

SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI
AGREGAT SLAG SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN
AGREGAT HALUS TERHADAP PROPERTI
MEKANIK DAN *ULTRASONIC PULSE VELOCITY*
PADA *STRUCTURAL SELF-COMPACTING MORTAR***



**FELICIA GABRIELE SAPUTRA
NPM : 6101801213**

PEMBIMBING: Herry Suryadi, Ph.D.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK-BAN-PT No. 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
JULI 2022**

SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI
AGREGAT SLAG SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN
AGREGAT HALUS TERHADAP PROPERTI
MEKANIK DAN *ULTRASONIC PULSE VELOCITY*
PADA *STRUCTURAL SELF-COMPACTING MORTAR***



**FELICIA GABRIELE SAPUTRA
NPM : 6101801213**

PEMBIMBING : Herry Suryadi, Ph.D.

A handwritten signature in blue ink, written over a horizontal line.

PENGUJI 1 : Buen Sian, Ir., M.T.

A handwritten signature in blue ink, written over a horizontal line.

PENGUJI 2 : Nenny Samudra, Ir., M.T.

A handwritten signature in blue ink, written over a horizontal line.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK-BAN-PT No. 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
JULI 2022**

PERNYATAAN

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

Nama : Felicia Gabriele Saputra
NPM : 6101801213
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

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

Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Agregat Slag sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus terhadap Properti Mekanik dan *Ultrasonic Pulse Velocity* pada *Structural Self-Compacting 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: 18 Juli 2022



Felicia Gabriele Saputra

6101801213

*) coret yang tidak perlu

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI AGREGAT SLAG SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT HALUS TERHADAP PROPERTI MEKANIK DAN *ULTRASONIC PULSE VELOCITY* PADA *STRUCTURAL SELF-COMPACTING MORTAR*

Felicia Gabriele Saputra
NPM: 6101801213

Pembimbing: Herry Suryadi, Ph.D.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK-BAN-PT No. 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
JULI 2022
ABSTRAK

Mortar merupakan salah satu bahan konstruksi yang terbentuk dari campuran antara agregat halus, air, dan bahan pengikat. Seiring dengan perkembangan zaman, munculah beberapa inovasi mengembangkan mortar untuk mempermudah pekerjaan konstruksi, salah satunya adalah *Self-Compacting Mortar* (SCM). Pembangunan infrastruktur yang terjadi secara terus-menerus memicu dilakukannya penambangan pasir secara besar-besaran yang mengakibatkan kerusakan lingkungan. Permasalahan ini menjadi tantangan besar bagi para peneliti untuk berinovasi mencegah penipisan sumber daya alam dan menurunkan dampak kerusakan lingkungan. Pada penelitian ini, akan ditelusuri pengaruh penggunaan limbah industri yaitu *slag* feronikel (FNS) sebagai pengganti sebagian agregat halus. Variasi penggantian sebagian agregat halus dengan FNS digunakan sebesar 0%, 15%, 30%, dan 45%. Rasio air terhadap bahan pengikat (w/b) diambil sebesar 0,3. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggantian sebagian agregat halus dengan FNS terhadap hasil kekuatan tekan (f_m), kekuatan lentur (f_r), dan *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV). Hasil pengujian pada umur 28 hari dengan variasi 0%, 15%, 30%, dan 45%, diperoleh nilai kekuatan tekan secara berturut-turut adalah 37,52 MPa, 37,85 MPa, 40,11 MPa, dan 39,60 MPa. Nilai kekuatan lentur adalah 6,17 MPa, 6,84 MPa, 6,87 MPa, dan 6,78 MPa. Serta nilai UPV adalah 3826,82 m/s, 4031,99 m/s, 4071,28 m/s, dan 4045,98 m/s. Nilai kekuatan tekan SCM dengan penggunaan sampai 45% FNS dapat berfungsi salah satunya sebagai *mortar structural repair* kelas R3 menurut *European Norms* (EN) di mana syarat nilai kekuatan tekan minimal pada umur 28 hari adalah 25 MPa. Berdasarkan hasil pengujian kekuatan tekan, lentur, dan UPV, dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan FNS yang optimum sebagai pengganti pasir adalah sebesar 30%.

Kata Kunci: kekuatan lentur, kekuatan tekan, *slag* feronikel, *Structural Self-Compacting Mortar* (SCM), *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV).

EXPERIMENTAL STUDY ON THE EFFECT OF AGGREGATE SLAG VARIATION AS A PARTIAL REPLACEMENT FOR FINE AGGREGATE ON THE MECHANICAL PROPERTY AND ULTRASONIC PULSE VELOCITY OF STRUCTURAL SELF-COMPACTING MORTAR

Felicia Gabriele Saputra

NPM: 6101801213

Advisor: Herry Suryadi, Ph.D.

