1
Gambar 3.3 <i>Ordinary Portland Cement</i>	3-2
Gambar 3.4 Natrium Sulfat.....	3-2
Gambar 3.5 Air	3-2
Gambar 3.6 <i>Superplasticizer</i> Dynamon NRG 1030	3-3
Gambar 3.7 Mixer.....	3-10
Gambar 3.8 Pengujian kekuatan Tekan dengan CTM.....	3-13
Gambar 3.9 Contoh Pembacaan Suhu Ruangan	3-13
Gambar 3.10 Contoh Pembacaan <i>Reference Bar</i>	3-14
Gambar 3.11 Contoh Pembacaan Benda Uji	3-14
Gambar 4.1 Grafik Nilai <i>Flowability</i> Campuran Segar	4-16
Gambar 4.2 Nilai Kekuatan Tekan 0% SO ₃	4-18
Gambar 4.3 Nilai Kekuatan Tekan 2,5% SO ₃	4-19
Gambar 4.4 Nilai Kekuatan Tekan 5% SO ₃	4-20
Gambar 4.5 Nilai Kekuatan Tekan 7,5% SO ₃	4-21
Gambar 4.6 Nilai Kekuatan Tekan 10% SO ₃	4-23
Gambar 4.7 Nilai Kekuatan Tekan Kontrol 100% OPC.....	4-24
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Nilai Kekuatan Tekan	4-24

Gambar 4.9 Hasil <i>Drying Shrinkage</i> 0% SO ₃	4-27
Gambar 4.10 Hasil <i>Drying Shrinkage</i> 2,5% SO ₃	4-29
Gambar 4.11 Hasil <i>Drying Shrinkage</i> 5% SO ₃	4-31
Gambar 4.12 Hasil <i>Drying Shrinkage</i> 7,5% SO ₃	4-33
Gambar 4.13 Hasil <i>Drying Shrinkage</i> 10% SO ₃	4-35
Gambar 4.14 Hasil <i>Drying Shrinkage</i> Kontrol OPC	4-36
Gambar 4.15 Perbandingan <i>Drying Shrinkage</i>	4-36



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Benda Uji Pengujian Kekuatan Tekan SSC Mortar	1-4
Tabel 1.2 Benda Uji Pengujian <i>Drying Shrinkage</i> SSC Mortar	1-5
Tabel 2.1 Persyaratan Kinerja Beton Untuk Air Pencampur	2-2
Tabel 2.2 Batasan Kimiawi Tambahan Untuk Air Pencampur Kombinasi	2-2
Tabel 2.3 Analisis Saringan Agregat Halus	2-3
Tabel 3.1 <i>Specific Gravity</i> Pasir Yang Digunakan	3-4
Tabel 3.2 Absorpsi Pasir Yang Digunakan	3-5
Tabel 3.3 <i>Fineness Modulus</i> Pasir Yang Digunakan (Sampel I)	3-6
Tabel 3.4 <i>Fineness Modulus</i> Pasir yang Digunakan (Sampel II)	3-7
Tabel 3.5 <i>Specific Gravity</i> GGBFS Yang Digunakan	3-8
Tabel 3.6 <i>Specific Gravity</i> OPC Yang Digunakan.....	3-8
Tabel 3.7 <i>Specific Gravity</i> Na ₂ SO ₄ yang Digunakan.....	3-8
Tabel 3.8 Proporsi Campuran SSC Mortar per m ³	3-9
Tabel 3.9 Proporsi Campuran Kontrol 100% OPC per m ³	3-9
Tabel 4.1 Hasil Pengujian <i>Flowability</i> Campuran Segar.....	4-16
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Kekuatan Tekan 0% SO ₃	4-17
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kekuatan Tekan 2,5% SO ₃	4-18
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Kekuatan Tekan 5% SO ₃	4-20
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Kekuatan Tekan 7,5% SO ₃	4-21
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Kekuatan Tekan 10% SO ₃	4-22
Tabel 4.7 Hasil Perbandingan Nilai Kekuatan Tekan.....	4-24
Tabel 4.8 Hasil <i>Drying Shrinkage</i> 0% SO ₃	4-26
Tabel 4.9 Hasil <i>Drying Shrinkage</i> 2,5% SO ₃	4-28

