

SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI
KADAR NATRIUM SULFAT TERHADAP
KEKUATAN TEKAN DAN *VOLUME OF PERMEABLE
VOIDS* PADA *SUPER SULFATED CEMENT MORTAR*
BERBAHAN DASAR *FERRONICKEL SLAG* HALUS**



**NICHIKA DWIGITA
NPM: 6101901096**

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
KEKUATAN TEKAN DAN *VOLUME OF PERMEABLE
VOIDS* PADA *SUPER SULFATED CEMENT MORTAR*
BERBAHAN DASAR *FERRONICKEL SLAG HALUS***



**NICHIKA DWIGITA
NPM: 6101901096**

**BANDUNG, 1 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 KEKUATAN TEKAN DAN *VOLUME OF PERMEABLE VOIDS* PADA *SUPER SULFATED CEMENT MORTAR* BERBAHAN DASAR *FERRONICKEL SLAG* HALUS



NICHIKA DWIGITA
NPM: 6101901096

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 : Nichika Dwigita

NPM : 6101901096

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 TEKAN DAN VOLUME OF PERMEABLE VOIDS 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: 17 Juli 2023



Nichika Dwigita

*) coret yang tidak perlu

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI KADAR
NATRIUM SULFAT TERHADAP KEKUATAN TEKAN DAN
VOLUME OF PERMEABLE VOIDS PADA *SUPER SULFATED*
CEMENT MORTAR BERBAHAN DASAR *FERRONICKEL*
*SLAG HALUS***

**NICHIKA DWIGITA
NPM: 6101901096**

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

Penggunaan semen meningkat seiring berkembangnya infrastruktur dunia. Produksi dan penggunaan semen yang masif menyebabkan permasalahan lingkungan yaitu emisi gas karbon dioksida (CO₂) yang meningkat. Dalam setiap pembuatan 1 kg semen Portland, dihasilkan sekitar 0,9 kg emisi gas CO₂. Untuk mengurangi emisi tersebut, para peneliti melakukan penelitian mengenai *super sulfated cement* (SSC) sebagai semen ramah lingkungan. *Super sulfated cement* umumnya terdiri atas campuran slag, aktivator alkali, dan aktivator sulfat. Pada penelitian ini, digunakan campuran *ferronickel slag* (FNS) halus, kalsium oksida (CaO) sebagai aktivator alkali dan natrium sulfat (Na₂SO₄) sebagai aktivator sulfat. SSC dinilai lebih ramah lingkungan dan memiliki ketahanan terhadap serangan sulfat. Pada studi ini akan diamati pengaruh variasi kadar Na₂SO₄ terhadap nilai kekuatan tekan dan nilai *volume of permeable voids* (VPV) pada *super sulfated cement mortar*. Variasi kadar Na₂SO₄ yang digunakan adalah sebesar 2,5%; 5%; 7,5%; dan 10%. Nilai kekuatan tekan pada umur 28 hari dengan variasi natrium sulfat 0%; 2,5%; 5%; 7,5%; dan 10% adalah 12,550 MPa; 11,880 MPa; 12,430 MPa; 14,785 MPa; dan 11,312 MPa. Hasil pengujian VPV pada umur 28 hari dengan variasi Na₂SO₄ 0%; 2,5%; 5%; 7,5%; dan 10% adalah 17,204%; 26,781%; 23,912%; 21,518%; dan 24,371%.

Kata Kunci: *Super sulfated cement mortar*, *ferronickel slag*, natrium sulfat, kalsium oksida, kekuatan tekan, *volume of permeable voids*

**EKSPERIMENTAL STUDY ON THE EFFECT OF SODIUM
SULFATE VARIATIONS ON COMPRESSIVE STRENGTH
AND VOLUME OF PERMEABLE VOIDS VALUES ON SUPER
SULFATED CEMENT MORTAR WITH GROUND
FERRONICKEL SLAG-BASED MATERIAL**

