

SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI KADAR
NATRIUM SULFAT TERHADAP KEKUATAN LENTUR
DAN POROSITAS *SUPER SULFATED CEMENT MORTAR***



**TIFFANY CANDRA
NPM : 6101901034**

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 FLEXURAL
STRENGTH AND POROSITY OF SUPER SULFATED
CEMENT MORTAR**



**TIFFANY CANDRA
NPM : 6101901034**

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**

SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI KADAR
NATRIUM SULFAT TERHADAP KEKUATAN LENTUR
DAN POROSITAS *SUPER SULFATED CEMENT MORTAR***



**TIFFANY CANDRA
NPM : 6101901034**

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

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

Nama : Tiffany Candra

NPM : 6101901034

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Kadar Natrium Sulfat Terhadap Kekuatan Lentur dan Porositas *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: 03 Januari 2023



Tiffany Candra
6101901034

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI KADAR NATRIUM SULFAT TERHADAP KEKUATAN LENTUR DAN POROSITAS *SUPER SULFATED CEMENT MORTAR*

Tiffany Candra
NPM: 6101901034

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 salah satu material yang sangat unggul dan sangat umum digunakan dalam kegiatan konstruksi. Seiring meningkatnya pembangunan infrastruktur untuk memenuhi kebutuhan manusia, membuat produksi semen yang menjadi bahan dasar pembuatan mortar mengalami peningkatan. Produksi semen yang semakin tinggi meningkatkan pencemaran emisi gas rumah kaca, karena dibutuhkan energi yang besar pada produksi semen. Oleh karena ini, dikembangkan inovasi *Super Sulfated Cement Mortar* (SSC). Dengan memanfaatkan slag *ground granulated blast furnace slag* sebagai pengganti sebagian OPC dapat mengurangi emisi gas rumah kaca. Tetapi GGBFS membutuhkan aktivator agar memiliki sifat hidrasi yang sama seperti semen. Na_2SO_4 digunakan sebagai *sulfate activator* dan OPC digunakan sebagai alkali aktivator. Variasi kadar SO_3 digunakan sebesar 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10%. Rasio air terhadap bahan pengikat (w/b) sebesar 0,4. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai kekuatan lentur (f_r), kekuatan tekan (f_m), porositas pada umur 7, 14, 28, dan 56 hari. Pengujian flowability pada campuran segar *super sulfated cement mortar* dengan variasi kadar SO_3 sebesar 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% menghasilkan nilai secara berurutan 103,75%; 100%; 86,75%; 107,75%; dan 105%. Pengujian kekuatan tekan umur 28 hari *super sulfated cement mortar* dengan variasi kadar SO_3 sebesar 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% menghasilkan nilai secara berurutan 8,59 MPa; 34,82 MPa; 36,23 MPa; 39,50 MPa; dan 40,04 MPa. Pengujian kekuatan lentur umur 28 hari *super sulfated cement mortar* dengan variasi kadar SO_3 sebesar 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% menghasilkan nilai secara berurutan 2,03 MPa; 5,66 MPa; 6,25 MPa; 7,41 MPa; dan 6,39 MPa. Pengujian porositas umur 28 hari *super sulfated cement mortar* dengan variasi kadar SO_3 sebesar 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% menghasilkan nilai secara berurutan 26,99%; 23,40%; 26,35%; 26,66%; dan 25,44%.

Kata Kunci: GGBFS, kekuatan tekan, kekuatan lentur, OPC, porositas, *Super Sulfated Cement Mortar*, SO_3 .

