

**SKRIPSI**

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH SERANGAN SULFAT  
TERHADAP KUAT TEKAN DAN *DRYING SHRINKAGE*  
MORTAR SLAG FERONIKEL YANG DIAKTIVASI DENGAN  
LARUTAN SODIUM HIDROKSIDA DAN SODIUM SILIKAT  
DENGAN VARIASI MOLARITAS SODIUM HIDROKSIDA**



**ANGGITA STEFANY HUTAURUK  
NPM : 2016410133**

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

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan Keputusan BAN-PT No. 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)  
BANDUNG  
DESEMBER 2019**

**SKRIPSI**

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH SERANGAN SULFAT  
TERHADAP KUAT TEKAN DAN *DRYING SHRINKAGE*  
MORTAR SLAG FERONIKEL YANG DIAKTIVASI DENGAN  
LARUTAN SODIUM HIDROKSIDA DAN SODIUM SILIKAT  
DENGAN VARIASI MOLARITAS SODIUM HIDROKSIDA**



**ANGGITA STEFANY HUTAURUK  
NPM : 2016410133**

**BANDUNG, 20 DESEMBER 2019**

**PEMBIMBING:**

**Herry Suryadi, Ph.D.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan Keputusan BAN-PT No. 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)  
BANDUNG  
DESEMBER 2019**

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama lengkap : Anggita Stefany Hutauruk

NPM : 2016410133

Dengan ini menyatakan skripsi saya yang berjudul “STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH SERANGAN SULFAT TERHADAP KUAT TEKAN DAN *DRYING SHRINKAGE* MORTAR SLAG FERONIKEL YANG DIAKTIVASI DENGAN LARUTAN SODIUM HIDROKSIDA DAN SODIUM SILIKAT DENGAN VARIASI MOLARITAS SODIUM HIDROKSIDA” adalah karya ilmiah yang bebas plagiat. Jika dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Bandung, 20 Desember 2019



Anggita Stefany Hutauruk

NPM: 2016410133

# **STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH SERANGAN SULFAT TERHADAP KUAT TEKAN DAN *DRYING SHRINKAGE* MORTAR SLAG FERONIKEL YANG DIAKTIVASI DENGAN LARUTAN SODIUM HIDROKSIDA DAN SODIUM SILIKAT DENGAN VARIASI MOLARITAS SODIUM HIDROKSIDA**

**Anggita Stefany Hutauruk  
NPM : 2016410133**

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

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)  
BANDUNG  
DESEMBER 2019**

## **ABSTRAK**

Konstruksi di Indonesia didominasi oleh material beton dengan menggunakan semen Portland. Proses produksi semen Portland menghasilkan karbon dioksida dalam jumlah yang banyak sehingga menyebabkan terjadinya pemanasan global. Oleh karena itu, diperlukan pengganti semen sebagai bahan dasar beton dan mortar untuk mengurangi pemanasan global yang dihasilkan produksi semen. Slag feronikel merupakan limbah industri dari proses peleburan bijih nikel. Slag feronikel dapat digunakan sebagai pengganti semen, namun harus menggunakan aktivator. Pada penelitian ini, digunakan sodium hidroksida dan sodium silikat sebagai aktivator. Faktor penting untuk sebuah material konstruksi adalah kekuatan dan durabilitas. Durabilitas pada penelitian ini dinilai pada ketahanan mortar terhadap serangan sulfat. Uji kuat tekan dilakukan pada hari ke 7, 14, dan 28 dengan ukuran benda uji 50×50×50 mm. Uji drying shrinkage dilakukan pada hari ke 1, 3, 7, 14, 21, dan 28 dengan ukuran benda uji 25×25×285 mm. Hasil uji kuat tekan mortar slag feronikel dengan variasi molaritas 6M, 8M, dan 10M dan mortar semen pada hari ke 28 tanpa serangan sulfat secara berurutan adalah 26,033 MPa, 33,150 MPa, 32,307 MPa, dan 33,604 MPa. Hasil uji kuat tekan mortar slag feronikel 6M, 8M, dan 10 dan mortar semen pada hari ke 28 dengan serangan sulfat secara berurutan adalah 16,216 MPa, 18,358 MPa, 24,633 MPa, dan 30,761 MPa. Uji *drying shrinkage* yang dilakukan pada mortar slag feronikel 6M, 8M, dan 10M serta mortar semen tanpa serangan sulfat pada hari ke 28 menghasilkan perubahan panjang secara berurutan sebesar -0,3291%, -0,3201%, -0,13%, dan -0,031%. Uji *drying shrinkage* yang dilakukan pada mortar slag feronikel 6M, 8M, dan 10M serta mortar semen dengan serangan sulfat pada hari ke 28 menghasilkan perubahan panjang secara berurutan sebesar -0,0124%, 0,0417%, -0,0404%, dan 0,033%. Kuat tekan mortar tanpa serangan sulfat dan dengan serangan sulfat yang optimum adalah mortar semen sebesar 32,307 MPa dan 30,761 MPa. Mortar slag feronikel dengan serangan sulfat cenderung mengalami *shrinkage*.