**NICHIKA DWIGITA
NPM: 6101901096**

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
AUGUST 2023**

ABSTRACT

The cement consumption increases with the development of worldwide infrastructure. The massive production and utilization of cement cause an increase in carbon dioxide (CO₂) emissions. For every 1 kg of portland cement produced, approximately 0.9 kg of CO₂ emissions are released. Therefore, many researchers have focused their research on utilizing super sulfated cement as an environmentally friendly cement to minimize the CO₂ emissions. Super sulfated cement usually consists of slag, an alkaline activator, and a sulfate activator. In this study, ferronickel slag (FNS) is used and activated with calcium oxide (CaO) as an alkaline activator and sodium sulfate (Na₂SO₄) as a sulfate activator. SSC is considered more sustainable and resistant to sulfate attack. This study observes the effect of Na₂SO₄ variations on compressive strength and volume of permeable voids (VPV) values in super sulfated cement mortar. The results of the compressive strength at the age of 28 days with Na₂SO₄ variations of 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, and 10% are 12.550 MPa, 11.880 MPa, 12.430 MPa, 14.785 MPa, and 11.312 MPa. VPV values tested at the age of 28 days with the same variations of Na₂SO₄ are 17.204%, 26.781%, 23.912%, 21.518%, and 24.371%.

Keyword: Super sulfated cement mortar, ferronickel slag, sodium sulfate, calcium oxide, compressive strength, volume of permeable voids

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya skripsi dengan judul “STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI KADAR NATRIUM SULFAT TERHADAP KEKUATAN TEKAN DAN *VOLUME OF PERMEABLE VOIDS* PADA *SUPER SULFATED CEMENT MORTAR* BERBAHAN DASAR *FERRONICKEL SLAG* HALUS” dapat selesai dengan baik dan tepat waktu.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi syarat kelulusan pendidikan tingkat S-1 Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan.

Terlepas dari berbagai tantangan yang dihadapi oleh penulis dalam menyusun skripsi ini, banyak pihak yang senantiasa memberikan bimbingan, masukan, dan dukungan. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Herry Suryadi, Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, ilmu, pengalaman, dan waktunya selama proses penyusunan skripsi ini.
2. Seluruh dosen Program Studi Teknik Sipil yang telah meluangkan waktunya untuk menghadiri dan memberikan masukan pada seminar judul, seminar isi, dan sidang.
3. Bapak Teguh Farid Iman, S.T., Bapak Markus Didi G., dan Bapak Heri Rustandi yang telah membantu dan memberikan masukan selama proses persiapan material hingga pengujian benda uji di Laboratorium Teknik Struktur Universitas Katolik Parahyangan.
4. Bambang Herdiantoro dan Roseita selaku orang tua yang selalu memberikan motivasi, dukungan, serta doa selama proses penyusunan skripsi.
5. Hasky Widjaja yang selalu membantu, mendukung, dan menemani selama proses penyusunan skripsi.
6. Maura, Jihan, Carissa, Zefanya, Yessica, Sadrina, Sharfina, Anthony, Barkah, Winsen, Elmo, dan Aulia sebagai teman-teman yang selalu hadir

dan berjuang bersama selama proses perkuliahan hingga penyusunan skripsi.

7. Ko Albert, Jonathan, Athaya, Silvia, Lucky, Ira, Bianca, dan teman-teman seperjuangan di Laboratorium Teknik Struktur Universitas Katolik Parahyangan.
8. Pihak lain yang telah memberikan doa dan dukungan selama penyusunan skripsi yang tidak dapat ditulis satu per satu.