EXPERIMENTAL STUDY ON THE EFFECT OF NATRIUM SULFATE VARIATIONS ON FLEXURAL STRENGTH AND POROSITY OF SUPER SULFATED CEMENT MORTAR

Tiffany Candra
NPM: 6101901034

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

Mortar is a very superior material and is very commonly used in construction activities. As infrastructure development increases to meet human needs, the production of cement which is the basic ingredient for making mortar has increased. The higher cement production increases the pollution of greenhouse gas emissions, because it takes a lot of energy to produce cement. Because of this, an innovative Super Sulfated Cement Mortar (SSC) was developed. By utilizing ground granulated blast furnace slag as a partial replacement for OPC, it can reduce greenhouse gas emissions. But GGBFS requires the activator to have the same hydration properties as cement. Na_2SO_4 is used as sulfate activator and OPC is used as alkali activator. Variations in sodium sulfate levels were used by 0%, 2,5%, 5%, 7,5% and 10%. The ratio of water to binder (w/b) is 0,4. The purpose of this study was to determine the value of flexural strength (f_r), compressive strength (f_m), porosity at the age of 7, 14, 28 and 56 days. Flowability testing on a fresh mixture of super sulfated cement mortar with variations in SO_3 levels of 0%, 2,5%, 5%, 7,5% and 10% were 103,75%; 100%; 86,75%;107,75%; and 105%. Testing the compressive strength of 28 days of super sulfated cement mortar with variations in SO_3 content of 0%, 2,5%, 5%, 7,5% and 10% were 8,59 MPa; 34,82 MPa; 36,23 MPa; 39,50 MPa; and 40,04 MPa. Testing the flexural strength of 28 days of super sulfated cement mortar with variations in SO_3 content of 0%, 2,5%, 5%, 7,5% and 10% were 2,03 MPa; 5,66 MPa; 6,25 MPa; 7,41 MPa; and 6,39 MPa. Porosity test for 28 days of super sulfated cement mortar with variations in SO_3 levels of 0%, 2,5%, 5%, 7,5% and 10% were 26,99%; 23,40%; 26,35%; 26,66%; and 25,44%.

Keywords: compressive strength, flexural strength, GGBFS, OPC, porosity, Super Sulfated Cement Mortar, SO_3 .

PRAKATA

Puji serta syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan berkat-Nya skripsi dengan judul “STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI KADAR NATRIUM SULFAT TERHADAP KEKUATAN LENTUR DAN POROSITAS SUPER SULFATED CEMENT MORTAR” dapat selesai dengan tepat waktu dan baik. Penyusunan skripsi ini dilakukan bertujuan untuk memenuhi syarat kelulusan pendidikan tingkat S-1 pada program studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan Bandung.

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

1. Bapak Herry Suryadi, Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak masukan, wawasan, pengalaman, motivasi, serta waktunya dalam penyusunan skripsi ini
2. Seluruh dosen Program Studi Teknik Sipil yang telah meluangkan waktunya 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 dan pengujian benda uji di Laboratorium Struktur Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan dan memberikan masukan dalam seluruh proses penyusunan skripsi ini.
4. Keluarga yang selalui memberikan dukungan dan doa pada saat penyusunan skripsi.
5. Sahabat-sahabat penulis, Jerrica Pangestu, Yeremia Grant, Novilya, Maria Margareth, Jean Jessica, dan Teman-teman Bego Squad yang selalui memberikan semangat dan dukungan selama penyusunan skripsi.
6. Teman seperjuangan eksperimental yang selalu membantu selama proses pembuatan benda uji.

7. Seluruh pihak lainnya yang tidak dapat ditulis satu per satu yang juga turut memberikan doa dan dukungan selama penyusunan skripsi.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Maka, penulis sangat menerima dengan tangan terbuka kepada seluruh pihak yang ingin memberikan saran serta masukan pada studi eksperimental ini. Akhir kata, semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan peneliti-peneliti yang akan datang.

Bandung, 03 Januari 2023



Tiffany Candra

6101901034



DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
PRAKATA	iii
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR NOTASI	xii
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 Metodologi Penelitian	1-5
1.6 Sistematika Penulisan.....	1-5
1.7 Diagram Alir.....	1-6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	2-1
2.1 Mortar.....	2-1
2.2 <i>Super Sulfated Cement Mortar</i>	2-1
2.3 <i>Campuran Super Sulfated Cement Mortar</i>	2-2
2.3.1 Semen.....	2-2
2.3.2 <i>Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS)</i>	2-2
2.3.3 Air	2-3
2.3.4 Agregat Halus	2-4
2.3.5 Natrium Sulfat (Na_2SO_4)	2-4