Tabel 4.10 Hasil *Drying Shrinkage* 5% SO₃ 4-30

Tabel 4.11 Hasil *Drying Shrinkage* 7,5% SO₃ 4-32

Tabel 4.12 Hasil *Drying Shrinkage* 10% SO₃ 4-34



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 Perhitungan pengujian <i>Specific Gravity</i> OPC.....	1-1
LAMPIRAN 2 Perhitungan pengujian <i>Specific Gravity</i> GGBFS	2-1
LAMPIRAN 3 Perhitungan pengujian <i>Specific Gravity</i> Na ₂ SO ₄	3-1
LAMPIRAN 4 Perhitungan pengujian <i>Specific Gravity</i> Pasir Galunggung.....	4-1
LAMPIRAN 5 Contoh Perhitungan <i>Mix Design</i> Campuran SSC Mortar.....	5-1



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton dan mortar di dalam dunia konstruksi dikenal sebagai salah satu bahan konstruksi yang berperan penting dalam proses pembangunan. Mortar merupakan bahan konstruksi yang terdiri dari campuran air, agregat halus, dan bahan pengikat yaitu semen. Mortar memiliki fungsi struktural dan non-struktural. Sebagai konstruksi struktural, mortar direncanakan untuk menahan gaya tekan dan beban yang diterima struktur. Sedangkan, sebagai konstruksi non-struktural, mortar digunakan sebagai pelapis dinding terluar dan perekat antar material konstruksi yang digunakan.

Semen yang digunakan sebagai salah satu material pada mortar, dalam proses pembuatannya mengonsumsi energi dalam jumlah yang besar, yaitu sekitar 7.600.000 kJ per tonne semen (Tarun, 1996). Selain itu, untuk setiap tonne semen yang diproduksi, diperkirakan 1 tonne karbon dioksida (CO₂) dilepaskan ke atmosfer, dimana emisi karbon dioksida mempengaruhi suhu bumi yang menjadi salah satu penyebab pemanasan global yang terjadi.

Dengan perkembangan zaman dan teknologi yang terjadi, diciptakan inovasi – inovasi dalam upaya untuk mengurangi emisi karbon dioksida dan untuk menciptakan campuran semen mortar yang lebih ramah lingkungan, yaitu dengan mengganti sebagian besar penggunaan semen dengan produk campuran mineral seperti *fly ash* dan *ground granulated blast-furnace slag* (GGBFS). GGBFS dianggap sebagai produk sampingan dari energi baja, yang dikaitkan dengan kandungan CO₂ yang sangat rendah. Sehingga, beton (dan mortar) yang menggunakan GGBFS dalam jumlah yang besar sebagai pengganti atau substitusi semen atau *clinker* menghasilkan kadar CO₂ yang sangat sedikit (Guillon *et al.*, 2021), maka semakin banyak jumlah GGBFS yang digunakan untuk menggantikan penggunaan semen, semakin sedikit emisi yang dihasilkan. Menurut Wu *et al.* (2021) dalam industri semen, diciptakan '*special cement*' seperti calcium

sulfoaluminate cement, *geopolymer cement*, *super sulfated cement*, dan lainnya guna mereduksi emisi karbon dan pemakaian energi dalam produksi semen.

Super sulfated cement (SSC) merupakan salah satu jenis semen yang mengonsumsi energi yang rendah dalam pembuatannya dan mendapatkan ketahanan yang tinggi terhadap serangan kimia agresif. SSC pada umumnya mengandung GGBFS sebagai bahan mentah utama yang diaktivasi oleh *sulfate activator* seperti *gypsum*, *hemianhydrite* dan *anhydrite*, *sodium sulfate*, dan lainnya dan *alkaline activator* seperti *cement clinker*, *calcium hydroxide*, dan lainnya. Persiapan SSC tidak rumit, ramah lingkungan, mengonsumsi energi yang rendah dan menghasilkan lebih sedikit emisi CO₂ sehingga menggunakan SSC tidak hanya mendaur ulang limbah industri pabrik, namun juga menghemat energi dan melindungi lingkungan, terutama *hydration heat* dari SSC cukup rendah (Wu *et al.*, 2021).