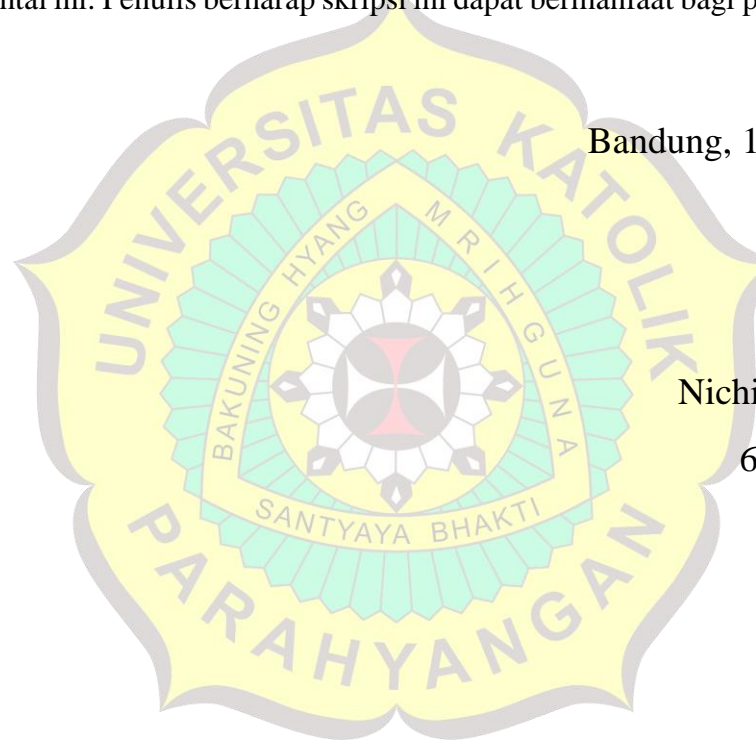
Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun untuk studi eksperimental ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Bandung, 17 Juli 2023



Nichika Dwigita

6101901096



DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Inti Permasalahan	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
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. <i>Campuran Super Sulfated Cement Mortar</i>	7
2.3.1 Air	7
2.3.2 <i>Ferronickel Slag (FNS) Halus</i>	8
2.3.3 Agregat Halus	9
2.3.4 Na_2SO_4 sebagai <i>sulfate activator</i>	9
2.3.5 CaO sebagai <i>alkaline activator</i>	10
2.3.6 <i>Superplasticizer (SP)</i>	10

2.4.	Pengujian Karakteristik Material <i>Super Sulfated Cement Mortar</i>	10
2.4.1	Pengujian Massa Jenis Bahan Pengikat	11
2.4.2	Pengujian <i>Specific Gravity</i> (SG) Agregat Halus.....	11
2.4.3	Pengujian Absorpsi Agregat Halus.....	12
2.4.4	Pengujian Modulus Kehalusan (<i>Fineness Modulus</i>) Agregat Halus	12
2.5.	<i>Mix Design</i> Campuran <i>Super Sulfated Cement Mortar</i>	12
2.6.	Pengujian <i>Flowability</i>	14
2.7.	Perawatan Benda Uji.....	14
2.8.	Pengujian Kekuatan Tekan	14
2.9.	Pengujian <i>Volume of Permeable Voids</i>	15
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....		16
3.1.	Campuran <i>Super Sulfated Cement Mortar</i>	16
3.1.1	Air.....	16
3.1.2	<i>Ferronickel Slag</i> (FNS) Halus	16
3.1.3	Agregat Halus	17
3.1.4	Na ₂ SO ₄	17
3.1.5	CaO	17
3.1.6	<i>Superplasticizer</i> (SP)	18
3.2.	Pengujian Material	18
3.2.1	Pengujian Massa Jenis Bahan Pengikat	18
3.2.2	Pengujian <i>Specific Gravity</i> (SG) Agregat Halus.....	20
3.2.3	Pengujian Absorpsi Agregat Halus.....	21
3.2.4	Pengujian Modulus Kehalusan (<i>Fineness Modulus</i>) Agregat Halus	21
3.3.	<i>Trial Mix</i> Campuran <i>Super Sulfated Cement</i>	24
3.4.	<i>Mix Design</i> Campuran <i>Super Sulfated Cement Mortar</i>	24
3.5.	Pembuatan Benda Uji	25