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
(Accredited by SK BAN-PT No. 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)**

BANDUNG

JULY 2022

ABSTRACT

Mortar is one of the construction materials that is formed from a mixture of fine aggregate, water, and binder. Along with the era, several innovations have emerged in developing mortar to facilitate construction work, one of them is self-compacting mortar (SCM). Infrastructure development that occurs continuously triggers massive sand mining, which causes environmental damage. This problem is a big challenge for researchers to innovate to prevent the depletion of natural resources and reduce the impact of environmental damage. This research investigates the use of industrial waste, specifically ferronickel slag (FNS), as a partial replacement for fine aggregate. Partial replacement variations for fine aggregate with FNS are 0%, 15%, 30%, and 45%. This study uses water to binder ratio (w/b) 0,3. The purpose of this study is to determine the effect of partial replacement of fine aggregate with FNS on the results of compressive strength (f_m), flexural strength (f_r), and ultrasonic pulse velocity (UPV). The results of the test at the age of 28 days with variations of 0%, 15%, 30%, and 45%, the compressive strength values respectively are 37,52 MPa, 37,85 MPa, 40,11 MPa, and 39,60 MPa. The flexural strength values are 6,17 MPa, 6,84 MPa, 6,87 MPa, and 6,78 MPa. Also, the UPV values are 3826,82 m/s, 4031,99 m/s, 4071,28 m/s, and 4045,98 m/s. Based on the compressive strength, one of the functions of SCM with the use of up to 45% FNS is repair structural mortar class R3 according to the European Norms (EN) with the minimum compressive strength value at 28 days is 25 MPa. Based on the test results of compressive strength, flexural strength, and UPV, it can be concluded that the optimum use of FNS as a partial replacement for sand is 30%.

Keywords: flexural strength, compression strength, ferronickel slag, structural self-compacting mortar (SCM), Ultrasonic Pulse Velocity (UPV).

PRAKATA

Puji dan syukur dipanjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul Studi Eksperimental “Pengaruh Variasi Agregat Slag Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus Terhadap Kekuatan Tekan dan Lentur pada *Structural Self-Compacting Mortar*” dengan baik.

Skripsi ini merupakan salah satu syarat kelulusan studi S-1 di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung. Dalam proses penyusunannya, skripsi ini tidak lepas dari berbagai tantangan dan rintangan. Namun, berkat dukungan, motivasi, dan saran dari berbagai pihak sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih sedalam – dalamnya kepada:

1. Bapak Herry Suryadi, Ph.D. selaku dosen pembimbing yang dengan sabar membimbing dan membantu penulis selama proses pembuatan skripsi ini.
2. Seluruh dosen Program Studi S-1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan yang hadir dan memberikan saran pada seminar proposal, seminar isi, dan sidang.
3. Bapak Teguh Farid Nurul Iman, S.T., Bapak Markus Didi G., dan Bapak Heri Rustandi yang telah membantu dan memberi masukan selama proses persiapan bahan sampai pengujian benda uji di Laboratorium Teknik Struktur Universitas Katolik Parahyangan.
4. Orang tua dan saudara penulis yang selalu memberikan dukungan dan doa selama proses pembuatan skripsi.
5. Sophie Nathania selaku teman seperjuangan membuat *Structural Self-Compacting Mortar* yang telah membantu dan mendukung selama proses pembuatan skripsi.
6. Hermawan, Michael, William Delbert, Yohanes Erick, Carel Delvine, Richard Faren, Lie Vernando, Indra Permana, dan Josia Budi Leksono selaku teman – teman seperjuangan di Laboratorium Teknik Struktur Universitas Katolik Parahyangan.

7. Teman – teman Teknik Sipil UNPAR angkatan 2018 yang telah berjuang bersama menyelesaikan perkuliahan di UNPAR.
8. Pihak – pihak lain yang tidak bisa disebutkan satu per satu yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari skripsi masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis menerima segala bentuk kritik dan saran yang membangun pada studi eksperimental ini. Akhir kata, penulis berharap skripsi ini bermanfaat bagi dunia pendidikan, khususnya di bidang Teknik Sipil.

