

SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMENTAL BETON GEOPOLIMER
BERBAHAN DASAR *SLAG* DENGAN AGREGAT
KASAR BETON DAUR ULANG**



TIMOTHY HARTONO

NPM: 2014410007

PEMBIMBING: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)**

BANDUNG

DESEMBER 2017

SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMENTAL BETON GEOPOLIMER
BERBAHAN DASAR *SLAG* DENGAN AGREGAT
KASAR BETON DAUR ULANG**



TIMOTHY HARTONO

NPM : 2014410007

BANDUNG, 18 DESEMBER 2017

PEMBIMBING

Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)
BANDUNG
DESEMBER 2017**

PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini,

Nama lengkap : Timothy Hartono

NPM : 2014410007

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul : *Studi Eksperimental Beton Geopolimer Berbahan Dasar Slag Dengan Agregat Kasar Beton Daur Ulang* adalah karya ilmiah yang bebas plagiat. Jika dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Bandung, 18 Desember 2017


Timothy Hartono

2014410007

STUDI EKSPERIMENTAL BETON GEOPOLIMER BERBAHAN DASAR *SLAG* DENGAN AGREGAT KASAR BETON DAUR ULANG

Timothy Hartono
NPM : 2014410007

Pembimbing : Dr Johannes Adhijoso Tjondro

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)
BANDUNG
DESEMBER 2017

ABSTRAK

Beton adalah bahan yang umum digunakan sebagai bahan bangunan, salah satu bahan baku pembuatan beton adalah semen. Penggunaan semen menyebabkan masalah lingkungan karena proses pembuatan semen melepaskan gas CO₂ dan menimbulkan polusi udara. Salah satu alternatif yang dapat dilakukan adalah mengganti penggunaan semen dengan material limbah lain yaitu *slag* dengan menggunakan alkali sebagai aktivator. Penggunaan batu alam serta limbah beton juga menimbulkan masalah lingkungan. Penyelesaian masalah ini adalah dengan menggunakan beton daur ulang sebagai agregat kasar pengganti batu alam. Campuran dari *slag*, agregat kasar daur ulang, agregat halus dan aktivator disebut sebagai beton geopolimer.

Pada studi eksperimental ini, akan diteliti kekuatan beton geopolimer yang menggunakan *slag* yang diaktifkan dengan 3 variasi molaritas *Sodium Hidroksida* (NaOH) yaitu 8M, 10M, dan 12M. Parameter yang ditinjau dari beton geopolimer adalah kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat geser. Kuat tekan menggunakan benda uji silinder berukuran 50 mm x 100 mm sebanyak 36 benda uji untuk pengujian 7,14,21 dan 28 hari serta benda uji silinder berukuran 100 mm x 200 mm sebanyak 9 benda uji untuk pengujian 28 hari. Kuat tarik belah menggunakan benda uji silinder berukuran 50 mm x 100 mm sebanyak 9 benda uji untuk pengujian 28 hari. Kuat geser menggunakan benda uji balok berukuran 50 mm x 100 mm x 150 mm sebanyak 9 benda uji untuk pengujian 28hari.

Dari hasil pengujian benda uji 50 mm x 100 mm umur 28 hari dengan variasi molar 8M, 10M dan 12M didapatkan: kuat tekan rata-rata masing-masing adalah 14,532 MPa, 15,831 MPa dan 14,774 MPa, sedangkan kuat tekan karakteristiknya masing-masing adalah 11,323 MPa, 9,603 MPa dan 10,959 MPa. Kuat tekan rata-rata benda uji 100 mm x 200 mm dengan variasi molar 8M, 10M dan 12M masing-masing adalah 13,271 MPa, 12,307 MPa dan 20,807 MPa. Kuat tarik belah pada variasi molar 8M,10M dan 12M masing-masing adalah 1,273 MPa, 2,19 MPa dan 1,555 MPa. Kuat geser pada variasi molar 8M, 10M dan 12M masing-masing adalah 2,002 MPa, 1,839 MPa dan 2,195 MPa. Kuat tekan serta kuat geser optimum terjadi pada variasi molar 12M sedangkan kuat tarik belah optimum terjadi pada variasi molar 10M.

Kata kunci: beton geopolimer, *slag*, *sodium hidroksida*, kuat tekan, kuat tarik belah, kuat geser.

EXPERIMENTAL STUDY ON SLAG BASED GEOPOLYMER CONCRETE USING RECYCLED COARSE AGGREGATE

Timothy Hartono
NPM : 2014410007

Advisor : Dr Johannes Adhijoso Tjondro

PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
(Accredited by SK BAN-PT No 227/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)
BANDUNG
DESEMBER 2017

ABSTRACT

Concrete is commonly used as a building material, cement is one of the material for making concrete. However the use of cement causes environmental problems. The process of making cement releases CO₂ causing air pollution. One alternative that can be done is to replace the use of cement with other waste material such as *slag* by using alkali activator. The use of natural stone and waste of concrete also cause environmental problems. The alternative to solve this problem is to use recycled concrete aggregate to replace the natural aggregate. The mixture of slag, recycled coarse aggregates, fine aggregates and activators become geopolymer concrete.

In this experimental study, the strength of geopolymer concrete using slag activated with 3 molar variations of Sodium Hydroxide (NaOH) of 8M, 10M and 12M will be observed. The parameters observed from the geopolymer concrete are compressive strength, tensile strength and shear strength. The concrete's compressive strength will be tested using 36 cylindrical specimens of 50 mm x 100 mm, tested at 7,14,21 and 28 days. As well as 9 cylindrical specimens of 100 mm x 200 mm tested at 28 days age. Tensile strength using 9 cylindrical specimens of 50 mm x 100 mm, and shear strength using 9 beam specimens of 50 mm x 100 mm x 150mm tested at 28 days.

The test result showed for 50 mm x 100 mm cylindrical specimens at 28th days with 8M, 10M and 12M molar variations: the average compressive strength are 14,532 MPa, 15,831 MPa and 14,774 MPa, while the compressive characteristic strength are 11,323 MPa, 9,603 MPa and 10,959 MPa respectively. For the average compressive strength on the 100 mm x 200 mm cylindrical specimens with 8M, 10M and 12M molar variations are 13,271 MPa, 12,307 MPa and 20,807 MPa respectively. Tensile strength with 8M, 10M and 12M molar variations are 1,273 MPa, 2,19 MPa and 1,555 MPa respectively. Shear strength for 8M, 10M and 12M molar variations are 2,002 MPa, 1,839 MPa and 2,195 MPa respectively. The compressive strength and optimum shear strength occurred at 12M molar variation while the optimum tensile strength occurred at 10M molar variation.

Keywords: geopolymer concrete, slag, sodium hydroxide, compressive strength, tensile strength, shear strength.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas berkat dan penyertaan-Nya selama penulis menjalankan penyusunan skripsi yang berjudul *Studi Eksperimental Beton Geopolimer Berbahan Dasar Slag Dengan Agregat Kasar Beton Daur Ulang* hingga akhirnya dapat diselesaikan dengan baik. Penyusunan skripsi ini merupakan syarat kelulusan studi S-1 Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung tempat penulis menjalankan studinya.

Proses penyusunan skripsi ini tidak lepas dari berbagai masalah. Oleh karena itu penulis sangat berterima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis selama ini. Untuk itu penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

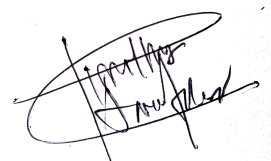
1. Dr. Johannes Adhijoso Tjondro selaku dosen pembimbing yang selalu membantu dan membimbing serta memberi masukan dan saran selama proses pembuatan skripsi ini.
2. Ibu Buen Sian, Ir., M.T. dan Bapak Altho Sagara, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan banyak masukan dan saran.
3. Bapak Adang selaku perwakilan dari PT. Purna Baja Heckett yang telah memberikan *slag* untuk penelitian ini.
4. Orang tua penulis serta keluarga penulis yang selalu mendoakan dan memberikan dorongan pada penulis.
5. Liesly dan keluarga yang senantiasa membantu dalam persiapan, pengujian, dan penyusunan skripsi ini.
6. Felicia yang senantiasa mendukung penulis dalam persiapan, pengujian hingga penyusunan skripsi ini.
7. Bapak Nana yang membantu proses penghalusan *slag* hingga jumlahnya cukup untuk digunakan dalam penelitian.
8. Teman seperjuangan, Joey dan Ryan yang senantiasa saling membantu dalam suka dan duka dalam melaksanakan proses pengujian dan penyusunan skripsi.

9. Bapak Ir. Teguh Farid dan Bapak Markus Didi yang banyak membantu dan memberi arahan dalam persiapan bahan, pembuatan benda uji, dan uji eksperimental di laboratorium.
10. Keluarga BI 21, Rio, Jojo, Theo, Alvin, Lisa, Billy, Iip, Laras, Cathy, Andra dan yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang mendorong dan membantu penulis dalam proses penyusunan skripsi ini.
11. Teman-teman, Fiona, Amel, Hafiz, AP, KW dan yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang mendorong dan membantu penulis dalam proses penyusunan skripsi ini.
12. Jojo dan Theo yang meminjamkan laptop kepada penulis disaat laptop penulis rusak hingga penyusunan ini selesai.
13. Sipil 2014 atas kebersamaannya selama studi di UNPAR.
14. Semua pihak yang telah membantu dan mendoakan yang tak bisa disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Penulis menerima segala bentuk saran dan kritik yang membangun dan berharap skripsi ini dapat berguna untuk penelitian dan penerapan kelak di masa yang akan datang.

Bandung, 18 Desember 2017

Penulis,



Timothy Hartono

2014410007

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1-1
1.1. Latar Belakang Masalah	1-1
1.2. Inti Permasalahan	1-3
1.3. Tujuan Penelitian	1-3
1.4. Pembatasan Masalah	1-4
1.5. Metode Penelitian	1-6
1.6. Sistematika Penulisan	1-7
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	2-1
2.1. Beton	2-1
2.2. Beton Geopolimer	2-2
2.3. Material	2-3
2.3.1 Air	2-3
2.3.2 Agregat Kasar Beton Daur Ulang	2-4
2.3.3 Agregat Halus	2-5
2.3.4 <i>Slag</i>	2-5
2.3.5 Aktivator	2-8

2.3.6	<i>Superplasticizer</i>	2-9
2.4	Metode Pengujian Beton Geopolimer	2-9
2.4.1	Kuat Tekan Beton Geopolimer	2-10
2.4.2	Kuat Tarik Belah Beton Geopolimer	2-10
2.4.3	Kuat Geser Beton Geopolimer	2-11
2.5	Metode Perawatan Beton Geopolimer	2-11
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.....	3-4
3.2	Pengujian Bahan Uji.....	3-5
3.2.1	Pengujian Agregat Kasar.....	3-5
3.2.2	Pengujian Agregat Halus.....	3-10
3.2.3	Pengujian <i>Slag</i>	3-15
3.3	<i>Mix Design</i> Beton Geopolimer.....	3-17
3.3.1	Penentuan Komposisi Aktivator.....	3-17
3.3.2	Penentuan Komposisi Beton Geopolimer	3-18
3.3.3	Penentuan Berat Jenis Geopolimer	3-22
3.4	Prosedur Pelaksanaan Pengecoran Beton Geopolimer.....	3-22
3.4.1	Pembuatan Larutan Aktivator	3-22
3.4.2	Pencampuran Bahan dan Pengecoran	3-24
3.4.3	Perawatan / <i>Curing</i>	3-27
3.5	Proses Pengujian Benda Uji	3-27
3.5.1	Uji Kuat Tekan Beton Geopolimer	3-27
3.5.2	Uji Kuat Tarik Belah Beton Geopolimer	3-31
3.5.3	Uji Kuat Geser Beton Geopolimer	3-34

BAB 4 ANALISIS HASIL PENGUJIAN	4-1
4.1 Analisis Hasil Uji Kuat Tekan	4-1
4.1.1 Analisis Faktor Umur Beton Geopolimer	4-1
4.1.2 Analisis Kuat Tekan Beton Geopolimer Umur 28 Hari	4-11
4.1.3 Analisis Pengaruh Molaritas NaOH Terhadap Kuat Tekan.....	4-13
4.2 Analisis Hasil Uji Kuat Tarik Belah	4-18
4.2.1 Analisis Kuat Tarik Belah Beton Geopolimer	4-18
4.2.2 Analisis Pengaruh Molaritas NaOH Terhadap Kuat Tarik Belah.	4-21
4.3 Analisis Hasil Kuat Geser	4-22
4.3.1 Analisis Kuat Geser Beton Geopolimer.....	4-22
4.3.2 Analisis Pengaruh Molaritas NaOH Terhadap Kuat Geser	4-25
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	5-1
5.1 Kesimpulan	5-1
5.2 Saran	5-2
DAFTAR PUSTAKA	6-1
LAMPIRAN 1	L1-1
LAMPIRAN 2	L2-1
LAMPIRAN 3	L3-1
LAMPIRAN 4	L4-1
LAMPIRAN 5	L5-1

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

α	=	Koefisien kuat tarik belah	
f_c	=	Kuat tekan beton	(MPa)
f'_c	=	Kuat tekan karakteristik beton	(MPa)
f_{ct}	=	Kuat tarik beton	(MPa)
f_v	=	Kuat geser beton	(MPa)
A	=	Luas permukaan benda uji tertekan	(mm ²)
Ar	=	Massa atom relatif	
C	=	Gaya tekan beton	(N)
D	=	Diameter benda uji	(mm)
L	=	Panjang benda uji	(mm)
n	=	Mol	
M	=	Molaritas	(M)
Mr	=	Massa atom relatif unsur	
P	=	Beban	(N)
V	=	Volume benda uji	(mm ²)
ACI	=	<i>American Concrete Institute</i>	
AD	=	<i>Air Dry</i>	
Al	=	Aluminium	
Al ₂ O ₃	=	Aluminium Oksida	
ASTM	=	<i>American Society for Testing and Material</i>	
CaO	=	Kalsium Oksida	
Cl	=	Klorida	
CO ₂	=	Karbon Dioksida	
CTM	=	<i>Compression Testing Machine</i>	
H	=	Hidrogen	
H ₂ O	=	Air	
K ₂ CO ₃	=	<i>Pottasium Carbonate</i>	
LOI	=	<i>Loss of Ignition Method</i>	

Na_2CO_3	=	<i>Sodium Carbonate</i>
NaOH	=	<i>Sodium Hidroksida</i>
$\text{NaOH}_{(\text{aq})}$	=	<i>Sodium Hidroksida (aqueous)</i>
$\text{NaOH}_{(\text{s})}$	=	<i>Sodium Hidroksida (solid)</i>
Na_2SiO_3	=	<i>Sodium Silikat</i>
O	=	Oksigen
OD	=	<i>Oven Dry</i>
PBI	=	Peraturan Beton Indonesia
SCC	=	<i>Self Compacting Concrete</i>
SG	=	<i>Specific Gravity</i>
Si	=	Silika
SiO_2	=	Silikat Dioksida
SNI	=	Standar Nasional Indonesia
SP	=	<i>Superplasticizer</i>
SSD	=	<i>Saturated Surface Dry</i>

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Diagram Alir Penelitian.....	1-8
Gambar 3. 1 Gradasi Agregat Halus.....	3-1
Gambar 3. 2 Agregat Kasar Daur Ulang	3-2
Gambar 3. 3 <i>Slag</i> yang Digunakan Sebagai <i>Binder</i>	3-2
Gambar 3. 4 Air dan NaOH Padat.....	3-3
Gambar 3. 5 <i>Sodium Silikat</i> Dalam Kemasan	3-3
Gambar 3. 6 Sika <i>Viscocrete</i> 3115-N	3-4
Gambar 3. 7 Agregat Kasar Keadaan Asli	3-6
Gambar 3. 8 Agregat Kasar Keadaan Oven Dry	3-6
Gambar 3. 9 Agregat Kasar Keadaan Oven Dry	3-7
Gambar 3. 10 Pengujian <i>Specific Gravity</i>	3-7
Gambar 3. 11 Sampel Kering Oven Uji <i>Silt and Clay</i>	3-8
Gambar 3. 12 Sampel Kering Oven Setelah Dilakukan Pengujian	3-9
Gambar 3. 13 Pengujian Berat Isi Agregat Kasar	3-9
Gambar 3. 14 Agregat Halus Keadaan Asli	3-10
Gambar 3. 15 Agregat Halus Kering Oven	3-11
Gambar 3. 16 Proses Pengujian <i>Silt and Clay</i> Agregat Halus.....	3-11
Gambar 3. 17 Benda Uji <i>Silt and Clay</i> Sebelum di Oven	3-12
Gambar 3. 18 Agregat Halus Keadaan SSD.....	3-13
Gambar 3. 19 Agregat Halus Kering Oven	3-13
Gambar 3. 20 Bahan dan Peralatan Uji <i>Specific Gravity</i>	3-14
Gambar 3. 21 Gelas Ukur Berisi Air 500 ml.....	3-14
Gambar 3. 22 Proses Pengujian Berat Isi Agregat Halus	3-15
Gambar 3. 23 1/5 Bagian <i>Slag</i> Dalam Piknometer.....	3-16
Gambar 3. 24 <i>Slag</i> dan Air Destilasi Dalam Piknometer	3-16
Gambar 3. 25 <i>Slag</i> dan Air Destilasi Setelah 30 Menit dalam Piknometer.....	3-17
Gambar 3. 26 Bahan Pembuatan Larutan NaOH	3-23
Gambar 3. 27 NaOH _(aq) untuk Pembuatan Aktivator	3-23
Gambar 3. 28 Larutan Aktivator Setelah 24 Jam	3-24
Gambar 3. 29 Persiapan Bahan.....	3-25

Gambar 3. 30	Cetakan yang Digunakan Dalam Penelitian Ini	3-25
Gambar 3. 31	Pencampuran <i>Slag</i> dengan Agregat Halus	3-25
Gambar 3. 32	Campuran Beton Sebelum Dimasukkan <i>Superplasticizer</i>	3-26
Gambar 3. 33	Metode Perawatan Beton Dengan Membran	3-27
Gambar 3. 34	Benda Uji Kuat Tekan Beton	3-28
Gambar 3. 35	Pengujian Kuat Tekan Beton	3-28
Gambar 3. 36	Nilai Beban Maksimum Uji Kuat Tekan Beton	3-29
Gambar 3. 37	Hasil Uji Kuat Tekan Beton	3-29
Gambar 3. 38	Benda Uji Kuat Tarik Belah Beton	3-32
Gambar 3. 39	Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	3-32
Gambar 3. 40	Nilai Beban Maksimum Uji Kuat Tarik Belah Beton	3-32
Gambar 3. 41	Hasil Uji Kuat Tarik Belah Beton	3-33
Gambar 3. 42	Benda Uji yang Masih Dalam Perawatan	3-34
Gambar 3. 43	Benda Uji yang Siap Diuji	3-35
Gambar 3. 44	Pengujian Kuat Geser	3-35
Gambar 3. 45	Pembacaan Grafik Pada Alat UTM	3-35
Gambar 4. 1	Grafik Perbandingan X/f_c Terhadap umur Uji Beton 8M	4-2
Gambar 4. 2	Grafik Perbandingan X/f_c Terhadap Umur Uji Beton 10M	4-3
Gambar 4. 3	Grafik Perbandingan X/f_c Terhadap Umur Uji Beton 12M	4-4
Gambar 4. 4	Grafik Kuat Tekan Perkembangan Umur Terhadap Umur Uji	4-7
Gambar 4. 5	Grafik Estimasi Kuat Tekan Beton 8M	4-8
Gambar 4. 6	Grafik Estimasi Kuat Tekan Beton 10M	4-9
Gambar 4. 7	Grafik Estimasi Kuat Tekan Beton 12M	4-10
Gambar 4. 8	Perbandingan Kuat Tekan Beton Untuk Setiap Variasi	4-12
Gambar 4. 9	Grafik Kuat Tekan Rata-Rata Benda Uji 100/200 Umur 28 Hari	4-13
Gambar 4. 10	Grafik Kuat Tekan Rata-Rata Benda Uji 50/100 Umur 28 Hari	4-14
Gambar 4. 11	Grafik Kuat Tekan Karakteristik Terhadap Variasi Molaritas	4-14
Gambar 4. 12	Grafik Kuat Tarik Beton 8M	4-19
Gambar 4. 13	Grafik Kuat Tarik Beton 10M	4-20
Gambar 4. 14	Grafik Kuat Tarik Beton 12M	4-21
Gambar 4. 15	Grafik Kuat Tarik Belah Rata-Rata Terhadap Variasi Molaritas	4-22
Gambar 4. 16	Grafik Kuat Geser Beton 8M	4-23

Gambar 4. 17	Grafik Kuat Geser Beton 10M.....	4-24
Gambar 4. 18	Grafik Kuat Geser Beton 12M.....	4-25
Gambar 4. 19	Grafik Kuat Geser Rata-Rata Terhadap Variasi Molar	4-26

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Variasi Benda Uji	1-5
Tabel 2. 1 Klasifikasi Berdasarkan Berat	2-1
Tabel 2. 2 Klasifikasi Berdasarkan Kuat Tekan	2-1
Tabel 2. 3 Rentang Komposisi Unsur Kimia <i>Slag</i>	2-6
Tabel 3. 1 Komposisi Aktivator, <i>Slag</i> , Agregat Kasar dan Halus	3-20
Tabel 3. 2 Komposisi NaOH _(l) , NaOH _(s) , dan Air	3-21
Tabel 3. 3 Komposisi NaOH(l), Na ₂ SiO ₃ , dan Aktivator	3-21
Tabel 3. 4 Komposisi <i>Slag</i> dan <i>Superplasticizer</i>	3-21
Tabel 3. 5 Hasil Pengujian Benda Uji A-7C#, A-14C#, A-21C# dan A-28C# ..	3-29
Tabel 3. 6 Hasil Pengujian Benda Uji B-7C#, B-14C#, B-21C# dan B-28C# ..	3-30
Tabel 3. 7 Hasil Pengujian Benda Uji C-7C#, C-14C#, C-21C# dan C-28C# ..	3-30
Tabel 3. 8 Hasil Pengujian Benda Uji A-28C	3-31
Tabel 3. 9 Hasil Pengujian Benda Uji B-28C	3-31
Tabel 3. 10 Hasil Pengujian Benda Uji C-28C	3-31
Tabel 3. 11 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Geopolimer A-28T	3-33
Tabel 3. 12 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Geopolimer B-28T	3-33
Tabel 3. 13 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Geopolimer C-28T	3-34
Tabel 3. 14 Hasil Pengujian Kuat Geser Beton Geopolimer A-28S	3-36
Tabel 3. 15 Hasil Pengujian Kuat Geser Beton Geopolimer B-28S	3-36
Tabel 3. 16 Hasil Pengujian Kuat Geser Beton Geopolimer C-28S	3-36
Tabel 4. 1 Tabel X/fc Beton 8M	4-2
Tabel 4. 2 Nilai Faktor X/fc Beton 10M	4-3
Tabel 4. 3 Nilai Faktor X/fc Beton 12M	4-4
Tabel 4. 4 Persamaan kuat Tekan Regresi	4-5
Tabel 4. 5 Kuat Tekan Regresi dan Faktor Umur 8M	4-6
Tabel 4. 6 Kuat Tekan Regresi dan Faktor Umur 10M	4-6
Tabel 4. 7 Kuat Tekan Regresi dan Faktor Umur 12M	4-6
Tabel 4. 8 Kuat Tekan Karakteristik Beton 8M	4-8
Tabel 4. 9 Kuat Tekan Karakteristik Beton 10M	4-9
Tabel 4. 10 Kuat Tekan Karakteristik Beton 12M	4-10

Tabel 4. 11 Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari	4-11
Tabel 4. 12 Massa Jenis Beton 50/100 Variasi 8M.....	4-16
Tabel 4. 13 Massa Jenis Beton 50/100 Variasi 10M.....	4-16
Tabel 4. 14 Massa Jenis Beton 50/100 Variasi 12M.....	4-17
Tabel 4. 15 Massa Jenis Beton 100/200	4-17
Tabel 4. 16 Kuat Tarik dan Koefisien Tarik Rata-Rata Beton 8M	4-18
Tabel 4. 17 Kuat Tarik dan Koefisien Tarik Rata-Rata Beton 10M	4-19
Tabel 4. 18 Kuat Tarik dan Koefisien Tarik Rata-Rata Beton 12M	4-20
Tabel 4. 19 Kuat Geser dan Koefisien Tarik Rata-Rata Beton Variasi 8M	4-23
Tabel 4. 20 Kuat Geser dan Koefisien Tarik Rata-Rata Beton Variasi 10M	4-24
Tabel 4. 21 Kuat Geser dan Koefisien Tarik Rata-Rata Beton Variasi 12M	4-25

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Laju pertumbuhan penduduk meningkat sangat pesat pada awal abad ke-21 ini. Menurut *Population Reference Bureau*, jumlah populasi dunia pada tahun 2000 adalah sekitar 6,1 milyar sedangkan pada tahun 2017 jumlah populasi dunia meningkat menjadi 7,5 milyar. Peningkatan sebesar 23% ini terjadi hanya dalam kurun waktu 17 tahun. Pertumbuhan penduduk tersebut sangat erat kaitannya dengan pembangunan tempat tinggal, infrastruktur serta berbagai sarana lainnya karena merupakan salah satu kebutuhan primer manusia. Hingga saat ini, material utama yang biasa digunakan untuk pembangunan adalah beton, baja dan kayu. Namun dari ketiganya, beton adalah material yang paling banyak digunakan. Hal ini dikarenakan bahan campuran beton yang mudah didapat dan memiliki banyak kelebihan yaitu tahan terhadap temperatur yang tinggi, tahan api, kuat tekan yang tinggi, serta mudah dibentuk.

Beton pada umumnya terbuat dari pencampuran semen, agregat halus berupa pasir, agregat kasar berupa kerikil serta air. Proses pembuatan semen yang merupakan bahan utama campuran beton menyebabkan pemanasan global. Penggunaan bahan bakar karbon intensif seperti batubara dalam pembuatan klinker menyebabkan industri semen sebagai sumber utama emisi gas karbondioksida (CO_2) karena selain mengonsumsi energi, proses pembuatan klinker melepaskan gas CO_2 selama kalsinasi (Michael Taylor et al, 2006). Menurut *National Ready Mixed Concrete Association*, 50% hingga 60% gas CO_2 pada proses pembuatan semen dihasilkan pada saat proses kalsinasi sedangkan sisanya dihasilkan dari pembakaran batubara. Produksi 1 ton semen menghasilkan 0,55 ton CO_2 dari reaksi kimia kalsinasi serta 0,44 ton CO_2 dari reaksi pembakaran batubara sehingga dapat dikatakan bahwa produksi 1 ton semen menghasilkan 1 ton CO_2 (Davidovits, 2004).

Agregat kasar merupakan bahan campuran dari beton yang memiliki persentase paling besar. Jumlahnya berkisar antara 30% hingga 60% dari total volume beton. Pada umumnya, agregat kasar yang digunakan dalam campuran beton merupakan agregat kasar yang berasal dari batuan alami. Hal ini juga menjadi perhatian publik karena kebutuhan beton akibat pembangunan bertambah, tetapi sumber daya alam khususnya batuan alami semakin menipis. Di sisi lain, beton merupakan salah satu penghasil limbah konstruksi terbanyak. Menurut *Environmental Protection Agency* (EPA), sekitar 578 juta ton beton diproduksi pada tahun 2011 dan sekitar 200 juta ton limbah beton dihasilkan dari proses konstruksi.

Alternatif yang dapat dilakukan untuk menanggulangi permasalahan semen adalah penggunaan binder yang dihasilkan dari produk sekunder yang mengandung bahan silikat dan dapat diaktifkan dengan alkali (Gjorv, 1989). Salah satu produk sekunder yang paling banyak dihasilkan dan mengandung bahan silikat adalah *granulated blast furnace slag* (GBFS) yang selanjutnya akan disebut sebagai *slag*. Menurut ACI 233R-03, GBFS adalah bahan butiran dengan tekstur seperti kaca yang terbentuk pada saat terak bersuhu sangat tinggi dari tanur pembakaran baja didinginkan secara cepat, seperti dengan cara dicelupkan dalam air. Namun GBFS perlu dihaluskan terlebih dahulu agar dapat dijadikan *binder* pada pembuatan beton. GBFS yang telah dihaluskan ini disebut *ground granulated blast furnace slag* (GGBFS). Komposisi dari material *slag* yang paling banyak adalah *Silikon Dioksida* (SiO_2), *Aluminium Oksida* (Al_2O_3) serta *Kalsium Oksida* (CaO) yaitu senyawa-senyawa yang berperan dalam memperkuat ikatan polimerisasi pada saat diaktifkan oleh aktivator.

Terdapat dua metode untuk pengaktifan *slag* yaitu dengan menggunakan alkali tingkat rendah dan dengan alkali tingkat tinggi. Meskipun keduanya dapat digunakan, namun alkali tingkat tinggi seperti *Sodium Hidroksida* (NaOH), *Sodium Sulfat* (NaSO_4) dan *Sodium Karbonat* (Na_2CO_3) merupakan senyawa yang efektif untuk pengaktifan *slag* (Collins & Sanjayan, 1998; Li Yongdae & Sun Yao, 2000; Song, et al., 2000). Sedangkan pada umumnya, campuran antara senyawa *Sodium Hidroksida* (NaOH) dan *Sodium Silikat* (Na_2SiO_3) adalah larutan yang paling sering digunakan sebagai aktivator dari *slag*.

Alternatif yang dapat dilakukan untuk menanggulangi permasalahan agregat kasar batuan alami adalah dengan menggunakan agregat kasar dari beton daur ulang. Penggunaan agregat kasar beton daur ulang ini akan mengurangi limbah konstruksi beton sekaligus mengurangi penggunaan batuan alami yang kian menipis. Dari latar belakang di atas, penelitian beton geopolimer dengan agregat kasar beton daur ulang akan dilakukan dengan uji eksperimental. Beton geopolimer yang dimaksud menggunakan binder *slag* dengan aktivator *Sodium Hidroksida* (NaOH) dan *Sodium Silikat* (Na₂SiO₃).

1.2 Inti Permasalahan

Inti permasalahan dari penelitian ini adalah mengetahui kekuatan optimum dari beton geopolimer yang terdiri dari *slag*, *Sodium Silikat* (Na₂SiO₃), *Sodium Hidroksida* (NaOH), agregat halus, agregat kasar beton daur ulang, air dan *superplasticizer*. Pengujian untuk kuat tekan silinder, kuat tarik belah silinder dan kuat geser balok serta faktor umur dilakukan dengan variasi molaritas (NaOH) 8M, 10M dan 12M.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh *slag* terhadap campuran beton geopolimer dengan agregat kasar beton daur ulang.
2. Mengetahui hubungan umur uji terhadap kekuatan beton geopolimer dengan agregat kasar beton daur ulang.
3. Mengetahui pengaruh variasi molaritas *Sodium Hidroksida* (NaOH) terhadap kuat tekan beton geopolimer dengan agregat kasar beton daur ulang.
4. Mengetahui pengaruh variasi molaritas *Sodium Hidroksida* (NaOH) terhadap kuat tarik belah beton geopolimer dengan agregat kasar beton daur ulang.
5. Mengetahui pengaruh variasi molaritas *Sodium Hidroksida* (NaOH) terhadap kuat geser beton geopolimer dengan agregat kasar beton daur ulang.

1.4 Pembatasan Masalah

1. Ukuran *slag* yang digunakan adalah *slag* yang lolos saringan No. 200 (0,075mm).
2. Ukuran agregat halus yang digunakan adalah agregat yang lolos saringan No. 4 (4,75mm) sebanyak 15%, No. 8 (2,36mm) sebanyak 15% dan No. 16 (1,18mm) sebanyak 70%.
3. Mutu beton daur ulang yang digunakan antara 25 MPa sampai 30 MPa.
4. Ukuran agregat kasar daur ulang maksimum yang digunakan adalah 3/8 inci (9,5 mm).
5. Agregat halus dan agregat kasar dalam keadaan SSD.
6. Larutan aktivator yang digunakan adalah *sodium hidroksida* (NaOH) dan *sodium silikat* (Na₂SiO₃).
7. Variabel molaritas larutan *Sodium Hidroksida* (NaOH) adalah 8M, 10M dan 12M.
8. *Superplasticizer* yang digunakan adalah Sika *ViscoCrete* 3115-N.
9. Perawatan yang digunakan adalah metode *curing* kering.
10. Perbandingan larutan (Na₂SiO₃) : (NaOH) adalah 3 : 2.
11. Perbandingan *slag* : aktivator adalah 0,65 : 0,35.
12. Perbandingan *binder* : agregat halus : agregat kasar adalah 1 : 1,25 : 1,3.
13. Pengujian kuat tekan beton menggunakan benda uji silinder diameter 50mm tinggi 100 mm dengan molar 8M,10M dan 12M dilakukan pada umur 7, 14, 21 dan 28 hari.
14. Pengujian kuat tekan beton menggunakan benda uji silinder diameter 100mm tinggi 200mm dengan molar 8M,10M dan12M dilakukan pada umur 28hari.
15. Pengujian kuat tekan silinder menggunakan ASTM C 39 / C 39M – 16b dengan berdasarkan metode SNI 03-6825-2002.
16. Pengujian kuat tarik belah beton menggunakan benda uji silinder berdiameter 50 mm tinggi 100 mm dengan molar 8M, 10M dan 12M dilakukan pada umur 28 hari.

17. Pengujian kuat tarik belah beton menggunakan ASTM C 496 / C 496M – 11 dengan berdasarkan metode SNI 03-2491-2002.
18. Pengujian kuat geser beton menggunakan benda uji balok 50 mm x 100 mm x 150 mm dengan molar 8M, 10M dan 12M dilakukan pada umur 28 hari.
19. Variasi pengujian, benda uji dan jumlahnya dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1. 1 Variasi Benda Uji

Variasi Benda Uji	Molaritas (M)	Rasio Berat					Umur (Hari)	Jumlah Benda Uji	Dimensi Benda Uji (cm)
		NaOH : Na ₂ SiO ₃	Slag : Aktivator	Binder : Agregat	Agregat Halus : Agregat Kasar	SP (%)			
A – 7C#	8	2 : 3	0.65 : 0.35	1 : 2,55	1,25 : 1,3	2	7	3	D5 T10
A – 14C#	8	2 : 3	0.65 : 0.35	1 : 2,55	1,25 : 1,3	2	14	3	D5 T10
A – 21C#	8	2 : 3	0.65 : 0.35	1 : 2,55	1,25 : 1,3	2	21	3	D5 T10
A – 28C#	8	2 : 3	0.65 : 0.35	1 : 2,55	1,25 : 1,3	2	28	3	D5 T10
A – 28C	8	2 : 3	0.65 : 0.35	1 : 2,55	1,25 : 1,3	2	28	3	D10 T20
A – 28T	8	2 : 3	0.65 : 0.35	1 : 2,55	1,25 : 1,3	2	28	3	D5 T10
A – 28S	8	2 : 3	0.65 : 0.35	1 : 2,55	1,25 : 1,3	2	28	3	P15 L10 T5
B – 7C#	10	2 : 3	0.65 : 0.35	1 : 2,55	1,25 : 1,3	2	7	3	D5 T10
B – 14C#	10	2 : 3	0.65 : 0.35	1 : 2,55	1,25 : 1,3	2	14	3	D5 T10
B – 21C#	10	2 : 3	0.65 : 0.35	1 : 2,55	1,25 : 1,3	2	21	3	D5 T10
B – 28C#	10	2 : 3	0.65 : 0.35	1 : 2,55	1,25 : 1,3	2	28	3	D5 T10
B – 28C	10	2 : 3	0.65 : 0.35	1 : 2,55	1,25 : 1,3	2	28	3	D10 T20
B – 28T	10	2 : 3	0.65 : 0.35	1 : 2,55	1,25 : 1,3	2	28	3	D5 T10
B – 28S	10	2 : 3	0.65 : 0.35	1 : 2,55	1,25 : 1,3	2	28	3	P15 L10 T5
C – 7C#	12	2 : 3	0.65 : 0.35	1 : 2,55	1,25 : 1,3	2	7	3	D5 T10
C – 14C#	12	2 : 3	0.65 : 0.35	1 : 2,55	1,25 : 1,3	2	14	3	D5 T10
C – 21C#	12	2 : 3	0.65 : 0.35	1 : 2,55	1,25 : 1,3	2	21	3	D5 T10
C – 28C#	12	2 : 3	0.65 : 0.35	1 : 2,55	1,25 : 1,3	2	28	3	D5 T10
C – 28C	12	2 : 3	0.65 : 0.35	1 : 2,55	1,25 : 1,3	2	28	3	D10 T20
C – 28T	12	2 : 3	0.65 : 0.35	1 : 2,55	1,25 : 1,3	2	28	3	D5 T10
C – 28S	12	2 : 3	0.65 : 0.35	1 : 2,55	1,25 : 1,3	2	28	3	P15 L10 T5
TOTAL								63	

Keterangan nama benda uji:

A = Variasi molar NaOH 8M

B = Variasi molar NaOH 10M

C = Variasi molar NaOH 12M

7,14,21,28 umur benda uji

C# = Faktor umur

C = Uji kuat tekan

T = Uji kuat tarik belah

S = Uji kuat geser

1.5 Metode Penelitian

1. Studi Literatur

Studi literatur digunakan sebagai acuan untuk mendapatkan gambaran menyeluruh mengenai proses penelitian. Studi literatur meliputi penggunaan *slag* sebagai bahan pengganti semen, pembuatan campuran larutan aktivator *Sodium Silikat* (Na_2SiO_3) dan *Sodium Hidroksida* (NaOH), pemahaman konsep sifat-sifat material beton dengan agregat kasar daur ulang, memahami kualitas beton daur ulang, dan beton daur ulang secara teoritis serta metode pengujian yang dipakai.

2. Uji Eksperimental

Pengujian destruktif kuat tekan dan kuat tarik belah beton geopolimer dengan agregat kasar daur ulang menggunakan alat uji *Compression Testing Machine* sedangkan pengujian destruktif kuat geser menggunakan alat uji *Universal Testing Machine*. Pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Struktur Universitas Katolik Parahyangan.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB 1 Pendahuluan

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

BAB 2 Tinjauan Pustaka

Bab ini akan membahas landasan teori dimana akan dibahas dasar teori yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini.

BAB 3 Persiapan dan Pelaksanaan Pengujian

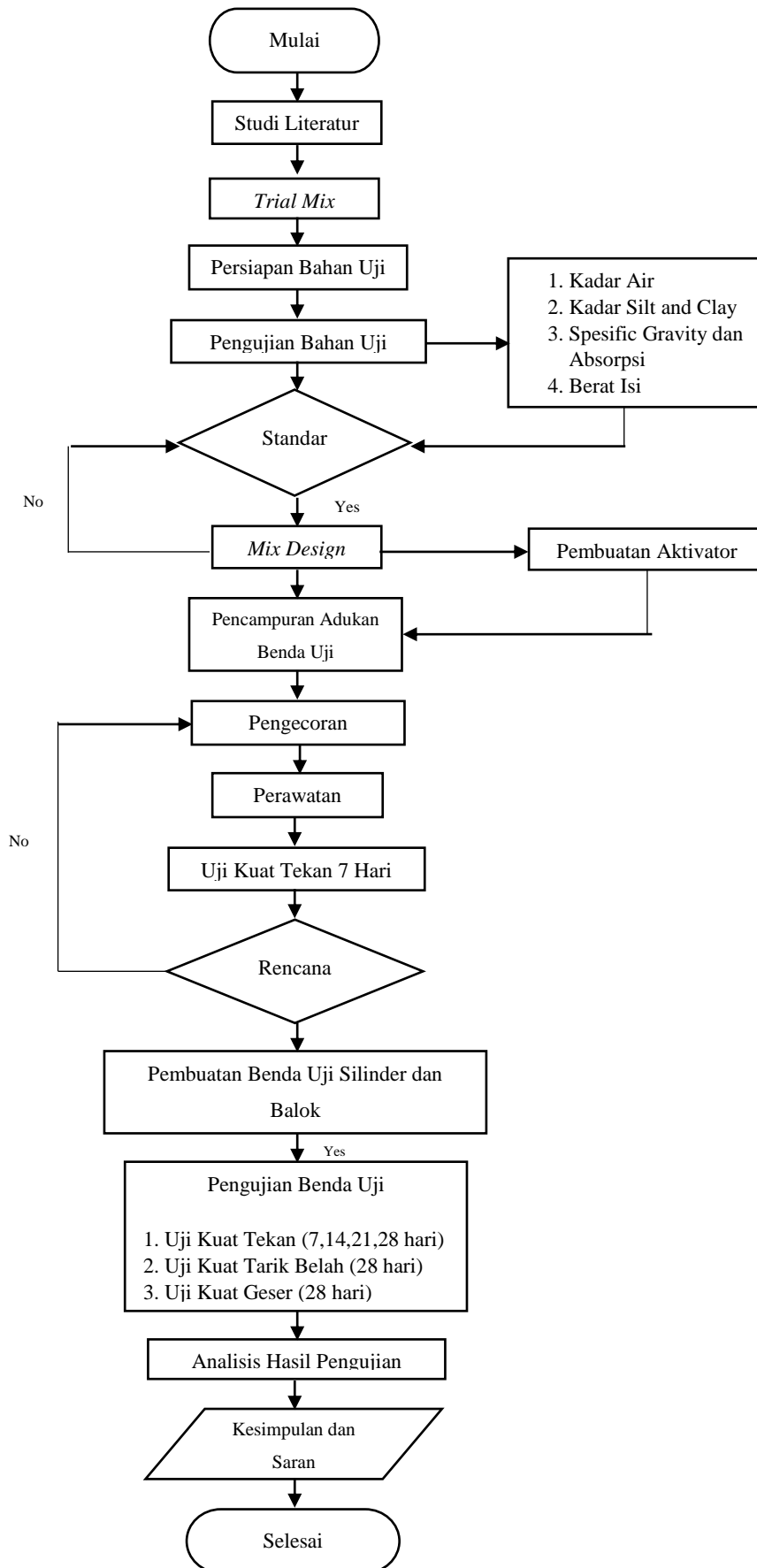
Bab ini akan membahas mengenai persiapan pengujian, pelaksanaan pengujian, dan pencatatan hasil pengujian.

BAB 4 Analisis Hasil Pengujian

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

BAB 5 Kesimpulan dan Saran

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



Gambar 1. 1 Diagram Alir Penelitian