

SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI
KADAR NATRIUM SULFAT TERHADAP *SORPTIVITY*
DAN POROSITAS PADA *SUPER SULFATED CEMENT*
MORTAR BERBAHAN DASAR *FERRONICKEL SLAG*
HALUS**



**ATHAYA KAUTSARA M.S
NPM : 6101901082**

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
AGUSTUS 2023**

SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI
KADAR NATRIUM SULFAT TERHADAP *SORPTIVITY*
DAN POROSITAS PADA *SUPER SULFATED CEMENT*
MORTAR BERBAHAN DASAR *FERRONICKEL SLAG*
HALUS**



**ATHAYA KAUTSARA M.S
NPM : 6101901082**

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
AGUSTUS 2023**

SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI
KADAR NATRIUM SULFAT TERHADAP *SORPTIVITY*
DAN POROSITAS PADA *SUPER SULFATED CEMENT*
MORTAR BERBAHAN DASAR *FERRONICKEL SLAG*
HALUS**



**ATHAYA KAUTSARA M.S
NPM : 6101901082**

**BANDUNG, 10 AGUSTUS 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
AGUSTUS 2023**

SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI
KADAR NATRIUM SULFAT TERHADAP *SORPTIVITY*
DAN POROSITAS PADA *SUPER SULFATED CEMENT*
MORTAR BERBAHAN DASAR *FERRONICKEL SLAG*
HALUS**



**NAMA: ATHAYA KAUTSARA M.S
NPM: 6101901082**

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
AGUSTUS 2023**

LEMBAR PERNYATAAN

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

Nama : Athaya Kautsara M.S

NPM : 6101901082

Program Studi : Teknik Sipil Fakultas Teknik,

Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI KADAR NATRIUM SULFAT TERHADAP SORPTIVITY DAN POROSITAS PADA SUPER SULFATED CEMENT MORTAR BERBAHAN DASAR FERRONICKEL SLAG HALUS 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: 18 Juli 2023



STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI KADAR NATRIUM SULFAT TERHADAP *SORPTIVITY* DAN POROSITAS PADA *SUPER SULFATED CEMENT* MORTAR BERBAHAN DASAR *FERRONICKEL SLAG* HALUS

Athaya Kautsara M.S
NPM: 6101901082

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
AGUSTUS 2023

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara kepulauan yang luas, sehingga dibutuhkan pembangunan infrastruktur yang berkelanjutan. Dalam proses pembangunan infrastruktur, dibutuhkan material konstruksi utama berupa mortar dan beton. Namun, dalam pembuatan mortar dan beton diperlukan bahan semen, yang pengolahannya membutuhkan energi dan bahan bakar fosil yang dapat menghasilkan emisi gas rumah kaca. Oleh karena itu, penggunaan *super sulfated cement* (SSC) sebagai bahan material konstruksi yang ramah lingkungan dapat menjadi alternatif dalam pembuatan beton dan mortar. SSC merupakan campuran yang terdiri dari slag, aktivator sulfat, dan aktivator alkali. Bahan ini dianggap sebagai material konstruksi ramah lingkungan serta memiliki ketahanan yang baik terhadap serangan sulfat. Dalam penelitian ini, material yang digunakan meliputi feronikel slag (FNS) sebagai pengganti semen, kalsium oksida (CaO) sebagai aktivator alkali, dan natrium sulfat (Na_2SO_4) sebagai aktivator sulfat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kadar natrium sulfat terhadap porositas dan *sorptivity* pada campuran SSC berbahan dasar FNS, dengan *water to binder ratio* yang ditetapkan sebesar 0,45. Variasi kadar Na_2SO_4 yang digunakan adalah sebesar 2,5%; 5%; 7,5%; dan 10%. Didapatkan nilai koefisien *initial absorption* dengan variasi Na_2SO_4 0%; 2,5%; 5%; 7,5%; 10% secara berurutan sebesar 0,0036 $\text{mm/s}^{0.5}$; 0,00476 $\text{mm/s}^{0.5}$; 0,00454 $\text{mm/s}^{0.5}$; 0,00354 $\text{mm/s}^{0.5}$; 0,00665 $\text{mm/s}^{0.5}$. Pada umur mortar 28 hari didapat nilai porositas secara berurutan yaitu 21,59%; 23,64 %; 21,89%; 21,67%; dan 22,48% dan nilai koefisien penyerapan air sebesar 0,000142 cm^2/s ; 0,000222 cm^2/s ; 0,000181 cm^2/s ; 0,000146 cm^2/s ; 0,000215 cm^2/s .

Kata Kunci: *Super sulfated cement* mortar, feronikel slag, natrium sulfat, kalsium oksida, *sorptivity*, porositas, koefisien penyerapan air.

EXPERIMENTAL STUDY ON THE EFFECT OF SODIUM SULFATE VARIATIONS ON SORPTIVITY AND POROSITY ON SUPER SULFATED CEMENT MORTAR WITH GROUND FERRONICKEL SLAG-BASED MATERIAL

Athaya Kautsara M.S
NPM: 6101901082

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
AUGUST 2023

ABSTRACT

Indonesia is a vast archipelagic country, thus requiring sustainable infrastructure development. In the process of constructing infrastructure, primary construction materials such as mortar and concrete are needed. However, the production of mortar and concrete involves the use of cement, which requires energy and fossil fuels, leading to the emission of greenhouse gases. Therefore, the use of super sulfated cement (SSC) as an environmentally friendly construction material can serve as an alternative for concrete and mortar production. SSC is a mixture composed of slag, sulfate activators, and alkaline activators. This material is considered environmentally friendly and exhibits good resistance to sulfate attack. In this study, the materials used include ferronickel slag (FNS) as a substitute for cement, calcium oxide (CaO) as an alkaline activator, and sodium sulfate (Na_2SO_4) as a sulfate activator. The aim of this research is to determine the influence of sodium sulfate content on the porosity and sorptivity of SSC mixtures based on FNS, with a water-to-binder ratio set at 0.45. The variations of Na_2SO_4 content used are 0%; 2,5%; 5%; 7,5%; and 10%. The values of the initial absorption coefficient with successive Na_2SO_4 variations are 0,0036 $\text{mm/s}^{0.5}$; 0,00476 $\text{mm/s}^{0.5}$; 0,00454 $\text{mm/s}^{0.5}$; 0,00354 $\text{mm/s}^{0.5}$; and 0,00665 $\text{mm/s}^{0.5}$. At 28 days of mortar age, the values of porosity in sequence are 21,59%; 23,64%; 21,89%; 21,67%; and 22,48%, while the water absorption coefficients are 0,000142 cm^2/s ; 0,000222 cm^2/s ; 0,000181 cm^2/s ; 0,000146 cm^2/s ; and 0,000215 cm^2/s .

Keywords: super sulfated cement mortar, ferronickel slag, sodium sulfate, calcium oxide, sorptivity, porosity, water absorption coefficient.

PRAKATA

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha, yang telah melimpahkan rahmat, taufik serta hidayah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI KADAR NATRIUM SULFAT TERHADAP *SORPTIVITY* DAN POROSITAS PADA *SUPER SULFATED CEMENT* MORTAR BERBAHAN DASAR *FERRONICKEL SLAG HALUS*” ini dengan tepat waktu. Penyusunan skripsi ini merupakan syarat kelulusan pada Pendidikan tingkat S-1 program studi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.

Dalam penyusunan skripsi ini, penyusun banyak menerima bimbingan, saran, kritik, bantuan dan dorongan yang sangat berarti dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan rasa terima kasih yang tak terhingga kepada:

1. Bapak Herry Suryadi, Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah membantu dan membimbing penulis selama proses penyusunan skripsi hingga selesai.
2. Orang tua, kakak, dan adik penulis yang senantiasa memberikan dukungan dan semangat serta doa-doa yang dipanjatkan selama penulis melakukan penyusunan skripsi.
3. Dosen-dosen Program Studi Teknik Sipil yang telah meluangkan waktunya untuk hadir dan memberikan masukan serta saran pada saat seminar judul, seminar isi, dan sidang.
4. Bapak Teguh Farid Nurul Iman, S.T., Bapak Markus Didi G., dan Bapak Heri Rustandi yang telah membantu serta memberikan masukan kepada penulis dalam seluruh proses penyusunan skripsi ini.
5. Nichika, Bianca, Silvia, Ira, ko Albert, Jonathan, Lucky, Richardo selaku rekan satu bimbingan skripsi dan teman seperjuangan laboratorium Teknik Struktur UNPAR yang telah berjuang bersama dari awal hingga akhir dalam pengerjaan skripsi.
6. Kelompok kecil 3 Casa Grande 19 yang telah menemani penulis dalam beradaptasi di lingkungan baru Teknik Sipil UNPAR.

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

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan dan masih banyak terdapat kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu, kritik dan saran maupun masukan yang membawa kearah perbaikan dan bersifat membangun sangat saya harapkan. Akhir kata, saya ucapkan terima kasih kepada pembaca semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan penelitian selanjutnya.

Bandung, 6 Agustus 2023



Athaya Kautsara M.S
6101901082

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Inti Permasalahan	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Pembatasan Masalah	3
1.5 Metode Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
1.7 Diagram Alir	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Mortar	7
2.2 <i>Super Sulfated Cement Mortar</i>	7
2.3 Campuran <i>Super Sulfated Cement Mortar</i>	8
2.3.1 Air	8
2.3.2 Agregat Halus	8
2.3.3 <i>Ferronickel Slag (FNS)</i>	9

2.3.4 Sulfate Activator	10
2.3.5 Alkaline activator	11
2.3.6 Superplasticizer	12
2.4 Pengujian Karakteristik Material Campuran <i>Super Sulfated Cement Mortar</i>	13
2.4.1 Pengujian <i>Specific Gravity</i>	13
2.4.2 <i>Specific Gravity</i> Agregat Halus	13
2.4.3 <i>Specific Gravity</i> Bahan Pengikat (FNS, CaO dan Na ₂ SO ₄)	14
2.4.4 Pengujian Absorpsi Agregat Halus	14
2.4.5 Pengujian Modulus Kehalusan.....	15
2.5 Perawatan Beton (<i>Curing</i>).....	15
2.6 Perencanaan Campuran	16
2.6.1 Metode Volume Absolute	16
2.7 Pengujian <i>Flowability</i>	18
2.8 Pengujian Porositas dan <i>Water Absorption Coefficient</i> (Koefisien Penyerapan Air)	19
2.9 Pengujian <i>Sorptivity</i>	20
2.10 Perbandingan Pengujian Porositas, Koefisien Penyerapan Air dan <i>Sorptivity</i>	22
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1 Properti Material <i>Super Sulfated Cement</i>	24
3.1.1 Agregat Halus.....	24
3.1.2 Air	24
3.1.3 Ferronickel Slag (FNS)	25
3.1.4 Kalsium Oksida (CaO).....	25
3.1.5 Natrium Sulfat (Na ₂ SO ₄).....	26

3.1.6 <i>Superplasticizer</i> (SP).....	26
3.2 Pengujian Material	26
3.2.1 Pengujian <i>Specific Gravity</i> Pasir.....	27
3.2.2 Pengujian <i>Density</i> Bahan Pengikat	28
3.2.3 Pengujian Absorpsi Pasir	30
3.2.4 Pengujian Modulus Kehalusan Pasir.....	31
3.3 <i>Trial Mix</i> Variasi Kadar CaO.....	33
3.4 Proporsi Campuran <i>Super Sulfated Cement</i> Mortar.....	33
3.5 Pembuatan Benda Uji.....	34
3.6 Pengujian <i>Flowability</i> Mortar Segar	36
3.7 Perawatan Mortar (<i>Curing</i>).....	37
3.8 Pengujian Porositas dan <i>Water Absorption</i> (Penyerapan Air).....	38
3.9 Pengujian <i>Sorptivity</i>	39
BAB 4 ANALISIS DATA	42
4.1 Analisis <i>Flowability</i> Campuran	42
4.2 Analisis Uji Porositas dan <i>Water Absorption Coefficient</i> (Koefisien Penyerapan Air)	43
4.2.1 Analisis Uji Porositas dan <i>Water Absorption Coefficient</i> (Koefisien Penyerapan Air) Variasi 0% Na ₂ SO ₄	43
4.2.2 Analisis Uji Porositas dan <i>Water Absorption Coefficient</i> (Koefisien Penyerapan Air) Variasi 2,5% Na ₂ SO ₄	46
4.2.3 Analisis Uji Porositas dan <i>Water Absorption Coefficient</i> (Koefisien Penyerapan Air) Variasi 5% Na ₂ SO ₄	49
4.2.4 Analisis Uji Porositas dan <i>Water Absorption Coefficient</i> (Koefisien Penyerapan Air) Variasi 7,5% Na ₂ SO ₄	52
4.2.5 Analisis Uji Porositas dan <i>Water Absorption Coefficient</i> (Koefisien Penyerapan Air) Variasi 10% Na ₂ SO ₄	55

4.3 Analisis Pengujian <i>Sorptivity</i>	58
4.3.1 Pengukuran Dimensi Benda Uji.....	59
4.3.2 Pengukuran Berat Awal Benda Uji.....	59
4.3.3 Analisis Pengujian <i>Sorptivity</i> pada Variasi 0% Na ₂ SO ₄	60
4.3.4 Analisis Pengujian <i>Sorptivity</i> pada Variasi 2,5% Na ₂ SO ₄	64
4.3.5 Analisis Pengujian <i>Sorptivity</i> pada Variasi 5% Na ₂ SO ₄	67
4.3.6 Analisis Pengujian <i>Sorptivity</i> pada Variasi 7,5% Na ₂ SO ₄	70
4.3.7 Analisis Pengujian <i>Sorptivity</i> pada Variasi 10% Na ₂ SO ₄	73
4.3.8 Analisis Hubungan Penyerapan Air (I) dengan Waktu (\sqrt{t}) untuk Setiap Variasi	76
4.3.9 Hubungan Kekuatan Tekan dan Tingkat Penyerapan Air pada Setiap Variasi Benda Uji.....	77
4.3.10 Hubungan Porositas dan Tingkat Penyerapan Air pada Setiap Variasi Benda Uji	79
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	80
5.1 Kesimpulan	80
5.2 Saran.....	81
DAFTAR PUSTAKA	82
LAMPIRAN	85

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A	:	Total luas permukaan sampel yang ditembus air [cm ²]
a	:	Luas penampang specimen yang kontak dengan air [mm ²]
Abs	:	Absorpsi [%]
ASTM	:	<i>American Society for Testing and Material</i>
CaO	:	Kalsium Oksida
CH	:	<i>Calcium hydroxide</i>
C-S-H	:	<i>Calcium silicate hydrate</i>
d	:	Massa jenis air [g/mm ³]
d ₀	:	Diameter awal campuran uji <i>flowability</i> (mm)
F	:	<i>Flow</i> [%]
FM	:	Modulus Kehalusan
FNS	:	<i>Ferronickel Slag</i>
I	:	Penyerapan air [mm]
K _a	:	koefisien penyerapan air (cm ² /s)
L	:	Lebar [mm]
M _b	:	Massa labu + minyak tanah + bahan pengikat [g]
M _o	:	Massa labu + minyak tanah [g]
m _t	:	Perubahan massa spesimen dalam gram, pada saat t [g]
Na ₂ SO ₄	:	Natrium Sulfat
NS	:	Natrium Sulfat
NS-0	:	65% FNS dengan 35% CaO
NS-2,5	:	Penggantian 2,5% FNS dengan 2,5% Na ₂ SO ₄
NS-5	:	Penggantian 5% FNS dengan 5% Na ₂ SO ₄
NS-7,5	:	Penggantian 7,5% FNS dengan 7,5% Na ₂ SO ₄
NS-10	:	Penggantian 10% FNS dengan 10% Na ₂ SO ₄
OD	:	<i>Oven-Dry</i>
p	:	Panjang [mm]
P	:	Porositas [%]
Q	:	Jumlah air yang diserap oleh sampel OD dalam waktu t [cm ³]
SSC	:	<i>Super Sulfated Cement</i>

SG	:	<i>Specific Gravity</i>
SP	:	<i>Superplasticizer</i>
SSD	:	<i>Saturated Surface Dry</i>
t	:	durasi perendaman sampel, 3600 detik [1 jam]
w/b	:	<i>Water-to-Binder Ratio</i>
w/c	:	<i>Water-to-Cement Ratio</i>
V _a	:	Volume udara [cm ³]
V _b	:	Volume binder [cm ³]
V _{fa}	:	Volume agregat halus [cm ³]
V _w	:	Volume air [cm ³]
W _b	:	<i>water to binder ratio</i>
W _{OD}	:	Massa agregat halus dalam kondisi OD [g]
W _{fa}	:	Massa agregat halus [g]
W _c	:	Massa semen [g]
W _{SSD}	:	Massa agregat halus dalam kondisi SSD [g]
W _{pyc}	:	Berat <i>pycnometer</i> + air hingga garis kalibrasi [g]
W [*] _{pyc}	:	Berat <i>pycnometer</i> + air + agregat halus SSD hingga garis kalibrasi [g]
W _{susp}	:	Massa benda uji dalam kondisi SSD di dalam air [g]
β	:	Rasio FNS terhadap binder
λ	:	rasio air dan binder
γ	:	rasio pasir dan semen, ditetapkan 2,5
α	:	Rasio CaO terhadap binder
ρ	:	Massa Jenis [g/cm ³]
ρ _w	:	Massa Jenis air [g/cm ³]
ρ _c	:	Massa Jenis material [g/cm ³]
ρ _{fa}	:	Massa Jenis agregat halus [g/cm ³]
ξ	:	Variasi Na ₂ SO ₄

DAFTAR GAMBAR

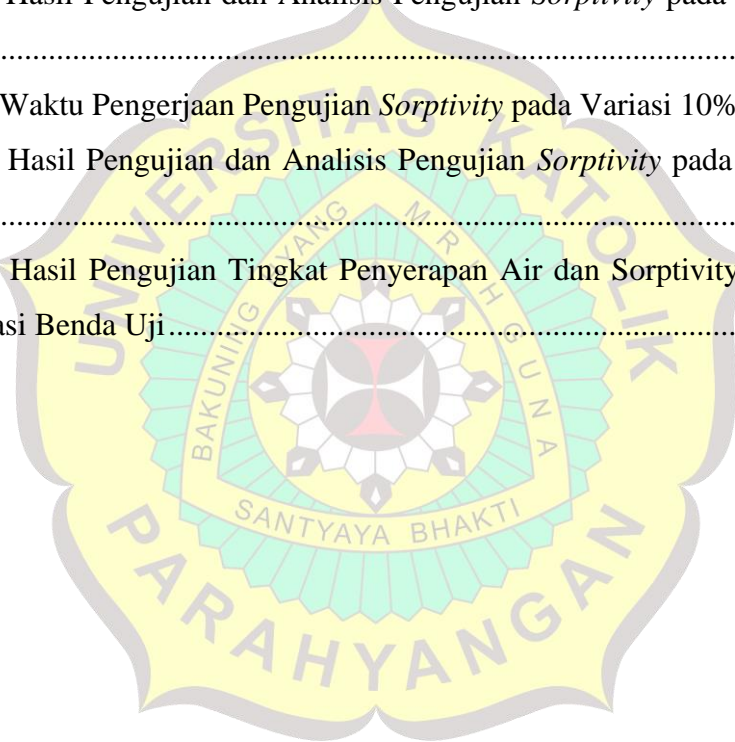
Gambar 1. 1 Diagram Alir Penelitian	6
Gambar 2. 1 <i>Super Sulfated Cement</i> Mortar	7
Gambar 2. 2 Mesin <i>Electric Flow Table</i>	19
Gambar 2. 3 Skema Pengujian Sorptivity Mortar (Wijayadi,.dkk).....	22
Gambar 3.1 Pasir Garut.....	24
Gambar 3.2 Air.....	25
Gambar 3. 3 <i>Ferronickel Slag</i> (FNS).....	25
Gambar 3. 4 Kalsium Oksida (CaO).....	25
Gambar 3. 5 Natrium Sulfat (Na ₂ SO ₄).....	26
Gambar 3. 6 <i>Superplasticizer</i>	26
Gambar 3. 7 Gradasi agregat halus	32
Gambar 3. 8 Kekuatan Tekan <i>Trial Mix</i> Kadar CaO	33
Gambar 3. 9 Alat Mixer	36
Gambar 3. 10 Cetakan kubus (50mm ×50mm ×50mm)	36
Gambar 3. 11 Pengukuran Hasil <i>Flowabilty</i>	37
Gambar 3. 12 <i>Sealed Curing</i>	37
Gambar 3. 13 Peralatan Pengujian Porositas (a) Desikator (b) Timbangan	38
Gambar 3. 14 Pengujian Porositas (a) Perendaman Benda Uji (b) Penimbangan Benda Uji kondisi SSD dalam air (c) <i>Oven Dry</i> Benda Uji.....	39
Gambar 3. 15 Peralatan Pengujian <i>Sorptivity</i> (a) <i>Environmental Chamber</i> (b) Lem Epoxy	41
Gambar 3. 16 Pengujian <i>Sorptivity</i> (a) Masukan Benda Uji ke Dalam <i>Environmental Chamber</i> (b) Menempatkan Permukaan Benda Uji pada Alat Pendukung.....	41
Gambar 4.1 Grafik <i>Flowability</i> Campuran	42
Gambar 4. 2 Perkembangan Nilai Porositas Variasi 0% Na ₂ SO ₄	44
Gambar 4. 3 Hubungan Antara Porositas dan Penyerapan Air Variasi 0% Na ₂ SO ₄	46
Gambar 4. 4 Perkembangan Nilai Porositas Variasi 2,5% Na ₂ SO ₄	47
Gambar 4. 5 Hubungan Antara Porositas dan Penyerapan Air Variasi 2,5% Na ₂ SO ₄	49

Gambar 4. 6 Perkembangan Nilai Porositas Variasi 5% Na ₂ SO ₄	50
Gambar 4. 7 Hubungan Antara Porositas dan Penyerapan Air Variasi 5% Na ₂ SO ₄	52
Gambar 4. 8 Perkembangan Nilai Porositas Variasi 7,5% Na ₂ SO ₄	53
Gambar 4. 9 Hubungan Antara Porositas dan Penyerapan Air Variasi 7,5% Na ₂ SO ₄	55
Gambar 4. 10 Perkembangan Nilai Porositas Variasi 10% Na ₂ SO ₄	56
Gambar 4. 11 Hubungan Antara Porositas dan Penyerapan Air Variasi 10% Na ₂ SO ₄	58
Gambar 4. 12 Grafik Hubungan Tingkat Penyerapan Air (I) Rata-rata Terhadap Waktu (\sqrt{t}) pada Variasi 0% Na ₂ SO ₄	62
Gambar 4. 13 Grafik Hubungan Tingkat Penyerapan Air (I) Rata-rata Terhadap Waktu (\sqrt{t}) pada Variasi 2,5% Na ₂ SO ₄	64
Gambar 4. 14 Grafik Hubungan Tingkat Penyerapan Air (I) Rata-rata Terhadap Waktu (\sqrt{t}) pada Variasi 5% Na ₂ SO ₄	67
Gambar 4. 15 Grafik Hubungan Tingkat Penyerapan Air (I) Rata-rata Terhadap Waktu (\sqrt{t}) pada Variasi 7,5% Na ₂ SO ₄	70
Gambar 4. 16 Grafik Hubungan Tingkat Penyerapan Air (I) Rata-rata Terhadap Waktu (\sqrt{t}) pada Variasi 10% Na ₂ SO ₄	73
Gambar 4. 17 Hubungan Penyerapan Air dengan waktu (\sqrt{t}) untuk setiap variasi	76
Gambar 4. 18 Grafik Hubungan Kekuatan Tekan dan Sorptivity Ratio dengan Variasi Benda Uji.....	78
Gambar 4. 19 Grafik Hubungan Porositas dan <i>Sorptivity Ratio</i> dengan Variasi Benda Uji	79

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Rekapitulasi Benda Uji Pengujian <i>Sorptivity</i> SSC Mortar.....	4
Tabel 1. 2 Rekapitulasi Benda Uji Pengujian Porositas SSC Mortar	4
Tabel 2. 1 Persentase Lolos Agregat Halus Menurut ASTM C33	9
Tabel 3. 1 <i>Specific Gravity</i> Pasir.....	27
Tabel 3.2 <i>Specific Gravity</i> FNS	28
Tabel 3.3 <i>Specific Gravity</i> CaO	29
Tabel 3. 4 <i>Specific Gravity</i> Na ₂ SO ₄	29
Tabel 3. 5 Absorpsi Pasir	30
Tabel 3. 6 Modulus Kehalusan Pasir (Sampel I).....	31
Tabel 3. 7 Modulus Kehalusan Pasir (Sampel II)	32
Tabel 3. 8 Mix Design 1 m ³ Campuran SSC Mortar	34
Tabel 4. 1 <i>Flowability</i> Campuran.....	42
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Porositas Pada Variasi 0% Na ₂ SO ₄	44
Tabel 4. 3 Hasil perhitungan Koefisien Penyerapan Air Pada Variasi 0% Na ₂ SO ₄	45
Tabel 4. 4 Hasil Perhitungan Porositas Pada Variasi 2,5% Na ₂ SO ₄	47
Tabel 4. 5 Hasil perhitungan Koefisien Penyerapan Air Pada Variasi 2,5% Na ₂ SO ₄	48
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Porositas Pada Variasi 5% Na ₂ SO ₄	50
Tabel 4. 7 Hasil perhitungan Koefisien Penyerapan Air Pada Variasi 5% Na ₂ SO ₄	51
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Porositas Pada Variasi 7,5% Na ₂ SO ₄	53
Tabel 4. 9 Hasil perhitungan Koefisien Penyerapan Air Pada Variasi 7,5% Na ₂ SO ₄	54
Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Porositas Pada Variasi 10% Na ₂ SO ₄	56
Tabel 4. 11 Hasil perhitungan Koefisien Penyerapan Air Pada Variasi 10% Na ₂ SO ₄	57
Tabel 4. 12 Dimensi Benda Uji Pengujian <i>Sorptivity</i>	59
Tabel 4. 13 Berat Awal Benda Uji	60
Tabel 4. 14 Waktu Pengerjaan Pengujian <i>Sorptivity</i> pada Variasi 0% Na ₂ SO ₄	61

Tabel 4. 15. Hasil Pengujian dan Analisis Pengujian <i>Sorptivity</i> pada Variasi 0% Na ₂ SO ₄	63
Tabel 4. 16 Waktu Pengerjaan Pengujian <i>Sorptivity</i> pada Variasi 2,5% Na ₂ SO ₄ . 65	
Tabel 4. 17 Hasil Pengujian dan Analisis Pengujian <i>Sorptivity</i> pada Variasi 2,5% Na ₂ SO ₄	66
Tabel 4. 18 Waktu Pengerjaan Pengujian <i>Sorptivity</i> pada Variasi 5% Na ₂ SO ₄	68
Tabel 4. 19 Hasil Pengujian dan Analisis Pengujian <i>Sorptivity</i> pada Variasi 5% Na ₂ SO ₄	69
Tabel 4. 20 Waktu Pengerjaan Pengujian <i>Sorptivity</i> pada Variasi 7,5% Na ₂ SO ₄ . 71	
Tabel 4. 21 Hasil Pengujian dan Analisis Pengujian <i>Sorptivity</i> pada Variasi 7,5% Na ₂ SO ₄	72
Tabel 4. 22 Waktu Pengerjaan Pengujian <i>Sorptivity</i> pada Variasi 10% Na ₂ SO ₄ .. 74	
Tabel 4. 23 Hasil Pengujian dan Analisis Pengujian <i>Sorptivity</i> pada Variasi 10% Na ₂ SO ₄	75
Tabel 4. 24 Hasil Pengujian Tingkat Penyerapan Air dan <i>Sorptivity</i> Ratio untuk Setiap Variasi Benda Uji.....	77



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 PERHITUNGAN PENGUJIAN MATERIAL.....	86
LAMPIRAN 2 PERHITUNGAN TRIAL MIX.....	91
LAMPIRAN 3 PERHITUNGAN MIX DESIGN.....	93
LAMPIRAN 4 LAPORAN HASIL PENGUJIAN KUALITAS AIR UNPAR.	101



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang luas, oleh karena itu dibutuhkan pembangunan infrastruktur yang berkelanjutan. Pembangunan infrastruktur mampu mendorong kemajuan Indonesia ke arah yang lebih baik, karena dapat meningkatkan produktivitas dan daya saing negara. Pada proses pembangunan infrastruktur, dibutuhkan bahan-bahan seperti semen, mortar, dan beton. Namun, pengolahan bahan tersebut memerlukan energi dan bahan bakar fosil yang dapat menghasilkan emisi gas rumah kaca.

Berdasarkan data Badan Survei Geologi Amerika Serikat (USGS), produksi semen di Indonesia mencapai 64 juta metrik ton pada 2022. Produksi semen melepaskan sejumlah besar CO₂ pada saat bahan baku semen dipanaskan pada suhu tinggi. CO₂ ini kemudian dilepaskan ke udara bersama dengan uap air selama proses produksi semen (IPCC, 2014). Industri semen salah satu penyumbang emisi gas rumah kaca CO₂, yaitu 5% - 7% dari total emisi CO₂ yang dihasilkan oleh seluruh industri di dunia. Selain itu, CO₂ juga merupakan salah satu jenis gas rumah kaca yang paling banyak dihasilkan oleh industri semen, dengan kontribusi sekitar 65% dari total emisi gas rumah kaca yang dihasilkan. (Mohamad dkk., 2020).

Menurut Asosiasi Semen Indonesia (ASI) Pemerintah Indonesia berkomitmen untuk menurunkan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) di tahun 2030 sebesar 29% atau setara dengan 834 juta ton CO_{2e}. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan limbah industri sebagai bahan baku alternatif dalam pembuatan beton dan mortar, yaitu dengan menggunakan *super sulfated cement* (SSC) sebagai semen. SSC merupakan bahan material konstruksi ramah lingkungan yang penerapannya tidak hanya dapat mendaur ulang limbah industri, tetapi juga dapat menghemat energi dan melindungi lingkungan (Wu dkk., 2021). Salah satu jenis limbah industri yang dapat dikategorikan sebagai bahan pengganti semen adalah *ferronickel slag* (FNS). FNS merupakan limbah industri yang dihasilkan selama pembuatan *stainless steel* dan *alloy nikel*, yang memiliki

kandungan unsur utama seperti SiO_2 , MgO , CaO , Al_2O_3 , dan Fe_2O_3 (Mangkos dkk., 2009). *Feronikel slag* dapat digunakan sebagai bahan pengganti *Ordinary Portland Cement* (OPC) pada produksi beton dan mortar, karena memiliki sifat-sifat yang mirip dengan semen seperti menurunkan kebutuhan air pada semen campuran dan memperpanjang waktu pengerasan beton (Ding dkk., 2016). Selain itu, penggunaan FNS juga dapat mengurangi kemampuan ion klorida untuk masuk ke dalam mortar melalui pori – pori dan retakan di dalam mortar yang dapat menyebabkan korosi pada struktur baja (Huang dkk., 2017). Namun, penggunaan FNS cenderung mengurangi kekuatan tekan dan memperlambat hidrasi awal dibandingkan semen konvensional (Huang dkk., 2017). Maka digunakan senyawa aktivator agar kekuatan tekan pada umur awal meningkat dan mempercepat proses hidrasi semen (Wu dkk., 2021). Pada penelitian ini digunakan natrium sulfat (Na_2SO_4) sebagai *activator sulfat* dan penambahan kalsium oksida (CaO) sebagai *alkaline activator* untuk meningkatkan kekuatan tekan mortar.

Pada pengujian kali ini akan dilakukan pengujian porositas dan *sorptivity*. Pengujian porositas perlu dilakukan karena kuat tekan suatu mortar dipengaruhi oleh porositas yang dihasilkan (Imran dkk., 2018). Selain itu, pengujian porositas dapat menjadi salah satu parameter yang diukur untuk mengevaluasi potensi kerusakan bahan dalam jangka waktu yang lama. Sedangkan pengujian *sorptivity* dapat memberikan indikasi tentang seberapa rentan mortar terhadap kerusakan yang disebabkan oleh air. Dengan demikian, pengujian porositas dan *sorptivity* pada mortar dapat memberikan informasi yang penting untuk mengevaluasi kualitas dan durabilitas mortar terhadap pengaruh air dan kelembaban, serta membantu dalam pengembangan campuran mortar yang lebih tahan lama dan tahan air.

1.2 Inti Permasalahan

Inti permasalahan dari uji eksperimental ini yaitu untuk mengetahui pengaruh variasi kadar Na_2SO_4 terhadap *sorptivity* dan porositas pada SSC mortar berbahan dasar *feronikel slag* halus, yang merupakan sisa hasil produksi nikel.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan nilai porositas dan *water absorption coefficient* (koefisien penyerapan air) pada SSC mortar berbahan dasar FNS dengan variasi kadar Na_2SO_4 .
2. Mempelajari hubungan antara porositas dan *water absorption coefficient* (koefisien penyerapan air) pada masing-masing variasi campuran mortar.
3. Mempelajari durabilitas mortar dengan menentukan tingkat penyerapan air pada SSC mortar berbahan dasar FNS dengan variasi kadar Na_2SO_4 .
4. Mempelajari hubungan kekuatan tekan dan *sorptivity* pada masing-masing variasi campuran mortar.
5. Mempelajari hubungan porositas dan *sorptivity* pada masing-masing variasi campuran mortar.

1.4 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Slag yang digunakan adalah FNS dari PT. Growth Java Industry.
2. Pasir yang digunakan adalah pasir Garut.
3. Perencanaan campuran menggunakan metode *volume absolut*.
4. Rasio air terhadap binder (w/b) pada mortar slag ditetapkan sebesar 0,45.
5. Rasio pasir terhadap binder ditetapkan sebesar 2,5.
6. *Alkaline activator* yang digunakan adalah kalsium oksida (CaO) dari CV. Pratama Cipta Mandiri.
7. *Sulfate activator* yang digunakan adalah Na_2SO_4 yang ditetapkan sebesar 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10%.
8. Pengujian *sorptivity* diuji pada kubus berukuran $50 \times 50 \times 50$ mm yang diuji pada waktu 28 hari yang mengacu pada ASTM C1585.

Tabel 1. 1 Rekapitulasi Benda Uji Pengujian *Sorptivity* SSC Mortar

Kode	Variasi Na ₂ SO ₄ [%]	Bentuk Benda Uji	Umur Pengujian	Jumlah Benda Uji [buah]
NS-0	0			4
NS-5	2,5	Kubus 50		4
NS-10	5	x 50 x 50	28 hari	4
NS-15	7,5	mm		4
NS-20	10			4
Total Benda Uji [buah]				20

9. Pengujian porositas diuji pada kubus berukuran 50 × 50 × 50 mm yang diuji pada umur 7, 14, dan 28 hari yang mengacu pada ASTM C642.

Tabel 1. 2 Rekapitulasi Benda Uji Pengujian Porositas SSC Mortar

Kode	Variasi Na ₂ SO ₄ [%]	Bentuk Benda Uji	Umur Pengujian [hari]	Jumlah Benda Uji [buah]
NS2-0	0			12
NS2-5	2,5	Kubus 50 x		12
NS2-10	5	50 x 50	7,14, dan 28	12
NS2-15	7,5	mm		12
NS2-20	10			12
Total Benda Uji [buah]				60

10. Metode perawatan dilakukan dengan metode *sealed curing*.

1.5 Metode Penelitian

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

1. Metode Eksperimental

Dilakukan secara langsung di laboratorium Teknik Struktur Universitas Katolik Parahyangan yang dimulai dari persiapan material, pengujian properti material, pembuatan benda uji, dan pengujian benda uji.

2. Metode Studi Literatur

Metode studi literatur merupakan metode pengumpulan informasi-informasi, dan acuan yang berkaitan dengan studi eksperimental di laboratorium baik dari jurnal, *paper*, karya tulis ilmiah dan referensi lainnya yang mendukung pembuatan skripsi ini.

3. Analisis data

Merupakan tahap pengolahan data hasil dari eksperimental di laboratorium sehingga tercapainya tujuan penelitian.:

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi dibagi dalam 5 bab, yaitu:

BAB 1 PENDAHULUAN

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

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

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

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang prosedur penelitian yang meliputi persiapan material, pengujian material, pembuatan benda uji, dan pengujian benda uji.

BAB 4 ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

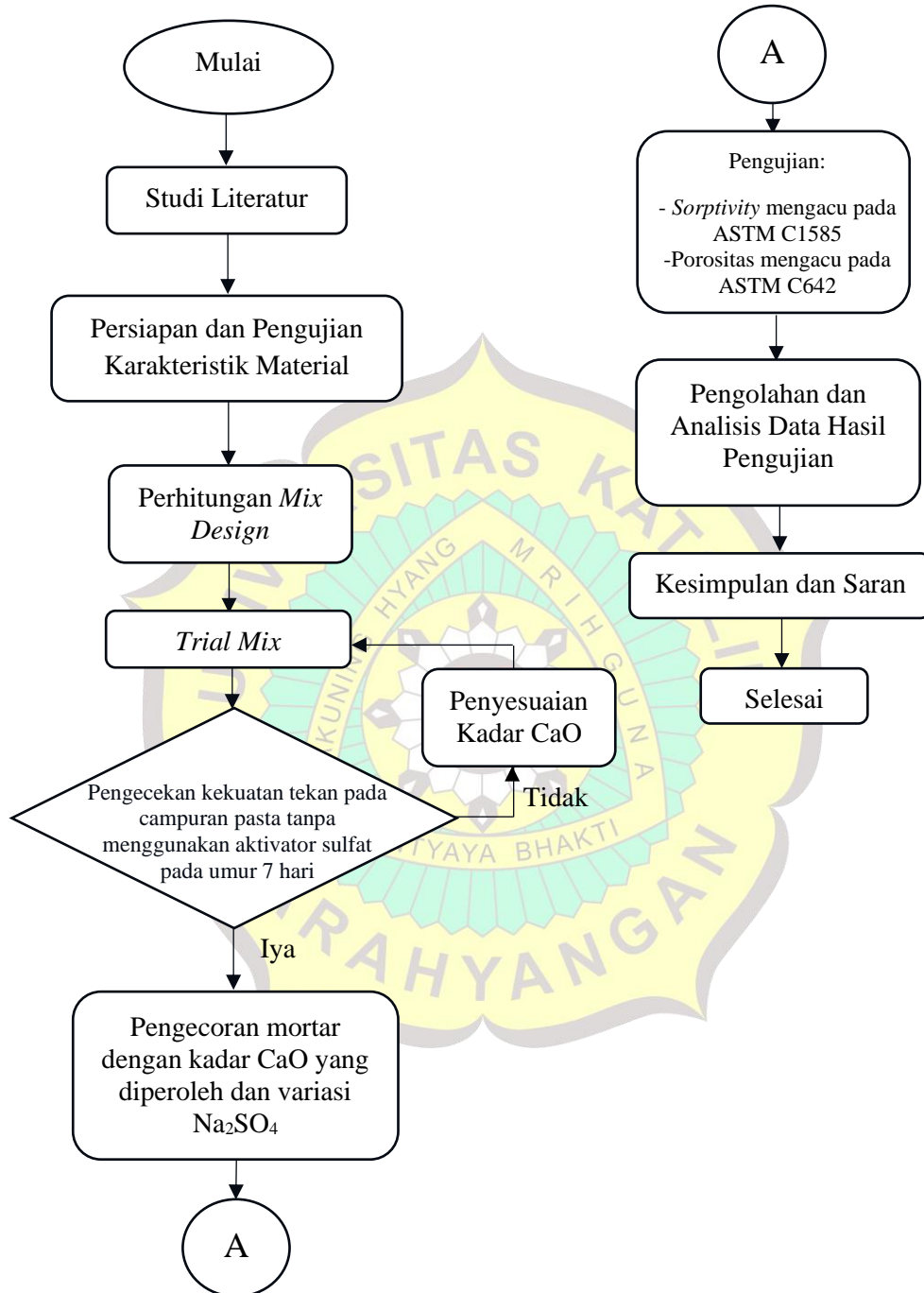
Bab ini membahas tentang proses pengolahan data hasil pengujian benda uji di laboratorium.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan atas hasil yang diperoleh dari pengujian di laboratorium dan saran untuk kegiatan penelitian di masa depan.

1.7 Diagram Alir

Studi kspperimental ini dilakukan dengan prosedur seperti pada Gambar 1.1



Gambar 1. 1 Diagram Alir Penelitian