2.3.6	<i>Superplasticizer</i>	2-5
2.4	Pengujian Karakteristik Campuran <i>Super Sulfated Cement Mortar</i>	2-6
2.4.1	Pengujian <i>Specific Gravity</i> (SG)	2-6
2.4.1.1	Pengujian <i>Specific Gravity</i> (SG) Agregat Halus.....	2-6
2.4.1.2	Pengujian <i>Specific Gravity</i> (SG) Bahan Pengikat (Semen, Natrium Sulfat, dan GGBFS)	2-7
2.4.2	Pengujian Absorpsi.....	2-7
2.4.2.1	Pengujian Absorpsi Agregat Halus.....	2-8
2.4.3	Pengujian Modulus Kehalusan (<i>Fineness Modulus</i>).....	2-8
2.5	Perawatan Beton (<i>Curing</i>)	2-9
2.6	Pengujian <i>Flowability</i>	2-9
2.7	Pengujian Kekuatan Tekan	2-10
2.8	Pengujian Kekuatan Lentur	2-10
2.9	Porositas	2-11
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		3-1
3.1	Material Campuran <i>Super Sulfated Cement Mortar</i>	3-1
3.1.1	Agregat Halus.....	3-1
3.1.2	<i>Ground Granulated Blast Furnace Slag</i> (GGBFS).....	3-1
3.1.3	Semen	3-2
3.1.4	Natrium Sulfat (Na_2SO_4)	3-2
3.1.5	Air.....	3-3
3.1.6	<i>Superplasticizer</i>	3-3
3.2	Pengujian Material	3-3
3.2.1	Pengujian <i>Specific Gravity</i> Agregat Halus	3-4
3.2.2	Pengujian <i>Specific Gravity</i> Bahan Pengikat (GGBFS, Semen, dan Natrium Sulfat)	3-4

3.2.3	Pengujian Absorpsi Agregat Halus.....	3-6
3.2.4	Pengujian Modulus Kehalusan (<i>Fineness Modulus</i>) Agregat Halus	3-7
3.3	Perencanaan Campuran	3-8
3.3.1	Metode Volume Absolut.....	3-8
3.4	Proporsi Campuran SSC.....	3-10
3.5	Pembuatan Benda Uji	3-11
3.6	Pengujian <i>Flowability</i> Mortar Segar	3-13
3.7	Perawatan Benda Uji	3-13
3.8	Pengujian Kekuatan Lentur	3-14
3.9	Pengujian Kekuatan Tekan.....	3-15
3.10	Pengujian Porositas	3-16
BAB 4 ANALISIS DATA.....		4-1
4.1	Analisis <i>Flowability</i> Campuran Segar.....	4-1
4.2	Analisis Uji Kekuatan Lentur.....	4-2
4.2.1	Analisis Uji Kekuatan Lentur Variasi 0% Natrium Sulfat.....	4-3
4.2.2	Analisis Uji Kekuatan Lentur Variasi 2,5% Natrium Sulfat	4-4
4.2.3	Analisis Uji Kekuatan Lentur Variasi 5% Natrium Sulfat.....	4-5
4.2.4	Analisis Uji Kekuatan Lentur Variasi 7,5% Natrium Sulfat	4-6
4.2.5	Analisis Uji Kekuatan Lentur Variasi 10% Natrium Sulfat	4-6
4.2.6	Analisis Uji Kekuatan Lentur Variasi OPC.....	4-7
4.2.7	Perbandingan Uji Kekuatan Lentur Antar Variasi.....	4-9
4.3	Analisis Uji Kekuatan Tekan.....	4-10
4.3.1	Analisis Uji Kekuatan Tekan Variasi 0% Natrium Sulfat	4-11
4.3.2	Analisis Uji Kekuatan Tekan Variasi 2,5% Natrium Sulfat	4-12
4.3.3	Analisis Uji Kekuatan Tekan Variasi 5% Natrium Sulfat	4-13
4.3.4	Analisis Uji Kekuatan Tekan Variasi 7,5% Natrium Sulfat	4-14