3.6. Pengujian <i>Flowability</i>	26
3.7. Perawatan Benda Uji.....	27
3.8. Pengujian Kekuatan Tekan	28
3.9. Pengujian <i>Volume of Permeable Voids</i>	28
BAB 4 ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	30
4.1. Analisis Pengujian <i>Flowability</i>	30
4.2. Analisis Pengujian Kekuatan Tekan	31
4.2.1 Analisis Pengujian Kekuatan Tekan Variasi Na ₂ SO ₄ 0%	31
4.2.2 Analisis Pengujian Kekuatan Tekan Variasi Na ₂ SO ₄ 2,5%	32
4.2.3 Analisis Pengujian Kekuatan Tekan Variasi Na ₂ SO ₄ 5%	33
4.2.4 Analisis Pengujian Kekuatan Tekan Variasi Na ₂ SO ₄ 7,5%	34
4.2.5 Analisis Pengujian Kekuatan Tekan Variasi Na ₂ SO ₄ 10%	36
4.2.6 Analisis Perbandingan Kekuatan Tekan Campuran SSC Mortar	37
4.3. Analisis Pengujian <i>Volume of Permeable Voids (VPV)</i>	38
4.4. Analisis Perbandingan Kekuatan Tekan dan VPV	39
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	41
5.1. Kesimpulan	41
5.2. Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN	46

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A	: Luas penampang (mm ²)
Abs	: Absorpsi (%)
ASTM	: <i>American Society for Testing and Materials</i>
CaO	: Kalsium oksida
CO ₂	: Karbon dioksida
CTM	: <i>Compression Testing Machine</i>
D ₀	: Diameter awal campuran hasil uji <i>flowability</i> (mm)
D _{avg}	: Diameter akhir rata-rata campuran hasil uji <i>flowability</i> (mm)
F	: <i>Flowability</i> (%)
fa	: <i>Fine aggregate</i>
FM	: <i>Fineness Modulus</i>
fm	: Kekuatan tekan mortar (MPa)
FNS	: <i>Ferronickel Slag</i>
g ₁	: <i>Bulk density, dry</i> (g/cm ³)
g ₂	: <i>Apparent density</i> (g/cm ³)
Na ₂ SO ₄	: Natrium sulfat
OD	: <i>Oven dry</i>
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>
VPV	: <i>Volume of Permeable Voids</i>

- W : Massa (g atau kg)
- ρ : Massa jenis (g/cm^3)
- α : Rasio CaO terhadap *binder*
- β : Rasio FNS terhadap *binder*
- γ : Rasio fa terhadap *binder*
- λ : Rasio air terhadap *binder*



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Alir	6
Gambar 3.1 Tampilan Visual dari Air.....	16
Gambar 3.2 Tampilan Visual dari <i>Ferronickel Slag</i> (FNS) Halus.....	16
Gambar 3.3 Tampilan Visual dari Agregat Halus.....	17
Gambar 3.4 Tampilan Visual dari Na_2SO_4	17
Gambar 3.5 Tampilann Visual dari CaO	17
Gambar 3.6 Tampilan Visual dari <i>Superplasticizer</i> (SP).....	18
Gambar 3.7 Gradasi Agregat Halus Sampel 1	23
Gambar 3.8 Gradasi Agregat Halus Sampel 2	23
Gambar 3.9 Nilai Kekuatan Tekan <i>Trial Mix</i> Pada Umur 7 Hari	24
Gambar 3.10 <i>Mixer</i>	26
Gambar 3.11 Cetakan.....	26
Gambar 3.12 <i>Slump Cone</i> dan <i>tamper</i>	27
Gambar 3.13 <i>Electric Flow Table</i>	27
Gambar 3.14 <i>Sealed Curing</i>	27
Gambar 3.15 <i>Compression Testing Machine</i> (CTM).....	28
Gambar 3.16 Merebus Benda Uji.....	29
Gambar 3.17 Menimbang Benda Uji di Dalam Air	29
Gambar 4.1 Grafik Nilai <i>Flowability</i> SSC Mortar Segar.....	30
Gambar 4.2 Grafik Nilai Kekuatan Tekan Variasi Na_2SO_4 0%	31
Gambar 4.3 Grafik Nilai Kekuatan Tekan Variasi Na_2SO_4 2,5%	33
Gambar 4.4 Grafik Nilai Kekuatan Tekan Variasi Na_2SO_4 5%	34
Gambar 4.5 Grafik Nilai Kekuatan Tekan Variasi Na_2SO_4 7,5%	35
Gambar 4.6 Grafik Nilai Kekuatan Tekan Variasi Na_2SO_4 10%	36
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Nilai Kekuatan Tekan	37
Gambar 4.8 Grafik Hasil Pengujian <i>Volume of Permeable Voids</i>	39
Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Nilai Kekuatan Tekan dan VPV	39

