

SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH PENGGANTIAN
SEBAGIAN AGREGAT HALUS DENGAN AGREGAT
HALUS LUMPUR SIDOARJO TERHADAP KUAT
TEKAN DAN KUAT TARIK BELAH BETON *ALKALI-
ACTIVATED SLAG***



**KALVIN YOHANES
NPM : 2016410173**

PEMBIMBING: Herry Suryadi, Ph.D.

KO-PEMBIMBING: Nenny Samudra, Ir., M.T.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
OKTOBER 2020**

SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH PENGGANTIAN
SEBAGIAN AGREGAT HALUS DENGAN AGREGAT
HALUS LUMPUR SIDOARJO TERHADAP KUAT
TEKAN DAN KUAT TARIK BELAH BETON *ALKALI-
ACTIVATED SLAG***



**KALVIN YOHANES
NPM : 2016410173**

PEMBIMBING: Herry Suryadi, Ph.D.

KO-PEMBIMBING: Nenny Samudra, Ir., M.T.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
OKTOBER 2020**

SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH PENGGANTIAN
SEBAGIAN AGREGAT HALUS DENGAN AGREGAT
HALUS LUMPUR SIDOARJO TERHADAP KUAT
TEKAN DAN KUAT TARIK BELAH BETON ALKALI-
ACTIVATED SLAG**



KALVIN YOHANES
NPM : 2016410173

BANDUNG, 15 OKTOBER 2020

PEMBIMBING:

Herry Suryadi, Ph.D.

KO-PEMBIMBING:

Nenny Samudra, Ir., M.T.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
OKTOBER 2020

PERNYATAAN

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

Nama : Calvin Yohanes

NPM : 2016410173.

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH PENGGANTIAN SEBAGIAN AGREGAT HALUS DENGAN AGREGAT HALUS LUMPUR SIDOARJO TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BELAH BETON *ALKALI-ACTIVATED SLAG*

adalah benar-benar karya saya sendiri di bawah bimbingan dosen pembimbing dan dosen ko-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: 24 September 2020



Kalvin Yohanes

NPM: 2016410173

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH PENGGANTIAN SEBAGIAN AGREGAT HALUS DENGAN AGREGAT HALUS LUMPUR SIDOARJO TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BELAH BETON *ALKALI-ACTIVATED SLAG*

Kalvin Yohanes
NPM: 2016410173

Pembimbing: Herry Suryadi, Ph.D.
Ko-Pembimbing: Nenny Samudra, Ir., M.T.

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

BANDUNG
OKTOBER 2020

ABSTRAK

Beton merupakan salah satu material konstruksi yang telah umum digunakan di Indonesia. Pada umumnya, beton menggunakan semen Portland sebagai bahan pengikat, akan tetapi dalam proses produksi semen Portland tersebut terjadi emisi CO₂ ke atmosfer yang mengakibatkan pemanasan global. Untuk mengatasi masalah tersebut, salah satu solusi yang dapat dilakukan yaitu mengganti semen Portland dengan menggunakan material pozzolanik. *Slag* feronikel merupakan material pozzolanik yang berasal dari limbah industri dari proses peleburan bijih nikel. *Slag* feronikel dapat diaktifkan menggunakan alkali aktivator sehingga menghasilkan ikatan polimer yang kuat. Agregat buatan lumpur Sidoarjo yang telah diteliti dan dikembangkan oleh Pusat Litbang Perumahan dan Permukiman akan dimanfaatkan pada penelitian ini. Penggunaan agregat berbahan dasar lumpur Sidoarjo bertujuan untuk mengurangi massa dari beton itu sendiri tanpa mempengaruhi kekuatan beton secara signifikan. Pada studi eksperimental ini, beton dibuat tanpa menggunakan semen, bahan pengikatnya seluruhnya menggunakan *slag* feronikel yang diaktifkan menggunakan larutan Natrium Hidroksida dan larutan Natrium Silikat. Variasi penggantian agregat halus berbahan dasar lumpur Sidoarjo yaitu sebesar 0%, 10%, dan 20%. Parameter pengujian yang ditinjau dari beton *alkali-activated slag* untuk masing-masing variasi adalah kuat tekan dan kuat tarik belah. Pengujian kuat tekan dilakukan pada hari ke 7, 14 dan 28 dengan benda uji silinder berdimensi 100 mm × 200 mm. Pengujian kuat tarik belah dilakukan pada hari ke 28 dengan benda uji silinder berdimensi 100 mm × 200 mm. Berdasarkan hasil pengujian, berat isi rata-rata pada variasi 0%, 10%, dan 20% masing-masing sebesar 2258,91 kg/m³, 2215,80 kg/m³, dan 2142,05 kg/m³. Kuat tekan rata-rata pada umur 28 hari didapatkan pada variasi 0%, 10%, dan 20% masing-masing sebesar 20,35 MPa, 19,67 MPa, dan 18,20 MPa. Kuat tarik belah rata-rata pada umur 28 hari pada variasi 0%, 10%, dan 20% masing-masing sebesar 1,86 MPa, 1,51 MPa, dan 1,22 MPa. Terjadi penurunan kuat tekan umur 28 hari pada variasi 10% dan 20% sebesar 3,34% dan 10,57%, sedangkan penurunan kuat tarik belah umur 28 hari pada variasi 10% dan 20% sebesar 18,82% dan 34,41%.

Kata Kunci: beton *alkali-activated*, *slag* feronikel, agregat halus lumpur Sidoarjo, kuat tekan, kuat tarik belah.

EXPERIMENTAL STUDY OF THE EFFECT OF PARTIAL SUBSTITUTION OF FINE AGGREGATE WITH FINE AGGREGATE MADE FROM SIDOARJO MUD ON COMPRESSIVE STRENGTH AND SPLITTING TENSILE STRENGTH OF ALKALI-ACTIVATED SLAG CONCRETE

Kalvin Yohanes
NPM: 2016410173

Advisor: Herry Suryadi, Ph.D.
Co-Advisor: Nenny Samudra, Ir., M.T.

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

BANDUNG
OCTOBER 2020

ABSTRACT

Concrete is the most popular construction materials in Indonesia. In general, concrete utilized Portland cement as a binder. However, in the Portland cement industry, CO₂ emissions occurred into atmosphere during production process which results in global warming. To overcome this problem, the alternative is to replace cement-based binder by using a pozzolanic material. Ferronickel slag is a pozzolanic material an industrial waste from nickel ore smelting process. Ferronickel slag can be activated using an alkaline activator resulting a strong polymer bond. Manufactured aggregate from Sidoarjo mud which has been researched and developed by Pusat Litbang Perumahan dan Permukiman used in this study. The utilization of Sidoarjo mud manufacture aggregate has the objective of reducing the weight of the concrete itself without significantly affecting the strenght of the concrete. In this experimental study, concrete was made without using cement, ferronickel slag activated by using a solution of Sodium Hydroxide and Sodium Silicate was utilized as binder. The variations of Sidoarjo mud-based fine aggregate replacement were 0%, 10%, and 20%. The compressive strength and splitting tensile strength were observed on the alkali-activated slag concrete for each variation. The compressive strength tests were carried out at the ages of 7, 14, and 28 days by using cylindrical specimen with dimensions of 100 mm × 200 mm. The splitting tensile strength tests were carried out on the age of 28 day by using cylindrical specimen with dimensions of 100 mm × 200 mm. Based on the test results, the average weight of concrete with the variations of 0%, 10%, and 20% were 2258.91 kg/m³, 2215.80 kg/m³, and 2142.05 kg/m³. The average 28-day compressive strength with the variations of 0%, 10%, and 20% were 20.35 MPa, 19.67 MPa, and 18.20 MPa. The average 28-day splitting tensile strength with the variations of 0%, 10%, and 20% were 1.86 MPa, 1.51 MPa, and 1.22 MPa. The decrease in the 28-day compressive strength at variations of 10% and 20% were 3.34% and 10.57%, while the decrease in the 28-day splitting tensile strength at variations of 10% and 20% were 18.82% and 34.41%.

Keywords: alkali-activated concrete, ferronickel slag, Sidoarjo mud-based fine aggregate, compressive strength, splitting tensile strength.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas berkat dan penyertaan-Nya selama menjalankan penyusunan skripsi yang berjudul *Studi Eksperimental Pengaruh Penggantian Sebagian Agregat Halus dengan Agregat Halus Lumpur Sidoarjo terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton Alkali-activated Slag* hingga akhirnya dapat diselesaikan dengan baik. Penyusunan skripsi ini merupakan syarat akademik dalam menyelesaikan studi S-1 Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan.

Selama proses penulisan skripsi ini tidak lepas dari berbagai hambatan dan rintangan, baik selama proses persiapan, pelaksanaan, pengujian, maupun penulisan. Oleh karena itu, penulis sangat berterima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis selama ini. Untuk itu penulis ingin menyampaikan terima kasih sedalam-dalamnya kepada:

1. Bapak Herry Suryadi, Ph.D. selaku dosen pembimbing yang selalu membantu dan membimbing penulis selama proses pembuatan skripsi ini.
2. Ibu Nenny Samudra, Ir., M.T. selaku dosen ko-pembimbing yang selalu membantu dan membimbing selama proses pembuatan skripsi ini.
3. Bapak Altho Sagara, S.T., M.T. dan Ibu Sisi Nova Rizkiani, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membantu dalam penulisan skripsi ini.
4. Bapak Ir. Teguh Farid, Bapak Markus Didi, dan Bapak Heri Rustandi yang telah banyak membantu dan memberi arahan selama proses persiapan bahan, pembuatan benda uji, dan pengujian benda uji di Laboratorium Struktur Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan.
5. Orang tua serta keluarga penulis yang selalu memberikan dukungan dan mendoakan penulis selama proses pembuatan skripsi ini.
6. Teman-teman seperjuangan skripsi yang senantiasa saling membantu dalam proses persiapan, pelaksanaan, pengujian, dan penulisan skripsi ini.

7. Teman-teman penulis, Kevin Sugiono, Giovanni Binar, Diego Kevin, Ezra, Waraney, Jourdan, dan masih banyak lagi yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah mendukung, menghibur, dan menemani penulis dalam proses pembuatan skripsi.
8. Teman-teman Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan angkatan 2016, yang telah mendukung dan membantu penulis dalam proses perkuliahan.
9. Berbagai pihak yang membantu penulis menyelesaikan skripsi baik secara langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.



Bandung, 1 Oktober 2020

Kalvin Yohanes

2016410173

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
<i>ABSTRACT</i>	ii
PRAKATA	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1-1
1.1 Latar Belakang	1-1
1.2 Inti Permasalahan	1-2
1.3 Tujuan Penelitian	1-3
1.4 Pembatasan Masalah	1-3
1.5 Metode Penelitian	1-5
1.6 Diagram Alir Penelitian	1-6
1.7 Sistematika Penulisan	1-7
BAB 2 DASAR TEORI	2-1
2.1 Beton	2-1
2.2 Beton <i>Alkali-activated</i>	2-3
2.3 Material Beton <i>Alkali-activated Slag</i>	2-4
2.3.1 Air	2-4
2.3.2 Agregat	2-5
2.3.2.1 Agregat Kasar	2-8

2.3.2.2	Agregat Halus	2-9
2.3.3	Agregat Halus Lumpur Sidoarjo.....	2-10
2.3.4	<i>Ferronickel Slag</i> (FNS)	2-15
2.3.5	Aktivator.....	2-17
2.3.5.1	<i>Sodium Hidroksida</i> (NaOH)	2-17
2.3.5.2	<i>Sodium Silikat</i> (Na ₂ SiO ₃)	2-18
2.3.6	<i>Superplasticizer</i>	2-19
2.4	Metode Pengujian	2-20
2.4.1	Uji Kuat Tekan	2-20
2.4.2	Uji Kuat Tarik Belah	2-22
2.5	Metode Perawatan.....	2-24
BAB 3 PERSIAPAN DAN PELAKSANAAN PENGUJIAN		3-1
3.1	Bahan dan Benda Uji	3-1
3.1.1	Bahan Uji.....	3-1
3.1.2	Benda Uji.....	3-7
3.2	Pengujian Bahan Uji	3-8
3.2.1	Pengujian Agregat Kasar	3-8
3.2.1.1	Analisa Saringan Agregat Kasar	3-8
3.2.1.2	<i>Specific Gravity</i> Agregat Kasar	3-10
3.2.1.3	Absorpsi Agregat Kasar	3-11
3.2.2	Pengujian Agregat Halus	3-12
3.2.2.1	Analisa Saringan Agregat Halus.....	3-12
3.2.2.3	Absorpsi Agregat Halus.....	3-17
3.2.2.4	Pengujian Penentuan Persentase Agregat Halus.....	3-18

3.2.3	Pengujian <i>Specific Gravity Slag</i> Feronikel	3-21
3.2.4	Pengujian <i>Specific Gravity Sodium Hidroksida</i> dan <i>Sodium Silikat</i> ..	3-22
3.3	Perencanaan Campuran Beton <i>Alkali-actived (Mix Design)</i>	3-23
3.4	Prosedur Pelaksanaan Pembuatan Benda Uji	3-26
3.4.2	Prosedur Pelaksanaan Pengecoran	3-27
3.4.3	Prosedur Perawatan Benda Uji.....	3-31
3.5	Prosedur Pengujian Benda Uji	3-31
3.5.1	Prosedur Uji Kuat Tekan.....	3-31
3.5.2	Prosedur Uji Kuat Tarik Belah.....	3-34
BAB 4 ANALISIS HASIL PENGUJIAN		4-1
4.1	Analisis Berat Isi	4-1
4.2	Analisis Uji Kuat Tekan.....	4-3
4.3	Analisis Uji Kuat Tarik Belah.....	4-20
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		5-1
5.1	Kesimpulan.....	5-1
5.2	Saran.....	5-2
DAFTAR PUSTAKA		xv

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

a	:	Koefisien variabel X persamaan regresi
A	:	Luas permukaan benda uji (mm^2)
ACI	:	<i>American Concrete Institute</i>
AD	:	<i>Air-dry</i>
Al	:	Alumina
AL/b	:	<i>Alkali liquid-to-solid ratio</i>
b	:	Konstanta persamaan regresi
BSN	:	Badan Standar Nasional
CTM	:	<i>Compression Testing Machine</i>
CA	:	Agregat kasar
CO_2	:	<i>Karbondioksida</i>
D	:	Diameter benda uji silinder (mm)
\bar{D}	:	Diameter rata-rata benda uji silinder (mm)
f_b	:	Estimasi kuat tekan beton 28 hari (MPa)
f_c	:	Kuat tekan beton (MPa)
f'_c	:	Kuat tekan karakteristik beton (MPa)
f'_{cr}	:	Rata-rata estimasi kuat tekan beton 28 hari (MPa)
f_{ct}	:	Kuat tarik belah beton (MPa)
F	:	Kuat tekan benda uji (MPa)
FA	:	Agregat halus kombinasi
FM	:	<i>Fineness Modulus</i>
FNS	:	<i>Ferronickel Slag</i>
L	:	Tinggi benda uji silinder (mm)
\bar{L}	:	Tinggi rata-rata benda uji silinder (mm)
Lusi	:	Agregat halus lumpur Sidoarjo
m	:	Massa (gram)
M	:	Molar atau molaritas (M)
Mr	:	Massa atom relatif

n	:	Jumlah satuan mol (mol)
NaOH	:	<i>Sodium Hidroksida</i>
NaOH (s)	:	<i>Sodium Hidroksida</i> berbentuk padatan
NaOH (l)	:	<i>Sodium Hidroksida</i> berbentuk cairan
Na ₂ SiO ₃	:	<i>Sodium Silikat</i>
OD	:	<i>Oven-dry</i>
P	:	Beban tekan maksimum (kN)
PBI	:	Peraturan Beton Indonesia
PFA	:	Agregat halus alami
PUSKIM	:	Pusat Litbang Perumahan dan Pemukiman
S_i	:	Silika
SG	:	<i>Specific Gravity</i>
SNI	:	Standar Nasional Indonesia
SP	:	<i>Superplasticizer</i>
SSD	:	<i>Saturated Surface Dry</i>
V	:	Volume silinder (cm ³)
W	:	Berat bahan uji (kg)
X	:	Umur uji beton (Hari)
Y	:	Kuat tekan regresi (MPa)
Y'	:	Umur uji beton (X) dibagi kuat tekan (F)
Y_i	:	Kuat tekan regresi pada umur X hari (MPa)
Y_{28hari}	:	Kuat tekan regresi pada umur 28 hari (MPa)
Z	:	Faktor umur
α	:	Koefisien kuat tarik belah
β	:	Faktor koreksi pada silinder (100 × 200 mm)
λ	:	Faktor reduksi beton ringan terhadap beton normal
σ	:	Standar deviasi
ρ	:	Massa jenis material

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 2 Diagram Alir Penelitian.....	1-6
Gambar 2. 1 Ikatan Polimerisasi pada Beton <i>Alkali-activated</i> (Davidovits, 2013)...	2-3
Gambar 2. 2 Kondisi Kelembaban Agregat (Riyadi, 2005)	2-7
Gambar 2. 3 Proses Pembuatan Agregat Lumpur Sidoarjo (Lasino,Setiati, 2017) .	2-14
Gambar 2. 4 Proses Pembuatan <i>Slag</i> (Mindess, dkk. 2003).....	2-15
Gambar 2. 5 <i>Ternary Diagram</i> Semen (Lothenbach dkk., 2011).....	2-16
Gambar 2. 6 Skema Pembebanan Benda Uji Kuat Tekan.....	2-21
Gambar 2. 7 Pola Retak Beton (ASTM C39 - 17).....	2-22
Gambar 2. 8 Distribusi Tegangan Uji Kuat Tarik Belah Silinder (Japaridze,2014)	2-23
Gambar 2. 9 Skema Pembebanan Benda Uji Kuat Tarik Belah.....	2-24
Gambar 3. 1 Agregat Kasar Lolos Saringan 3/4 in (19 mm).....	3-1
Gambar 3. 2 Pasir Alami Lolos Saringan No.4 (4,75 mm)	3-2
Gambar 3. 3 Agregat Halus Lumpur Sidoarjo Lolos Saringan No.16 (1,18 mm)	3-3
Gambar 3. 4 <i>Slag</i> Feronikel.....	3-3
Gambar 3. 5 <i>Sodium Hidroksida</i> Padat (NaOH _(s))	3-4
Gambar 3. 6 Larutan <i>Sodium Hidroksida</i> 8 M (NaOH(l))	3-4
Gambar 3. 7 <i>Sodium Silikat Cair</i>	3-5
Gambar 3. 8 Akuades	3-6
Gambar 3. 9 <i>Superplasticizer</i> Dynamon SR7.....	3-7
Gambar 3. 10 Set Saringan ASTM.....	3-9
Gambar 3. 11 Timbangan dan <i>Wire Basket</i>	3-11
Gambar 3. 12 Kerucut dan Penumbuk Standar ASTM	3-14
Gambar 3. 13 Uji <i>Specific Gravity</i> Agregat Halus	3-15
Gambar 3. 14 Metode <i>Quartering</i>	3-19
Gambar 3. 15 Campuran Agregat pada Kontainer	3-19
Gambar 3. 16 Grafik Uji Berat Isi Optimum Agregat.....	3-20
Gambar 3. 17 Uji <i>Specific Gravity Slag</i> Feronikel.....	3-21
Gambar 3. 18 Larutan <i>Sodium Hidroksida</i> 8 M setelah 24 jam	3-27
Gambar 3. 19 Alat Pengaduk Beton (<i>Mixer</i>).....	3-27

Gambar 3. 20 Cetakan Silinder yang Telah Diberi Oli.....	3-28
Gambar 3. 21 Penuangan <i>Sodium Hidroksida</i> ke dalam <i>Mixer</i>	3-28
Gambar 3. 22 Kerucut Abrams	3-29
Gambar 3. 23 Uji <i>Slump Test</i>	3-30
Gambar 3. 24 Hasil Pengecoran dalam Cetakan	3-30
Gambar 3. 25 Perawatan Benda Uji dengan Metode <i>Sealed Curing</i>	3-31
Gambar 3. 26 Pengukuran dengan Jangka Sorong.....	3-32
Gambar 3. 27 Pemberian <i>Capping</i> pada Benda Uji Tekan	3-32
Gambar 3. 28 Pengujian Kuat Tekan Beton.....	3-33
Gambar 3. 29 Nilai Beban Maksimum pada CTM	3-33
Gambar 3. 30 Alat Bantu Uji Kuat Tarik Belah Silinder 100 × 200mm.....	3-34
Gambar 3. 31 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton.....	3-34
Gambar 4. 1 Perbandingan Berat Isi Beton.....	4-3
Gambar 4. 2 Grafik Kuat Tekan Beton Variasi A (Lusi 0%).....	4-4
Gambar 4. 3 Grafik Kuat Tekan Beton Variasi B (Lusi 10%).....	4-5
Gambar 4. 4 Grafik Kuat Tekan Beton Variasi C (Lusi 20%).....	4-6
Gambar 4. 5 Perbandingan Kuat Tekan Beton Terhadap Variasi	4-7
Gambar 4. 6 Persamaan Regresi Linear Variasi A	4-9
Gambar 4. 7 Persamaan Regresi Linear Variasi B.....	4-10
Gambar 4. 8 Persamaan Regresi Linear Variasi C.....	4-11
Gambar 4. 9 Grafik Perkembangan Kuat Tekan terhadap Umur Uji Setiap Variasi	4-14
Gambar 4. 10 Grafik Perbandingan Faktor Umur Setiap Variasi dan PBI '71	4-15
Gambar 4. 11 Kuat Tekan Karakteristik Terhadap Variasi.....	4-18
Gambar 4. 12 Pola Retak Tipe 2	4-19
Gambar 4. 13 Pola Retak Tipe 3	4-19
Gambar 4. 14 Perbandingan Kuat Tarik Belah Setiap Variasi.....	4-21

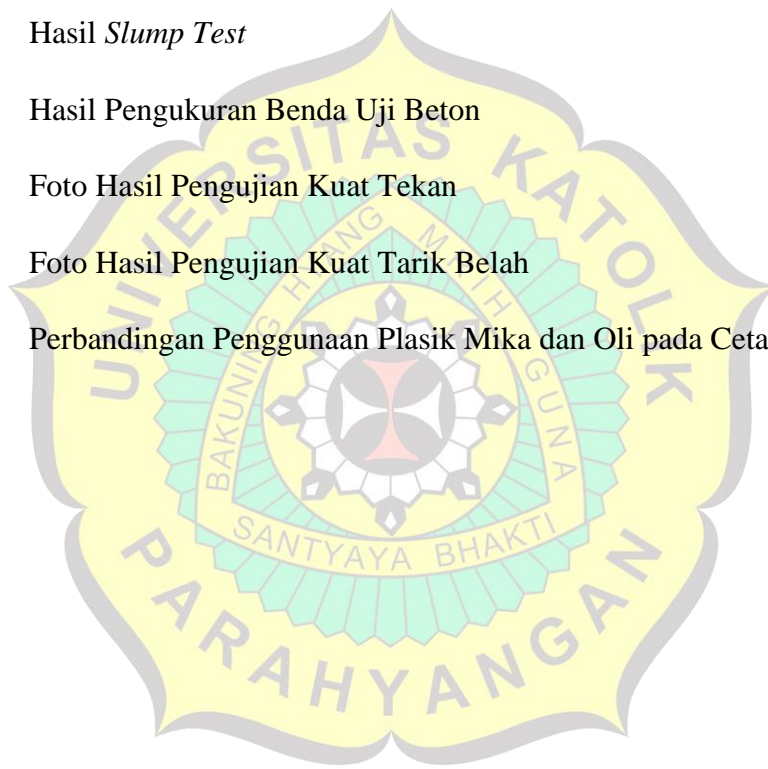
DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Jumlah Benda Uji	1-4
Tabel 2. 1 Batasan Kimiawi Tambahan Air Pencampur Beton (SNI 7974:2013)....	2-5
Tabel 2. 2 Persyaratan Gradasi Agregat Kasar (ASTM C33)	2-9
Tabel 2. 3 Persyaratan Gradasi Agregat Halus (ASTM C33)	2-10
Tabel 2. 4 Hasil Analisis Sifat Fisik Lumpur Sidoarjo (Lasino dan Setiati, 2017) .	2-11
Tabel 2. 5 Hasil Analisis Kimia Lumpur Sidoarjo (Lasino dan Setiati, 2017).....	2-11
Tabel 2. 6 Uji Suhu Bakar Agregat Lumpur Sidoarjo (Lasino dan Setiati, 2017) ..	2-12
Tabel 2. 7 Hasil Uji Agregat Halus Lumpur Sidoarjo (Lasino dan Setiati, 2017) ..	2-13
Tabel 2. 8 Komposisi Kimia <i>Slag</i> Feronikel (Sugiri, 2005).....	2-16
Tabel 2. 9 Faktor Koreksi Kuat Tekan Silinder Beton (SNI 1974:2011).....	2-21
Tabel 3. 1 Karakteristik <i>Superplasticizer</i> Dynamon SR7.....	3-6
Tabel 3. 2 Rincian Benda Uji	3-8
Tabel 3. 3 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar	3-10
Tabel 3. 4 Hasil Pengujian <i>Specific Gravity</i> Agregat Kasar.....	3-11
Tabel 3. 5 Hasil Pengujian Absorpsi Agregat Kasar	3-12
Tabel 3. 6 Analisa Saringan Variasi Agregat Halus Lumpur Sidoarjo 0%	3-13
Tabel 3. 7 Analisa Saringan Variasi Agregat Halus Lumpur Sidoarjo 10%	3-13
Tabel 3. 8 Analisa Saringan Variasi Agregat Halus Lumpur Sidoarjo 20%	3-14
Tabel 3. 9 <i>Specific Gravity</i> Variasi Agregat Halus Lumpur Sidoarjo 0%.....	3-16
Tabel 3. 10 <i>Specific Gravity</i> Variasi Agregat Halus Lumpur Sidoarjo 10%.....	3-16
Tabel 3. 11 <i>Specific Gravity</i> Variasi Agregat Halus Lumpur Sidoarjo 20%.....	3-16
Tabel 3. 12 Pengujian Absorpsi Variasi Agregat Halus Lumpur Sidoarjo 0%	3-17
Tabel 3. 13 Pengujian Absorpsi Variasi Agregat Halus Lumpur Sidoarjo 10%	3-17
Tabel 3. 14 Pengujian Absorpsi Variasi Agregat Halus Lumpur Sidoarjo 20%	3-18
Tabel 3. 15 Pengujian Berat Isi dengan Variasi Persentase Agregat Halus	3-20
Tabel 3. 16 Hasil Pengujian <i>Specific Gravity Slag</i> Feronikel	3-22
Tabel 3. 17 Hasil Pengujian <i>Specific Gravity Sodium Hidroksida</i> 8M	3-23
Tabel 3. 18 Hasil Pengujian <i>Specific Gravity Sodium Silikat</i>	3-23

Tabel 3. 19 Proporsi Campuran Beton Variasi A	3-25
Tabel 3. 20 Proporsi Campuran Beton Variasi B.....	3-25
Tabel 3. 21 Proporsi Campuran Beton Variasi C.....	3-26
Tabel 4. 1 Berat Isi Beton Variasi A (Lusi 0%).....	4-1
Tabel 4. 2 Berat Isi Beton Variasi B (Lusi 10%)	4-2
Tabel 4. 3 Berat Isi Beton Variasi C (Lusi 20%)	4-2
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi A (Lusi 0%)	4-4
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi B (Lusi 10%)	4-5
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi C (Lusi 20%)	4-6
Tabel 4. 7 Nilai Faktor X/F Variasi A.....	4-8
Tabel 4. 8 Nilai Faktor X/F Variasi B.....	4-9
Tabel 4. 9 Nilai Faktor X/F Variasi C.....	4-10
Tabel 4. 10 Persamaan Regresi Linear Setiap Variasi	4-11
Tabel 4. 11 Persamaan Kuat Tekan Regresi Beton.....	4-12
Tabel 4. 12 Kuat Tekan Regresi dan Faktor Umur terhadap Umur Beton	4-13
Tabel 4. 13 Perbandingan Faktor Umur Setiap Variasi dan PBI '71.....	4-15
Tabel 4. 14 Perhitungan Kuat Tekan Karakteristik Variasi A (Lusi 0%)	4-17
Tabel 4. 15 Perhitungan Kuat Tekan Karakteristik Variasi B (Lusi 10%)	4-17
Tabel 4. 16 Perhitungan Kuat Tekan Karakteristik Variasi C (Lusi 20%)	4-18
Tabel 4. 17 Hasil Kuat Tarik Belah Variasi A (Lusi 0%).....	4-20
Tabel 4. 18 Hasil Kuat Tarik Belah Variasi B (Lusi 10%)	4-20
Tabel 4. 19 Hasil Kuat Tarik Belah Variasi C (Lusi 20%)	4-21
Tabel 4. 20 Koefisien Kuat Tarik Belah Variasi A (Lusi 0%).....	4-22
Tabel 4. 21 Koefisien Kuat Tarik Belah Variasi B (Lusi 10%)	4-23
Tabel 4. 22 Koefisien Kuat Tarik Belah Variasi C (Lusi 20%)	4-23

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Kurva Gradasi Agregat
- Lampiran 2 *Mix Design* Variasi A (Lusi 0%)
- Lampiran 3 *Mix Design* Variasi B (Lusi 10%)
- Lampiran 4 *Mix Design* Variasi C (Lusi 20%)
- Lampiran 5 Hasil *Slump Test*
- Lampiran 6 Hasil Pengukuran Benda Uji Beton
- Lampiran 7 Foto Hasil Pengujian Kuat Tekan
- Lampiran 8 Foto Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah
- Lampiran 9 Perbandingan Penggunaan Plastik Mika dan Oli pada Cetakan Silinder



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang telah umum digunakan dalam berbagai bangunan gedung, jembatan, jalan, dan yang lainnya. Pada umumnya, pembuatan beton dilakukan dengan mencampur agregat kasar (kerikil), agregat halus (pasir), semen portland, air, dan juga bahan tambahan yang bersifat kimiawi yang dapat mempengaruhi proses pembuatan beton, hingga mencapai suatu kesatuan yang homogen. Pada saat ini, beton merupakan salah satu bahan komponen struktur yang paling banyak digunakan karena beton memiliki banyak kelebihan yaitu memiliki kuat tekan tinggi, dapat dicetak dengan mudah di tempat, tahan terhadap temperatur tinggi, dan harga relatif murah dibandingkan material lain. Akan tetapi, dalam proses produksi semen portland, terjadi emisi CO₂ ke udara yang menyumbang 8-10% dari total CO₂ di atmosfer (Suhendro, 2014), sehingga menyebabkan pencemaran udara yang akan meningkatkan efek pemanasan global.

Saat ini, pengurangan penggunaan jumlah semen portland sangatlah penting, sehingga dapat mengurangi efek negatif dari emisi CO₂ yang ditimbulkan dari proses pembuatan semen portland. Teknologi *alkali-activated material* pertama kali diperkenalkan oleh Victor Glukhovsky pada tahun 1957. Kemudian reaksi kimia ini lalu dipopulerkan dan dikembangkan pada tahun 1978 oleh Prof. Joseph Davidovits sebagai beton ramah lingkungan yang dapat menjadi alternatif pengganti bahan semen portland dalam campuran beton. Material yang bersifat pozolan mengandung silika dan alumina digunakan untuk memperkuat ikatan polimerisasi ketika diaktifkan oleh aktivator, sehingga dapat digunakan sebagai bahan pengikat pengganti semen portland. Diantaranya adalah abu terbang (*fly ash*), metakaolin, *slag*, abu sekam, dan lain-lain yang banyak mengandung silika dan alumina. Aktivator yang umumnya digunakan adalah *Sodium Hidroksida* (NaOH) dan *Sodium Silikat* (Na₂SiO₃).

Dalam upaya mengurangi penggunaan semen portland dan juga untuk mengurangi limbah industri yang ada. Salah satu produk sekunder yang paling banyak dihasilkan dan mengandung bahan silika adalah *Ferronickel Slag* (FNS) yang selanjutnya akan disebut sebagai *slag*. *Ferronickel slag* merupakan salah satu limbah padat dari hasil penambangan dan proses pengolahan biji nikel. *Silikon Dioksida* (SiO_2), *Alumunium Oksida* (Al_2O_3) serta *Ferri Oksida* (Fe_2O_3) merupakan senyawa penyusun paling banyak dari *ferronickel slag*, senyawa-senyawa tersebut sangat berperan dalam memperkuat ikatan polimerisasi saat diaktifkan dengan aktivator.

Peristiwa semburan dan luapan lumpur panas di Porong Sidoarjo sejak tahun 2006 merupakan bencana alam yang sampai saat ini belum bisa teratasi. Luapan lumpur Sidoarjo diakibatkan karena kegagalan teknis saat pengeboran minyak bumi dan gas oleh PT Lapindo Brantas. Lumpur sidarjo ini telah membawa dampak dan kerugian yang sangat besar bagi masyarakat sekitar dan juga Indonesia. Oleh karena itu, pemerintah melakukan upaya pemanfaatan lumpur Sidoarjo melalui Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Pemukiman (PUSKIM) untuk menciptakan agregat ringan buatan yang dapat menjadi pengganti agregat alami pada campuran beton. Dengan unsur silika dan alumina yang terkandung dalam lumpur Sidoarjo dikembangkan menjadi agregat kasar dan halus ringan melalui proses pembakaran sehingga diperoleh suatu butiran yang ringan, kuat dan stabil, serta dapat digunakan untuk agregat dalam pembuatan beton ringan (BSN 2014).

Melalui penelitian ini, akan dipelajari tentang pengaruh dari penggantian sebagian agregat halus dengan agregat halus lumpur Sidoarjo dengan berbagai variasi percobaan. Pemanfaatan lumpur Sidoarjo sebagai pengganti agregat halus diharapkan dapat mengurangi eksploitasi alam yang berlebihan dari pengerukan pasir alami dan juga dapat mengurangi luapan lumpur Sidoarjo yang sampai saat ini belum terselesaikan. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut tentang masalah ini.

1.2 Inti Permasalahan

Inti permasalahan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh penggunaan agregat halus lumpur Sidoarjo sebagai pengganti sebagian agregat halus terhadap kuat tekan

dan kuat tarik belah dari beton *alkali-activated* dengan bahan dasar *ferronickel slag* (FNS) yang menggunakan aktivator *Sodium Hidroksida* (NaOH) dan *Sodium Silikat* (Na_2SiO_3). Pengujian dilakukan dengan menggunakan variasi penggantian sebagian agregat halus buatan berbahan dasar agregat halus lumpur Sidoarjo.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh penggantian sebagian agregat halus dengan agregat halus lumpur Sidoarjo terhadap beton *alkali-activated slag*.
2. Mengetahui kuat tekan pada beton *alkali-activated* pada umur 7, 14, dan 28 hari.
3. Mengetahui perkembangan kuat tekan beton *alkali-activated slag* terhadap umur uji.
4. Mengetahui kuat tarik belah beton *alkali-activated slag* pada umur 28 hari.
5. Mengetahui kuat tekan dan kuat tarik belah optimum dengan variasi penggantian sebagian pasir dengan agregat halus lumpur Sidoarjo.

1.4 Pembatasan Masalah

Pembatasan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan campuran menggunakan metode volume absolut.
2. Agregat halus berbahan dasar lumpur Sidoarjo dengan ukuran butir <1.18 mm sebagai pengganti agregat halus alami.
3. Variasi persentase penggantian agregat halus dengan lumpur Sidoarjo yaitu 0%, 10%, dan 20%.
4. Agregat halus menggunakan pasir alami Galunggung dengan lolos saringan No.4 (4.75 mm).
5. Agregat kasar menggunakan batu pecah alami Lagadar dengan rentang ukuran butir (4,75 mm – 19 mm).

6. *Slag* yang digunakan merupakan *ferronickel slag* (FNS) yang sudah dihaluskan lolos saringan No. 200 (0,075 mm).
7. Larutan aktivator yang digunakan adalah *Sodium Silikat* (Na_2SiO_3) dan *Sodium Hidroksida* (NaOH) dengan molaritas 8 M.
8. Perbandingan *Sodium Hidroksida* (NaOH) : *Sodium Silikat* (Na_2SiO_3) = 1 : 2.
9. Variasi rasio cairan terhadap padatan (*slag*) (*alkali liquid-to-solid ratio*) (AL/b) = 0.5
10. Perbandingan agregat halus terhadap agregat kasar = 0.54 : 0.46 (Kadar agregat halus ditentukan berdasarkan berat isi optimum).
11. Volume pasta beton ditetapkan sebesar 35% m^3/m^3
12. Pengujian kuat tekan beton menggunakan benda uji silinder berdimensi 100 mm \times 200 mm pada umur 7, 14, dan 28 hari sebanyak 3 buah untuk masing-masing umur. Pengujian kuat tekan menggunakan alat Compression Testing Machine (CTM).
13. Pengujian kuat tarik belah beton menggunakan benda uji silinder berdimensi 100 mm \times 200 mm pada umur 28 hari sebanyak 3 buah. Pengujian kuat tarik belah menggunakan alat Compression Testing Machine (CTM).

Tabel 1. 1 Jumlah Benda Uji

Jenis Pengujian	Umur (Hari)	Kadar Agregat Halus Lumpur Sidoarjo (%)	Jumlah Benda Uji	Total Benda Uji
Kuat Tekan (Silinder 100 x 200 mm)	7	0	3	9
		10	3	
		20	3	
	14	0	3	9
		10	3	
		20	3	
	28	0	3	9
		10	3	
		20	3	
Kuat Tarik Belah (Silinder 100 x 200 mm)	28	0	3	9
		10	3	
		20	3	
Jumlah Total Benda Uji				36

1.5 Metode Penelitian

Berikut merupakan metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini:

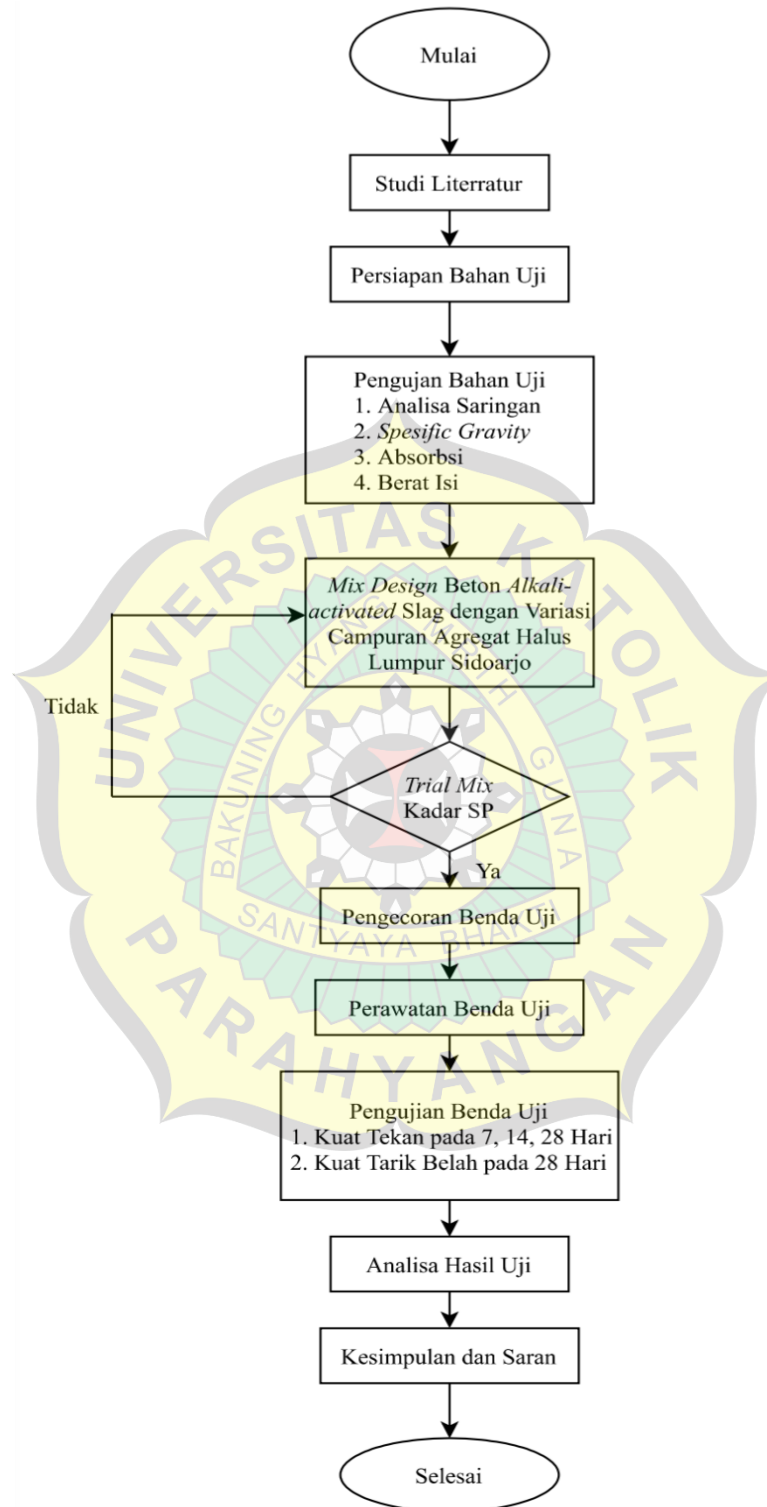
1. Studi Literatur

Studi literatur adalah teknik pengumpulan sumber data, informasi, maupun teori untuk menunjang studi eksperimental. Selain itu dapat dijadikan pembandingan dengan hasil uji eksperimental. Bahan studi literatur yang digunakan sebagai sumber data adalah jurnal ilmiah, *paper*, buku, catatan, internet, skripsi pembandingan dan sebagainya. Studi literatur dilakukan sebagai acuan untuk mendapat gambaran menyeluruh mengenai penelitian yang akan dilakukan.

2. Studi Eksperimental

Studi eksperimental dilakukan di Labortorium Teknik Struktur Universitas Katolik Parahyangan. Studi eksperimental dilakukan dari tahap uji karakteristik material, tahap pembuatan benda uji, tahap perawatan sampai dengan pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah. Pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton *alkali-activated* dengan pengganti sebagian agregat halus dengan agregat halus lumpur Sidoarjo menggunakan alat uji Compression Testing Machine (CTM).

1.6 Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. 1 Diagram Alir Penelitian

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

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

BAB 2 DASAR TEORI

Bab ini membahas tentang landasan teori dimana akan membahas tentang dasar teori yang akan di gunakan dalam penulisan skripsi.

BAB 3 PERSIAPAN DAN PELAKSANAAN PENGUJIAN

Bab ini membahas tentang persiapan pengujian, pelaksanaan pengujian, dan pencatatan hasil pengujian.

BAB 4 ANALISIS HASIL PENGUJIAN

Bab ini akan menghasilkan data dan membahas analisis tentang hasil pengujian serta perbandingan dari hasil pengujian.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari keseluruhan penulisan yang berasal dari hasil analisis perhitungan serta berisi saran yang dapat disimpulkan dari pengujian yang telah dilakukan.