4.3.5	Analisis Uji Kekuatan Tekan Variasi 10% Natrium Sulfat.....	4-15
4.3.6	Analisis Uji Kekuatan Tekan OPC.....	4-16
4.3.7	Perbandingan Uji Kekuatan Tekan Antar Variasi Natrium Sulfat	4-17
4.4	Analisis Porositas.....	4-19
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		5-1
5.1	Kesimpulan	5-1
5.2	Saran	5-2

DAFTAR PUSTAKA

UCAPAN TERIMAKASIH

LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian	1-6
Gambar 2.1 <i>Super Sulfated Cement Mortar</i>	2-1
Gambar 2.2 Proses Produksi GGBFS (Özbay et al., 2016)	2-3
Gambar 2.3 Electric Flow Table	2-10
Gambar 2.4 Skema Pengujian Kekuatan Lentur	2-11
Gambar 3.1 Agregat Halus	3-1
Gambar 3.2 Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS)	3-2
Gambar 3.3 Ordinary Portland Cement (OPC)	3-2
Gambar 3.4 Natrium Sulfat (Na_2SO_4)	3-2
Gambar 3.5 Air	3-3
Gambar 3.6 <i>Superplasticizer</i>	3-3
Gambar 3.7 Gradasi Agregat Halus	3-8
Gambar 3.8 Alat Mixer	3-12
Gambar 3.9 Cetakan ($40 \times 40 \times 160$) mm ³	3-12
Gambar 3.10 <i>Sealed Curing</i>	3-14
Gambar 3.11 Pengujian Kekuatan Lentur	3-15
Gambar 3.12 Pengujian Kekuatan Tekan	3-16
Gambar 3.13 Penimbangan Benda Uji Kondisi SSD dalam Air	3-17
Gambar 4.1 Grafik <i>Flowability</i> Campuran Segar	4-1
Gambar 4.2 Nilai Kekuatan Lentur Variasi 0% SO_3	4-3
Gambar 4.3 Nilai Kekuatan Lentur Variasi 2,5% SO_3	4-4
Gambar 4.4 Nilai Kekuatan Lentur Variasi 5% SO_3	4-5
Gambar 4.5 Nilai Kekuatan Lentur Variasi 7,5% SO_3	4-6
Gambar 4.6 Nilai Lentur Variasi 10% SO_3	4-7
Gambar 4.7 Nilai Kekuatan Lentur OPC	4-8
Gambar 4.8 Nilai Kekuatan Lentur Seluruh Variasi	4-9
Gambar 4.9 Nilai Kekuatan Tekan Variasi 0% SO_3	4-11
Gambar 4.10 Nilai Kekuatan Tekan Variasi 2,5 SO_3	4-12

Gambar 4.11 Nilai Kekuatan Tekan Variasi 5% SO ₃	4-13
Gambar 4.12 Nilai Kekuatan Tekan Variasi 7,5 SO ₃	4-14
Gambar 4.13 Nilai Kekuatan Tekan Variasi 10% SO ₃	4-15
Gambar 4.14 Nilai Kekuatan Tekan OPC	4-16
Gambar 4.15 Nilai Kekuatan Tekan Seluruh Variasi.....	4-17
Gambar 4.16 Grafik Pengujian Porositas	4-20