SSC memiliki kekurangan yaitu kekuatan tekan pada umur awal cukup rendah, sehingga menambah kekuatan di umur awal berkontribusi untuk meningkatkan kepraktisan dan kelayakan dalam pengaplikasian. Menurut Lam (2020), natrium sulfat (Na₂SO₄) adalah salah satu jenis *sulfate activator* yang dapat meningkatkan kekuatan SSC pada umur awalnya. Hasil yang didapat pada eksperimen tersebut adalah sampel yang ditambahkan Na₂SO₄ ke dalamnya memiliki kekuatan tekan pada umur 3 (tiga) hari lebih besar 1,5 - 2 kali lipat dibandingkan dengan sampel tanpa Na₂SO₄. Namun, pada umur 28 hari, kekuatan tekan benda uji yang ditambahkan 1,5% Na₂SO₄ lebih rendah sekitar 6 – 8,6% dibandingkan benda uji tanpa adanya tambahan Na₂SO₄.

Drying shrinkage di dalam ASTM C596, diartikan sebagai pengurangan panjang benda uji, dimana pengurangan tersebut disebabkan oleh faktor – faktor yang berhubungan dengan kondisi temperatur (suhu), kelembapan udara, dan evaporasi diluar beban eksternal yang diterima. Penyusutan ini merupakan salah satu dari penyebab utama terjadinya retakan pada struktur yang menggunakan material berbasis semen (*cement-based materials*) dikarenakan adanya perubahan volumetrik material akibat kehilangan air saat proses pengeringan. Kehilangan air (air bebas dan terabsorpsi) menghasilkan tegangan tarik, dimana memaksa material untuk menyusut, sehingga menyebabkan retakan – retakan yang dapat

mempengaruhi performa struktural jika tidak diperhatikan secara baik dalam proses desain (Zhang *et al.*, 2015).

1.2 Inti Permasalahan

Mempelajari dan menganalisa pengaruh variasi kadar SO_3 yaitu 0; 2,5; 5; 7,5; dan 10% yang ekuivalen dengan 0; 4,44; 8,88; 13,31; dan 17,75% Na_2SO_4 pada *super sulfated cement mortar* dengan menggunakan GGBFS sebagai substitusi utama sebagian besar penggunaan OPC (*Ordinary Portland Cement*) terhadap pengujian kekuatan tekan dan mengukur *drying shrinkage* benda uji pada umur – umur yang telah ditetapkan sebelumnya.

1.3 Tujuan Penelitian

Studi eksperimental ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui perkembangan nilai kekuatan tekan pada *super sulfated cement mortar* dengan variasi kadar natrium sulfat.
2. Mengetahui nilai *drying shrinkage* pada *super sulfated cement mortar* dengan variasi kadar natrium sulfat.

1.4 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah yang ditetapkan dalam studi eksperimental ini, antara lain:

1. Perencanaan campuran menggunakan Metode Volume Absolut.
2. Agregat Halus berasal dari penambangan pasir di kaki Gunung Galunggung.
3. Penggunaan Na_2SO_4 yang berfungsi sebagai *sulfate activator* ditentukan dalam rentang kadar SO_3 yaitu 0; 2,5; 5; 7,5 dan 10% yang ekuivalen dengan 0; 4,44; 8,88; 13,31; dan 17,75% Na_2SO_4 .
4. Na_2SO_4 digunakan berasal dari PT. Brataco (Bratachem).
5. Penggunaan OPC yang berfungsi sebagai *alkaline activator* ditentukan sebesar 5%.
6. OPC digunakan berasal PT. Semen Indonesia.
7. Penggunaan *superplasticizer* Dynamon NRG 1030 (Tipe F) berdasarkan ASTM C109.
8. Penggunaan 100% OPC sebagai kontrol.

9. Menggunakan satu jenis *slag* yaitu *Ground Granulated Blast Furnace Slag* (GGBFS) dari PT. KRNG Indonesia.
10. *Water-to-binder ratio* (*w/b*) ditetapkan sebesar 0,4.
11. *Fine aggregate-to-binder ratio* ditetapkan sebesar 2,5.
12. *Workability* mortar segar ditentukan dengan pengujian *flowability* berdasarkan ASTM C109.
13. Metode perawatan dengan metode *sealed curing*.
14. 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).
15. *Drying shrinkage* diuji pada benda uji prisma dengan ukuran $25 \times 25 \times 285$ mm yang diuji pada umur initial, 1, 3, 5, 7, 14, 21, 28, dan 56 hari dengan mengambil nilai rata-rata dari minimum 3 buah benda uji (Sesuai ASTM C596).
16. Jumlah total benda uji: 72 buah benda uji kubus dengan ukuran $50 \times 50 \times 50$ mm dan 21 benda uji prisma dengan ukuran $25 \times 25 \times 285$ mm.

Tabel 1.1 Benda Uji Pengujian Kekuatan Tekan SSC Mortar

Variasi SO ₃ (%)	Kode	Bentuk Benda Uji	Umur Pengujian (hari)	Jumlah Benda Uji (buah)
0	M1-NS0	Kubus $50 \times 50 \times 50$ mm		12
2.5	M1-NS2.5	Kubus $50 \times 50 \times 50$ mm		12
5	M1-NS5	Kubus $50 \times 50 \times 50$ mm	7, 14, 28, dan 56	12
7.5	M1-NS7.5	Kubus $50 \times 50 \times 50$ mm		12
10	M1-NS10	Kubus $50 \times 50 \times 50$ mm		12
Total Benda Uji				60

Kode M1 pada Tabel 1.1 menunjukkan campuran pertama yaitu untuk pengujian kekuatan tekan pada SSC mortar dan kode NS menunjukkan natrium sulfat, dimana kode NS0 menandakan varian campuran dengan 0%

SO₃, NS2.5 menunjukkan campuran dengan 2,5% SO₃ dan begitu seterusnya.

Tabel 1.2 Benda Uji Pengujian *Drying Shrinkage* SSC Mortar

Variasi SO ₃ (%)	Kode	Bentuk Benda Uji	Umur Pengujian (hari)	Jumlah Benda Uji (buah)
0	M2-NS0	Prisma 25 × 25 × 285 mm		3
2.5	M2-NS2.5	Prisma 25 × 25 × 285 mm		3
5	M2-NS5	Prisma 25 × 25 × 285 mm	Initial, 1, 3, 7, 14, 28, dan 56	3
7.5	M2-NS7.5	Prisma 25 × 25 × 285 mm		3
10	M2-NS10	Prisma 25 × 25 × 285 mm		3
Total Benda Uji				15

Kode M2 pada Tabel 1.2 menunjukkan campuran kedua yaitu untuk pengujian *Drying Shrinkage* pada SSC mortar dan kode NS menunjukkan natrium sulfat, dimana kode NS0 menandakan varian campuran dengan 0% SO₃, NS2.5 menunjukkan campuran dengan 2,5% SO₃ dan begitu seterusnya.

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan pada studi eksperimental ini adalah :

1. Studi Literatur

Metode studi literatur merupakan metode yang dilakukan dengan mengumpulkan informasi dan pengetahuan tentang studi eksperimental yang dilakukan dengan membaca berbagai macam sumber literatur, jurnal penelitian, buku, karya tulis ilmiah, *paper*, dan lainnya sebagai acuan atau sumber referensi dan sebagai dasar atau landasan teori untuk melakukan studi eksperimental.

2. Studi Eksperimental

Metode studi eksperimental merupakan metode yang dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh nilai dari hasil praktikum di laboratorium. Studi

eksperimental dimulai dengan persiapan material dan pengujian karakteristiknya, perencanaan *mix design* dan pembuatan benda uji, hingga melakukan pengujian terhadap kuat tekan dan *drying shrinkage* pada *sulfate activated slag mortar* dengan variasi kadar natrium sulfat dan jenis slag.

3. Analisis Data

Metode Analisis data merupakan metode pengolahan seluruh data yang diperoleh dari metode studi eksperimental dengan tujuan yaitu mencapai tujuan dari studi eksperimental yang dilakukan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini secara garis besar terdiri dari 5 (lima) bab, antara lain:

BAB I : PENDAHULUAN

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

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi landasan teori yang digunakan sebagai referensi dalam melakukan penelitian. dimana landasan teori diambil berdasarkan studi literatur yang dilakukan.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang proses persiapan pembuatan benda uji mortar hingga tahap pengujian kekuatan tekan dan *drying shrinkage* pada benda uji.

BAB IV : ANALISIS DAN PEMBAHASAN

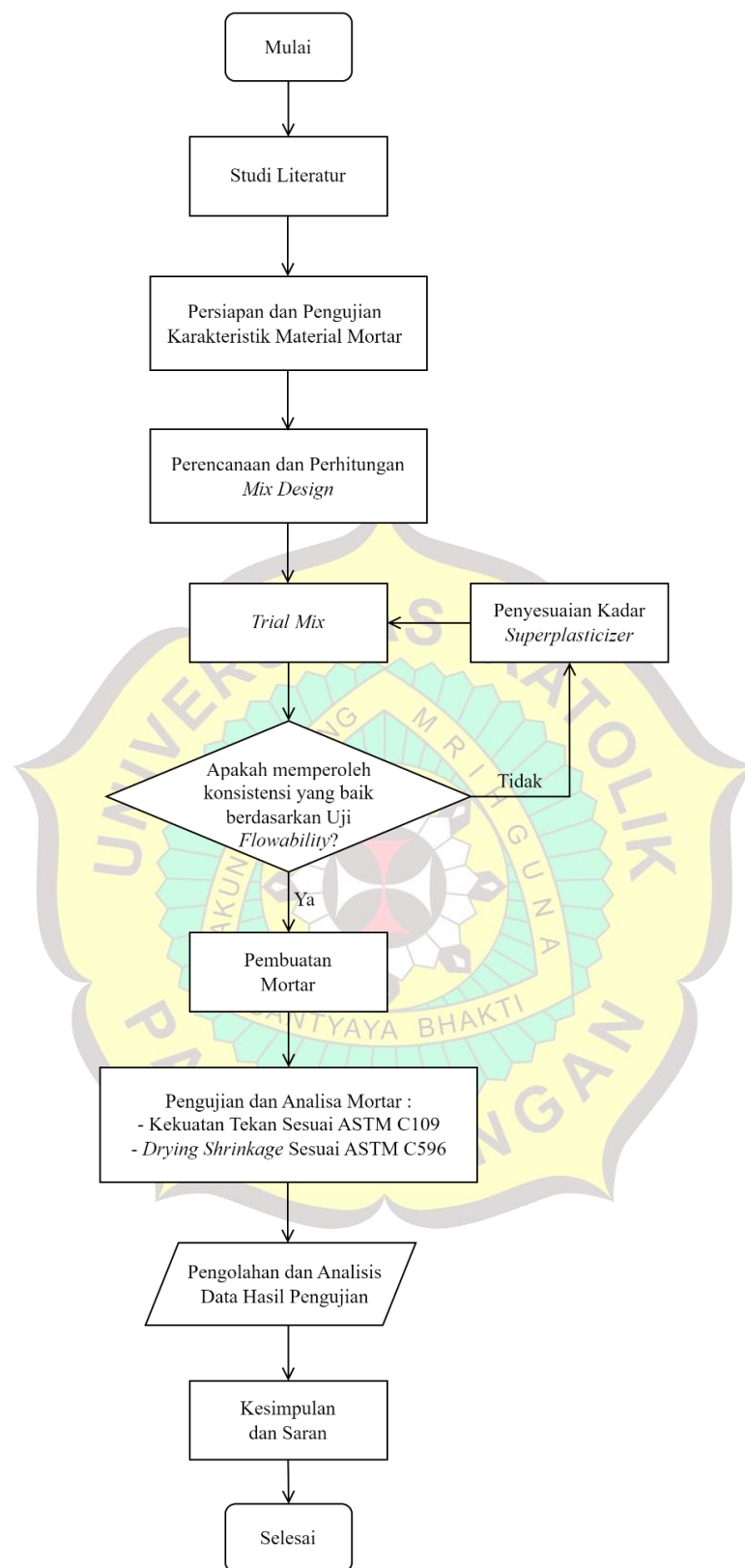
Bab ini berisi tentang hasil analisis dari pengujian kekuatan tekan dan *drying shrinkage* yang telah dilakukan pada benda uji mortar.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dari studi eksperimental yang telah dilakukan dan memberikan saran dari hasil penelitian untuk perkembangan penelitian selanjutnya.

1.7 Diagram Alir

Penelitian kekuatan tekan dan *drying shrinkage* dilakukan berdasarkan pada diagram alir pada Gambar 1.1 berikut.



Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian