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Rekapitulasi Benda Uji Pengujian Kekuatan Tekan	4
Tabel 1.2 Rekapitulasi Benda Uji Pengujian VPV	4
Tabel 2.1 Persyaratan Kinerja Beton untuk Air Pencampur	8
Tabel 2.2 Batasan Kimiawi Tambahan untuk Air Pencampur Kombinasi	8
Tabel 2.3 Persentase Lolos Agregat Halus Berdasarkan ASTM C33, (2003).....	9
Tabel 3.1 Hasil Pengujian Massa Jenis FNS.....	19
Tabel 3.2 Hasil Pengujian Massa Jenis CaO.....	19
Tabel 3.3 Hasil Pengujian Massa Jenis Na ₂ SO ₄	19
Tabel 3.4 Hasil Pengujian SG Agregat Halus.....	20
Tabel 3.5 Hasil Pengujian Absorpsi Agregat Halus.....	21
Tabel 3.6 Hasil Pengujian FM Agregat Halus Sampel 1	22
Tabel 3.7 Hasil Pengujian FM Agregat Halus Sampel 2	22
Tabel 3.8 Proporsi Campuran SSC Mortar per m ³	25
Tabel 4.1 Nilai <i>Flowability</i> SSC Mortar Segar.....	30
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Kekuatan Tekan Variasi Na ₂ SO ₄ 0%.....	31
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kekuatan Tekan Variasi Na ₂ SO ₄ 2,5%.....	32
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Kekuatan Tekan Variasi Na ₂ SO ₄ 5%.....	33
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Kekuatan Tekan Variasi Na ₂ SO ₄ 7,5%.....	34
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Kekuatan Tekan Variasi Na ₂ SO ₄ 10%.....	36
Tabel 4.7 Perbandingan Nilai Kekuatan Tekan	37
Tabel 4.8 Hasil Pengujian <i>Volume of Permeable Voids</i>	38

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 Perhitungan Pengujian <i>Specific Gravity</i> FNS	47
LAMPIRAN 2 Perhitungan Pengujian <i>Specific Gravity</i> CaO	48
LAMPIRAN 3 Perhitungan Pengujian <i>Specific Gravity</i> Na ₂ SO ₄	49
LAMPIRAN 4 Perhitungan Pengujian <i>Specific Gravity</i> Agregat Halus	50
LAMPIRAN 5 Contoh Perhitungan <i>Trial Mix</i>	51
LAMPIRAN 6 Perhitungan <i>Mix Design</i> Campuran SSC Mortar	53
LAMPIRAN 7 Laporan Hasil Pengujian Kualitas Air UNPAR.....	57



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sampai sekarang Indonesia masih mengalami peningkatan jumlah penduduk yang cukup besar. Peningkatan jumlah penduduk ini berdampak pada meningkatnya pembangunan gedung, rumah tinggal, dan infrastruktur publik untuk mendukung peningkatan ekonomi dan kesejahteraan penduduk di Indonesia. Mortar menjadi salah satu material yang umum digunakan untuk pekerjaan dinding dan perbaikan struktur karena bahan baku mortar mudah didapatkan di Indonesia. Dalam pembuatan mortar, digunakan semen sebagai bahan pengikatnya.

Produksi dan penggunaan semen yang masif menyebabkan permasalahan lingkungan yaitu emisi gas karbon dioksida (CO_2) yang meningkat. Berdasarkan Bakhtyar, (2017), dihasilkan kurang lebih 0,9 kg emisi gas CO_2 dalam setiap pembuatan 1 kg semen portland. Proses pembuatan semen dilakukan dengan cara membakar bahan baku pada suhu yang tinggi. Emisi gas CO_2 berasal dari penggunaan bahan bakar fosil seperti batu bara dalam proses pembakaran. Selain itu emisi gas CO_2 juga berasal dari proses kalsinasi, yaitu saat kalsium karbonat dibakar dalam suhu tinggi sehingga pecah menjadi kalsium oksida dan CO_2 . Produksi semen portland dunia menyumbang sekitar 8% dari keseluruhan emisi gas CO_2 yang dihasilkan setiap tahun (Worrell, dkk., 2001).

Salah satu limbah industri yang dapat digunakan adalah limbah dari pembakaran *stainless steel* dan nikel berupa *ferronickel slag* (FNS). FNS dapat digunakan sebagai pengganti semen karena mengandung beberapa senyawa seperti silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), dan kapur (CaO) (Baharuddin, dkk., 2021). FNS dapat digunakan pada *super sulfated cement* (SSC) yang merupakan campuran bahan-bahan pengganti semen yang ramah lingkungan karena prosesnya yang hemat energi, emisi karbon yang rendah, dan penggunaan limbah industri (Lam, 2020). Pada campuran ini ditambahkan kalsium oksida (CaO) karena FNS memiliki kadar CaO yang relatif rendah dibandingkan dengan semen (Setiono, dkk., 2019). CaO dalam campuran mortar SSC juga berperan sebagai *alkaline activator* yang

dapat meningkatkan kekuatan tekan mortar. CaO dibutuhkan agar reaksi hidrolis dapat terjadi pada campuran SSC mortar berbahan dasar slag (García-Lodeiro, dkk., 2013).

Pada studi ini digunakan natrium sulfat (Na_2SO_4) sebagai *sulfate activators*. Kandungan sulfat yang tinggi pada Na_2SO_4 mempercepat proses hidrasi dan menghasilkan *ettringite* sehingga dapat meningkatkan ketahanan mortar terhadap serangan sulfat (Gruskovnjak, dkk., 2008). Penggunaan material FNS dari limbah industri sebagai pengganti semen diharapkan dapat menghasilkan material yang lebih ramah lingkungan.

Pada studi kali ini, dilakukan uji durabilitas berupa *volume of permeable void test*. Durabilitas beton adalah parameter yang digunakan untuk menentukan ketahanan terhadap kondisi lingkungan, ketahanan terhadap serangan bahan kimia, dan ketahanan terhadap pelapukan. Pengujian durabilitas beton dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya adalah dengan *volume of permeable void test* (VPV). Uji VPV dilakukan untuk mengetahui volume rongga permeabel pada beton. Beton dengan rongga yang besar lebih mudah dan cepat bereaksi dengan bahan kimia dan memiliki ketahanan terhadap kondisi lingkungan yang rendah. Pengujian ini dilakukan dengan cara merebus benda uji agar rongga terisi dengan maksimal. Pengujian ini dilakukan dalam berbagai keadaan seperti *dry*, *saturated*, dan *saturated-boiled* (Matarul, dkk., 2015).

1.2. Inti Permasalahan

Studi eksperimental ini akan mempelajari dan menganalisa pengaruh variasi kadar Na_2SO_4 pada *super sulfated cement mortar* berbahan dasar slag feronikel halus dan CaO terhadap kekuatan tekan dan *volume of permeable voids*.

1.3. Tujuan Penelitian

Studi eksperimental ini dilakukan dengan tujuan:

1. Mengetahui nilai kekuatan tekan *super sulfated cement mortar* berbahan dasar *ferronickel slag* halus dengan variasi kadar Na_2SO_4 .
2. Mengetahui nilai *volume of permeable voids super sulfated cement mortar* berbahan dasar *ferronickel slag* halus dengan variasi kadar Na_2SO_4 .

3. Mengetahui perbandingan nilai kekuatan tekan dan nilai *volume of permeable voids super sulfated cement mortar* berbahan dasar *ferronickel slag* halus dengan variasi kadar Na_2SO_4 .

1.4. Pembatasan Masalah

Pada penelitian ini, pembatasan masalah yang ada ditentukan sebagai berikut:

1. Agregat halus yang digunakan adalah pasir Garut.
2. Slag yang digunakan adalah *Ferronickel Slag* (FNS) dari PT. Growth Java Industry.
3. Perencanaan campuran menggunakan metode volume absolut.
4. *Alkaline activator* yang digunakan adalah kalsium oksida (CaO) dari CV. Pratama Cipta Mandiri.
5. *Sulfate activator* yang digunakan adalah natrium sulfat (Na_2SO_4) sebesar 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10%.
6. *Superplasticizer* (SP) yang digunakan adalah MasterGlenium SKY 8614 dari PT. Master Builders Solutions Indonesia dan ditetapkan sebesar 0.4%.
7. Rasio pasir terhadap bahan pengikat ditetapkan sebesar 2,5.
8. Kekuatan tekan mortar diuji pada benda uji dengan ukuran $50 \times 50 \times 50$ mm pada umur 3, 7, 14, dan 28 hari dengan mengambil nilai rata-rata dari minimum 3 buah benda uji (sesuai ASTM C109).
9. *Volume of Permeable Voids* diuji pada benda uji dengan ukuran $50 \times 50 \times 200$ mm pada umur 28 hari dengan mengambil nilai rata-rata dari minimum 3 buah benda uji (sesuai ASTM C642).
10. Metode perawatan dilakukan dengan metode *sealed curing*.

Tabel 1.1 Rekapitulasi Benda Uji Pengujian Kekuatan Tekan

Variasi Na ₂ SO ₄ [%]	Kode	Jenis Benda Uji	Umur Pengujian [hari]	Jumlah Benda Uji [buah]
0	NS-0			16
2,5	NS-2,5	Kubus	3, 7, 14, dan 28	16
5	NS-5	50×50×50		
7,5	NS-7,5	mm		
10	NS-10			
Total Benda Uji				80

Tabel 1.2 Rekapitulasi Benda Uji Pengujian VPV

Variasi Na ₂ SO ₄ [%]	Kode	Jenis Benda Uji	Umur Pengujian [hari]	Jumlah Benda Uji [buah]
0	NS-0			3
2,5	NS-2,5	Prisma	28	3
5	NS-5	50×50×200		
7,5	NS-7,5	mm		
10	NS-10			
Total Benda Uji				15

Kode NS-0 pada Tabel 1.1 dan Tabel 1.2 menunjukkan campuran dengan penambahan natrium sulfat (Na₂SO₄) sebanyak 0%. Kode NS-2,5 pada Tabel 1.1 dan Tabel 1.2 menunjukkan campuran dengan penambahan natrium sulfat (Na₂SO₄) sebanyak 2,5% dan begitu seterusnya.

1.5. Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan pada studi eksperimental ini adalah:

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan membaca berbagai macam sumber literatur seperti buku, jurnal penelitian, karya tulis ilmiah, dan sumber lain yang dapat digunakan sebagai acuan dalam melakukan studi eksperimental.

2. Studi Eksperimental

Studi eksperimental dilakukan untuk memperoleh hasil pengujian di laboratorium. Studi ini dimulai dengan persiapan material, pengujian

karakteristik material, perhitungan *mix design*, pembuatan benda uji, dan pengujian benda uji. Studi eksperimental ini dilakukan di Laboratorium Teknik Struktur Universitas Katolik Parahyangan.

3. Analisis Data

Analisis data adalah tahap pengolahan data yang didapat dari studi eksperimental yang telah dilakukan. Pengolahan data ini dilakukan agar dapat mencapai tujuan dari studi yang dilakukan.

1.6. Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini ditulis dalam beberapa bagian:

BAB 1: PENDAHULUAN

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

BAB 2: TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang landasan teori yang digunakan sebagai acuan dalam pelaksanaan dan penyusunan skripsi.

BAB 3: METODOLOGI PENELITIAN

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

BAB 4: ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

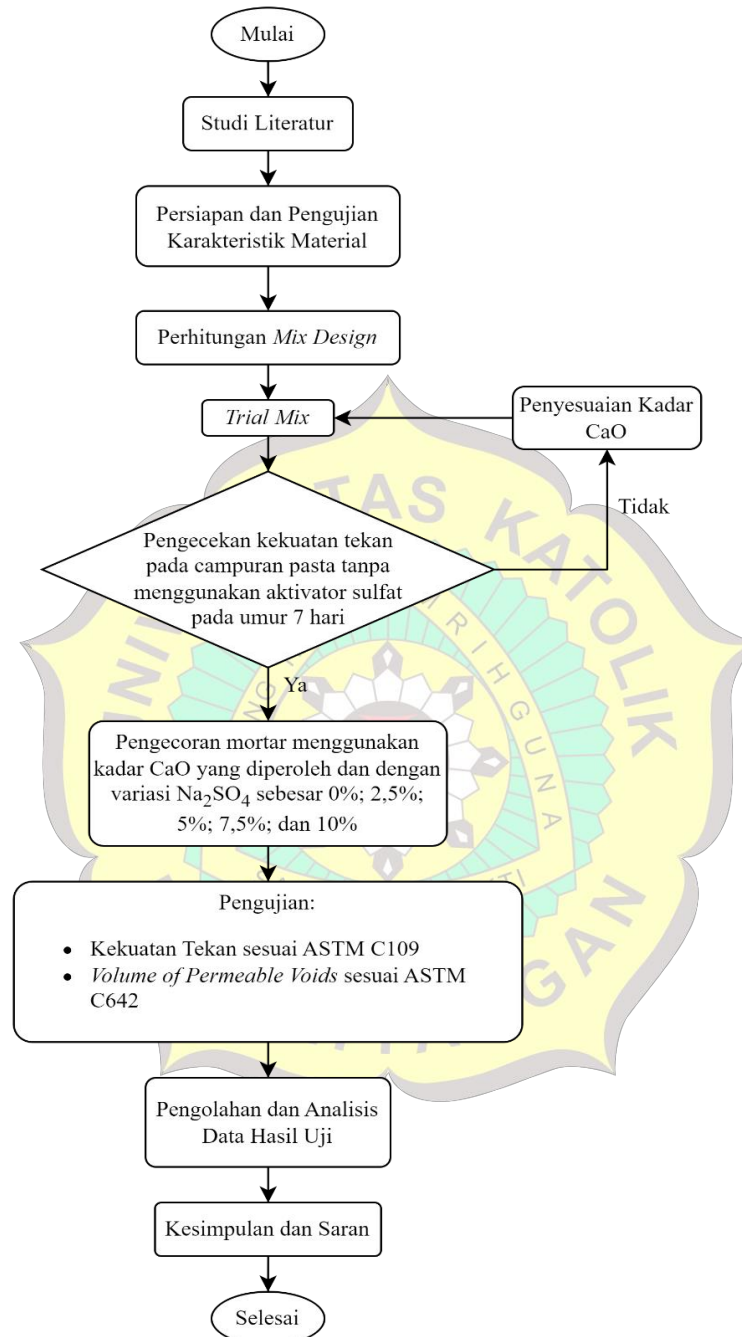
Bab ini membahas tentang pengolahan data hasil pengujian di laboratorium.

BAB 5: KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini membahas kesimpulan hasil pengujian di laboratorium dan saran untuk pengembangan penelitian yang akan datang.

1.7. Diagram Alir

Studi eksperimental ini dilakukan dengan prosedur seperti pada Gambar 1.1 berikut.



Gambar 1.1 Diagram Alir