Bandung, 7 Juli 2022



Felicia Gabriele Saputra

6101801213



DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
PRAKATA	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
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 Metode Penelitian.....	1-4
1.6 Sistematika Penulisan.....	1-5
1.7 Diagram Alir	1-5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	2-1
2.1 Struktural Mortar.....	2-1
2.2 <i>Self-Compacting Mortar</i>	2-1
2.3 Campuran <i>Self-Compacting Mortar</i>	2-2
2.3.1 Semen.....	2-2
2.3.2 Abu Terbang (<i>Fly Ash</i>)	2-2
2.3.3 Air	2-3
2.3.4 Agregat Halus	2-4

2.3.5	<i>Slag Feronikel (Ferronickel Slag/FNS)</i>	2-5
2.3.6	<i>Superplasticizer</i>	2-5
2.4	Pengujian Material Campuran <i>Self-Compacting Mortar</i>	2-6
2.4.1	Pengujian <i>Spesific Gravity</i> Agregat Halus (Pasir dan Slag Feronikel)..	2-6
2.4.2	Pengujian <i>Spesific Gravity</i> Bahan Pengikat (Semen dan <i>Fly Ash</i>)	2-6
2.4.3	Pengujian Absorpsi Agregat Halus.....	2-7
2.4.4	Pengujian Modulus Kehalusan (<i>Fineness Modulus</i>).....	2-7
2.5	Desain Campuran <i>Self-Compacting Mortar (Mix Design)</i>	2-8
2.6	Pengujian Kriteria <i>Self-Compacting Mortar</i>	2-10
2.6.1	Pengujian <i>Slump Flow</i>	2-10
2.6.2	Pengujian <i>V-Funnel Time</i>	2-11
2.7	Perawatan Beton (<i>Curing</i>).....	2-11
2.8	Pengujian Kekuatan Tekan.....	2-12
2.9	Pengujian Kekuatan Lentur.....	2-12
2.10	Pengujian <i>Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)</i>	2-13
2.11	Hubungan Kekuatan Lentur dan <i>Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)</i>	2-14
2.12	Hubungan Kekuatan Tekan dan Lentur.....	2-14
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		3-1
3.1	Material Campuran <i>Self-Compacting Mortar</i>	3-1
3.1.1	Pasir.....	3-1
3.1.2	<i>Slag Feronikel (FNS)</i>	3-1
3.1.3	Semen Portland Komposit (PCC)	3-2
3.1.4	<i>Fly Ash</i>	3-3
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>Spesific Gravity</i> Agregat Halus (Pasir Galunggung dan FNS)..	3-4
3.2.2	Pengujian <i>Specific Gravity</i> Bahan Pengikat (Semen dan <i>Fly ash</i>)	3-5
3.2.3	Pengujian Absorpsi Agregat Halus.....	3-6
3.2.4	Pengujian Modulus Kehalusan (<i>Fineness Modulus</i>).....	3-7
3.3	Proporsi Campuran SCM	3-10
3.4	Pembuatan Benda Uji.....	3-10
3.4.1	Prosedur Pengecoran (<i>Mixing</i>).....	3-11
3.4.2	Pengujian <i>Slump Flow</i>	3-12
3.4.3	Pengujian <i>V-Funnel Time</i>	3-13
3.5	Perawatan Benda Uji (<i>Curing</i>).....	3-13
3.6	Pengujian Benda Uji.....	3-14
3.6.1	Pengujian Kekuatan Tekan.....	3-14
3.6.2	Pengujian Kekuatan Lentur.....	3-14
3.6.3	Pengujian <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i>	3-15
BAB 4 ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN		4-1
4.1	Analisis Pengujian SCM Segar.....	4-1
4.1.1	Pengujian <i>Slump Flow</i> pada Setiap Variasi SCM.....	4-1
4.1.2	Pengujian <i>V-Funnel Time</i> pada Setiap Variasi SCM.....	4-2
4.2	Analisis Pengujian Kekuatan Tekan.....	4-2
4.2.1	Analisis Pengujian Kekuatan Tekan Variasi 0% FNS	4-3
4.2.2	Analisis Pengujian Kekuatan Tekan Variasi 15% FNS	4-4
4.2.3	Analisis Pengujian Kekuatan Tekan Variasi 30% FNS.....	4-5
4.2.4	Analisis Pengujian Kekuatan Tekan Variasi 45% FNS.....	4-6
4.2.5	Analisis Perbandingan Kekuatan Tekan Antar Berbagai Variasi FNS..	4-7
4.3	Analisis Pengujian Kekuatan Lentur.....	4-8
4.3.1	Analisis Pengujian Kekuatan Lentur Variasi 0% FNS	4-8

4.3.2	Analisis Pengujian Kekuatan Lentur Variasi 15% FNS	4-9
4.3.3	Analisis Pengujian Kekuatan Lentur Variasi 30% FNS	4-10
4.3.4	Analisis Pengujian Kekuatan Lentur Variasi 45% FNS	4-11
4.3.5	Analisis Perbandingan Kekuatan Lentur Antar Berbagai Variasi FNS	4-12
4.4	Analisis Pengujian <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> (UPV)	4-13
4.4.1	Analisis Pengujian UPV Variasi 0% FNS	4-13
4.4.2	Analisis Pengujian UPV Variasi 15% FNS	4-14
4.4.3	Analisis Pengujian UPV Variasi 30% FNS	4-15
4.4.4	Analisis Pengujian UPV Variasi 45% FNS	4-16
4.4.5	Analisis Perbandingan UPV Antar Berbagai Variasi FNS	4-17
4.5	Analisis Hubungan Kekuatan Lentur dan UPV	4-18
4.5.1	Analisis Hubungan Kekuatan Lentur dan UPV Variasi 0% FNS	4-18
4.5.2	Analisis Hubungan Kekuatan Lentur dan UPV Variasi 15% FNS	4-19
4.5.3	Analisis Hubungan Kekuatan Lentur dan UPV Variasi 30% FNS	4-20
4.5.4	Analisis Hubungan Kekuatan Lentur dan UPV Variasi 45% FNS	4-20
4.6	Analisis Hubungan Kekuatan Tekan dan Lentur	4-21
4.6.1	Analisis Hubungan Kekuatan Tekan dan Lentur Variasi 0% FNS	4-21
4.6.2	Analisis Hubungan Kekuatan Tekan dan Lentur Variasi 15% FNS	4-22
4.6.3	Analisis Hubungan Kekuatan Tekan dan Lentur Variasi 30% FNS	4-22
4.6.4	Analisis Hubungan Kekuatan Tekan dan Lentur Variasi 45% FNS	4-23
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		5-1
5.1	Kesimpulan.....	5-1
5.2	Saran.....	5-2

DAFTAR PUSTAKA

UCAPAN TERIMA KASIH

LAMPIRAN

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

%	: Persen
Al_2O_3	: Alumina
ASTM	: American Standard Testing and Material
CaO	: Kalsium Oksida
$\text{Ca}(\text{OH})_2$: Kalsium Hidroksida
cm	: Sentimeter
CSH	: <i>Calcium Silicate Hydrate</i>
EFNARC	: <i>European of National Associations Representing for Concrete</i>
EN	: <i>European Norms</i>
f_m	: Kekuatan tekan mortar
Fe_2O_3	: Besi oksida
FM	: <i>Fineness Modulus</i>
FNS	: <i>Slag feronikel</i>
f_r	: Kekuatan lentur
g	: Gram
k	: Koefisien hubungan kekuatan tekan dan lentur
kg	: Kilogram
m	: Meter
MgO	: Magnesium Oksida
mm	: Milimeter
OD	: <i>Oven Dry</i>
OPC	: <i>Ordinary Portland Cement</i>
PCC	: <i>Portland Composite Cement</i>
PPC	: <i>Portland Pozzolan Cement</i>
R^2	: Koefisien determinasi
SCC	: <i>Self-Compacting Concrete</i>
SCM	: <i>Self-Compacting Mortar</i>
SiO_2	: Silika
SNI	: Standar Nasional Indonesia
SSD	: <i>Saturated Surface Dry</i>

UPV : *Ultrasonic Pulse Velocity*
w/b : *Water to binder*
w/c : *water to cement*



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian.....	1-6
Gambar 2.1 Perbedaan Warna dari FNS	2-5
Gambar 2.2 Mini Slump Cone.....	2-11
Gambar 2.3 Mini V-Funnel	2-11
Gambar 2.4 Metode Pengujian UPV (Sumber: Proceq SA, 2017).....	2-13
Gambar 2.5 Alat PUNDIT	2-13
Gambar 3.1 Pasir Galunggung.....	3-1
Gambar 3.2 Mini Los Angeles	3-2
Gambar 3.3 Slag Feronikel (FNS).....	3-2
Gambar 3.4 Semen Portland Komposit (PCC).....	3-2
Gambar 3.5 Fly Ash.....	3-3
Gambar 3.6 Superplasticizer.....	3-3
Gambar 3.7 Kurva Gradasi Agregat Halus.....	3-9
Gambar 3.8 Alat-alat Pembuatan SCM.....	3-11
Gambar 3.9 Pengecekan Slump Flow SCM.....	3-13
Gambar 3.10 Metode Sealed Curing	3-13
Gambar 3.11 Pengujian Kekuatan Tekan pada Benda Uji SCM.....	3-14
Gambar 3.12 Pengujian Kekuatan Lentur pada Benda Uji SCM.....	3-15
Gambar 3.13 Alat Ultrasonic Pulse Velocity	3-16
Gambar 3.14 Proses Kalibrasi Alat UPV	3-16
Gambar 3.15 Pengujian UPV pada Benda Uji SCM.....	3-16
Gambar 4.1 Nilai Kuat Tekan 0% FNS.....	4-3
Gambar 4.2 Nilai Kuat Tekan 15% FNS.....	4-4
Gambar 4.3 Nilai Kuat Tekan 30% FNS.....	4-5
Gambar 4.4 Nilai Kuat Tekan 45% FNS.....	4-6
Gambar 4.5 Perbandingan Kekuatan Tekan Antar Berbagai Variasi FNS.....	4-7
Gambar 4.6 Nilai Kuat Lentur 0% FNS	4-8
Gambar 4.7 Nilai Kuat Lentur 15% FNS	4-9
Gambar 4.8 Nilai Kuat Lentur 30% FNS	4-10
Gambar 4.9 Nilai Kuat Lentur 45% FNS	4-11

Gambar 4.10 Perbandingan Kekuatan Lentur Antar Berbagai Variasi FNS	4-12
Gambar 4.11 Nilai UPV 0% FNS.....	4-13
Gambar 4.12 Nilai UPV 15% FNS.....	4-14
Gambar 4.13 Nilai UPV 30% FNS.....	4-15
Gambar 4.14 Nilai UPV 45% FNS.....	4-16
Gambar 4.15 Perbandingan UPV Antar Berbagai Variasi FNS.....	4-17
Gambar 4.16 Grafik Hubungan Kekuatan Lentur dan UPV Variasi 0% FNS .	4-18
Gambar 4.17 Grafik Hubungan Kekuatan Lentur dan UPV Variasi 15% FNS	4-19
Gambar 4.18 Grafik Hubungan Kekuatan Lentur dan UPV Variasi 30% FNS	4-20
Gambar 4.19 Grafik Hubungan Kekuatan Lentur dan UPV Variasi 45% FNS	4-20
Gambar 4.20 Grafik Hubungan Kekuatan Tekan dan Lentur Variasi 0% FNS	4-22
Gambar 4.21 Grafik Hubungan Kekuatan Tekan dan Lentur Variasi 15% FNS .	4-22
Gambar 4.22 Grafik Hubungan Kekuatan Tekan dan Lentur Variasi 30% FNS .	4-23
Gambar 4.23 Grafik Hubungan Kekuatan Tekan dan Lentur Variasi 45% FNS ..	4-23



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Rekapitulasi Benda Uji Kekuatan Tekan	1-4
Tabel 1.2 Rekapitulasi Benda Uji Kekuatan Lentur dan UPV	1-4
Tabel 2.1 Kekuatan Tekan Minimum Struktural Mortar (Sakir et al., 2020).....	2-1
Tabel 2.2 Persen Lolos Agregat Halus Menurut ASTM C33	2-4
Tabel 3.1 Hasil Pengujian Specific Gravity Pasir Galunggung	3-4
Tabel 3.2 Hasil Pengujian Specific Gravity Slag Feronikel (FNS).....	3-5
Tabel 3.3 Hasil Pengujian Specific Gravity Semen	3-6
Tabel 3.4 Hasil Pengujian Specific Gravity Fly Ash	3-6
Tabel 3.5 Hasil Pengujian Absorpsi Pasir Galunggung	3-7
Tabel 3.6 Hasil Pengujian Absorpsi Slag Feronikel (FNS).....	3-7
Tabel 3.7 Hasil Pengujian FM 0% FNS	3-8
Tabel 3.8 Hasil Pengujian FM 15% FNS	3-8
Tabel 3.9 Hasil Pengujian FM 30% FNS	3-9
Tabel 3.10 Hasil Pengujian FM 45% FNS	3-9
Tabel 3.11 Proporsi Campuran SCM Per m ³ Sebelum Dikoreksi dengan Absorpsi.....	3-10
Tabel 3.12 Proporsi Campuran SCM Per m ³ Setelah Dikoreksi dengan Absorpsi	3-10
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Slump Flow pada SCM.....	4-1
Tabel 4.2 Hasil Pengujian V-Funnel Time pada SCM.....	4-2
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kekuatan Tekan 0% FNS.....	4-3
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Kekuatan Tekan 15% FNS.....	4-4
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Kekuatan Tekan 30% FNS.....	4-5
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Kekuatan Tekan 45% FNS.....	4-6
Tabel 4.7 Perbandingan Kekuatan Tekan Antar Berbagai Variasi FNS	4-7
Tabel 4.8 Hasil Pengujian Kekuatan Lentur 0% FNS	4-8
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Kekuatan Lentur 15% FNS.....	4-9
Tabel 4.10 Hasil Pengujian Kekuatan Lentur 30% FNS	4-10
Tabel 4.11 Hasil Pengujian Kekuatan Lentur 45% FNS	4-11
Tabel 4.13 Hasil Pengujian UPV 0% FNS	4-13
Tabel 4.14 Hasil Pengujian UPV 15% FNS.....	4-14

Tabel 4.15 Hasil Pengujian UPV 30% FNS	4-15
Tabel 4.16 Hasil Pengujian UPV 45% FNS	4-16
Tabel 4.17 Perbandingan UPV Antar Berbagai Variasi FNS.....	4-17
Tabel 4.18 Nilai Kekuatan Tekan dan Lentur SCM.....	4-21



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 PERHITUNGAN PENGUJIAN MATERIAL.....	L1-1
LAMPIRAN 2 CONTOH PERHITUNGAN <i>MIX DESIGN</i>	L2-1
LAMPIRAN 3 DOKUMETASI PENGUJIAN SLUMP FLOW DAN V-FUNNEL TIME	L3-1
LAMPIRAN 4 DOKUMETASI PENGUJIAN	L4-1
LAMPIRAN 5 SERTIFIKAT KALIBRASI ALAT PUNDIT LAB	L5-1
LAMPIRAN 6 LAPORAN PENGUJIAN KUALITAS AIR UNPAR	L6-1



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mortar merupakan salah satu bahan konstruksi yang terbentuk dari campuran antara agregat halus, air, dan bahan pengikat. Dalam aplikasinya, mortar bukan hanya berfungsi sebagai plesteran, namun seringkali berperan untuk menahan beban eksternal dan memberikan kekuatan pada struktur yang disebut juga sebagai mortar struktural. Seiring dengan perkembangan zaman, munculah beberapa inovasi mengembangkan mortar untuk mempermudah pekerjaan konstruksi, salah satunya adalah *self-compacting mortar* (SCM). SCM memiliki kaitan yang erat dengan *self-compacting concrete* (SCC). Menurut EFNARC, SCC adalah beton yang mampu mengalir karena beratnya sendiri dan memenuhi bekisting walaupun memiliki tulangan yang rapat tanpa memerlukan getaran sembari menjaga homogenitas. Beberapa keuntungan dari menggunakan SCC maupun SCM yaitu: mempercepat proses konstruksi, mempermudah pencetakan beton atau mortar dalam berbagai bentuk, efisiensi tenaga pekerja konstruksi dalam melakukan pematatan beton, dan masih banyak lagi (Malherbe, 2015).

Beton dan mortar merupakan material umum yang digunakan dalam konstruksi. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan pembangunan infrastruktur, maka produksi beton turut meningkat. Sayangnya, beton yang digunakan untuk pembangunan infrastruktur membutuhkan sumber daya alam yang tidak sedikit. Pasir yang merupakan salah satu bahan baku pembentuk beton sudah digunakan selama beberapa dekade. Pembangunan infrastruktur yang terjadi secara terus-menerus memicu dilakukannya penambangan pasir secara besar-besaran yang mengakibatkan kerusakan lingkungan. Permasalahan lain yang dihadapi dalam konstruksi adalah ketersediaan pasir yang tidak merata di semua daerah. Permasalahan ini menjadi tantangan besar bagi para peneliti untuk berinovasi mencegah penipisan sumber daya alam dan menurunkan dampak kerusakan lingkungan. Salah satu solusi yang dapat diterapkan yaitu memanfaatkan limbah

industri sebagai pengganti sebagian pasir yang diharapkan selain dapat mereduksi permasalahan lingkungan juga mampu meningkatkan mutu beton.

Indonesia merupakan negara dengan cadangan nikel terbesar di dunia, bahkan pada tahun 2019 Indonesia menjadi produsen tambang bijih nikel terbesar yaitu mencapai 2,668 juta ton (Kementerian ESDM, 2020). Salah satu produk dari pengolahan bijih nikel adalah feronikel yang dimana dalam proses peleburannya menghasilkan *slag* feronikel (FNS). Indonesia menghasilkan banyak FNS sejak dikeluarkannya Undang-undang Nomor 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara (UU Minerba tahun 2009) yang mengharuskan seluruh perusahaan pertambangan mineral untuk memurnikan hasil tambangnya di dalam negeri. Dalam industri, FNS masih dianggap sebagai limbah yang memiliki nilai ekonomi rendah serta mengandung unsur berbahaya yang apabila dalam jangka waktu tertentu tidak diolah dengan baik dapat menimbulkan masalah bagi lingkungan.

Mengingat pentingnya mortar sebagai bagian dari konstruksi yang memikul beban eksternal, maka perlu dilakukan penelitian untuk meningkatkan mutu mortar. Inovasi yang dapat dilakukan yaitu dengan memanfaatkan limbah industri berupa FNS sebagai pengganti sebagian agregat halus yang diharapkan dapat meningkatkan kekuatan lentur dan tekan dari *structural* SCM.

1.2 Inti Permasalahan

Mempelajari pengaruh variasi persentase penggantian sebagian pasir dengan FNS terhadap kekuatan tekan, kekuatan lentur, dan *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) dari *structural self-compacting mortar*.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk:

1. Membandingkan hasil kekuatan tekan mortar antar berbagai variasi penggantian sebagian agregat halus dengan slag feronikel.
2. Membandingkan hasil kekuatan lentur mortar antar berbagai variasi penggantian sebagian agregat halus dengan slag feronikel.

3. Mengetahui hasil *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) mortar antar berbagai variasi penggantian sebagian agregat halus dengan slag feronikel.
4. Membuat korelasi antara kekuatan lentur dan UPV mortar antar berbagai variasi penggantian sebagian agregat halus dengan slag feronikel.
5. Membuat korelasi antara kekuatan tekan dan kekuatan lentur mortar antar berbagai variasi penggantian sebagian agregat halus dengan slag feronikel.

1.4 Pembatasan Masalah

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

1. Agregat halus yang digunakan adalah pasir Galunggung yang lolos saringan ASTM #4 (4,75mm).
2. Semen yang digunakan adalah *Portland Composite Cement* (PCC) merek semen tiga roda.
3. *Superplasticizer* (SP) yang digunakan adalah MasterGlenium SKY 8614 dari PT. Master Builder Solution Indonesia.
4. *Fly Ash* yang digunakan adalah *fly ash* yang diperoleh dari PLTU Paiton.
5. FNS yang digunakan adalah FNS yang diperoleh dari PT. Growth Java Industry.
6. Variasi persentase penggantian sebagian pasir dengan FNS ditetapkan sebesar 0%, 15%, 30%, dan 45%.
7. Rasio air terhadap binder (w/b) yang digunakan adalah sebesar 0,3.
8. Perencanaan campuran mortar menggunakan konsep volume absolut.
9. Kriteria pengujian SCM diuji sesuai dengan ketentuan yang diterapkan oleh *European of National Associations Representing for Concrete* (EFNARC) yaitu pengujian *slump flow* dan *V-Funnel time*.
10. Pengujian kekuatan tekan mortar dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari dengan benda uji berbentuk kubus dengan ukuran $(50 \times 50 \times 50) \text{ mm}^3$ yang mengacu pada ASTM C109.
11. Pengujian kekuatan lentur dan UPV mortar dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari dengan benda uji berbentuk balok dengan ukuran $(40 \times 40 \times 160) \text{ mm}^3$ yang mengacu pada ASTM C348.
12. Jumlah total benda uji adalah sebanyak 48 kubus dan 48 balok seperti yang terlihat pada Tabel 1.1 dan Tabel 1.2.

Tabel 1.1 Rekapitulasi Benda Uji Kekuatan Tekan

Jenis Pengujian	Kadar Slag Feronikel (%)	Umur Pengujian (hari)	Jumlah Benda Uji (buah)
	0		12
Kekuatan Tekan	15	7, 14, dan 28	12
	30		12
	45		12
Total Benda Uji Kekuatan Tekan			48

Tabel 1.2 Rekapitulasi Benda Uji Kekuatan Lentur dan UPV

Jenis Pengujian	Kadar Slag Feronikel (%)	Umur Pengujian (hari)	Jumlah Benda Uji (buah)
	0		12
Kekuatan Lentur	15	7, 14, dan 28	12
	30		12
	45		12
Total Benda Uji Kekuatan Lentur			48

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan dalam skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan sebagai acuan untuk mendapatkan gambaran mengenai topik pembahasan dan menambah pengetahuan yang diperlukan dalam melaksanakan penelitian. 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 dengan melakukan persiapan material, pembuatan, dan pengujian benda uji. Studi eksperimental dilakukan dengan melakukan pengujian terhadap kekuatan tekan dan lentur dari *structural self-compacting mortar*.

3. Analisis Data

Analisis data merupakan tahap pengolahan data hasil eksperimen untuk mencapai tujuan penelitian.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi dibagi menjadi beberapa bab sebagai berikut:

BAB 1: PENDAHULUAN

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

BAB 2: TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi teori yang menjadi landasan dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi.

BAB 3: METODOLOGI PENELITIAN

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

BAB 4: ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

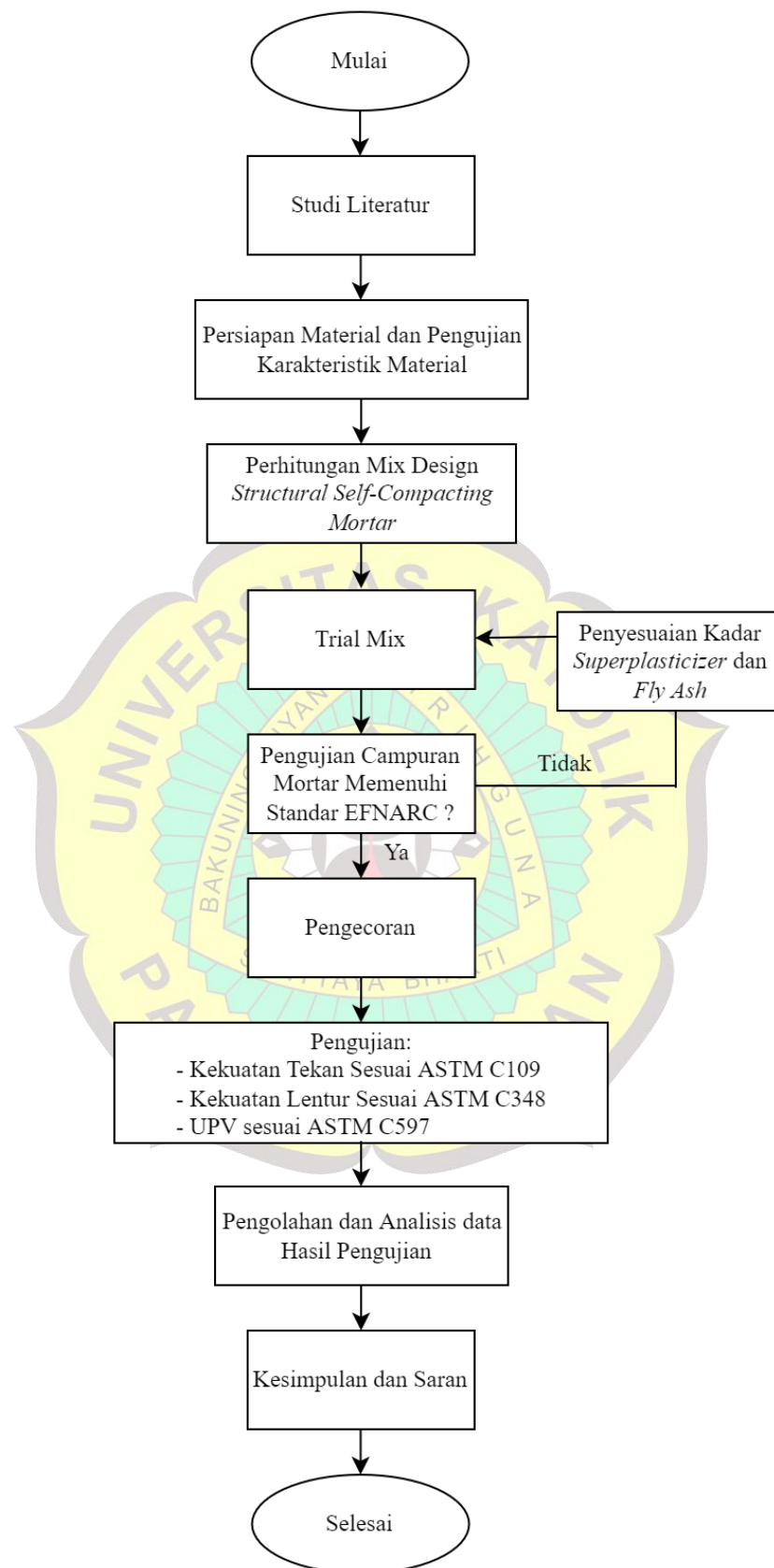
Bab ini membahas mengenai proses pengolahan data hasil pengujian benda uji di laboratorium.

BAB 5: KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian dan saran untuk perkembangan penelitian selanjutnya.

1.7 Diagram Alir

Penelitian kekuatan tekan dan lentur dari SCM dilakukan dengan tahapan sesuai dengan diagram alir seperti yang terlihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian