

**SKRIPSI**

**STUDI EKSPERIMENTAL PERILAKU PELAT  
BETON RINGAN GEOPOLIMER BERTULANG  
DENGAN AGREGAT KASAR DAN AGREGAT  
HALUS BERBAHAN DASAR LUMPUR SIDOARJO**



**RESSA REGINA  
NPM : 2014410055**

**PEMBIMBING: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)  
BANDUNG  
JUNI 2018**

**SKRIPSI**

**STUDI EKSPERIMENTAL PERILAKU PELAT  
BETON RINGAN GEOPOLIMER BERTULANG  
DENGAN AGREGAT KASAR DAN AGREGAT  
HALUS BERBAHAN DASAR LUMPUR SIDOARJO**



**RESSA REGINA  
NPM : 2014410055**

**BANDUNG, 8 JUNI 2018  
PEMBIMBING:**

**Dr. Johannes Adhijoso Tjondro**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)  
BANDUNG  
JUNI 2018**

## PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini,

Nama lengkap : Ressa Regina

NPM : 2014410055

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul : *Studi Eksperimental Perilaku Pelat Beton Ringan Geopolimer Bertulang Dengan Agregat Kasar dan Agregat Halus Berbahan Dasar Lumpur Sidoarjo* 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, 8 Juni 2018



Ressa Regina

2014410055

# STUDI EKSPERIMENTAL PERILAKU PELAT BETON RINGAN GEOPOLIMER BERTULANG DENGAN AGREGAT KASAR DAN AGREGAT HALUS BERBAHAN DASAR LUMPUR SIDOARJO

**Ressa Regina**  
**NPM: 2014410055**

**Pembimbing: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**  
**FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)  
**BANDUNG**  
**JUNI 2018**

## **ABSTRAK**

Lumpur Sidoarjo merupakan limbah sekaligus bencana di Indonesia sejak peristiwa kegagalan teknis PT. Lapindo Brantas pada tahun 2006. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Puslitbang Perumahan dan Permukiman Indonesia, lumpur Sidoarjo dapat diolah menjadi agregat ringan untuk pembuatan beton ringan. Beton ringan serta ramah lingkungan juga bisa didapat dengan mengganti material semen sebagai bahan pengikat beton dengan bahan limbah seperti *fly ash*. Produksi semen yang menghasilkan limbah gas Karbon Monoksida (CO), Nitrogen Dioksida (NO<sub>2</sub>), Sulfur Oksida (SO<sub>x</sub>) serta limbah B3 yang berbahaya bagi lingkungan. Salah satu bahan limbah pengganti semen yang dapat digunakan adalah *fly ash*. *Fly ash* yang diaktifkan dengan aktivator *Sodium Hidroksida* (NaOH) dan *Sodium Silikat* (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) memiliki sifat yang sama dengan campuran semen dan air sebagai bahan pengikat. Pada studi eksperimental ini digunakan agregat kasar dan halus ringan berbahan dasar lumpur Sidoarjo, *fly ash*, dan aktivator sehingga membentuk beton ringan geopolimer. Hasil pengujian beton ringan geopolimer yang diperoleh dari penelitian ini terdiri dari nilai berat jenis rata-rata beton sebesar 1561,6 kg/m<sup>3</sup>, nilai kuat tekan rata-rata sebesar 15,49 MPa, nilai kuat tarik belah rata-rata sebesar 1,49 MPa, dan nilai kuat geser rata-rata sebesar 1,84 MPa. Setelah pengujian pelat beton ringan bertulang, didapat nilai momen nominal leleh hasil pengujian sebesar 9,63 kNm, lebih rendah 5,9% dari momen nominal leleh hasil perhitungan teoritis dan momen ultimit sebesar 10,64 kNm, lebih rendah 20,3% dari momen ultimit hasil perhitungan teoritis. Nilai daktilitas yang diperoleh dari pengujian pelat beton bertulang sebesar 1,34.

Kata Kunci: beton ringan geopolimer, lumpur Sidoarjo, *fly ash*, kuat tekan, kuat tarik belah, kuat geser, kuat lentur, daktilitas.

# **EXPERIMENTAL STUDY OF REINFORCED GEOPOLYMER LIGHTWEIGHT CONCRETE SLAB BEHAVIOUR USING COARSE AND FINE AGGREGATE MADE FROM SIDOARJO MUD FLOW**

**Ressa Regina  
NPM: 2014410055**

**Advisor: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro**

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY  
FACULTY OF ENGINEERING DEPARTMENT OF CIVIL  
ENGINEERING  
(Accredited by SK BAN-PT Number: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)  
BANDUNG  
JUNE 2018**

## **ABSTRACT**

Sidoarjo mudflow is a waste as well as disaster in Indonesia since the events of technical failure of PT. Lapindo Brantas in 2006. Based on research conducted by Puslitbang Perumahan and Permukiman Indonesia, Sidoarjo mud is processed as light aggregate for lightweight concrete manufacture. Lightweight concrete and environmentally friendly can also be obtained by replacing the cement material by waste material such as fly ash as a concrete binder. The production of cement produces gas such as Carbon Monoxide (CO), Nitrogen Dioxide (NO<sub>2</sub>), Sulfur Oxide (SO<sub>x</sub>) and B3 waste that is harmful to the environment. One of the cement replacement materials that can be used is fly ash. Fly ash activated with activator Sodium Hydroxide (NaOH) and Sodium Silicate (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) have the same ability as cement and water mixture as binder. In this experimental study, we used light and fine aggregate based on Sidoarjo mud, fly ash, and activator to form lightweight geopolymer concrete. The test result of the geopolymer lightweight concrete obtained from this research is found that the average weight of concrete is 1561,6 kg/m<sup>3</sup>, the average compression strength is 15,49 MPa, tensile strength is 1,49 MPa, and shear strength is 1,84 MPa. The result obtained from geopolymer lightweight concrete slab test, is the nominal yield moment of 9,634 kNm, which is lower 5,9% than theoretical nominal yield moment, and the ultimate moment of 10,639 kNm, which is lower 20,3% than the theoretical ultimate moment. The ductility factor of this reinforced concrete slab is 1,34.

Keywords : geopolymer lightweight concrete, Sidoarjo mudflow, fly ash, compressive strength, tensile strength, shear strength, flexural strength, ductility.



## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus atas berkat dan penyertaanNya yang tidak pernah berhenti sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “*Studi Eksperimental Perilaku Pelat Beton Ringan Geopolimer Bertulang dengan Agregat Kasar dan Agregat Halus Berbahan Dasar Lumpur Sidoarjo*”. Skripsi ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat Sarjana di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan.

Selama proses pengerjaan skripsi ini penulis menghadapi berbagai macam pengalaman dan hambatan. Penulis menyadari bahwa tanpa doa, semangat, dukungan, dan bantuan dari berbagai pihak selama proses pembuatan skripsi ini tidak mungkin skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu.

Sebagai penghargaan dan ucapan terima kasih, penulis berterima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Dr. Johannes Adhijoso Tjondro selaku dosen pembimbing yang selalu membantu, membimbing, dan memberikan saran selama proses pembuatan skripsi ini.
2. Prof. Dr. Ir. Arief Sabaruddin, CES selaku Kepala Puslitbang Perumahan dan Permukiman Bandung yang telah memberikan bantuan pengadaan agregat berbahan dasar LUSI (lumpur Sidoarjo) untuk penelitian skripsi ini.
3. Orang tua penulis Drs. Jaharap Situmorang, MPfis dan Adelina Tiouli serta adik-adik yang selalu memberikan dukungan, bantuan, dan doa setiap saat dalam proses penelitian skripsi ini.
4. Bapak Ir. Teguh Farid dan Bapak Markus Didi yang selalu membantu dan memberikan saran dalam proses pembuatan benda uji dan pengujian di laboratorium.

5. Teman-teman seperjuangan Raxy, Hans, Jason, Mario, Fany, Annisa yang selalu membantu dan bekerja sama selama proses persiapan, pengecoran, dan pengujian penelitian ini.
6. Astrid, Inez, Hasna, Gita, Fenita, Beauti, Alviera dan Yashinta yang selalu memberikan semangat, motivasi, dan hiburan selama pembuatan skripsi ini.
7. Teman-teman Sipil 2014 atas dukungan dan kebersamaannya selama studi.
8. Semua pihak yang telah membantu dan memberikan semangat yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari skripsi ini belum sempurna. Penulis menerima dengan baik semua saran dan kritik yang membangun. Penulis berharap skripsi ini dapat berguna untuk referensi penelitian selanjutnya.

Bandung, 8 Juni 2018

Penulis,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Ressa Regina', with a horizontal line underneath.

Ressa Regina

2014410055



# DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	iii
PRAKATA .....	iii
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR NOTASI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xiii
BAB 1    PENDAHULUAN .....	1-1
1.1    Latar Belakang .....	1-1
1.2    Inti Permasalahan .....	1-3
1.3    Tujuan Penelitian .....	1-3
1.4    Pembatasan Masalah .....	1-4
1.5    Metode Penelitian .....	1-5
1.6    Sistematika Penulisan .....	1-7
BAB 2    TINJAUAN PUSTAKA .....	2-1
2.1    Beton .....	2-1
2.2    Beton Ringan .....	2-3
2.3    Beton Geopolimer .....	2-4
2.4    Lumpur Sidoarjo .....	2-5
2.4.1    Pembuatan Agregat Ringan Berbahan Dasar Lumpur Sidoarjo ....	2-7
2.5    Material Penyusun Beton Ringan Geopolimer .....	2-8
2.5.1    Air .....	2-9
2.5.2    Agregat Kasar dan Halus Berbahan Dasar Lumpur Sidoarjo .....	2-10
2.5.3    Fly Ash .....	2-13

2.5.4	Larutan Aktivator .....	2-14
2.6	Baja Tulangan .....	2-15
2.7	Modulus Elastisitas .....	2-17
2.8	Pola Keretakan Benda Uji Kuat Tekan .....	2-19
2.9	Metode Perawatan Beton Geopolimer .....	2-20
2.10	Metode Pengujian Beton Ringan Geopolimer .....	2-21
2.10.1	Uji Kuat Tekan Beton.....	2-21
2.10.2	Uji Kuat Tarik Belah Beton.....	2-22
2.10.3	Uji Kuat Geser Beton .....	2-23
2.10.4	Uji Kuat Lentur Pelat Beton Bertulang .....	2-24
2.10.5	Daktilitas.....	2-26
2.11	Analisis Statistik .....	2-26
<b>BAB 3</b>	<b>PERSIAPAN DAN PELAKSANAAN PENGUJIAN .....</b>	<b>3-1</b>
3.1	Bahan dan Benda Uji .....	3-1
3.1.1	Bahan Dasar.....	3-1
3.1.2	Benda Uji.....	3-5
3.2	Pengujian Bahan Dasar .....	3-6
3.2.1	Pengujian Agregat Kasar Berbahan Dasar Lumpur Sidoarjo .....	3-6
3.2.2	Pengujian Agregat Halus .....	3-10
3.2.3	Pengujian <i>Fly Ash</i> .....	3-18
3.2.4	Pengujian Baja Tulangan.....	3-21
3.3	Proporsi Campuran Beton Ringan Geopolimer .....	3-23
3.3.1	Penentuan Komposisi Aktivator .....	3-25
3.3.2	Penentuan Komposisi Beton Geopolimer.....	3-25
3.4	Prosedur Pelaksanaan Pengecoran Beton Ringan Geopolimer.....	3-29
3.4.1	Persiapan Bahan dan Alat.....	3-29

3.4.2	Pembuatan Larutan Aktivator .....	3-30
3.4.3	Pencampuran Material dan Pengecoran .....	3-32
3.4.4	Perawatan Beton / <i>Curing</i> .....	3-34
3.5	Prosedur Pengujian Beton Ringan Geopolimer.....	3-35
3.5.1	Uji Kuat Tekan.....	3-36
3.5.2	Uji Kuat Tarik Belah.....	3-39
3.5.3	Uji Kuat Geser.....	3-42
3.5.4	Uji Kuat Lentur Pelat Beton Bertulang .....	3-44
BAB 4	ANALISIS HASIL PENGUJIAN .....	4-1
4.1	Analisis Berat Jenis Benda Uji .....	4-1
4.2	Analisis Hasil Uji Kuat Tekan.....	4-2
4.3	Analisis Hasil Uji Kuat Tarik Belah.....	4-9
4.4	Analisis Hasil Uji Kuat Geser .....	4-11
4.5	Analisis Hasil Uji Kuat Lentur Pelat Beton Bertulang.....	4-13
4.6	Analisis Pola Keretakan Benda Uji Beton.....	4-16
4.6.1.	Pola Retak Benda Uji Kuat Tekan Silinder.....	4-16
4.6.2.	Pola Retak Benda Uji Kuat Lentur Pelat Bertulang.....	4-17
4.7	Daktilitas.....	4-19
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN .....	5-1
5.1	Kesimpulan.....	5-1
5.2	Saran.....	5-2
DAFTAR PUSTAKA	.....	xix
LAMPIRAN 1	.....	1
LAMPIRAN 2	.....	1
LAMPIRAN 3	.....	1
LAMPIRAN 4	.....	1

## DAFTAR NOTASI

$A$	=	Luas Penampang
$A_s$	=	Luas Baja Tulangan
$A_r$	=	Massa Atom Relatif
ACI	=	<i>American Concrete Institution</i>
ASTM	=	<i>American Society for Testing and Material</i>
CTM	=	<i>Compression Testing Machine</i>
$D$	=	Diameter Benda Uji
$f_c'$	=	Kuat Tekan Beton Karakteristik
$f_{cr}$	=	Kuat Tekan Rencana Beton
$f_u$	=	Tegangan Ultimit Baja Tulangan
$f_y$	=	Tegangan Leleh Baja Tulangan
LUSI	=	Lumpur Sidoarjo
$M$	=	Molaritas
MPa	=	Megapascal
$M_u$	=	Momen Ultimit
$M_y$	=	Momen Leleh
$n$	=	Mol
NaOH	=	<i>Sodium Hidroksida</i>
NaOH <sub>(s)</sub>	=	<i>Sodium Hidroksida (solid)</i>
NaOH <sub>(l)</sub>	=	<i>Sodium Hidroksida (liquid)</i>
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	=	<i>Sodium Silikat</i>
$P$	=	Beban
PCC	=	<i>Portland Composite Cement</i>
PUSKIM	=	Puslitbang Perumahan dan Permukiman Indonesia
SG	=	<i>Specific gravity</i>
Si	=	Silika
SNI	=	Standar Nasional Indonesia
SSD	=	<i>Saturated surface dry</i>
UTM	=	<i>Universal Testing Machine</i>
FM	=	<i>Fineness Modulus</i>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Diagram Alir Penelitian .....	1-6
Gambar 2. 1 Agregat Kasar Hasil Pembakaran Sistem Kering .....	2-8
Gambar 2. 2 Agregat Kasar Hasil Pembakaran Sistem Basah.....	2-8
Gambar 2. 3 Kurva Tegangan-Regangan Beton .....	2-18
Gambar 2. 4 Pola Keretakan Benda Uji Menurut ASTM C 39/C 39M-05.....	2-19
Gambar 2. 5 Skema Pembebanan Uji Kuat Tekan.....	2-22
Gambar 2. 6 Spesimen Benda Uji Kuat Tarik Belah .....	2-23
Gambar 2. 7 Ilustrasi Pembebanan Uji Kuat Lentur Pelat Bertulang .....	2-24
Gambar 3. 1 Agregat Kasar LUSI Berbentuk Bola.....	3-1
Gambar 3. 2 Agregat Kasar LUSI Berukuran 4,8 – 10 mm.....	3-1
Gambar 3. 3 Agregat Halus LUSI Berukuran 0,1 – 1,2 mm.....	3-2
Gambar 3. 4 Agregat Halus LUSI Berukuran 1,2 – 2,4 mm.....	3-2
Gambar 3. 5 <i>Fly Ash</i> Tipe F.....	3-2
Gambar 3. 6 <i>Sodium Hidroksida Cair</i> .....	3-3
Gambar 3. 7 <i>Sodium Hidroksida Padat</i> .....	3-3
Gambar 3. 8 Air Bersih .....	3-3
Gambar 3. 9 <i>Sodium Silikat</i> .....	3-4
Gambar 3. 10 Baja Tulangan Diameter 10 mm .....	3-4
Gambar 3. 11 Baja Tulangan Diameter 13 mm .....	3-4
Gambar 3. 12 Sampel Uji Kadar Air Agregat Kasar .....	3-6
Gambar 3. 13 Sampel Uji Absorpsi Kering Oven.....	3-7
Gambar 3. 14 Sampel Uji <i>Spesific Gravity</i> .....	3-8
Gambar 3. 15 Gelas Ukur dan Air .....	3-8
Gambar 3. 16 Sampel Uji Kadar Air Agregat Halus .....	3-11
Gambar 3. 17 Pengujian <i>Spesific Gravity</i> Agregat Halus .....	3-13
Gambar 3. 18 Pengujian Kadar <i>Silt and Clay</i> Agregat Halus .....	3-14
Gambar 3. 19 Sampel Kering Oven .....	3-14
Gambar 3. 20 Pengujian Berat Isi Padat .....	3-15
Gambar 3. 21 Pengujian Berat Isi Lepas.....	3-15

Gambar 3. 22 Sampel Analisa Saringan Kering Oven .....	3-16
Gambar 3. 23 Susunan Saringan Agregat Halus Berdasarkan Standar ASTM ..	3-16
Gambar 3. 24 Saringan Digetarkan .....	3-17
Gambar 3. 25 Alat Pengujian Berat Jenis <i>Fly Ash</i> .....	3-19
Gambar 3. 26 <i>Fly Ash</i> Dalam Piknometer .....	3-19
Gambar 3. 27 <i>Fly Ash</i> Setelah Ditambahkan Air .....	3-20
Gambar 3. 28 Piknometer Diisi Penuh Air .....	3-20
Gambar 3. 29 Pengujian Baja Tulangan dengan UTM .....	3-21
Gambar 3. 30 Grafik Hasil Pengujian Tulangan D10 .....	3-22
Gambar 3. 31 Tulangan Setelah Pengujian .....	3-22
Gambar 3. 32 Grafik Hasil Pengujian Tulangan D13	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3. 33 NaOH <sub>(s)</sub> Dalam Gelas Ukur .....	3-31
Gambar 3. 34 Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> Setelah Ditimbang .....	3-31
Gambar 3. 35 Bekisting Pelat Bertulang .....	3-33
Gambar 3. 36 Cetakan Silinder dan Balok Uji Geser .....	3-33
Gambar 3. 37 Penuangan Aktivator .....	3-33
Gambar 3. 38 Menghilangkan Gelembung Udara dengan Vibrator .....	3-34
Gambar 3. 39 <i>Curing</i> Beton dengan Metode Membran .....	3-35
Gambar 3. 40 Pengukuran Dimensi dan Berat Benda Uji .....	3-36
Gambar 3. 41 Benda Uji Setelah Di <i>Capping</i> .....	3-37
Gambar 3. 42 Pengujian Kuat Tekan Beton .....	3-37
Gambar 3. 43 Hasil Pengujian Kuat Tekan dari Alat CTM .....	3-38
Gambar 3. 44 Benda Uji Kuat Tarik Belah .....	3-40
Gambar 3. 45 Benda Uji Setelah Diuji Kuat Tarik Belah .....	3-41
Gambar 3. 46 Pengujian Kuat Tarik Belah .....	3-41
Gambar 3. 47 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Alat CTM .....	3-41
Gambar 3. 48 Benda Uji Kuat Geser .....	3-43
Gambar 3. 49 Pengujian Kuat Geser dengan Alat UTM .....	3-43
Gambar 3. 50 Hasil Uji Geser Pada Monitor .....	3-44
Gambar 3. 51 Benda Uji Pada Alat UTM .....	3-45
Gambar 3. 52 Transducer Pada Benda Uji .....	3-46

Gambar 3. 53 Hasil Pengujian Kuat Lentur Pada Monitor .....	3-46
Gambar 4. 1 Perbandingan Faktor Y' dan Umur Uji .....	4-4
Gambar 4. 2 Grafik Hubungan Kuat Tekan Regresi dan Umur Uji.....	4-6
Gambar 4. 3 Estimasi Konversi Kuat Tekan Beton Ringan Geopolimer .....	4-8
Gambar 4. 4 Grafik Hasil Uji Kuat Tarik Belah .....	4-10
Gambar 4. 5 Grafik Koefisien Kuat Tarik Belah .....	4-10
Gambar 4. 6 Grafik Koefisien Kuat Geser.....	4-12
Gambar 4. 7 Grafik Hasil Uji Kuat Geser.....	4-12
Gambar 4. 8 Benda Uji Kuat Geser Setelah Pengujian.....	4-13
Gambar 4. 9 Grafik Hubungan Momen dan Peralihan .....	4-14
Gambar 4. 10 Grafik Hubungan Beban dan Peralihan.....	4-14
Gambar 4. 11 Benda Uji dengan Pola Keretakan Tipe 2 .....	4-16
Gambar 4. 12 Benda Uji dengan Pola Keretakan Tipe 5 .....	4-17
Gambar 4. 13 Benda Uji dengan Pola Keretakan Tipe 3 .....	4-17
Gambar 4. 14 Pola Keretakan Benda Uji Pelat 2.....	4-18
Gambar 4. 15 Pola Keretakan Benda Uji Pelat 1 .....	4-18
Gambar 4. 16 Pola Keretakan Benda Uji Pelat 3.....	4-19
Gambar L.1. 1 Gradasi Agregat Halus LUSI.....	8
Gambar L.2. 1 Benda Uji dan Hasil Uji <i>Trial Mix 1</i> .....	2
Gambar L.2. 2 Pengujian dan Hasil Uji <i>Trial Mix 2</i> .....	3
Gambar L.2. 3 Benda Uji dan Hasil Uji <i>Trial Mix 3</i> .....	4
Gambar L.2. 4 Benda Uji dan Hasil Uji <i>Trial Mix 4</i> .....	5
Gambar L.2. 5 Benda Uji dan Hasil Uji <i>Trial Mix 5</i> .....	6
Gambar L.2. 6 Benda Uji dan Hasil Uji <i>Trial Mix</i> .....	7
Gambar L.4. 1 Benda Uji Kuat Tekan 3 Hari .....	2
Gambar L.4. 2 Benda Uji Kuat Tekan 3 Hari Setelah Pengujian .....	2
Gambar L.4. 3 Benda Uji Kuat Tekan 7 Hari .....	2
Gambar L.4. 4 Benda Uji Kuat Tekan 7 Hari Setelah Pengujian .....	2
Gambar L.4. 5 Benda Uji Kuat Tekan 14 Hari .....	2
Gambar L.4. 6 Benda Uji Kuat Tekan 14 Hari Setelah Pengujian .....	2
Gambar L.4. 7 Benda Uji Kuat Tekan 21 Hari .....	2
Gambar L.4. 8 Benda Uji Kuat Tekan 21 Hari Setelah Pengujian .....	2

Gambar L.4. 9 Benda Uji Kuat Tekan 28 Hari.....	2
Gambar L.4. 10 Benda Uji Kuat Tekan 28 Hari Setelah Pengujian .....	2
Gambar L.4. 11 Benda Uji Kuat Tarik Belah.....	2
Gambar L.4. 12 Benda Uji Kuat Tarik Belah Setelah Pengujian .....	2
Gambar L.4. 13 Benda Uji Kuat Geser .....	2
Gambar L.4. 14 Benda Uji Kuat Geser Setelah Pengujian.....	2



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Hasil Analisis Kimia Lumpur Sidoarjo.....	2-6
Tabel 2. 2 Persyaratan Kandungan <i>Fly Ash</i> menurut ACI.....	2-14
Tabel 2. 3 Ukuran Baja Tulangan Beton Polos.....	2-16
Tabel 2. 4 Ukuran Baja Tulangan Beton Sirip.....	2-17
Tabel 3. 1 Rincian Benda Uji.....	3-5
Tabel 3. 2 Hasil Pengujian Agregat Kasar LUSI .....	3-10
Tabel 3. 3 Hasil Pengujian Agregat Halus LUSI .....	3-18
Tabel 3. 4 Hasil Pengujian <i>Fly Ash</i> .....	3-21
Tabel 3. 5 Hasil Pengujian Baja Tulangan Polos D10 .....	3-23
Tabel 3. 6 Hasil Pengujian Baja Tulangan Ulir D13 .....	3-23
Tabel 3. 7 <i>Trial Mix</i> Beton Ringan Geopolimer .....	3-24
Tabel 3. 8 Hasil <i>Mix Design</i> Beton Ringan Geopolimer .....	3-24
Tabel 3. 9 Kebutuhan Material Untuk 1 Benda Uji Silinder.....	3-29
Tabel 3. 10 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Ringan Geopolimer .....	3-38
Tabel 3. 11 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Ringan Geopolimer .....	3-42
Tabel 3. 12 Hasil Pengujian Kuat Geser Beton Ringan Geopolimer.....	3-44
Tabel 3. 13 Hasil Pengujian Kuat Lentur Pelat Beton Ringan Geopolimer Bertulang .....	3-47
Tabel 4. 1 Berat Jenis Beton Ringan Geopolimer.....	4-1
Tabel 4. 2 Hasil Uji Kuat Tekan Untuk Analisis .....	4-3
Tabel 4. 3 Nilai Faktor $Y'$ .....	4-3
Tabel 4. 4 Nilai Kuat Tekan Regresi dan Faktor Umur .....	4-5
Tabel 4. 5 Estimasi Kuat Tekan 28 Hari dan Kuat Tekan Karakteristik.....	4-7
Tabel 4. 6 Hasil Analisis Kuat Tarik Belah .....	4-9
Tabel 4. 7 Hasil Analisis Kuat Geser .....	4-11
Tabel 4. 8 Hasil Perhitungan Momen Hasil Pengujian .....	4-15
Tabel 4. 9 Hasil Analisis Momen Leleh Hasil Pengujian dan Teoritis.....	4-15
Tabel 4. 10 Hasil Analisis Momen Ultimit Hasil Pengujian dan Teoritis .....	4-15
Tabel 4. 11 Nilai Daktilitas Pelat Beton Bertulang.....	4-20
Tabel L.1. 1 Perhitungan Kadar Air Agregat Kasar LUSI.....	2

Tabel L.1. 2 Perhitungan Absorpsi Agregat Kasar LUSI.....	2
Tabel L.1. 3 Perhitungan <i>Spesific Gravity</i> Agregat Kasar LUSI.....	3
Tabel L.1. 4 Perhitungan Kadar <i>Silt and Clay</i> Agregat Kasar LUSI.....	3
Tabel L.1. 5 Perhitungan Berat Isi Lepas Agregat Kasar LUSI .....	4
Tabel L.1. 6 Perhitungan Berat Isi Padat Agregat Kasar LUSI.....	4
Tabel L.1. 7 Perhitungan Kadar Air Agregat Halus LUSI .....	5
Tabel L.1. 8 Perhitungan Absorpsi Agregat Halus LUSI.....	5
Tabel L.1. 9 Perhitungan <i>Spesific Gravity</i> Agregat Halus LUSI.....	6
Tabel L.1. 10 Perhitungan Kadar <i>Silt and Clay</i> Agregat Halus LUSI.....	6
Tabel L.1. 11 Perhitungan Berat Isi Lepas Agregat Halus LUSI .....	7
Tabel L.1. 12 Perhitungan Berat Isi Padat Agregat Halus LUSI.....	7
Tabel L.1. 13 Perhitungan Analisa Saringan Agregat Halus LUSI.....	8
Tabel L.1. 14 Perhitungan Berat Jenis <i>Fly Ash</i> .....	9
Tabel L.2. 1 Data Campuran <i>Trial Mix 1</i> .....	2
Tabel L.2. 2 Data Campuran <i>Trial Mix 2</i> .....	3
Tabel L.2. 3 Data Campuran <i>Trial Mix 3</i> .....	4
Tabel L.2. 4 Data Campuran <i>Trial Mix 4</i> .....	5
Tabel L.2. 5 Data Campuran <i>Trial Mix 5</i> .....	6
Tabel L.2. 6 Data Campuran <i>Trial Mix 6</i> .....	7

## **DAFTAR LAMPIRAN**

- Lampiran 1 Perhitungan Uji Material
- Lampiran 2 Trial Mix Beton Ringan Geopolimer
- Lampiran 3 Perhitungan Momen Lentur Pelat Beton Ringan Geopolimer Bertulang
- Lampiran 4 Foto Benda Uji Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Kuat Geser Beton Ringan Geopolimer



# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pada tahun 2017, Indonesia memiliki jumlah penduduk 260.000.000 dan tingkat pertumbuhan penduduk 1,49% per tahun. Hal tersebut menjadikan Indonesia merupakan negara ke 4 terpadat di dunia setelah India dan Amerika Serikat. Pertumbuhan penduduk dan urbanisasi yang meningkat terus-menerus berakibat pada meningkatnya kebutuhan akan infrastruktur seperti perumahan, pabrik, bangunan komersial, fasilitas air minum dan sanitasi, bendungan dan kanal, jalan, jembatan, terowongan, dan infrastruktur lainnya (Mehta 2002). Dengan keadaan jumlah penduduk sebesar itu diperlukan perhatian yang besar dari pemerintah atau lembaga terkait untuk dapat memenuhi kebutuhan penduduknya, salah satunya adalah kebutuhan akan infrastruktur tempat tinggal dan bangunan lain yang tidak sedikit. Komponen yang digunakan dalam membuat infrastruktur tersebut adalah beton, baja, dan kayu. Pada saat ini, beton merupakan komponen struktur utama yang paling sering digunakan dikarenakan beton memiliki kekuatan tinggi, mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan, harga murah, tahan terhadap temperatur tinggi sehingga cukup aman untuk proteksi kebakaran, biaya pemeliharaan yang rendah, serta khususnya di Indonesia sangat mudah untuk mendapatkan bahan pembuatan beton.

Komponen penyusun beton terdiri dari beberapa bahan yaitu pasta semen, agregat kasar, agregat halus, dan air. Beton bisa juga ditambahkan dengan bahan additive yang memiliki beragam fungsi seperti mempercepat atau memperlambat pengerasan beton. Seiring bertambah pesatnya pembangunan infrastruktur, permintaan akan material – material campuran beton pun ikut meningkat. Hal tersebut berdampak bukan hanya persediaan material alam yang semakin menipis dan rusak, tetapi juga berdampak buruk terhadap lingkungan. Selain itu, semakin banyak juga limbah beton dari hasil pembongkaran dan pembangunan kembali infrastruktur yang sudah melampaui umur bangunannya. Dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, berbagai masalah tersebut muncullah beton yang

ramah lingkungan dan beton ringan yang mulai dikembangkan oleh para penyedia jasa konstruksi.

Salah satu inovasi dalam beton ringan serta ramah lingkungan adalah beton yang menggunakan limbah sebagai material campurannya. Lumpur Sidoarjo merupakan limbah sekaligus bencana di Indonesia sejak peristiwa kegagalan teknis PT. Lapindo Brantas pada tahun 2006. Untuk mengatasi hal tersebut baik pemerintah maupun pihak swasta melakukan berbagai penelitian agar lumpur panas yang sampai saat ini masih meluap dapat dimanfaatkan sebagai bahan yang berguna. Puslitbang Perumahan dan Permukiman Indonesia melakukan penelitian dengan menggunakan lumpur Sidoarjo. Lumpur Sidoarjo merupakan bahan mineral yang keluar dari dalam bumi akibat kegagalan teknis dalam eksplorasi migas di Porong Sidoarjo (Lasino, Retno 2017). Berdasarkan penelitian dan karakteristiknya, lumpur Sidoarjo berpotensi dijadikan sebagai agregat ringan. 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). Sistem pembakaran lumpur Sidoarjo dapat dilakukan dengan sistem kering ataupun basah. Pada sistem kering biasanya menghasilkan agregat kasar dengan bentuk dan sifat permukaan yang kurang beraturan. Sedangkan pada sistem basah menghasilkan agregat kasar yang berbentuk butiran bulat dengan diameter 2-3 cm.

Selain menggunakan agregat daur ulang, beton ringan serta ramah lingkungan bisa didapat dengan mengganti material semen sebagai bahan pengikat beton. Hal tersebut dikarenakan hasil produksi semen yang menghasilkan limbah gas diantaranya adalah *Karbon Monoksida* (CO), *Nitrogen Dioksida* (NO<sub>2</sub>), *Sulfur Oksida* (SO<sub>x</sub>) serta limbah B3 yang berbahaya bagi lingkungan. Dengan kemajuan teknologi di bidang material bahan bangunan, saat ini dapat digunakan *fly ash* atau abu terbang limbah hasil pembakaran batubara sebagai bahan pengisi beton pengganti semen. Penggunaan *fly ash* optimum sebagai bahan pengikat menurut SNI dan ACI adalah 15-20%.

Pada penelitian ini penulis akan melakukan eksperimen untuk meninjau pengaruh material agregat kasar dan agregat halus berbahan dasar lumpur Sidoarjo

dan penggunaan *fly ash* yang menggunakan aktivator NaOH dan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat geser beton ringan geopolimer. Untuk mendapatkan proporsi campuran yang digunakan (*mixed design*) agar mendapat proporsi campuran yang tepat mutu dan ekonomis dibuat dengan coba-coba (*trial mix*). Setelah itu, proporsi campuran yang telah didapat diterapkan pada pelat beton bertulang untuk mengetahui kuat lentur pelat dengan menggunakan benda uji berbentuk pelat. Hasil pengujian kuat lentur pada pelat beton bertulang akan dibandingkan dengan hasil teoritis perhitungan kuat lentur beton pada umumnya. Penggunaan 3 jenis limbah daur ulang dalam penelitian ini diharapkan dapat diaplikasikan dalam pembuatan beton ringan geopolimer sehingga bangunan konstruksi menjadi lebih ramah lingkungan.

## 1.2 Inti Permasalahan

Inti permasalahan yang akan dibahas dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan agregat kasar dan agregat halus berbahan dasar lumpur Sidoarjo, serta *fly ash* terhadap nilai kuat tekan, kuat tarik belah, kuat geser dari beton geopolimer dan kemudian diterapkan pada pelat beton bertulang lalu di uji kuat lenturnya. Hasil dari pengujian kuat lentur dibandingkan dengan hasil teoritis perhitungan kuat lentur pelat beton bertulang pada beton normal.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat *mix design* untuk pembuatan beton dengan menggunakan agregat kasar dan agregat halus berbahan dasar lumpur Sidoarjo serta *fly ash* yang diaktifkan sebagai *binder*.
2. Mengetahui perkembangan kuat tekan karakteristik beton ringan geopolimer pada umur 3,7, 14, 21, dan 28 hari.
3. Mengetahui kuat tarik belah beton ringan geopolimer pada umur 28 hari.
4. Mengetahui kuat geser beton ringan geopolimer pada umur 28 hari.
5. Mengetahui kuat lentur pelat beton ringan geopolimer bertulang pada umur 28 hari dan membandingkan hasilnya dengan perhitungan teoritis.

6. Mengetahui pola keretakan dan keruntuhan yang terjadi pada benda uji kuat tekan dan kuat lentur setelah dilakukan pengujian.
7. Mengetahui nilai daktilitas pelat beton ringan geopolimer bertulang.

#### 1.4 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *Fly ash* yang digunakan adalah *fly ash* tipe F dengan kadar 100 % dari kebutuhan binder.
2. Agregat kasar yang digunakan berbahan dasar lumpur Sidoarjo berbentuk bola dengan ukuran diameter maksimum 19 mm dan agregat kasar berbentuk tidak beraturan dengan ukuran 4,8 mm-10 mm.
3. Perbandingan agregat kasar bola dan agregat kasar tidak beraturan = 0,7:0,3
4. Agregat halus yang digunakan berbahan dasar lumpur Sidoarjo berukuran 0,1 mm – 1,2 mm dan berukuran 1,2 mm – 2,4 mm.
5. Perbandingan agregat halus berukuran 0,1mm-1,2mm dan berukuran 1,2 mm-2,4 mm = 1 : 1
6. Perbandingan agregat kasar : agregat halus : binder hasil *trial mix* = 1,2 : 1 : 1,64
7. Larutan aktivator yang digunakan adalah *Sodium Silikat* ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) dan *Natrium Hidroksida* (NaOH) dengan molaritas 10M
8. Perbandingan *fly ash* : aktivator hasil *trial mix* = 0,6 : 0,4
9. Perbandingan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  : NaOH = 3 : 2
10. Pengujian kuat tekan beton ringan geopolimer menggunakan benda uji silinder berdiameter 100 mm dan tinggi 200 mm dan dilakukan pada umur 3,7, 14, 21, dan 28 hari sebanyak 3 buah untuk masing – masing umur. Pengujian kuat tekan menggunakan alat *Compression Testing Machine* (CTM).
11. Pengujian kuat tarik belah beton ringan geopolimer menggunakan benda uji silinder berdiameter 100 mm dan tinggi 200 mm pada umur 28 hari sebanyak 3 buah. Pengujian kuat tarik belah menggunakan alat *Compression Testing Machine* (CTM)



12. Pengujian kuat geser beton ringan geopolimer menggunakan benda uji berbentuk balok yang berukuran 300 mm x 100 mm x 100 mm pada umur 28 hari sebanyak 3 buah. Pengujian kuat geser beton menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM).
13. Pengujian kuat lentur pelat beton ringan geopolimer bertulang menggunakan benda uji berbentuk balok yang berukuran 1200 mm x 500 mm x 120 mm pada umur 28 hari. Baja tulangan yang digunakan adalah tulangan ulir berdiameter 13mm. Pengujian kuat lentur pelat beton bertulang menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM)
14. Metode perawatan benda uji/ *curing* dilakukan dengan metode membran.

### **1.5 Metode Penelitian**

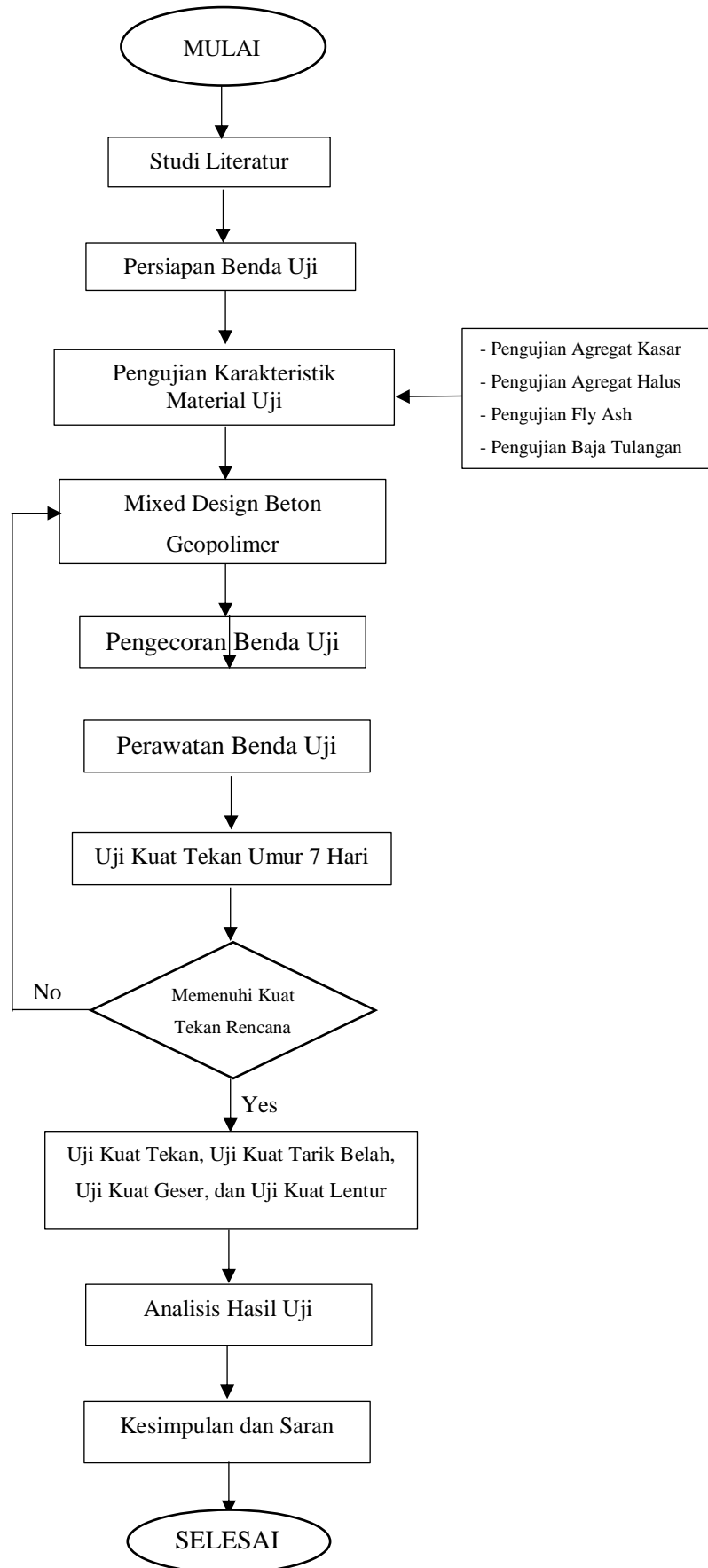
Berikut merupakan metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini:

#### **1. Studi Literatur**

Sebelum melakukan penelitian, dilakukan studi literatur untuk mendapatkan referensi dan pemahaman konsep secara menyeluruh mengenai proses penelitian yang akan dilakukan. Studi literatur dilakukan dengan menggunakan buku, peraturan, bahan internet, jurnal dan paper.

#### **2. Uji Eksperimental**

Studi eksperimental dilakukan di Laboratorium Teknik Struktur Universitas Katolik Parahyangan dengan melakukan pengujian kuat tekan menggunakan alat uji *Compression Testing Machine* (CTM), pengujian kuat geser dan kuat lentur menggunakan alat uji *Universal Testing Machine* (UTM).



**Gambar 1. 1** Diagram Alir Penelitian

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Penulisan skripsi dibuat dengan sistematika sebagai berikut:

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Pada bab ini dijelaskan latar belakang, inti permasalahan, tujuan penelitian, pembatasan masalah, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini berisi dasar teori yang menjadi landasan penulis dalam penyusunan skripsi ini. Bab ini menjelaskan teori mengenai beton, beton ringan, beton geopolimer, agregat berbahan dasar lumpur Sidoarjo, *fly ash*, dan persamaan-persamaan yang digunakan dalam penelitian.

### **BAB 3 PERSIAPAN DAN PELAKSANAAN PENGUJIAN**

Pada bab ini dijelaskan mengenai persiapan yang dibutuhkan, proses pelaksanaan pengujian di laboratorium, dan pencatatan hasil pengujian.

### **BAB 4 DATA DAN ANALISIS HASIL PENGUJIAN**

Pada bab ini dibahas mengenai analisis hasil pengujian yang telah dilakukan serta membandingkan hasil tersebut dengan hasil teoritis.

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

Pada bab ini akan dibahas kesimpulan yang didapat dari hasil pengujian serta saran dari penulis mengenai pengujian yang telah dilakukan.