Kata Kunci: slag feronikel, *alkali-activated* mortar, drying shrinkage, serangan sulfat, kuat tekan.

# EXPERIMENTAL STUDY OF THE EFFECT OF SULFATE ATTACK ON COMPRESSIVE STRENGTH AND DRYING SHRINKAGE NO-CEMENT MORTAR MADE WITH GROUND GRANULATED FERRONICKEL SLAG ACTIVATED BY SODIUM HYDROXIDE AND SODIUM SILICATE WITH SODIUM HYDROXIDE MOLARITY VARIATION

Anggita Stefany Hutauruk  
NPM : 2016410133

Advisor : Herry Suryadi, Ph.D.

PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY  
ENGINEERING FACULTY DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
(Accredited by SK BAN-PT Number: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)  
BANDUNG  
DECEMBER 2019

## ABSTRACT

Construction in Indonesia is dominated by concrete materials by using Portland cement. Portland cement production produces carbon dioxide in large quantities, which is causing global warming. Therefore, it is necessary to replace cement as a concrete and mortar as based material to reduce global warming as result from cement production. Ferronickel slag is an industrial waste from nickel ore smelting process. Ferronickel slag can be used as cement replacement, but must be accompanied by activator. In this research, sodium hydroxide and sodium silicate are used as activators. The most important factors for a construction material are strength and durability. Durability in this research was carried on mortar resistance to sulfate attack. Compressive strength tests were carried out on the 7th, 14th, and 28th day with the size of the specimen 50×50×50 mm. Drying shrinkage tests were carried out on the 7th, 14th, and 28th day with the size of the specimen 25×25×285 mm. The results of compressive strength test of ferronickel slag mortar with variation of 6M, 8M, and 10M molarity and cement mortar on the 28th day without sulfate attack were 26,033 MPa, 33,150 MPa, 32,307 MPa, and 33,604 MPa, respectively. The results of compressive strength test of ferronickel slag mortar with variation of 6M, 8M, and 10M molarity and cement mortar on the 28th day with sulfate attack were 16,216 MPa, 18,358 MPa, 24,633 MPa and 30,761 MPa, respectively. Drying shrinkage test conducted on ferronickel slag mortar with variation of 6M, 8M, and 10M molarity and cement mortar on the 28th day without sulfate attack resulted changes in length of -0.33291%, -0.3201%, -0.13%, and -0.031%, respectively. Drying shrinkage test conducted on ferronickel slag mortar with variation of 6M, 8M, and 10M molarity and cement mortar on the 28th day with sulfate attack on the 28th day resulted changes in length of -0.0124%, 0.0417%, -0.0404%, and 0.033 %, respectively. The optimum value of compressive strength without sulfate attack and with sulfate attack is cement mortar of 32.307 MPa and 30.761 MPa, respectively. Ferronickel slag mortar with sulfate attack tend to be shrink.

Keyword : ferronickel slag, *alkali-activated* mortar, drying shrinkage, sulfate attack, compressive strength.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya skripsi yang berjudul “STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH SERANGAN SULFAT TERHADAP KUAT TEKAN DAN *DRYING SHRINKAGE* MORTAR SLAG FERONIKEL YANG DIAKTIVASI DENGAN LARUTAN SODIUM HIDROKSIDA DAN SODIUM SILIKAT DENGAN VARIASI MOLARITAS SODIUM HIDROKSIDA” dapat terselesaikan dengan baik.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi syarat kelulusan studi tingkat S-1 pada Fakultas Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan. Banyak hambatan yang dihadapi penulis dalam penyusunan skripsi ini namun berkat saran, dorongan, dan bantuan yang telah diberikan oleh berbagai pihak, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Herry Suryadi, Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan membantu penulis dalam menyusun skripsi ini.
2. Bapak Altho Sagara, S.T., M.T. dan Ibu Buen Sian, Ir., M.T. selaku dosen penguji pada sidang skripsi.
3. Bapak Teguh Farid Nurul Iman, Bapak Markus Didi G., dan Bapak Heri Rustandi yang telah membantu penulis dalam proses pembuatan dan pengujian benda uji di Laboratorium Struktur Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan.
4. Dosen-dosen pengajar yang telah memberikan ilmunya kepada penulis selama kegiatan perkuliahan.
5. Orang tua dan saudara penulis yang selalu mendukung dan mendoakan penulis.
6. Teman-teman penulis, Angie Oriana, Astari Ariffianty, Flavia Frederick, Gabriella Junico, Giovanni Binar, Jonathan Wijaya, Karen, dan Valentina yang selalu mendukung dan menemani penulis dalam perkuliahan.

7. Teman-teman seperjuangan skripsi, Ashila, Eduardus, Muktar, Natalia, Sila, dan Vinsensius.
8. Teman-teman Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan angkatan 2016 yang telah mendukung dan membantu penulis dalam proses perkuliahan.
9. Berbagai pihak yang tidak dapat penulis disebutkan satu per satu yang telah membantu, mendukung, dan memberi semangat dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, maka dari itu kritik dan saran yang membangun sangat dibutuhkan agar skripsi ini menjadi lebih baik lagi dan berguna untuk pembaca dan penelitian yang akan datang.

Bandung, 20 Desember 2019

Penulis,



Anggita Stefany Hutaeruk

2016410133

# DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR NOTASI.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB 1    PENDAHULUAN .....	1-1
1.1    Latar Belakang .....	1-1
1.2    Inti Permasalahan .....	1-2
1.3    Tujuan Penelitian.....	1-2
1.4    Pembatasan Masalah .....	1-3
1.5    Metodologi Penelitian .....	1-5
1.6    Diagram Alir .....	1-6
1.7    Sistematika Penulisan.....	1-7
BAB 2    DASAR TEORI.....	2-1
2.1    Mortar.....	2-1
2.2    Semen .....	2-1
2.3    Slag Feronikel .....	2-3
2.4    Alkali Aktivator.....	2-4
2.4.1    Sodium Silikat.....	2-5
2.4.2    Sodium Hidroksida .....	2-5
2.5    Agregat Halus.....	2-6



2.6	Air .....	2-7
2.7	Superplasticizer .....	2-9
2.8	Serangan Sulfat .....	2-9
2.9	<i>Shrinkage</i> .....	2-11
2.9.1	<i>Plastic Shrinkage</i> .....	2-11
2.9.2	<i>Drying Shrinkage</i> .....	2-11
2.9.3	<i>Autogenous Shrinkage</i> .....	2-12
2.9.4	<i>Carbonation Shrinkage</i> .....	2-13
2.9.5	Faktor Penyebab Shrinkage .....	2-13
2.10	Uji Kuat Tekan .....	2-16
2.11	Uji <i>Drying Shrinkage</i> .....	2-17
2.12	Uji Flow .....	2-20
BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN .....	3-1
3.1	Properti Material .....	3-1
3.1.1	Semen Tiga Roda .....	3-1
3.1.2	Slag Feronikel .....	3-2
3.1.3	Agregat Halus .....	3-3
3.1.4	Sodium Silikat .....	3-6
3.1.5	Sodium Hidroksida .....	3-7
3.2	Larutan Sulfat .....	3-9
3.3	Proporsi Campuran .....	3-9
3.3.1	Proporsi Campuran Mortar Semen .....	3-10
3.3.2	Proporsi Campuran Mortar Slag .....	3-10
3.4	Pengecoran Benda Uji .....	3-12
3.4.1	Mortar Semen .....	3-12
3.4.2	Mortar Slag Feronikel .....	3-13

3.4.3	Koreksi Air Mortar Slag Feronikel .....	3-13
3.5	Uji <i>Flow Table</i> .....	3-14
3.6	Uji Kuat Tekan .....	3-14
3.7	Uji <i>Drying Shrinkage</i> .....	3-15
BAB 4	ANALISIS DATA .....	4-1
4.1	Analisis Uji <i>Flow Table</i> dan Berat Isi Mortar .....	4-1
4.1.1	Perhitungan Uji <i>Flow Table</i> .....	4-1
4.1.2	Perhitungan Berat Isi Mortar .....	4-4
4.2	Analisis Uji Kuat Tekan Mortar .....	4-5
4.2.1	Kuat Tekan Mortar Slag Feronikel 6M .....	4-5
4.2.2	Kuat Tekan Mortar Slag Feronikel 8M .....	4-7
4.2.3	Kuat Tekan Mortar Slag Feronikel 10M .....	4-9
4.2.4	Kuat Tekan Mortar Semen w/c 0,5 .....	4-10
4.2.5	Perbandingan Kuat Tekan .....	4-12
4.3	Analisis Uji <i>Drying Shrinkage</i> Mortar .....	4-13
4.3.1	<i>Drying Shrinkage</i> Mortar Slag Feronikel 6M .....	4-13
4.3.2	<i>Drying Shrinkage</i> Mortar Slag Feronikel 8M .....	4-15
4.3.3	<i>Drying Shrinkage</i> Mortar Slag Feronikel 10M .....	4-17
4.3.4	<i>Drying Shrinkage</i> Mortar Semen w/c 0,5 .....	4-19
4.3.5	Perbandingan <i>Drying Shrinkage</i> .....	4-21
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN .....	5-1
5.1	Kesimpulan .....	5-1
5.2	Saran .....	5-2

#### DAFTAR PUSTAKA

## DAFTAR NOTASI

A	=	Luas penampang
ACI	=	<i>American Concrete Institute</i>
ASTM	=	<i>American Society for Testing and Materials</i>
C	=	Celcius
CaO	=	Kalsium oksida
Ca(OH) <sub>2</sub>	=	Kalsium Hidroksida
CTM	=	<i>Compression Testing Machine</i>
d	=	Diameter campuran hasil uji <i>flow</i>
d <sub>o</sub>	=	Diameter bagian bawah cetakan uji <i>flow</i>
d <sub>avg</sub>	=	Diameter rata-rata campuran hasil uji <i>flow</i>
F	=	<i>Flow</i> campuran
f <sub>c</sub>	=	Kuat tekan
G	=	Panjang nominal
GGBFS	=	<i>Ground Granulated Blast Furnace Slag</i>
kN	=	Kilonewton
KOH	=	Kalium hidroksida
L	=	Perubahan panjang pada hari ke x
L <sub>i</sub>	=	Hasil bacaan benda uji pada initial day dikurangi dengan bacaan <i>reference bar</i> pada <i>initial day</i>
L <sub>o</sub>	=	Bacaan <i>reference bar</i> pada hari uji
L <sub>x</sub>	=	Hasil bacaan benda uji pada umur hari x dikurangi dengan bacaan <i>reference bar</i> pada <i>initial day</i>

M	=	Molaritas
mm	=	milimeter
MPa	=	Megapascal
NaOH	=	Sodium hidroksida
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	=	Sodium silikat
P	=	Beban maksimum
ppm	=	<i>parts per million</i>
SNI	=	Standar Nasional Indonesia
SO <sub>4</sub>	=	Ion sulfat
SSD	=	<i>Saturated Surface Dry</i>
w/c	=	<i>water/cement ratio</i>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Alir .....	1-6
Gambar 2.1 Mortar Slag Feronikel .....	2-1
Gambar 2.2 Semen.....	2-2
Gambar 2.3 Slag Feronikel .....	2-3
Gambar 2.4 Ternary Diagram Semen .....	2-4
Gambar 2.5 Natrium Silikat.....	2-5
Gambar 2.6 Natrium Hidroksida.....	2-6
Gambar 2.7 Mekanisme Serangan Sulfat.....	2-10
Gambar 2.8 Autogenous Shrinkage.....	2-12
Gambar 2.9 Hubungan Shrinkage dengan Variasi Kelembapan Relatif Terhadap Waktu .....	2-14
Gambar 2.10 Shrinkage Beton dengan Variasi Agregat.....	2-15
Gambar 2.11 Pengaruh Water-Cement Ratio dan Agregat Terhadap Shrinkage... 2-15	
Gambar 2.12 Alat Uji Kuat Tekan ( <i>Compressing Test Machine</i> ) .....	2-16
Gambar 2.13 Detail Ukuran Benda Uji.....	2-18
Gambar 2.14 Kondisi <i>Reference Bar</i> Lebih Rendah Daripada Benda Uji.....	2-18
Gambar 2.15 Kondisi <i>Reference Bar</i> Lebih Tinggi Daripada Benda Uji .....	2-19
Gambar 2.16 Kondisi <i>Reference Bar</i> dan Benda Uji Berbeda.....	2-19
Gambar 2.17 Alat Uji <i>Drying Shrinkage</i> .....	2-20
Gambar 2.18 Alat Uji <i>Flow</i> .....	2-21
Gambar 3.1 Uji <i>Specific Gravity</i> Semen.....	3-2
Gambar 3.2 Uji <i>Specific Gravity</i> Slag Feronikel .....	3-3
Gambar 3.3 Uji <i>Specific Gravity</i> Agregat Halus .....	3-5
Gambar 3.4 Uji <i>Specific Gravity</i> Natrium Silikat.....	3-6
Gambar 3.5 Uji <i>Specific Gravity</i> Natrium Hidroksida .....	3-7
Gambar 3.6 Benda Uji Direndam dalam Larutan Sulfat.....	3-9
Gambar 3.7 Uji <i>Flow Table</i> pada Campuran Mortar .....	3-14
Gambar 3.8 Uji Kuat Tekan Mortar dengan CTM.....	3-15
Gambar 3.9 Uji <i>Drying Shrinkage</i> .....	3-16

Gambar 4.1 <i>Flow Table</i> Campuran Semen w/c 0,5.....	4-2
Gambar 4.2 Uji <i>Flow Table</i> Campuran Mortar Slag Feronikel.....	4-2
Gambar 4.3 Grafik <i>Flow Table</i> Campuran Mortar.....	4-3
Gambar 4.4 Berat Isi Mortar Benda Uji .....	4-5
Gambar 4.5 Benda Uji Setelah Dilakukan Uji Kuat Tekan.....	4-6
Gambar 4.6 Kuat Tekan Mortar Slag Feronikel 6M .....	4-7
Gambar 4.7 Kuat Tekan Slag Feronikel 8M.....	4-8
Gambar 4.8 Kuat Tekan Slag Feronikel 10M.....	4-10
Gambar 4.9 Kuat Tekan Mortar Semen w/c 0,5.....	4-11
Gambar 4.10 Kuat Tekan Benda Uji Tanpa Serangan Sulfat.....	4-12
Gambar 4.11 Kuat Tekan Benda Uji Dengan Serangan Sulfat .....	4-13
Gambar 4.12 <i>Drying Shrinkage</i> Mortar Slag Feronikel 6M.....	4-15
Gambar 4.13 <i>Drying Shrinkage</i> Mortar Slag Feronikel 8M.....	4-17
Gambar 4.14 <i>Drying Shrinkage</i> Mortar Slag Feronikel 10M.....	4-19
Gambar 4.15 <i>Drying Shrinkage</i> Mortar Semen w/c 0,5.....	4-21
Gambar 4.16 <i>Drying Shrinkage</i> Benda Uji Tanpa Serangan Sulfat .....	4-22
Gambar 4.17 <i>Drying Shrinkage</i> Benda Uji Dengan Serangan Sulfat.....	4-22

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Benda Uji <i>Drying Shrinkage</i> .....	1-3
Tabel 1.2 Benda Uji Kuat Tekan .....	1-4
Tabel 2.1 Saringan Agregat Halus .....	2-7
Tabel 2.2 Persyaratan kinerja beton untuk air pencampur.....	2-8
Tabel 2.3 Batasan kimiawi tambahan untuk air pencampur kombinasi .....	2-8
Tabel 2.4 Tingkat <i>Severity</i> Ion Sulfat 9 .....	2-10
Tabel 3.1 Pengujian <i>Specific Gravity</i> Semen.....	3-1
Tabel 3.2 Pengujian <i>Specific Gravity</i> Slag Ferronikel.....	3-3
Tabel 3.3 Pengujian <i>Specific Gravity</i> Agregat Halus .....	3-4
Tabel 3.4 Pengujian Absorpsi Agregat Halus.....	3-5
Tabel 3.5 Pengujian <i>Specific Gravity</i> Sodium Silikat.....	3-6
Tabel 3.6 Pengujian <i>Specific Gravity</i> NaOH 6M.....	3-8
Tabel 3.7 Pengujian <i>Specific Gravity</i> NaOH 8M.....	3-8
Tabel 3.8 Pengujian <i>Specific Gravity</i> NaOH 10M.....	3-8
Tabel 3.9 Proporsi Campuran Mortar Semen .....	3-10
Tabel 3.10 Proporsi Campuran Mortar Slag 6M.....	3-11
Tabel 3.11 Proporsi Campuran Mortar Slag 8M.....	3-11
Tabel 3.12 Proporsi Campuran Mortar Slag 10M.....	3-12
Tabel 4.1 <i>Flow Table</i> Benda Uji.....	4-3
Tabel 4.2 Berat Isi Mortar Benda Uji .....	4-4
Tabel 4.3 Kuat Tekan Slag Feronikel 6M Tanpa Serangan Sulfat .....	4-6
Tabel 4.4 Kuat Tekan Slag Feronikel 6M Dengan Serangan Sulfat.....	4-6
Tabel 4.5 Kuat Tekan Slag Feronikel 8M Tanpa Serangan Sulfat .....	4-7
Tabel 4.6 Kuat Tekan Slag Feronikel 8M Dengan Serangan Sulfat.....	4-8
Tabel 4.7 Kuat Tekan Slag Feronikel 10M Tanpa Serangan Sulfat .....	4-9
Tabel 4.8 Kuat Tekan Slag Feronikel 10M Dengan Serangan Sulfat.....	4-9
Tabel 4.9 Kuat Tekan Semen w/c 0,5 Tanpa Serangan Sulfat.....	4-10
Tabel 4.10 Kuat Tekan Semen w/c 0,5 Dengan Serangan Sulfat .....	4-11
Tabel 4.11 <i>Drying Shrinkage</i> Mortar Slag Feronikel 6M Tanpa Serangan Sulfat .....	4-11

Tabel 4.12 <i>Drying Shrinkage</i> Mortar Slag Feronikel 6M Dengan Serangan Sulfat .....	4-14
Tabel 4.13 <i>Drying Shrinkage</i> Mortar Slag Feronikel 8M Tanpa Serangan Sulfat .4-16	
Tabel 4.14 <i>Drying Shrinkage</i> Mortar Slag Feronikel 8M Dengan Serangan Sulfat .....	4-16
Tabel 4.15 <i>Drying Shrinkage</i> Mortar Slag Feronikel 10M Tanpa Serangan Sulfat .....	4-18
Tabel 4.16 <i>Drying Shrinkage</i> Mortar Slag Feronikel 10M Dengan Serangan Sulfat .....	4-18
Tabel 4.17 <i>Drying Shrinkage</i> Mortar Semen w/c 0,5 Tanpa Serangan Sulfat ...	4-20
Tabel 4.18 <i>Drying Shrinkage</i> Mortar Semen w/c 0,5 Dengan Serangan Sulfat .4-20	



## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 UJI <i>SPECIFIC GRAVITY</i> SEMEN .....	L1-1
LAMPIRAN 2 UJI <i>SPECIFIC GRAVITY</i> SLAG FERONIKEL .....	L2-1
LAMPIRAN 3 UJI <i>SPECIFIC GRAVITY</i> AGREGAT HALUS .....	L3-1
LAMPIRAN 4 UJI <i>SPECIFIC GRAVITY</i> SODIUM HIDROKSIDA .....	L4-1
LAMPIRAN 5 UJI <i>SPECIFIC GRAVITY</i> SODIUM SILIKAT .....	L5-1
LAMPIRAN 6 UJI MODULUS KEHALUSAN AGREGAT HALUS .....	L6-1
LAMPIRAN 7 <i>MIX DESIGN</i> MORTAR SLAG FERONIKEL 6M.....	L7-1
LAMPIRAN 8 <i>MIX DESIGN</i> MORTAR SLAG FERONIKEL 8M.....	L8-1
LAMPIRAN 9 <i>MIX DESIGN</i> MORTAR SLAG FERONIKEL 10M.....	L9-1
LAMPIRAN 10 <i>MIX DESIGN</i> MORTAR SEMEN % 0,5 .....	L10-1
LAMPIRAN 11 PERHITUNGAN KOREKSI <i>AIR</i> MORTAR SLAG 6M....	L11-1
LAMPIRAN 12 PERHITUNGAN KOREKSI AIR MORTAR SLAG 8M....	L12-1
LAMPIRAN 13 PERHITUNGAN KOREKSI AIR MORTAR SLAG 10M..	L13-1

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan ekonomi Indonesia sangat didorong oleh perkembangan proyek infrastruktur yang ada. Konstruksi di Indonesia didominasi oleh penggunaan material beton. Sekitar 1 ton beton diproduksi setiap tahun oleh setiap manusia yang ada di seluruh dunia setiap tahunnya (Stajanča M., Eštoková A., 2012). Selain beton, mortar juga banyak digunakan sebagai perekat bata ringan, pemasang keramik, dan plester dinding. Semen adalah salah satu bahan dasar dari beton dan mortar. Semen yang paling banyak digunakan di Indonesia adalah semen portland. Produksi semen portland menyebabkan polusi pada atmosfer yang cukup serius akibat karbon dioksida berlebih yang dihasilkan dari pembakaran yang dilakukan. Produksi 1 ton semen portland menghasilkan 0,55 ton senyawa karbon dioksida dan pembakaran bahan bakar karbon yang diperlukan menambah 0,4 ton senyawa karbondioksida (J. Davidovits, 2013). Akibatnya, terjadi efek rumah kaca menyebabkan perubahan komposisi atmosfer sehingga panas yang harusnya dipantulkan permukaan bumi terperangkap di atmosfer sehingga panas tersebut terpantul kembali ke bumi. Hal tersebut menyebabkan meningkatnya suhu di dalam bumi (*global warming*).

Dengan meningkatnya kesadaran manusia terhadap polusi yang diakibatkan produksi semen, maka telah dikembangkan material-material pengganti semen. Bahan-unsur-unsur silicon dan aluminium, seperti *fly ash* yang merupakan sisa pembakaran bara dan GGBS (*Ground Granulated Blast furnace Slag*) atau secara singkat disebut slag. Umumnya slag yang digunakan untuk bahan pengganti semen adalah slag yang berasal dari limbah pembakaran biji besi. Dari penelitian yang ada slag dapat menggantikan semen pada beton dan mortar apabila digunakan aktivator. Aktivator tersebut dapat berupa sodium hidroksida (NaOH), sodium silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ), kalsium oksida (CaO), dan kalium hidroksida (KOH).

Kekuatan merupakan salah satu propertis yang paling penting untuk sebuah material struktur seperti beton maupun mortar. Uji kuat tekan merupakan salah satu uji yang umum dilakukan untuk menentukan kekuatan sebuah beton maupun mortar. Selain kekuatan, durabilitas mortar sangat penting, terutama untuk mortar yang terespos dengan material yang mengandung senyawa sulfat, seperti air laut dan air dalam tanah. Senyawa sulfat yang bereaksi dengan mortar membentuk *ettringite* yang dapat membuat mortar mengembang dan menyebabkan keretakan. Semakin banyak pori-pori pada permukaan mortar, maka semakin mudah masuknya larutan sulfat ke dalam material dan perubahan panjang dan keretakan yang terjadi akan semakin besar. Perubahan panjang yang terjadi akibat serangan sulfat dapat diukur dengan melakukan tes *drying shrinkage*. Selain itu, retak yang diakibatkan oleh serangan sulfat dapat menyebabkan penurunan kuat tekan suatu beton maupun mortar.

### 1.2 Inti Permasalahan

Limbah berupa slag feronikel dimanfaatkan untuk membuat mortar tanpa semen dengan menggunakan aktivator sodium hidroksida (NaOH) dan sodium silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) dengan variasi molaritas sodium hidroksida. Parameter yang dikaji adalah nilai kuat tekan dan *drying shrinkage* dari benda uji mortar tanpa semen dan mortar semen sebagai benda uji kontrol. Kemudian, pengaruh serangan sulfat terhadap kuat tekan dan *drying shrinkage* benda uji dipelajari.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari studi eksperimental ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui karakteristik *drying shrinkage* mortar slag dan mortar semen
2. Mengetahui karakteristik *drying shrinkage* mortar slag dan mortar semen akibat serangan sulfat
3. Mengetahui kuat tekan mortar slag dan mortar semen
4. Mengetahui kuat tekan mortar slag dan mortar semen akibat serangan sulfat

#### 1.4 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah studi eksperimental ini adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan campuran menggunakan metode volume absolut
2. Rasio aktivator terhadap bahan pengikat (*Alkali liquid-to-binder ratio*) adalah 0,5
3. Rasio  $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$  ditetapkan sebesar 2,5
4. Molaritas NaOH ditetapkan sebesar 6, 8, 10M
5. Benda uji kontrol menggunakan pasta semen dengan *w/c* sebesar 0.5
6. pH larutan Sodium Sulfat 5% dikontrol pada rentang 6-8
7. Perawatan dilakukan dengan metode *sealed curing* untuk benda uji yang tidak direndam larutan sulfat
8. Uji *drying shrinkage* dilakukan pada benda uji prisma dengan ukuran  $25 \times 25 \times 285$  mm diuji pada 1, 3, 7, 14, dan 28 hari (ASTM C596-09)
9. Uji *drying shrinkage* terhadap serangan sulfat dilakukan pada benda uji prisma dengan ukuran  $25 \times 25 \times 285$  mm diuji pada 1, 3, 7, 14, dan 28 hari setelah benda uji direndam pada larutan (ASTM C1012/C1012M-15)
10. Uji kuat tekan dilakukan pada benda uji pada umur 7, 14, dan 28 hari baik pada benda uji yang direndam larutan sulfat maupun tidak.
11. Jumlah total benda uji: 24 buah prisma ( $25 \times 25 \times 285$  mm) dan 72 buah kubus ( $50 \times 50 \times 50$  mm) sesuai rincian pada Tabel 1.1 dan Tabel 1.2.

**Tabel 1.1 Benda Uji *Drying Shrinkage***

Pengujian	Umur Pengujian	Bentuk	Jumlah
<i>Drying Shrinkage</i> 6M	1, 3, 7, 14, dan 28 hari	Prisma $25 \times 25 \times 285$ mm	3
<i>Drying Shrinkage</i> 8M	1, 3, 7, 14, dan 28 hari	Prisma $25 \times 25 \times 285$ mm	3
<i>Drying Shrinkage</i> 10M	1, 3, 7, 14, dan 28 hari	Prisma $25 \times 25 \times 285$ mm	3
<i>Drying Shrinkage</i> Semen w/c 0,5	1, 3, 7, 14, dan 28 hari	Prisma $25 \times 25 \times 285$ mm	3

**Tabel 1.1 Benda Uji *Drying Shrinkage* (Lanjutan)**

Pengujian	Umur Pengujian	Bentuk	Jumlah
<i>Drying Shrinkage</i> 6M terhadap serangan sulfat	1, 3, 7, 14, dan 28 hari	Prisma 25 × 25 × 285 mm	3
<i>Drying Shrinkage</i> 8M terhadap serangan sulfat	1, 3, 7, 14, dan 28 hari	Prisma 25 × 25 × 285 mm	3
<i>Drying Shrinkage</i> 10M terhadap serangan sulfat	1, 3, 7, 14, dan 28 hari	Prisma 25 × 25 × 285 mm	3
<i>Drying Shrinkage</i> semen w/c 0,5 terhadap serangan sulfat	1, 3, 7, 14, dan 28 hari	Prisma 25 × 25 × 285 mm	3
Total			24

**Tabel 1.2 Benda Uji Kuat Tekan**

Pengujian	Umur Pengujian	Bentuk	Jumlah
Kuat Tekan 6M	7, 14, 21, dan 28 hari	Kubus 50 × 50 × 50 mm	9
Kuat Tekan 8M	7, 14, 21, dan 28 hari	Kubus 50 × 50 × 50 mm	9
Kuat Tekan 10M	7, 14, 21, dan 28 hari	Kubus 50 × 50 × 50 mm	9
Kuat Tekan semen w/c 0,5	7, 14, 21, dan 28 hari	Kubus 50 × 50 × 50 mm	9
Kuat Tekan 6M terhadap serangan sulfat	7, 14, 21, dan 28 hari	Kubus 50 × 50 × 50 mm	9
Kuat Tekan 8M terhadap serangan sulfat	7, 14, 21, dan 28 hari	Kubus 50 × 50 × 50 mm	9

**Tabel 1.2 Benda Uji Kuat Tekan (Lanjutan)**

Pengujian	Umur Pengujian	Bentuk	Jumlah
Kuat Tekan 10M terhadap serangan sulfat	7, 14, 21, dan 28 hari	Kubus 50 × 50 × 50 mm	9
Kuat Tekan semen w/c 0,5 terhadap serangan sulfat	7, 14, 21, dan 28 hari	Kubus 50 × 50 × 50 mm	9
		Total	72

### 1.5 Metodologi Penelitian

Metode penelitian pada studi eksperimental ini adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur

Mengumpulkan dan mempelajari referensi pustaka yang relevan untuk digunakan sebagai landasan teori studi eksperimental.

2. Studi eksperimental

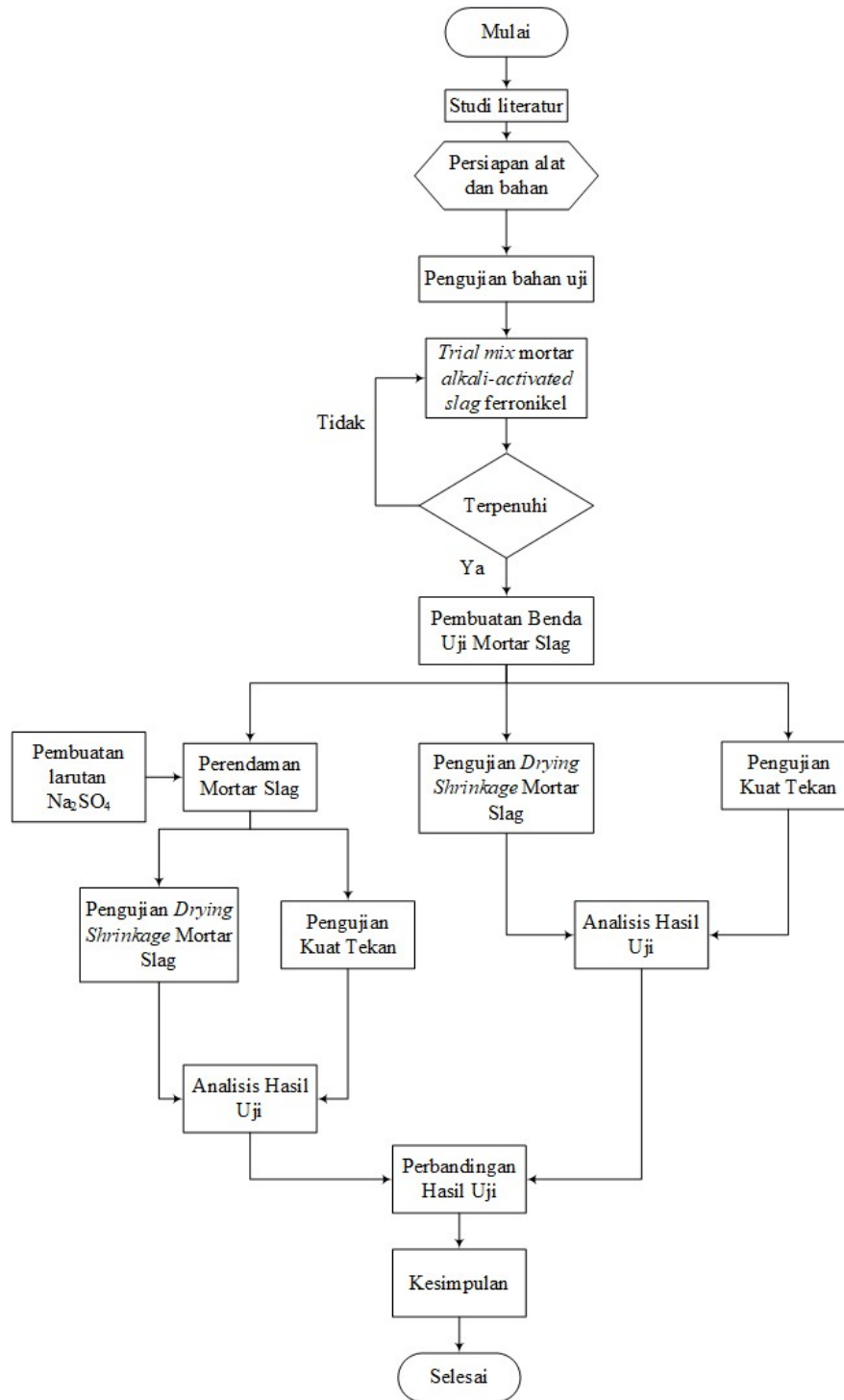
Melakukan eksperimen dimulai dari menguji karakteristik material, menghitung kebutuhan material benda uji, membuat benda uji, dan menguji benda uji.

3. Analisis data

Mengolah seluruh data yang diperoleh dari uji eksperimental dan menganalisis hasil olah data lalu membuat kesimpulan hasil analisis data.

## 1.6 Diagram Alir

Tahapan pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut:



Gambar 1.1 Diagram Alir

## **1.7 Sistematika Penulisan**

Penulisan skripsi dilakukan dalam 5 bagian, yaitu sebagai berikut:

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

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

### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini akan membahas dasar teori yang digunakan sebagai landasan untuk melakukan studi eksperimental.

### **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini akan membahas metode penelitian yang dilakukan mulai dari persiapan pengujian, pembuatan benda uji, dan uji susut kering mortar slag dan mortar semen uji sebelum dan sesudah disimpan dalam larutan sulfat.

### **BAB 4 ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN**

Bab ini akan membahas analisa data yang diperoleh dari pengujian benda uji.

### **BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini akan membahas kesimpulan yang diperoleh dari hasil analisis studi eksperimental dan saran yang sebaiknya dilakukan pada studi eksperimental yang akan datang.