

**SKRIPSI**

**PENGARUH PENAMBAHAN SILICA SLURRY DAN  
VARIASI PENGANTIAN SEBAGIAN AGREGAT  
KASAR DENGAN SLAG FERONIKEL TERHADAP  
KEKUATAN TEKAN DAN TARIK BELAH BETON  
BERKEKUATAN TINGGI**



**KELVIN HASANUDIN  
NPM : 6102001212**

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

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)  
BANDUNG  
JULI 2024**

**SKRIPSI**

**PENGARUH PENAMBAHAN SILICA SLURRY DAN  
VARIASI PENGGANTIAN SEBAGIAN AGREGAT  
KASAR DENGAN SLAG FERONIKEL TERHADAP  
KEKUATAN TEKAN DAN TARIK BELAH BETON  
BERKEKUATAN TINGGI**



**KELVIN HASANUDIN  
NPM : 6102001212**

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

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)  
BANDUNG  
JULI 2024**

**SKRIPSI**

**PENGARUH PENAMBAHAN SILICA SLURRY DAN  
VARIASI PENGANTIAN SEBAGIAN AGREGAT  
KASAR DENGAN SLAG FERONIKEL TERHADAP  
KEKUATAN TEKAN DAN TARIK BELAH BETON  
BERKEKUATAN TINGGI**



**KELVIN HASANUDIN  
NPM : 6102001212**

**BANDUNG, 24 JULI 2024**

**PEMBIMBING:**

**Herry Suryadi, Ph.D.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)  
BANDUNG  
JULI 2024**

**SKRIPSI**

**PENGARUH PENAMBAHAN SILICA SLURRY DAN  
VARIASI PENGGANTIAN SEBAGIAN AGREGAT  
KASAR DENGAN SLAG FERONIKEL TERHADAP  
KEKUATAN TEKAN DAN TARIK BELAH BETON  
BERKEKUATAN TINGGI**



**KELVIN HASANUDIN  
NPM : 6102001212**

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

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Herry Suryadi', written over a horizontal dotted line.

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

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Buen Sian', written over a horizontal dotted line.

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

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Nenny Samudra', written over a horizontal dotted line.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)  
BANDUNG  
JULI 2024**

## LEMBAR PERNYATAAN

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

Nama : KELVIN HASANUDIN

NPM 6102001212

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul :

**PENGARUH PENAMBAHAN SILICA SLURRY DAN VARIASI  
PENGANTIAN SEBAGIAN AGREGAT KASAR DENGAN SLAG  
FERONIKEL TERHADAP KEKUATAN TEKAN DAN TARIK  
BELAH BETON BERKEKUATAN TINGGI**

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 foto formal atau non formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini, saya siap menanggung segala risiko, akibat, dan/atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya, termasuk pembatalan gelar akademik yang saya peroleh dari Universitas Katolik Parahyangan.

Dinyatakan: di Bandung

Tanggal: 5 Juli 2024



Kelvin Hasanudin

**PENGARUH PENAMBAHAN SILICA SLURRY DAN VARIASI  
PENGANTIAN SEBAGIAN AGREGAT KASAR DENGAN SLAG  
FERONIKEL TERHADAP KEKUATAN TEKAN DAN TARIK BELAH  
BETON BERKEKUATAN TINGGI**

**KELVIN HASANUDIN  
NPM: 6102001212**

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

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)  
BANDUNG  
JULI 2024**

**ABSTRAK**

Beton menjadi salah satu material konstruksi yang paling umum dan banyak dipakai dalam pembangunan gedung, jembatan, jalan, tanggul, dan masih banyak lagi. Beton adalah material komposit yang terdiri dari semen, air, agregat (terdapat agregat kasar dan agregat halus), dan penggunaan zat aditif jika diperlukan. Adapun inovasi dalam menciptakan ramah lingkungan maka perlu mengganti agregat kasar pada pembuatan beton, yaitu *slag* feronikel. *Slag* feronikel merupakan limbah dari proses peleburan bijih nikel untuk memproduksi feronikel. Pemanfaatan *slag* feronikel menjadi solusi dalam menciptakan ramah lingkungan dengan mengurangi jumlah *slag* feronikel dan menghasilkan produk beton yang lebih ekonomis. Oleh karena itu, penggantian agregat kasar pada campuran beton sangat diperlukan. Pada studi eksperimental ini, dilakukan kajian mengenai penggantian sebagian agregat kasar dengan memanfaatkan *slag* feronikel dalam pembuatan beton berkekuatan tinggi. Penggantian sebagian agregat kasar dengan *slag* feronikel, variasi diambil sebesar 0%, 15%, 30%, dan 45%. Penelitian ini bertujuan untuk memahami pengaruh dari penggantian sebagian agregat kasar dengan *slag* feronikel pada 4 variasi persentase terhadap kekuatan tekan ( $f_c$ ) dan kekuatan tarik belah beton ( $f_{ct}$ ). Rasio air terhadap semen ( $w/c$ ) digunakan sebesar 0,2 dan perbandingan antara massa agregat halus terhadap massa total agregat (S/A) digunakan sebesar 0,4. Hasil pengujian pada umur 28 hari dengan variasi 0%, 15%, 30% dan 45%, didapatkan nilai kekuatan tekan secara berturut-turut adalah 82,22 MPa, 83,1 MPa, 79,48 MPa, dan 76,86 MPa. Hasil pengujian pada umur 28 hari dengan variasi 0%, 15%, 30% dan 45%, didapatkan nilai kekuatan tarik belah secara berturut-turut adalah 5,81 MPa, 5,97 MPa, 5,76 MPa, dan 5,59 MPa. Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kekuatan tekan dan kuat tarik belah beton berkekuatan tinggi optimum pada variasi FNS 15% sebagai pengganti sebagian agregat kasar.

**Kata Kunci:** Beton berkekuatan tinggi, kekuatan tekan, kuat tarik belah, *slag* feronikel

**THE EFFECT OF SILICA SLURRY ADDITION AND VARIATION OF  
FERRONICKEL SLAG AS A PARTIAL SUBSTITUTION FOR COARSE  
AGGREGATE ON THE COMPRESSIVE AND SPLITTING TENSILE  
STRENGTH**

**KELVIN HASANUDIN  
NPM: 6102001212**

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

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY  
FACULTY OF ENGINEERING  
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
BACHELOR PROGRAM  
(Accredited by SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)  
BANDUNG  
JULY 2024**

**ABSTRACT**

Concrete is one of the most common construction materials, extensively used in the construction of buildings, bridges, roads, earthworks, and more. It is a composite material comprising cement, air, and aggregate (both coarse and fine), with optional additives. Recently, there has been innovation in substituting coarse aggregate with more environmentally friendly alternatives, such as ferronickel slag. Ferronickel slag is a byproduct of the nickel smelting process used to produce ferronickel. Utilizing this slag can help create environmentally friendly concrete by reducing waste and lowering the cost of concrete production. Therefore, replacing coarse aggregate in concrete with ferronickel slag is highly beneficial. This experimental study investigates the use of ferronickel slag as a partial replacement for coarse aggregate in high-strength concrete. The study evaluates four variant replacement levels: 0%, 15%, 30%, and 45%. The aim is to determine the effect of these replacement levels on the compressive strength ( $f_c$ ) and splitting tensile strength ( $f_{ct}$ ) of the concrete. The water-to-cement ( $w/c$ ) ratio used is 0.2, and the ratio of the mass of fine aggregate to the total aggregate mass (S/A) is 0.4. After 28 days, the test results for compressive strength at the replacement levels of 0%, 15%, 30%, and 45% were 82.22 MPa, 83.71 MPa, 79.48 MPa, and 76.86 MPa, respectively. For splitting tensile strength, the values were 5.81 MPa, 5.97 MPa, 5.76 MPa, and 5.59 MPa, respectively. Based on these results, it is evident that the compressive and splitting tensile strengths of high-strength concrete are optimized with a 15% replacement of coarse aggregate with ferronickel slag.

**Keywords:** Compressive Strength, Ferronickel Slag, High Strength Concrete (HSC), Tensile Strength.

## **PRAKATA**

Puji dan Syukur penulis kepada Tuhan yang Maha Esa atas berkat, perlindungan, dan penyertaan-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “PENGARUH PENAMBAHAN SILICA SLURRY DAN VARIASI PENGGANTIAN SEBAGAIN AGREGAT KASAR DENGAN SLAG FERONIKEL TERHADAP KEKUATAN TEKAN DAN TARIK BELAH BETON BERKEKUATAN TINGGI” ini dengan baik dan tepat waktu.

Penulis sadar bahwa penyusunan laporan ini dapat berjalan dengan lancar, tidaklah terlepas dari bantuan, dukungan, dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan motivasi serta bantuan dari proses penyusunan hingga penyelesaian penyusunan skripsi ini, yaitu:

1. Tuhan Yang Maha Esa atas segala segala berkat, hikmat, dan rahmat pertolongan serta kasih karunia yang diberikan-Nya kepada penulis.
2. Keluarga penulis baik papa, mama, koko, dan dede serta keluarga besar lainnya yang selalu memberikan dukungan, doa, serta motivasi untuk penulis agar tidak mudah menyerah dan percaya bahwa penyusunan skripsi ini akan berjalan baik dan lancar.
3. Bapak Herry Suryadi, Ph.D. selaku dosen pembimbing penulis yang telah memberikan wawasan, bimbingan, masukan serta waktu selama proses penyusunan skripsi ini dari awal hingga akhir.
4. Bapak Teguh Farid Nurul Iman, S.T. dan Bapak Markus Didi G. yang telah memberikan bantuan, wawasan, dan masukan selama proses penyusunan skripsi ini.
5. Alfando Santona selaku rekan seperjuangan dari menyiapkan bahan, membuat benda uji, hingga proses menguji sampel. Tentunya atas kerjasama dan membantu penulis selama proses eksperimen dan pengerjaan skripsi.
6. Tim Penghuni Lab yaitu Kendra Nathanel, Alditio Manalu, Christian Vieri, Christiano Benedictus Tjahjadi, Fioni Citra Effendi, dan Alya Aurellia Putri Ryan selaku teman seperjuangan dan satu bimbingan di Laboratorium Teknik Struktur Universitas Katolik Parahyangan.



7. Gabriella Agatha selaku kekasih penulis yang selalu memberikan dukungan dan berdoa dengan tulus, memberikan saran, dan semangat kepada penulis dalam proses pengerjaan skripsi ini hingga tuntas. Terima kasih sudah selalu ada dan menjadi rumah yang selalu ada buat saya dan berperan penting dalam penulisan skripsi ini.
8. Geng Kito Galo yaitu Ardi Winata, Steven Chandra, Ferdinand Gunawan, Bellinda Budiman, Felysia Thomas, dan Kezia Margaretha selaku sahabat penulis sejak SMA yang selalu setia mendengarkan keluh kesah penulis, serta selalu menyemangati dan memotivasi penulis untuk terus bertahan semasa perkuliahan dan kegiatan magang. Terima kasih sudah selalu ada untuk penulis walaupun kita berbeda kota.
9. Geng Clover yaitu Jovian Juniswan, Jovan Fortino, Michael Samuel, Laras Aprilia, Evely Tirza, Leonardy Chen, dan Laurentius Raynaldi selaku teman seperjuangan dan selalu ada untuk penulis.
10. Teman-teman penulis lainnya yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis untuk membangun kepribadian yang lebih baik dan berguna sampai saat ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Maka, penulis dengan rendah hati memperkenankan dan mengharapkan segala bentuk saran dan kritik yang membangun terhadap studi eksperimental ini. Penulis juga berharap bahwa skripsi ini dapat memberikan manfaat dan membantu penelitian selanjutnya serta menjadi inspirasi bagi pembaca.

Bandung, 5 Juli 2024



Kelvin Hasanudin

6102001212

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERNYATAAN .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iii</b>
<b>PRAKATA .....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Inti Permasalahan.....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Pembatasan Masalah.....	3
1.5 Metode Penelitian .....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	5
1.7 Diagram Alir Penelitian .....	6
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>8</b>
2.1 <i>High Strength Concrete</i> (HSC).....	8
2.2 Metode Volume Absolut.....	8
2.3 Material Campuran <i>High Strength Concrete</i> (HSC).....	9
2.3.1 Semen.....	9
2.3.2 Air .....	10
2.3.3 Agregat Halus.....	11
2.3.4 Agregat Kasar.....	12
2.3.5 <i>Slag</i> Feronikel .....	12
2.3.6 <i>Silica Slurry</i> .....	13
2.3.7 <i>Superplasticizer</i> .....	13
2.4 Kadar Air pada Agregat .....	14
2.5 <i>Specific Gravity</i> .....	15
2.5.1 <i>Specific Gravity</i> Semen .....	15

2.5.2	<i>Specific Gravity</i> Agregat Halus.....	15
2.5.3	<i>Specific Gravity</i> Agregat Kasar dan <i>Slag</i> Feronikel .....	16
2.6	Perawatan Beton ( <i>Curing</i> ) .....	16
2.7	Metode Pengujian .....	16
2.7.1	Pengujian Kekuatan Tekan Beton.....	16
2.7.2	Pengujian Kekuatan Tarik Belah Beton.....	18
2.7.3	Hubungan Kekuatan Tekan dengan Kekuatan Tarik Belah Beton .	18
<b>BAB 3</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>20</b>
3.1	Material Campuran Beton.....	20
3.1.1	Semen.....	20
3.1.2	Air .....	20
3.1.3	Agregat Kasar.....	21
3.1.4	<i>Slag</i> Feronikel .....	21
3.1.5	Agregat Halus.....	22
3.1.6	<i>Silica Slurry</i> .....	22
3.1.7	<i>Superplasticizer</i> .....	23
3.2	Pengujian Material Campuran Beton.....	23
3.2.1	Pengujian pada Semen .....	23
3.2.2	Pengujian pada <i>Silica Slurry</i> .....	24
3.2.3	Pengujian pada Agregat Kasar .....	24
3.2.4	Pengujian Agregat Halus.....	26
3.3	Proporsi Campuran Beton Bermutu Tinggi .....	28
3.3.1	Penggantian 0% Agregat Kasar dengan <i>Slag</i> Feronikel .....	28
3.3.2	Penggantian 15% Agregat Kasar dengan <i>Slag</i> Feronikel .....	28
3.3.3	Penggantian 30% Agregat Kasar dengan <i>Slag</i> Feronikel .....	29
3.3.4	Penggantian 45% Agregat Kasar dengan <i>Slag</i> Feronikel .....	29
3.4	Pembuatan Benda Uji .....	30
3.5	Pengujian Slump ( <i>Slump Test</i> ).....	33
3.6	Perawatan Benda Uji.....	34
3.7	Pengujian Kekuatan Tekan .....	34
3.8	Pengujian Kekuatan Tarik Belah .....	35
<b>BAB 4</b>	<b>ANALISIS DATA .....</b>	<b>36</b>
4.1	Analisis <i>Slump</i> Beton Segar.....	36
4.2	Analisis Kekuatan Tekan Beton.....	37

4.2.1	Variasi FNS 0% .....	38
4.2.2	Variasi FNS 15% .....	40
4.2.3	Variasi FNS 30% .....	42
4.2.4	Variasi FNS 45% .....	44
4.3	Analisis Perbandingan Kekuatan Tekan Antar Variasi FNS .....	46
4.4	Analisis Kekuatan Tarik Belah Beton.....	47
4.4.1	Variasi FNS 0% .....	47
4.4.2	Variasi FNS 15% .....	47
4.4.3	Variasi FNS 30% .....	48
4.4.4	Variasi FNS 45% .....	48
4.5	Analisis Perbandingan Kekuatan Tarik Belah Antar Variasi FNS .....	49
4.6	Analisis Hubungan Kekuatan Tekan Dengan Kekuatan Tarik Belah.....	49
4.6.1	Variasi FNS 0% .....	49
4.6.2	Variasi FNS 15% .....	50
4.6.3	Variasi FNS 30% .....	50
4.6.4	Variasi FNS 45% .....	50
<b>BAB 5</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>52</b>
5.1	Kesimpulan .....	52
5.2	Saran .....	52
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>54</b>

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

%	: Persen
ACI	: <i>American Concrete Institute</i>
ASTM	: <i>American Standard Testing and Material</i>
CA	: <i>Coarse Aggregate/ Agregat Kasar</i>
CTM	: <i>Compression Testing Machine.</i>
$f_c$	: Kekuatan tekan
$f_{ct}$	: Kekuatan tarik belah
FNS	: <i>Slag feronikel</i>
FNS 0%	: Variasi kadar <i>slag feronikel</i> 0%
FNS 15%	: Variasi kadar <i>slag feronikel</i> 15%
FNS 30%	: Variasi kadar <i>slag feronikel</i> 30%
FNS 45%	: Variasi kadar <i>slag feronikel</i> 45%
g	: Gram
kg	: Kilogram
cm	: Sentimeter
mm	: Milimeter
$k$	: Koefisien hubungan antara kekuatan tekan dan kuat tarik belah
OD	: <i>Oven Dry</i> atau kering oven
SSD	: <i>Saturated Surface Dry</i>
OPC	: <i>Ordinary Portland Cement</i>
PPC	: <i>Portland Pozzolan Cement</i>
PCC	: <i>Portland Cement Composite</i>
SG	: <i>Specific Gravity</i>
FM	: <i>Fineness Modulus</i>
SNI	: Standar Nasional Indonesia
SP	: <i>Superplasticizer</i>
w	: Kadar air/ <i>moisture content</i>
S/A	: <i>Sand to Aggregate Ratio</i>
w/c	: <i>Water-cement Ratio</i>
SiO <sub>2</sub>	: Silika

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b> Diagram Alir Penelitian.....	6
<b>Gambar 2.1</b> <i>Compression Testing Machine</i> merk ELE ADR 2000 .....	17
<b>Gambar 2.2</b> Jenis Keruntuhan Silinder Beton (ASTM C39-17b) .....	17
<b>Gambar 2.3</b> Pengujian Kuat Tarik Belah Beton .....	18
<b>Gambar 3.1</b> <i>Portland Composite Cement (PCC)</i> .....	20
<b>Gambar 3.2</b> Air .....	21
<b>Gambar 3.3</b> Agregat Kasar .....	21
<b>Gambar 3.4</b> <i>Slag Feronikel</i> .....	22
<b>Gambar 3.5</b> Agregat Halus .....	22
<b>Gambar 3.6</b> <i>Silica Slurry</i> .....	23
<b>Gambar 3.7</b> <i>Superplasticizer</i> .....	23
<b>Gambar 3.8</b> Peralatan Pengecoran.....	30
<b>Gambar 3.9</b> Cetakan Benda Uji Silinder dan Balok.....	30
<b>Gambar 3.10</b> Pemasukan Semen dan Agregat Halus .....	31
<b>Gambar 3.11</b> Pemasukan Agregat Kasar.....	32
<b>Gambar 3.12</b> Penutupan benda uji dengan <i>plastic wrap</i> .....	32
<b>Gambar 3.13</b> Peralatan pengujian <i>slump</i> .....	33
<b>Gambar 3.14</b> Pengukuran Hasil <i>Slump</i> .....	33
<b>Gambar 3.15</b> Perawatan Beton dengan Metode <i>Sealed Curing</i> .....	34
<b>Gambar 3.16</b> Alat <i>Compression Testing Machine</i> .....	35
<b>Gambar 3.17</b> Pengujian Kuat Tarik Belah.....	35
<b>Gambar 4.1</b> Pengujian <i>Slump</i> pada FNS 0% .....	36
<b>Gambar 4.2</b> Pengujian <i>Slump</i> pada FNS 15% .....	36

<b>Gambar 4.3</b> Pengujian <i>Slump</i> pada FNS 30% .....	37
<b>Gambar 4.4</b> Pengujian <i>Slump</i> pada FNS 45% .....	37
<b>Gambar 4.5</b> Pola Keruntuhan Sampel 1 Variasi FNS 0% .....	38
<b>Gambar 4.6</b> Pola Keruntuhan Sampel 2 Variasi FNS 0% .....	39
<b>Gambar 4.7</b> Pola Keruntuhan Sampel 3 Variasi FNS 0% .....	39
<b>Gambar 4.8</b> Pola Keruntuhan Sampel 1 Variasi FNS 15% .....	40
<b>Gambar 4.9</b> Pola Keruntuhan Sampel 2 Variasi FNS 15% .....	41
<b>Gambar 4.10</b> Pola Keruntuhan Sampel 3 Variasi FNS 15% .....	41
<b>Gambar 4.11</b> Pola Keruntuhan Sampel 1 Variasi FNS 30% .....	42
<b>Gambar 4.12</b> Pola Keruntuhan Sampel 2 Variasi FNS 30% .....	43
<b>Gambar 4.13</b> Pola Keruntuhan Sampel 3 Variasi FNS 30% .....	43
<b>Gambar 4.14</b> Pola Keruntuhan Sampel 1 Variasi FNS 45% .....	44
<b>Gambar 4.15</b> Pola Keruntuhan Sampel 2 Variasi FNS 45% .....	45
<b>Gambar 4.16</b> Pola Keruntuhan Sampel 3 Variasi FNS 45% .....	45
<b>Gambar 4.17</b> Grafik Perbandingan Kekuatan Tekan Rata-rata Antar Variasi ....	46
<b>Gambar 4.18</b> Grafik Perbandingan Kekuatan Tarik Belah Rata-rata Antar Variasi .....	49

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.1</b> Rekapitulasi Benda Uji Kekuatan Tekan .....	4
<b>Tabel 1.2</b> Rekapitulasi Benda Uji Kekuatan Tarik Belah .....	4
<b>Tabel 2.1</b> Persen Lolos Agregat Halus Menurut ASTM C33 .....	12
<b>Tabel 3.1</b> Properti Material.....	28
<b>Tabel 3.2</b> Proporsi Campuran FNS 0% (per m <sup>3</sup> ).....	28
<b>Tabel 3.3</b> Proporsi Campuran FNS 15% (per m <sup>3</sup> ).....	29
<b>Tabel 3.4</b> Proporsi Campuran FNS 30% (per m <sup>3</sup> ).....	29
<b>Tabel 3.5</b> Proporsi Campuran FNS 45% (per m <sup>3</sup> ).....	29
<b>Tabel 4.1</b> Hasil Pengujian <i>Slump</i> .....	36
<b>Tabel 4.2</b> Kekuatan Tekan Variasi FNS 0% .....	38
<b>Tabel 4.3</b> Kekuatan Tekan Variasi FNS 15% .....	40
<b>Tabel 4.4</b> Kekuatan Tekan Variasi FNS 30% .....	42
<b>Tabel 4.5</b> Kekuatan Tekan Variasi FNS 45% .....	44
<b>Tabel 4.6</b> Perbandingan Kekuatan Tekan Rata-rata antar Variasi FNS .....	46
<b>Tabel 4.7</b> Kekuatan Tarik Belah Variasi FNS 0% .....	47
<b>Tabel 4.8</b> Kekuatan Tarik Belah Variasi FNS 15% .....	47
<b>Tabel 4.9</b> Kekuatan Tarik Belah Variasi FNS 30% .....	48
<b>Tabel 4.10</b> Kekuatan Tarik Belah Variasi FNS 45% .....	48



## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 PENGUJIAN PROPERTI MATERIAL .....	57
LAMPIRAN 2 <i>TECHNICAL DATA SHEET SILICA SLURRY DAN SUPERPLASTICIZER</i> .....	68
LAMPIRAN 3 PERHITUNGAN <i>MIX DESIGN</i> .....	73
LAMPIRAN 4 PENGUJIAN KEKUATAN TARIK BELAH.....	82



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Beton adalah salah satu material konstruksi yang paling umum dan banyak dipakai dalam pembangunan gedung, jembatan, jalan, tanggul, dan lainnya. Beton adalah material komposit yang terdiri dari semen, air, agregat (terdapat agregat kasar dan agregat halus), dan penggunaan zat aditif jika diperlukan. Keunggulan menggunakan beton yaitu memiliki kekuatan tekan yang tinggi, daya tahan terhadap cuaca ekstrim, pengerjaannya mudah, dan memiliki biaya yang relatif lebih murah sehingga beton kerap kali menjadi bahan utama dalam dunia konstruksi (Tjokrodimuljo, 2007).

Beton konvensional merupakan beton yang proses pembuatannya langsung pada lokasi konstruksi. Beton konvensional termasuk beton bermutu sedang yang memiliki kuat tekan beton berkisar 21-40 MPa (SNI 03-6468-2000). Beton konvensional kerap kali digunakan untuk berbagai proyek konstruksi seperti jalan raya, infrastruktur, saluran air, dan pondasi bangunan. Selain itu, ada juga beton yang bermutu tinggi yaitu *High Strength Concrete* (HSC). HSC merupakan jenis beton yang memiliki karakteristik istimewa karena kekuatan tekannya jauh melebihi beton konvensional pada umumnya dihasilkan melalui perancangan khusus dan tidak selalu dapat dicapai oleh pencampuran material konvensional tanpa bahan tambahan khusus. Penggunaan HSC umumnya ditujukan untuk proyek konstruksi seperti gedung tinggi, jembatan, dan bendungan. HSC merupakan beton yang memiliki kekuatan tekan beton berkisar 60-100 MPa (Shi et al., 2024). Perbandingan kadar air semen ( $w/c$ ) untuk pembuatan HSC berada dalam rentang 0,2 hingga 0,5 (SNI 03-6468-2000). Dalam pembuatan HSC diperlukan *silica fume* yang berperan dalam mengisi celah diantara partikel semen. Hal ini, tentunya membuat diameter pori mengecil dan mengurangi total volume pori. Penggunaan *silica fume* ke dalam pembuatan campuran beton bertujuan untuk memperoleh beton yang memiliki kekuatan tekan yang tinggi.

*Silica fume* merupakan hasil sampingan dari proses produksi silikon dan ferrosilikon dalam industri logam yang mengandung kadar silika ( $\text{SiO}_2$ ) yang tinggi mencapai lebih dari 90% (Siddique & Kunal, 2016). *Silica Slurry* merupakan campuran antara *silica fume* dengan air. Terdapat keuntungan menggunakan *silica slurry* sebagai bahan pengisi (*filler*) pada pembuatan HSC yaitu meningkatkan workabilitas, kehalusan partikel *silica* membantu meningkatkan kepadatan, dan mengurangi kemampuan air untuk meresap ke dalam beton sehingga kekuatan beton menjadi meningkat, meningkatkan kekuatan lentur, dan memiliki ketahanan terhadap cuaca ekstrim.

*Superplasticizer* (SP) merupakan *chemical admixture* yang digunakan untuk membuat partikel semen dan agregat menjadi lebih mudah terpisah dan bergerak mengisi volume pori. Hal ini akan membuat porositas beton menjadi lebih kecil yang membuat kepadatan beton akan meningkat sehingga kekuatan beton pun juga meningkat. SP dimanfaatkan agar beton memiliki rasio air semen (*w/c*) yang rendah agar meningkatkan kemudahan pencampuran beton.

*Slag* feronikel merupakan limbah dari proses peleburan bijih nikel untuk memproduksi feronikel (perpaduan nikel dan besi). *Slag* memiliki sifat fisik berbentuk granular dan bertekstur kasar sehingga dapat menjadi alternatif dalam komposisi campuran beton. Pemanfaatan *slag* feronikel menjadi solusi dalam menciptakan ramah lingkungan dengan mereduksi ketersediaan *slag* feronikel dan menciptakan produk beton yang lebih murah. (Wahyuni et al., 2018).

Kebutuhan feronikel terus meningkat setiap tahunnya. Menurut Databoks mencatat, bahwa produksi feronikel oleh PT. Aneka Tambang, Tbk. mencapai 25.970 ton nikel pada tahun 2020. Angka ini naik 54,11% dalam kurun waktu 6 tahun. Berdasarkan Databoks menunjukkan bahwa peningkatan produksi feronikel di Indonesia oleh PT. Aneka Tambang, Tbk. terus meningkat dari tahun 2014-2020. Tentunya, hal ini akan membuat meningkatnya pula jumlah *slag* feronikel yang dihasilkan. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 101 Tahun 2014 tentang Pengolahan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun mengklasifikasikan *slag* feronikel sebagai limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). Oleh sebab itu, penelitian ini ditujukan untuk menelusuri pemanfaatan *slag* feronikel sebagai pengganti sebagian agregat kasar menjadi salah satu usaha dalam menciptakan

konstruksi ramah lingkungan dengan biaya yang murah dan mengurangi dampak negatif pada lingkungan.

Pengujian kuat tekan beton diperlukan untuk menilai mutu dari suatu beton yang diukur dari kekuatan tekannya. Pengujian kuat tarik belah diperlukan untuk mengetahui kemampuan beton dalam menahan gaya tarik sebelum mengalami retak bahkan pecah. Kekuatan tarik berkisar antara 10-15% dari kekuatan tekan betonnya.

## **1.2 Inti Permasalahan**

Mempelajari pengaruh variasi persentase penggantian agregat kasar alami dengan *slag* feronikel terhadap parameter kekuatan tekan dan kekuatan tarik belah pada beton berkekuatan tinggi dengan penambahan *silica slurry*.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Membandingkan hasil kekuatan tekan beton antar berbagai variasi penggantian sebagian agregat kasar dengan *slag* feronikel.
2. Membandingkan hasil kekuatan tarik belah beton antar berbagai variasi penggantian sebagian agregat kasar dengan *slag* feronikel.
3. Mempelajari hubungan kekuatan tekan dan kekuatan tarik belah masing-masing variasi campuran beton.

## **1.4 Pembatasan Masalah**

Pada penelitian ini terdapat beberapa pembatasan masalah, antara lain:

1. Semen yang digunakan berupa *Portland Cement Composite* (PCC) dengan merek Semen Tiga Roda.
2. Agregat halus yang dipakai berupa Pasir Galunggung.
3. Agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah dari daerah Rumpin, Bogor yang diperoleh dari PT Wijaya Karya, Tbk. dengan ukuran agregat maksimum sebesar 9,5 mm.
4. *Slag* yang digunakan adalah *slag* feronikel dari PT Growth Java Industry dengan ukuran maksimum sebesar 9,5 mm sebagai pengganti sebagian agregat kasar dengan persentase sebesar 0%, 15%, 30%, dan 45%.
5. *Silica Slurry* yang dipakai yaitu MasterLife SF 3263 dari PT Sika Indonesia.

6. *Superplasticizer* (SP) yang digunakan adalah MasterEase® 3079 yang diperoleh dari PT Master Builders Solutions Indonesia.
7. Rasio air terhadap semen (*w/c*) yang digunakan adalah sebesar 0,20.
8. Perencanaan campuran beton menggunakan konsep volume absolut.
9. Slump berada dalam rentang 25 mm hingga 75 mm sesuai pendekatan yang mengacu pada ACI 211.1 Tabel A1.5.3.1 untuk berbagai jenis konstruksi.
10. Perawatan sampel menggunakan metode *sealed curing*.
11. Pengujian kuat tekan menggunakan benda uji berupa silinder berdiameter 100 mm dan tinggi 200 mm yang diuji pada umur 7, 14 dan 28 hari dengan total benda uji sebanyak 36 buah silinder yang dapat dilihat pada Tabel 1.1.
12. Pengujian kekuatan tarik belah menggunakan benda uji silinder berdiameter 100 mm dan tinggi 200 mm yang diuji pada umur 28 hari dengan total benda uji sebanyak 12 buah silinder yang dapat dilihat pada Tabel 1.2.

**Tabel 1.1** Rekapitulasi Benda Uji Kekuatan Tekan

Variasi (%)	Bentuk dan Ukuran	Umur Pengujian (hari)	Jumlah Benda Uji (buah)
0	Silinder		9
15	berdiameter 100 mm dan tinggi = 200 mm	7, 14, dan 28 hari	9
30			9
45			9
Total Benda Uji			36

**Tabel 1.2** Rekapitulasi Benda Uji Kekuatan Tarik Belah

Variasi (%)	Bentuk dan Ukuran	Umur Pengujian (hari)	Jumlah Benda Uji (buah)
0	Silinder		3
15	berdiameter 100 mm dan tinggi = 200 mm	28 hari	3
30			3
45			3
Total Benda Uji			12

## 1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang diterapkan pada studi eksperimental ini sebagai berikut:

1. Studi literatur

Studi literatur dilakukan adalah untuk mendapatkan pengetahuan dasar serta referensi terkait dengan studi eksperimental di laboratorium hingga pengolahan dan analisis data. Hal ini dilakukan dengan mengkaji jurnal, makalah, dan karya tulis ilmiah.

## 2. Studi Eksperimental

Studi eksperimen dilakukan langsung di Laboratorium Teknik Struktur Universitas Katolik Parahyangan. Proses ini mencakup persiapan material, pengujian properti material, perhitungan proporsi campuran beton, pembuatan dan pengujian benda uji.

## 3. Analisis data

Data hasil pengujian laboratorium dianalisis untuk mencapai tujuan penelitian.

### 1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini terbagi menjadi 5 bab, yaitu:

#### **BAB 1: PENDAHULUAN**

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

#### **BAB 2: TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisi landasan teori sebagai acuan dalam melakukan penelitian dan penyusunan skripsi ini.

#### **BAB 3: METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini berisi prosedur penelitian yang meliputi persiapan benda uji, pembuatan benda dan pengujian benda uji di laboratorium.

#### **BAB 4: ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

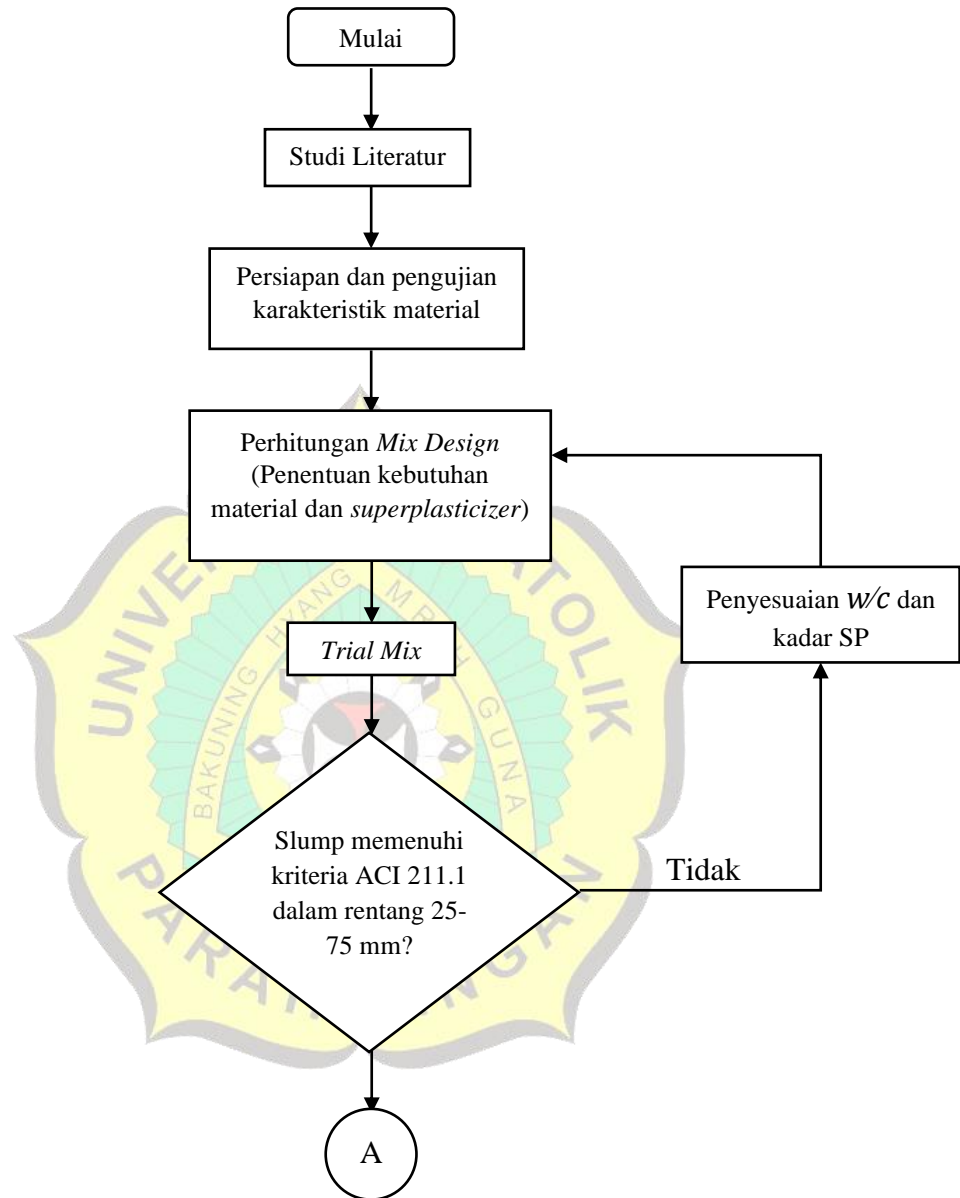
Bab ini berisi pembahasan dari pengolahan data hasil pengujian di laboratorium.

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

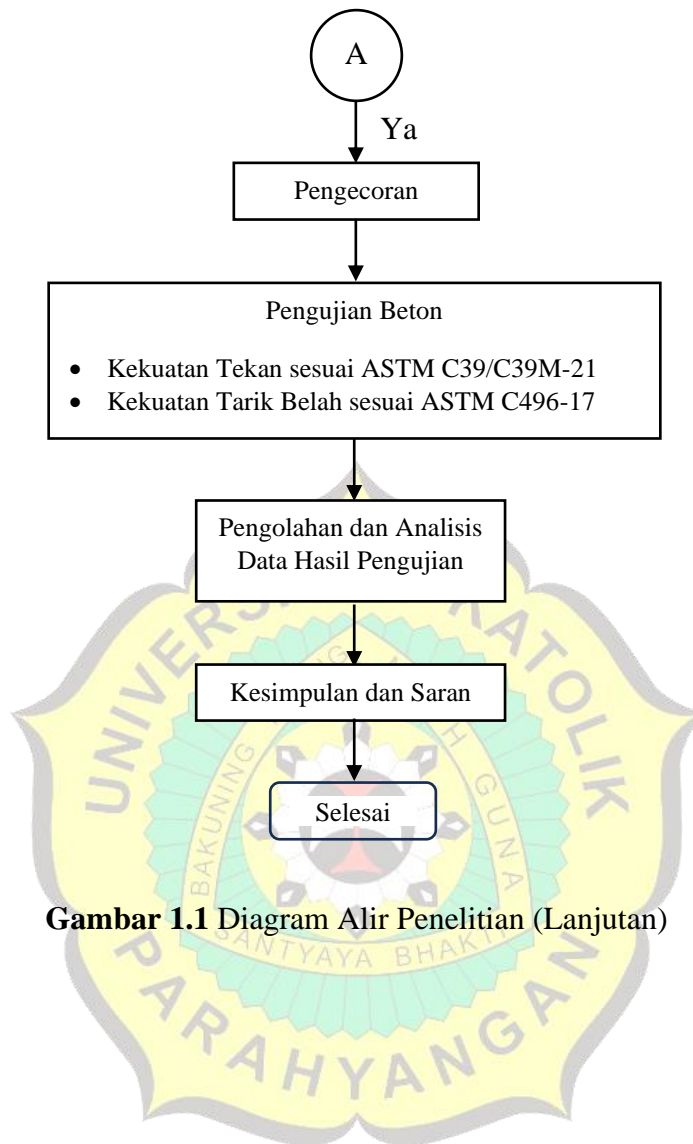
Bab ini berisi kesimpulan atas temuan yang didapatkan dari pengujian dan saran untuk penelitian selanjutnya atau praktisi di bidang terkait.

## 1.7 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan sesuai dengan diagram alir yang terlihat pada Gambar 1.1.



**Gambar 1.1** Diagram Alir Penelitian



**Gambar 1.1** Diagram Alir Penelitian (Lanjutan)