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Rekapitulasi Benda Uji Kekuatan Lentur Super Sulfated Cement Mortar	1-4
Tabel 2.1 Persentase Lolos Agregat Halus Menurut ASTM C33.....	2-4
Tabel 3.1 Hasil Pengujian SG Agregat Halus.....	3-4
Tabel 3.2 Hasil Pengujian SG semen.....	3-5
Tabel 3.3 Hasil Pengujian SG GGBFS	3-5
Tabel 3.4 Hasil Pengujian SG Natrium Sulfat.....	3-6
Tabel 3.5 Hasil Pengujian Absorpsi Agregat Halus	3-6
Tabel 3.6 Hasil Pengujian FM Agregat Halus	3-7
Tabel 3.7 Kebutuhan Campuran SSC Per m ³	3-10
Tabel 3.8 Kebutuhan Campuran OPC Per m ³	3-11
Tabel 4.1 <i>Flowability</i> Campuran Segar	4-1
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Kekuatan Lentur Variasi 0% SO ₃	4-3
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kekuatan Lentur Variasi 2,5% SO ₃	4-4
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Kekuatan Lentur Variasi 5% SO ₃	4-5
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Kekuatan Lentur Variasi 7,5% SO ₃	4-6
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Kekuatan Lentur Variasi 10% SO ₃	4-7
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Kekuatan Lentur OPC	4-8
Tabel 4.8 Hasil Pengujian Kekuatan Lentur Seluruh Variasi.....	4-9
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Kekuatan Tekan Variasi 0% SO ₃	4-11
Tabel 4.10 Hasil Pengujian Kekuatan Tekan Variasi 2,5% SO ₃	4-12
Tabel 4.11 Hasil Pengujian Kekuatan Tekan Variasi 5% SO ₃	4-13
Tabel 4.12 Hasil Pengujian Kekuatan Tekan Variasi 7,5% SO ₃	4-14
Tabel 4.13 Hasil Pengujian Kekuatan Tekan Variasi 10% SO ₃	4-15
Tabel 4.14 Hasil Pengujian Kekuatan Tekan OPC.....	4-16
Tabel 4.15 Hasil Pengujian Kekuatan Tekan Seluruh Variasi.....	4-17
Tabel 4.16 Hasil Pengujian Porositas Seluruh Variasi	4-19

DAFTAR NOTASI

%	:	Persen
A	:	Luas bidang permukaan benda uji yang tertekan [mm ²]
Abs	:	Absorpsi agregat halus
ASTM	:	<i>American Standard Testing and Material</i>
b	:	Lebar balok [mm]
d	:	Tinggi balok [mm]
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>Flowability</i> [%]
FM	:	<i>Fineness Modulus</i>
f _m	:	Kekuatan tekan mortar [MPa]
f _{mavg}	:	Kekuatan tekan rata-rata mortar [MPa]
f _r	:	<i>Modulus of rupture</i> / Kekuatan lentur mortar [MPa]
f _{ravg}	:	Kekuatan lentur rata-rata mortar [MPa]
L	:	Panjang balok [mm]
g	:	Gram
GGBFS	:	<i>Ground Granulated Blast Furnace Slag</i>
kg	:	Kilogram
M _b	:	Massa labu + minyak tanah + binder [g]
M _o	:	Massa labu + minyak tanah [g]
n	:	Jumlah benda uji
Na ₂ SO ₄	:	Natrium Sulfat
NS	:	Natrium Sulfat
OD	:	<i>Oven Dry</i>

OPC	:	<i>Ordinary Portland Cement</i>
P	:	Beban maksimum [N]
P	:	Porositas (%)
SF	:	<i>Safety Factor</i>
SG	:	<i>Specific Gravity</i>
SNI	:	Standar Nasional Indonesia
SP	:	<i>Superplasticizer</i>
SSC	:	<i>Super Sulfated Cement</i>
SSD	:	<i>Saturated Surface Dry</i>
UTM	:	<i>Universal Testing Machine</i>
V	:	Volume minyak tanah yang berpindah [cm ³]
w/b	:	<i>Water-to-binder ratio</i>
w/c	:	<i>Water-to-cement ratio</i>
W _{OD}	:	Massa agregat halus dalam kondisi <i>Oven Dry</i> [g]
W _{SSD}	:	Massa agregat halus dalam kondisi SSD [g]
W _{susp}	:	Massa benda uji kondisi SSD di dalam air [g]

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan jumlah penduduk Indonesia mengalami peningkatan yang sangat signifikan. Meningkatnya jumlah penduduk, berpengaruh terhadap pembangunan infrastruktur, gedung, rumah tinggal, rumah sakit, bandara, dan sebagainya. Meningkatnya jumlah penduduk membuat peningkatan pembangunan infrastruktur untuk memenuhi kebutuhan manusia turut mengalami peningkatan juga. Hal ini dapat dilihat dari, penggunaan material beton di Indonesia pada kegiatan konstruksi masih mendominasi. Penggunaan beton atau mortar lebih unggul dalam kegiatan konstruksi, karena beton atau mortar memiliki beberapa keunggulan seperti, mutu yang dapat direncanakan, tahan terhadap suhu tinggi, dan bahan baku yang mudah didapatkan.

Mortar menjadi salah satu material yang digunakan sebagai perekat bata ringan, plester dinding, dan perbaikan struktur. Mortar sendiri merupakan campuran antara bahan pengisi berupa air dan pasir dengan bahan pengikat berupa semen. Seiring bertambahnya jumlah pembangunan di Indonesia, membuat penggunaan semen meningkat. Semen merupakan salah satu bahan dasar, yang memiliki peranan penting dalam pembuatan mortar maupun beton. Berdasarkan data (Geological Survey, n.d. 2022), pada tahun 2021 Indonesia memproduksi semen sebanyak 66 milyar kg semen. Produksi semen berkontribusi terhadap emisi gas rumah kaca yang disebabkan oleh adanya pembakaran. Produksi semen yang mengeluarkan asap serta debu, dapat menjadi salah satu penyebab pencemaran udara. Asap serta debu yang dihasilkan memiliki kandungan timah, karbon monoksida (CO), Sulfur Dioksida (SO₂), Ozon (O₃), Klorin (Cl₂), dan Hidrokarbon. Zat-zat yang terdapat pada hasil produksi semen tersebut, selain berdampak bagi lingkungan tetapi memiliki dampak negatif untuk kesehatan manusia yaitu dapat menyebabkan iritasi pada mata, kulit, alergi, dan gangguan pernafasan.

Meningkatnya polusi yang disebabkan oleh produksi semen, maka dikembangkan material yang dapat menjadi pengganti semen. Pemerintah Indonesia turut melakukan beberapa upaya untuk menurunkan emisi gas rumah kaca akibat produksi semen, salah satunya adalah dengan mengganti penggunaan *Ordinary Portland Cement* (OPC) menjadi *Portland Composite Cement* (PCC). Menurut SNI 7064-2014, PCC adalah bahan pengikat hidrolis hasil dari penggilingan terak semen Portland serta gipsium dengan satu atau lebih bahan anorganik. Sehingga dapat dikatakan bahwa penggunaan PCC lebih ramah lingkungan jika dibandingkan dengan penggunaan semen OPC. Bahan-bahan anorganik yang digunakan pada produksi PCC umumnya bersifat *pozzolanic* yang memiliki unsur silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), dan *lime* (CaO), (Mindess et al. 2002). Salah satu material yang bersifat *pozzolanic* yaitu *Ground Granulated Blast Furnace Slag* (GGBFS). Dengan adanya kandungan silika, alumina, dan *lime* dalam suatu material, maka material tersebut dapat menjadi pengganti semen. GGBFS yang berasal dari limbah pembakaran bijih besi mengandung komposisi kimia yang mirip dengan semen Portland. GGBFS memiliki hidrasi yang rendah, karena dibutuhkan waktu yang lebih lama untuk bereaksi dengan air, dan dibutuhkan waktu yang lama untuk dapat mencapai kekuatan tekan pada hari ke-28 daripada *portland cement* (Mindess et al. 2002). Maka, diperlukan suatu senyawa aktivator agar properti hidrolis GGBFS dapat meningkat. Pada penelitian ini digunakan 2 jenis aktivator yaitu, *alkali activator* dengan menggunakan OPC dan *sulfate activator* menggunakan natrium sulfat (Na_2SO_4).

Super sulfated cement (SSC) yang dimana bahan utamanya terdiri dari GGBFS dan *sulfate activator* dengan jumlah yang sedikit dari aktivator alkali (Lam, 2018). Dibandingkan dengan semen Portland biasa, *super sulfated cement* memiliki banyak keunggulan seperti, konsumsi energi yang rendah dalam pembuatan, menggunakan lebih sedikit semen dan lebih banyak menggunakan gipsium dengan demikian lebih banyak limbah dari produksi semen yang dapat digunakan (Lam, 2018).

Dengan adanya pemanfaatan limbah dari produksi semen, harus dilakukan pengujian. Pengujian yang akan dilakukan berdasarkan properti mekanis serta durabilitas dari *super sulfated cement mortar*. Sedangkan, properti mekanis yang

akan diteliti adalah kekuatan tekan dan kekuatan lentur. Pengujian durabilitas yang akan dilakukan adalah porositas.

1.2 Inti Permasalahan

Pengaruh variasi kadar Na_2SO_4 sebagai *sulfate activator* pada campuran pasta memerlukan penelitian lebih lanjut. Pada penelitian ini akan dipelajari pengaruh penggantian sebagian besar OPC dengan GGBFS dan natrium sulfat terhadap kekuatan tekan, kekuatan lentur, dan porositas.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini, antara lain:

1. Mengetahui nilai kekuatan tekan *super sulfated cement mortar* dengan variasi kadar Na_2SO_4 .
2. Mengetahui nilai kekuatan lentur *super sulfated cement mortar* dengan variasi kadar Na_2SO_4 .
3. Mengetahui nilai porositas *super sulfated cement mortar* dengan variasi kadar Na_2SO_4 .

1.4 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Semen yang digunakan adalah *Ordinary Portland Cement* (OPC) dengan merk Semen Indonesia.
2. Menggunakan *Ground Granulated Blast Furnace Slag* (GGBFS) dari PT. KRNG.
3. Natrium sulfat (Na_2SO_4) dari PT. Brataco (Bratachem).
4. Menggunakan *superplasticizer Dynamon NRG 1030* (Tipe C dan F berdasarkan ASTM C494).
5. Perencanaan campuran dengan menggunakan metode volume absolut.
6. Rasio air terhadap *binder* (w/b) pada mortar slag ditetapkan sebesar 0,4 berdasarkan trial mix.
7. Penggunaan Na_2SO_4 yang berfungsi sebagai *sulfate activator* ditetapkan dengan kadar SO_3 sebesar 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% yang ekuivalen

dengan kadar Na_2SO_4 sebesar 0%, 4,44%, 8,88%, 13,31%, dan 17,75% terhadap *binder*.

8. Penggunaan OPC yang berfungsi sebagai *alkali activator* pada mortar slag ditetapkan sebesar 5% terhadap *binder*.
9. Rasio pasir terhadap *binder* maupun semen ditetapkan sebesar 2,5.
10. *Workability* mortar segar ditentukan dengan pengujian *flowability* berdasarkan ASTM C109.
11. Perawatan sampel dilakukan dengan metode *sealed curing*.
12. Kekuatan tekan mortar diuji pada kubus yang dimodifikasi dari potongan benda uji prisma segiempat dengan ukuran $40 \times 40 \times 160$ mm yang diuji pada umur 7, 14, 28, dan 56 hari. Pengujian dilakukan berdasarkan ASTM C349.
13. Kekuatan lentur mortar diuji pada kubus yang dimodifikasi dari potongan benda uji prisma segiempat dengan ukuran $40 \times 40 \times 160$ mm yang diuji pada umur 7, 14, 28, dan 56 hari. Pengujian dilakukan berdasarkan ASTM C348.
14. Porositas mortar diuji pada potongan benda uji prisma segiempat dengan ukuran $40 \times 40 \times 160$ mm yang diuji pada umur 7, 14, 28, dan 56 hari. Pengujian dilakukan berdasarkan ASTM C642.
15. Jumlah total benda uji: 60 buah uji prisma segiempat dengan ukuran $40 \times 40 \times 160$ mm.

Tabel 1.1 Rekapitulasi Benda Uji Kekuatan Lentur *Super Sulfated Cement Mortar*

Kode	Variasi Na_2SO_4 [%]	Bentuk Benda Uji	Umur Pengujian [hari]	Jumlah Benda Uji [buah]
NS0.0	0			12
NS2.5	2,5	Prisma 40	7, 14, 28, dan 56	12
NS5.0	5	$\times 40 \times 160$		12
NS7.5	7,5	mm		12
NS10.0	10			12
Total Benda Uji [buah]				60

1.5 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang dilakukan pada studi eksperimental ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan sebagai acuan untuk mendapatkan pengetahuan dan gambaran yang berkaitan dengan studi eksperimental di laboratorium. Sumber-sumber yang digunakan dalam studi literatur berupa jurnal, *paper*, dan karya tulis ilmiah.

2. Studi Eksperimental

Studi eksperimental dilakukan di Laboratorium Teknik Struktur Universitas Katolik Parahyangan. Dimulai dengan melakukan persiapan material, pengujian karakteristik material, pembuatan benda uji, dan pengujian benda uji.

3. Analisis data

Analisis data merupakan tahap pengolahan data hasil eksperimen sehinggatercapainya tujuan penelitian.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ditulis secara sistematis dan terbagi atas 5 bagian, yaitu:

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini membahas tentang latar belakang, inti permasalahan, tujuan penelitian, pembatasan masalah, metode penelitian, sistematika penulisan, dan diagram alir penelitian.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini membahastentang dasar teori yang digunakan saat penelitian berdasarkan studi pustaka yang telah dilakukan.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang metode penelitian mulai dari persiapan material, pembuatan benda uji, hingga pengujian kuat tekan, kuat lentur dan porositas sampel.

BAB 4 ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

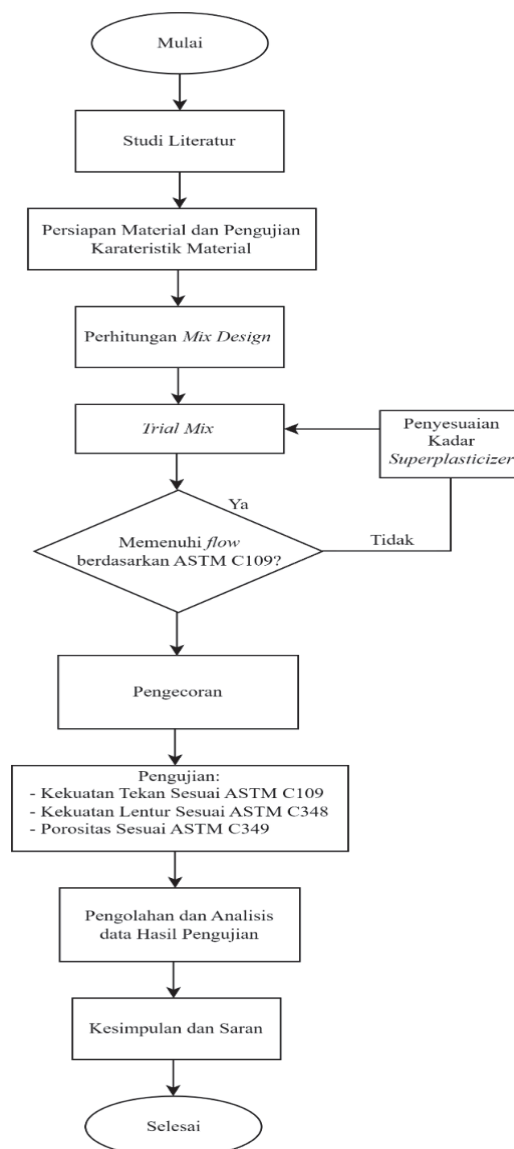
Pada bab ini menjelaskantentang analisis dan pembahasan dari hasil pengujian benda uji studi eksperimental ini.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini menjelaskantentang kesimpulan dari penelitian yang sudah dilakukan beserta saran untuk kegiatan penelitian selanjutnya.

1.7 Diagram Alir

Studi ksperimental ini dilakukan dengan prosedur seperti pada Gambar 1.1



Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian