

SKRIPSI

**KAJIAN EKSPERIMENTAL *VOLUME OF PERMEABLE
VOIDS* SERTA KORELASI ANTARA KEKUATAN
TEKAN DAN TARIK BELAH PADA BETON
BERKEKUATAN TINGGI DENGAN AGREGAT *SLAG
FERRONICKEL* SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN
AGREGAT KASAR**



**CALLISTA NOLAN REGINALD DJAINURI
NPM : 6101801132**

PEMBIMBING: Herry Suryadi, Ph.D.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
JANUARI 2022**

SKRIPSI

**KAJIAN EKSPERIMENTAL *VOLUME OF PERMEABLE
VOIDS* SERTA KORELASI ANTARA KEKUATAN
TEKAN DAN TARIK BELAH PADA BETON
BERKEKUATAN TINGGI DENGAN AGREGAT *SLAG
FERRONICKEL* SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN
AGREGAT KASAR**



CALLISTA NOLAN REGINALD DJAINURI
NPM : 6101801132

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 TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
JANUARI 2022

PERNYATAAN

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

Nama : Callista Nolan Reginald Djainuri
NPM : 6101801132
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa skripsi / tesis / disertasi^{*)} dengan judul:
"KAJIAN EKSPERIMENTAL VOLUME OF PERMEABLE VOIDS SERTA KORELASI ANTARA KEKUATAN
TEKAN DAN TARIK BELAH PADA BETON BERKEKUATAN TINGGI DENGAN AGREGAT SLAG
FERRONICKEL SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT KASAR"

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: 10 Januari 2022



Callista Nolan Reginald D

(6101801132)

^{*)} coret yang tidak perlu

KAJIAN EKSPERIMENTAL *VOLUME OF PERMEABLE VOIDS* SERTA KORELASI ANTARA KEKUATAN TEKAN DAN TARIK BELAH PADA BETON BERKEKUATAN TINGGI DENGAN AGREGAT *SLAG FERRONICKEL* SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT KASAR

Callista Nolan Reginald Djainuri
NPM: 6101801132

Pembimbing: Herry Suryadi, Ph.D.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)

BANDUNG
JANUARI 2022

ABSTRAK

Beton merupakan material buatan yang banyak digunakan dalam berbagai proses konstruksi saat ini dan mempunyai kelebihan utama sebagai penunjang kekuatan tekan pada bangunan. Salah satu material penyusun beton merupakan agregat kasar yang keberadaannya cukup terbatas di alam dan proses produksinya dapat merusak lingkungan. Inovasi baru perlu dilakukan untuk menghindari hilangnya eksistensi agregat kasar secara permanen. Dalam limbah industri terdapat material yang dapat dimanfaatkan untuk mengganti sebagian agregat kasar dalam campuran beton, yaitu *ferronickel slag*. *Ferronickel slag* sendiri merupakan sisa dari proses peleburan bijih nikel setelah melalui tahap pembakaran dan pemisahan. Pada penelitian ini, akan dilakukan analisis pemanfaatan penggantian *ferronickel slag* terhadap sebagian agregat kasar dalam campuran beton berkekuatan tinggi. Variasi penggantian yang diambil adalah sebesar 0%, 15% dan 30%. *Water cementious ratio* yang diambil adalah 0,2 dengan perbandingan massa agregat kasar dan agregat halus sebesar 0,41. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari penggunaan penggantian sebagian agregat kasar dengan agregat slag terhadap properti mekanik beton yaitu kekuatan tarik belah (f_{ct}) dan durabilitas beton yang diteliti dengan menguji *volume of permeable voids* (VPV) pada beton. Hasil dari analisis yang dilakukan, diperoleh bahwa kekuatan tarik belah (f_{ct}) pada beton meningkat seiring dengan bertambahnya persentase penggantian dari *ferronickel slag* terhadap sebagian agregat kasar. Variasi ideal yaitu FNS 30% memperoleh kekuatan tarik belah dan VPV pada umur beton ke- 28 hari adalah sebesar 4,595 MPa dan 10,638%.

Kata Kunci: beton berkekuatan tinggi, *ferronickel slag*, kekuatan tarik belah, *volume of permeable voids* (VPV)

EXPERIMENTAL STUDY ON VOLUME OF PERMEABLE VOIDS AND CORRELATION BETWEEN COMPRESSIVE AND SPLITTING TENSILE STRENGTH IN HIGH STRENGTH CONCRETE WITH SLAG FERRONICKEL AGGREGATE AS A PARTIAL REPLACEMENT OF COARSE AGGREGATE

Callista Nolan Reginald Djainuri
NPM: 6101801132

Advisor: Herry Suryadi, Ph.D.

PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
(Accredited by SK BAN-PT Number: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)

BANDUNG
JANUARI 2022

ABSTRACT

Concrete is an artificial material that is widely used for various construction progresses nowadays and has the main advantage as the compressive strength support in buildings. One of the constituent materials of concrete is coarse aggregate whose existence is quite limited in nature and its production process can damage the environment. New innovations need to be made to avoid the permanent loss of coarse aggregate existence. In industrial waste there is a material that can be used to replace some of the coarse aggregate in the concrete mixture, namely ferronickel slag. Ferronickel slag itself is the residue from the nickel ore smelting process after going through the combustion and separation stages. In this study, an analysis of the utilization of ferronickel slag replacement for some coarse aggregate in a high-strength concrete mixture will be carried out. The replacement variations taken are 0%, 15% and 30%. The water cementious ratio taken is 0.2 with a mass ratio of coarse and fine aggregates of 0.41. This study aims to examine the effect of the use of partial replacement of coarse aggregate with slag aggregate on the mechanical properties of concrete, namely the split tensile strength (f_{ct}) and the durability of the concrete studied by testing the volume of permeable voids (VPV) in concrete. The results of the analysis conducted, it was found that the split tensile strength (f_{ct}) in the concrete increased along with the increase in the percentage of replacement of ferronickel slag to some of the coarse aggregate. The ideal variation is that FNS 30% obtains split tensile strength and VPV at the age of 28 days of concrete is 4.595 MPa and 10.638%, respectively.

Keywords: high strength concrete, ferronickel slag, split tensile strength, volume of permeable voids (VPV)

PRAKATA

Puji syukur dipanjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya karena skripsi yang berjudul “KAJIAN EKSPERIMENTAL *VOLUME OF PERMEABLE VOIDS* SERTA KORELASI ANTARA KEKUATAN TEKAN DAN TARIK BELAH PADA BETON BERKEKUATAN TINGGI DENGAN AGREGAT *SLAG FERRONICKEL* SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT KASAR” dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu.

Skripsi ini dibuat sebagai syarat kelulusan program studi tingkat S-1 pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan. Pada Proses penyusunan skripsi ini disertai dengan berbagai tantangan dan rintangan, namun berkat dukungan, masukan, bimbingan dari berbagai pihak menjadikan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan banyak terimakasih kepada semua pihak yang ikut terlibat dalam penyusunan skripsi ini, yaitu:

1. Bapak Herry Suryadi, Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan masukan, pengalaman, wawasan, dan waktunya dalam penyusunan skripsi ini.
2. Dosen-dosen Program Studi Teknik Sipil yang telah meluangkan waktunya untuk hadir dan memberikan masukan dan saran pada saat seminar judul, seminar isi, dan sidang.
3. Bapak Teguh Farid Nurul Iman, S.T., Bapak Markus Didi G., dan Bapak Heri Rustandi yang telah membantu serta masukan kepada penulis dalam seluruh rangkaian proses penyusunan skripsi ini.
4. Keluarga yang selalu memberikan dorongan dan doa pada saat penyusunan skripsi.
5. Teman seperjuangan bimbingan skripsi Naga Wijaya yang memberi bantuan, dukungan, semangat, dan saran dalam proses penyusunan skripsi.

6. Teman seperjuangan Laboratorium Teknik Struktur UNPAR: Hermawan, Harum Yusuf, Elsa Marvella, Jose Vincent Wijaya, Keyne Maharani, dan Alreza Arfahaan yang memberi bantuan dan dukungan selama proses penyusunan skripsi ini serta selama proses pembuatan benda uji.
7. Teman masyarakat dbee Vina Clarita dan Michael Veda yang telah menemani dan memberikan masukan selama proses penyusunan skripsi.
8. Michelle, Margaretha, Valencia, Voneisha, dan Mario yang telah memberi dukungan dan semangat selama penulis menyusun skripsi.
9. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu juga turut memberikan masukan, doa, serta dorongan selama penyusunan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karenanya, penulis menerima dengan tangan terbuka kepada seluruh pihak yang ingin memberikan saran dan masukan pada studi eksperimental ini. Akhir kata, semoga laporan ini dapat bermanfaat semua orang yang membacanya.

Bandung, 10 Januari 2022



Callista Nolan R.D

6101801132

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
PRAKATA	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR NOTASI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1-1
1.1 Latar Belakang	1-1
1.2 Inti Permasalahan	1-1
1.3 Tujuan Penelitian	1-1
1.4 Pembatasan Masalah	1-2
1.5 Metodologi Penelitian	1-3
1.6 Sistematika Penulisan	1-3
1.7 Diagram Alir Penelitian	1-4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	2-6
2.1 Beton Berkekuatan Tinggi	2-6
2.2 Metode Volume Absolut	2-6
2.3 Material Campuran Beton	2-8
2.4.5 Air	2-10
2.4.6 <i>Superplasticizer</i> (SP)	2-11
2.4.7 <i>Silica Fume</i>	2-11
2.4 Kadar Air	2-11
2.5 Pengujian Specific Gravity	2-12
2.5.1 <i>Specific Gravity</i> Agregat Kasar	2-12
2.5.2 <i>Specific gravity</i> Agregat Halus	2-13
2.5.3 <i>Specific Gravity Ferronickel Slag</i>	2-13
2.5.4 <i>Specific gravity</i> Semen	2-14
2.5.5 <i>Specific gravity Silica Fume</i>	2-15
2.6 Metode Perawatan (<i>Curing</i>)	2-15

2.7	Metode Pengujian.....	2-16
2.7.1	Uji Kekuatan Tekan	2-16
2.7.2	Uji Kekuatan Tarik Belah	2-17
2.7.3	Uji <i>Volume of Permeable Voids</i> (Uji Porositas)	2-18
2.7.3	Hubungan Kekuatan Tarik Belah dengan Kekuatan Tekan Beton	2-19
BAB 3	PERSIAPAN DAN PELAKSANAAN PENGUJIAN	3-1
3.1	Material	3-1
3.1.1	Semen.....	3-1
3.1.2	Agregat Kasar.....	3-2
3.1.3	Agregat Halus.....	3-2
3.1.4	<i>Ferronickel Slag</i>	3-3
3.1.5	<i>Silica Fume</i>	3-4
3.1.6	Air	3-4
3.1.7	<i>Superplasticizer (SP)</i>	3-5
3.2	Pengujian Karakteristik Material.....	3-5
3.2.1	Pengujian <i>Specific Gravity</i> Semen	3-5
3.2.2	Pengujian <i>Specific Gravity</i> Agregat Kasar dan <i>Ferronickel Slag</i>	3-6
3.2.3	Pengujian <i>Specific Gravity</i> Agregat Halus	3-7
3.2.4	Pengujian <i>Specific Gravity Silica Fume</i>	3-8
3.2.5	Pengujian Absorpsi Agregat Kasar dan <i>Ferronickel Slag</i>	3-8
3.2.6	Pengujian Absorpsi Agregat Halus	3-9
3.2.7	Pengujian Analisa Saringan	3-10
3.3	Mix Proportion High Strength Concrete	3-10
3.3.1	Penggantian 0% <i>Ferronickel Slag</i> terhadap Sebagian Agregat Kasar	3-11
3.3.2	Penggantian 15 % <i>Ferronickel Slag</i> terhadap Sebagian Agregat Kasar .	3-11
3.3.3	Penggantian 30 % <i>Ferronickel Slag</i> terhadap Sebagian Agregat Kasar .	3-11
3.4	Proses Pengecoran	3-12
3.5	Pengujian <i>Slump</i>	3-16
3.6	Pengujian Kekuatan Tekan.....	3-18
3.7	Pengujian Kekuatan Tarik Belah.....	3-18
3.8	Pengujian <i>Volume of Permeable Voids</i> (Uji Porositas).....	3-19
BAB 4	ANALISIS DATA	4-1
4.1	Analisa <i>Unit Weight</i> dan Slump Beton Segar	4-1

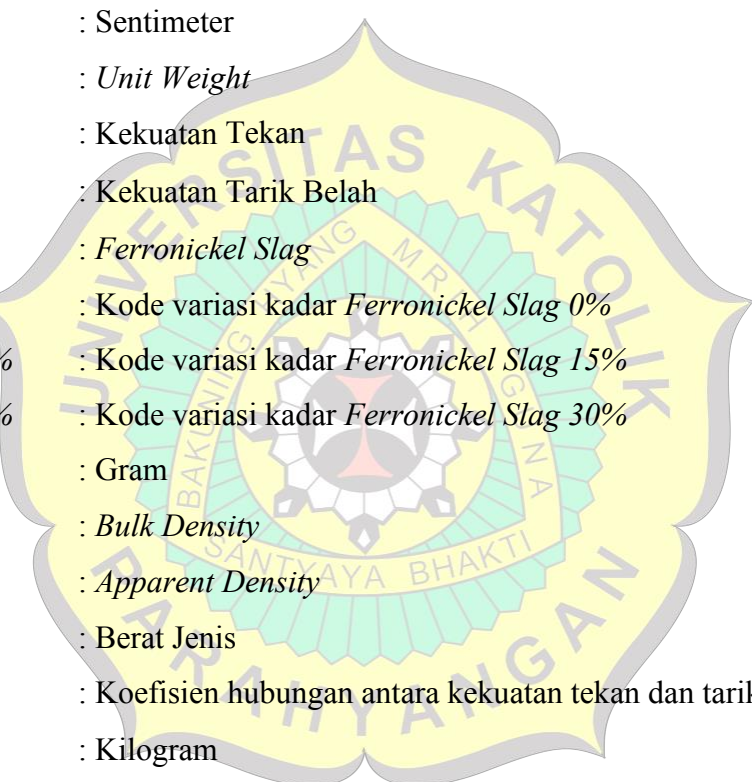
4.1.1 Analisa <i>Unit Weight</i>	4-1
4.1.1 Pengujian <i>Slump</i>	4-2
4.2 Analisa Kekuatan Tekan Beton	4-3
4.2.1 Variasi FNS 0%	4-3
4.2.2 Variasi FNS 15%	4-4
4.2.3 Variasi FNS 30%	4-5
4.3 Analisa Kekuatan Tarik Belah Beton	4-6
4.3.1 Variasi FNS 0%	4-6
4.3.2 Variasi FNS 15%	4-7
4.3.3 Variasi FNS 30%	4-9
4.3.4 Analisa Perbandingan Kekuatan Tarik Belah antar Variasi FNS	4-10
4.4 Analisa Pengujian <i>Volume of Permeable Voids</i> (Porositas).....	4-11
4.3.1 Variasi FNS 0%	4-11
4.3.1 Variasi FNS 15%	4-11
4.3.1 Variasi FNS 30%	4-12
4.3.4 Analisis Perbandingan <i>Volume of Permeable Voids</i> antar Variasi FNS	4-12
4.5 Analisa Pengamatan Visual Agregat Kasar dan <i>Ferronickel Slag</i>	4-13
4.6 Analisa Hubungan Kekuatan Tekan Dengan Kekuatan Tarik Belah	4-14
4.5.1 Variasi FNS 0%	4-14
4.5.2 Variasi FNS 15%	4-15
4.5.3 Variasi FNS 30%	4-16
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	5-1
5.1 Kesimpulan	5-1
5.2 Saran	5-2

DAFTAR PUSTAKA

UCAPAN TERIMAKASIH

LAMPIRAN

DAFTAR NOTASI



$\%$: Persen
<i>ACI</i>	: <i>American Concrete Institute</i>
<i>ASTM</i>	: <i>American Standard Testing and Material</i>
<i>CA</i>	: <i>Coarse Aggregate/ Agregat Kasar</i>
<i>CTM</i>	: <i>Compression Testing Machine.</i>
<i>Cm</i>	: Sentimeter
<i>D</i>	: <i>Unit Weight</i>
f'_c	: Kekuatan Tekan
f_{ct}	: Kekuatan Tarik Belah
<i>FNS</i>	: <i>Ferronickel Slag</i>
<i>FNS 0%</i>	: Kode variasi kadar <i>Ferronickel Slag 0%</i>
<i>FNS 15%</i>	: Kode variasi kadar <i>Ferronickel Slag 15%</i>
<i>FNS 30%</i>	: Kode variasi kadar <i>Ferronickel Slag 30%</i>
<i>g</i>	: Gram
g_1	: <i>Bulk Density</i>
g_2	: <i>Apparent Density</i>
G_s	: Berat Jenis
k	: Koefisien hubungan antara kekuatan tekan dan tarik belah
<i>kg</i>	: Kilogram
<i>m</i>	: Meter
<i>mm</i>	: Milimeter
<i>OD</i>	: <i>Oven Dry</i> atau kering oven
<i>PCC</i>	: <i>Portland Cement Composite</i>
<i>SG</i>	: <i>Specific Gravity</i>
<i>SNI</i>	: Standar Nasional Indonesia
<i>SP</i>	: <i>Superplasticizer</i>
<i>SSD</i>	: <i>Saturated Surface Dry</i>

VPV : *Volume of Permeable Voids*
w : *Water Content*



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Diagram Alir Penelitian.....	1-4
Gambar 2. 1 Proses Pembentukan <i>Ferronickel Slag</i>	2-10
Gambar 2. 2 Pengujian Kekuatan Tarik Belah.....	2-17
Gambar 3. 1 <i>Portland Cement Composite</i> Tiga Roda.....	3-1
Gambar 3. 2 Agregat Kasar.....	3-2
Gambar 3. 3 Pasir Galunggung.....	3-1
Gambar 3. 4 <i>Ferronickel Slag</i>	3-3
Gambar 3. 5 <i>Silica Fume</i>	3-4
Gambar 3. 6 Air.....	3-4
Gambar 3. 7 <i>Superplasticizer</i>	3-5
Gambar 3. 8 (a) Molen (b) Bahan Material Campuran.....	3-13
Gambar 3. 9 Cetakan Silinder dan Prisma.....	3-13
Gambar 3. 10 Pemasukan Campuran Binder (a) <i>Silica Fume</i> (b) Semen.....	3-14
Gambar 3. 11 Pemasukan Agregat Kasar.....	3-15
Gambar 3. 12 Proses <i>Vibrator</i>	3-15
Gambar 3. 13 Proses <i>Wrapping</i> Cetakan.....	3-16
Gambar 3. 14 (a) Proses Pemadatan Slump (b) Pengukuran Tinggi <i>Slump</i>	3-17
Gambar 3. 15 <i>Sealed Curing</i>	3-17
Gambar 3. 16 (a) <i>jig</i> (b) Uji Kekuatan Tarik Belah.....	3-19
Gambar 3. 17 Proses Oven Benda Uji.....	3-20
Gambar 3. 18 Proses Rendam Benda Uji.....	3-20
Gambar 3. 19 Proses Perebusan Benda Uji.....	3-21
Gambar 4. 1 Pengujian <i>Unit Weight</i> FNS 0%, FNS 15% dan FNS 30%.....	4-1
Gambar 4. 2 <i>Slump</i> FNS 0%, FNS 15%, dan FNS 30%.....	4-3
Gambar 4. 3 Grafik Kekuatan Tarik Belah Variasi FNS 0%.....	4-7
Gambar 4. 4 Grafik Kekuatan Tarik Belah Variasi FNS 15%.....	4-8
Gambar 4. 5 Grafik Kekuatan Tarik Belah Variasi FNS 30%.....	4-9
Gambar 4. 6 Grafik Kekuatan Tarik Belah Variasi Antar FNS.....	4-10

Gambar 4. 7 Pengamatan Menggunakan *Digital Microscope* pada Benda Uji Variasi FNS 0% (a), Variasi FNS 15% (b), dan Variasi FNS 30% (c)4-14



DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Benda Uji Kekuatan Tarik Belah	1-2
Tabel 1. 2 Benda Uji <i>Volume of Permeable of Voids</i>	1-3
Tabel 2. 1 Persyaratan Gradasi Agregat Halus.....	2-9
Tabel 3. 1 Kandungan <i>Ferronickel Slag</i>	3-3
Tabel 3. 2 Proporsi Campuran Variasi FNS 0%.....	3-11
Tabel 3. 3 Proporsi Campuran Variasi FNS 15%.....	3-11
Tabel 3. 4 Proporsi Campuran Variasi FNS 30%.....	3-12
Tabel 3. 5 Kebutuhan Material Per m ³ Untuk Setiap Variasi Penggantian Agregat Slag Terhadap Sebagian Agregat Kasar.....	3-12
Tabel 4. 1 Perhitungan Unit Weight Beton Segar	4-2
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Slump.....	4-2
Tabel 4. 3 Kekuatan Tekan Variasi FNS 0%	4-3
Tabel 4. 4 Kekuatan Tekan Variasi FNS 15%	4-4
Tabel 4. 5 Kekuatan Tekan Variasi FNS 15%	4-5
Tabel 4. 6 Kekuatan Tarik Belah Variasi FNS 0%	4-7
Tabel 4. 7 Kekuatan Tarik Belah Variasi FNS 15%	4-8
Tabel 4. 8 Kekuatan Tarik Belah Variasi FNS 30%	4-9
Tabel 4. 9 <i>Volume of Permeable Voids</i> FNS 0%.....	4-11
Tabel 4. 10 <i>Volume of Permeable Voids</i> FNS 15%.....	4-12
Tabel 4. 11 <i>Volume of Permeable Voids</i> FNS 30%.....	4-12

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 PENGUJIAN <i>SPECIFIC GRAVITY</i>	L1-1
LAMPIRAN 2 PENGUJIAN ABSORPSI.....	L2-1
LAMPIRAN 3 PENGUJIAN <i>FINENESS MODULUS</i>	L3-1
LAMPIRAN 4 PERHITUNGAN <i>MIX DESIGN</i>	L4-1
LAMPIRAN 5 PENGUJIAN KEKUATAN TARIK BELAH.....	L5-1
LAMPIRAN 6 PENGUJIAN <i>VOLUME OF PERMBEABLE VOIDS</i>	L6-1
LAMPIRAN 7 BROSUR <i>SILICA FUME</i> DAN <i>SUPERPLASTICIZER</i>	L7-1
LAMPIRAN 8 LAPORAN PENGUJIAN KUALITAS AIR UNPAR	L8-1



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan material buatan yang banyak digunakan dalam berbagai proses konstruksi saat ini. Beton mempunyai kelebihan utama sebagai penunjang kuat tekan pada bangunan. Bangunan seperti gedung bertingkat tinggi maupun jembatan memerlukan beton berkekuatan tinggi (*high strength concrete*). Pentingnya memilih, mengontrol dan membuat semua bahan dasar menjadi proporsional untuk menghasilkan beton berkekuatan tinggi yang efektif (ACI 211.4R, 2008). Salah satu bahan dasar pembuatan beton adalah agregat (*aggregate*) yang merupakan bahan berbutir, seperti pasir, kerikil, batu pecah dan *slag* tanur (SNI 2847-2019).

Slag dihasilkan dari proses peleburan logam pada tanur (*furnace*) yang berupa kumpulan oksida dalam keadaan lebur dan terpisah dari fasa logam cair selama proses peleburan. Walaupun dikategorikan sebagai limbah B3 (bahan berbahaya dan beracun), kandungan kimia pada *slag* aman apabila digunakan dalam campuran beton (Moenir dan Handayani, 2012). Hal ini dikarenakan *slag* tidak mudah terbakar, mempunyai pH dibawah 12 dan tidak bersifat reaktif atau racun (*The Federal Resister* 1980). *Slag* juga memiliki karakteristik fisik dengan kekerasan yang bagus, bertekstur kasar, tahan terhadap abrasi dan berat jenis yang lebih besar dari batu alam sehingga dapat menjadi alternatif pengganti agregat kasar dalam campuran beton (PT. Ispat Indo 2008).

Industri baja menghasilkan 2,2 juta ton *slag* pertahun dan industri nikel menghasilkan 1,3 juta ton *slag* pertahun (Kementrian Perindustrian, 2020) sehingga pemanfaatan slag dapat mengurangi limbah logam yang telah mencapai 3,3% dari

total limbah (Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional, 2020). Pada penelitian ini menelusuri pengaruh pemanfaatan limbah slag untuk menggantikan sebagian dari agregat kasar dalam pembuatan beton berkekuatan tinggi dengan menggunakan perhitungan volume absolut. Disisi lain, diperlukannya pengujian terhadap pemanfaatan limbah industri padat tersebut.

Pengujian yang dilakukan berupa properti mekanik yang berupa kekuatan tarik belah dan durabilitas pada beton berupa *volume of permeable voids*. Durabilitas pada beton tidak bisa diperhitungkan secara langsung, sehingga diperlukan evaluasi melalui perilaku beton ketika diteliti pada kondisi tertentu (Cabral *et al*, 2007). Salah satu evaluasi untuk mengetahui durabilitas pada beton yaitu *volume of permeable voids* merupakan pengujian durabilitas beton untuk mengetahui nilai volume pori yang terdapat didalam beton.

1.2 Inti Permasalahan

Mempelajari pengaruh variasi agregat *slag* sebagai pengganti sebagian agregat kasar terhadap parameter kekuatan tarik belah dan *volume of permeable voids* pada beton berkekuatan tinggi.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Mempelajari pengaruh nilai parameter kekuatan tarik belah terhadap beton berkekuatan tinggi dengan variasi agregat *slag* sebagai pengganti sebagian agregat kasar.
2. Mempelajari pengaruh nilai *volume of permeable voids* terhadap beton berkekuatan tinggi dengan variasi agregat *slag* sebagai pengganti sebagian agregat kasar.
3. Mempelajari hubungan kekuatan tarik belah dengan nilai kekuatan tekan yang diperoleh dari data sekunder.

1.4 Pembatasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Benda uji untuk pengujian kekuatan tarik belah merupakan silinder dengan diameter 100 mm dan tinggi 200 mm yang diuji pada umur 7, 14 dan 28 hari.
2. Benda uji untuk pengujian *volume of permeable voids* adalah prisma dengan tinggi 50 mm, lebar 50 mm dan tinggi 200 mm yang diuji pada umur 28 hari.
3. Variable bebas berupa penggantian Sebagian agregat kasar dengan agregat *slag* sebesar 0%, 15% dan 30%.
4. Jenis *Slag* yang digunakan adalah *Ferronickel Slag*.
5. Semen yang digunakan adalah *Portland Cement Composite* (PCC) dengan merek Semen Tiga Roda.
6. Agregat halus yang digunakan adalah pasir Galunggung yang lolos saringan ASTM #4 (4,75 mm).
7. Agregat kasar yang digunakan adalah batu lagadar dengan ukuran agregat maksimum sebesar 9,5 mm.
8. *Silica Fume* yang digunakan adalah MAPEPLAST SF dari PT. Mapei Indonesia Construction Solutions.
9. *Superplasticizer* yang digunakan adalah Master Glenium dari PT. Mapei Indonesia Construction Solutions.
10. Perencanaan campuran beton menggunakan konsep volume absolut.
11. Jumlah total benda uji adalah sebanyak 27 silinder dan 9 prisma seperti yang terlihat pada Tabel 1.1 dan Tabel 1.2

Tabel 1. 1 Rekapitulasi Benda Uji Kekuatan Tarik Belah

Variasi agregat <i>slag</i>	Bentuk Benda Uji	Umur pengujian	Jumlah Benda Uji (buah)
0%	Silinder	7, 14 dan 28 hari	9
15%	Silinder		9
30%	Silinder		9
Total Benda Uji			27

Tabel 1. 2 Rekapitulasi Benda Uji *Volume of Permeable of Voids*

Variasi agregat <i>slag</i>	Bentuk Benda Uji	Umur pengujian	Jumlah Benda Uji (buah)
0%	Prisma		3
15%	Prisma	28 hari	3
30%	Prisma		3
Total Benda Uji			9

1.5 Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah:

Studi Pustaka dan studi eksperimental.

Studi Pustaka digunakan untuk mendapatkan sumber referensi dalam menentukan desain campuran beton.

Studi Eksperimental dilakukan dengan menguji kekuatan tarik belah dan *volume of permeable voids* pada beton.

1.6 Sistematika Penulisan

Berikut merupakan sistematika penulisan dari penelitian ini:

1. BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang masalah, inti permasalahan, tujuan penulisan, pembahasan masalah, metode penelitian, dan sistematika penulisan

2. BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini mencakup tentang dasar teori yang menjadi landasan dalam penyusunan skripsi. Meliputi teori mengenai material agregat *slag*, agregat kasar, agregat halus, air dan semen.

3. BAB 3 PERSIAPAN DAN PELAKSANAAN PENGUJIAN

Bab ini menjelaskan persiapan yang dibutuhkan dan pelaksanaan pengujian di laboratorium, meliputi pemilihan material, perencanaan benda uji, pembuatan

benda uji beton berkekuatan tinggi, dan pengujian terhadap benda uji beton berkekuatan tinggi dengan variasi agregat *slag* sebagai pengganti sebagian agregat kasar.

4. BAB4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN HASIL PENGUJIAN

Bab ini menjelaskan tentang hasil pengujian serta perbandingan antara hasil uji dengan teori.

5. BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

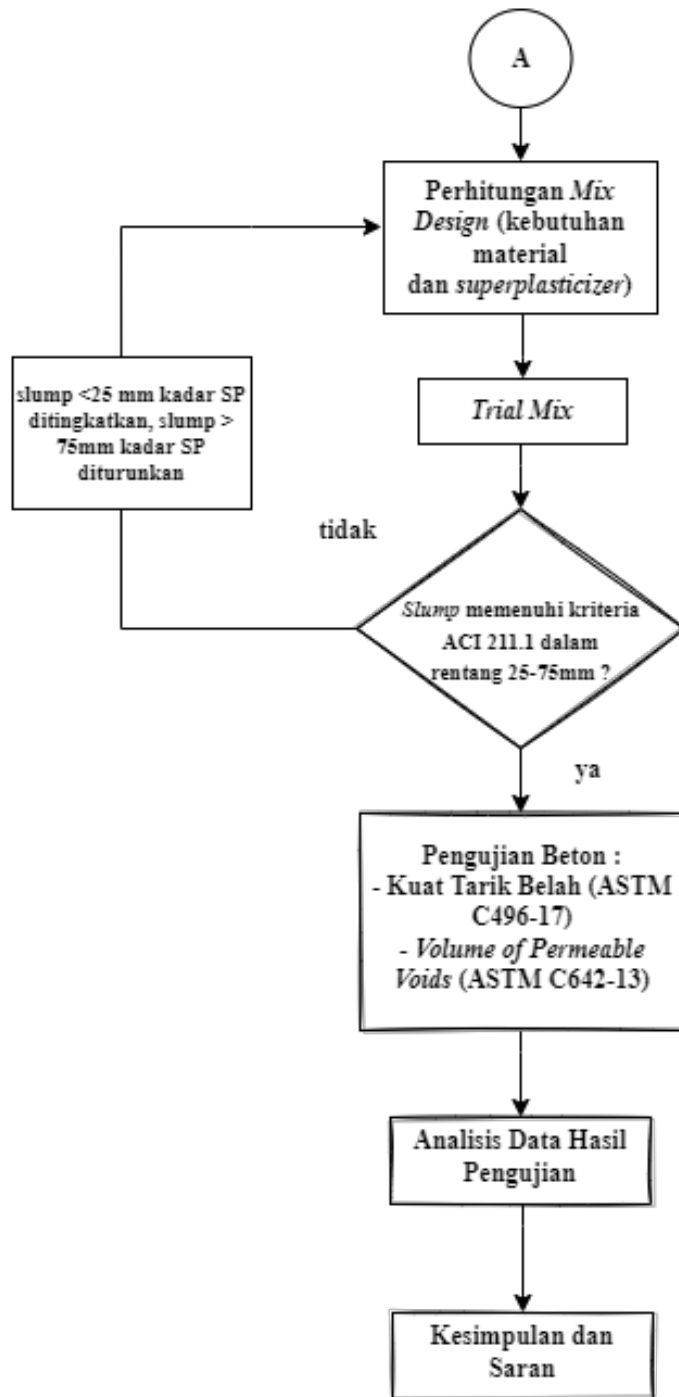
Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dan saran

1.7 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tahapan sesuai dengan diagram alir seperti terlihat pada Gambar 1.1 sebagai berikut:



Gambar 1. 1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian (Lanjutan)