

SKRIPSI

**SIFAT MEKANIS BETON GEOPOLIMER BERBAHAN DASAR
GGBFS DENGAN AGREGAT KASAR LUMPUR SIDOARJO
DAN VARIASI HDPE SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN
AGREGAT HALUS ALAMI**



**YEREMIA GRANT SETIAWAN
NPM : 6101901055**

**PEMBIMBING : Dr. Johannes Adhijoso Tjondro
KO-PEMBIMBING : Sisi Nova Rizkiani, S.T., M.T.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
JANUARI 2023**

SKRIPSI

**MECHANICAL PROPERTIES OF GGBFS-BASED
GEOPOLYMER CONCRETE WITH COARSE AGGREGATE OF
SIDOARJO MUD AND VARIATIONS OF HDPE AS PARTIAL
SUBSTITUTE FOR NATURAL FINE AGGREGATE**



**YEREMIA GRANT SETIAWAN
NPM : 6101901055**

**ADVISOR : Dr. Johannes Adhijoso Tjondro
CO-ADVISOR : Sisi Nova Rizkiani, S.T., M.T.**

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING BACHELOR PROGRAM
(Accredited by SK BAN-PT Number: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
JANUARY 2023**

SKRIPSI

**SIFAT MEKANIS BETON GEOPOLIMER BERBAHAN
DASAR *GGBFS* DENGAN AGREGAT KASAR LUMPUR
SIDOARJO DAN VARIASI *HDPE* SEBAGAI PENGGANTI
SEBAGIAN AGREGAT HALUS ALAMI**



**YEREMIA GRANT SETIAWAN
NPM : 6101901055**

BANDUNG, 19 JANUARI 2023

PEMBIMBING

KO-PEMBIMBING

Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

Sisi Nova Rizkiani, S.T., M.T.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
JANUARI 2023**

SKRIPSI

**SIFAT MEKANIS BETON GEOPOLIMER BERBAHAN
DASAR *GGBFS* DENGAN AGREGAT KASAR LUMPUR
SIDOARJO DAN VARIASI *HDPE* SEBAGAI PENGGANTI
SEBAGIAN AGREGAT HALUS ALAMI**



**YEREMIA GRANT SETIAWAN
NPM : 6101901055**

PEMBIMBING: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

**KO-
PEMBIMBING: Sisi Nova Rizkiani, S.T., M.T.**

PENGUJI 1: Herry Suryadi, Ph.D.

PENGUJI 2: Liyanto Eddy, Ph.D.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
JANUARI 2023**

LEMBAR PERNYATAAN

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

Nama : Yeremia Grant Setiawan

NPM : 6101901055

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa skripsi / tesis / disertasi^{*)} dengan judul:

Sifat Mekanis Beton Geopolimer Berbahan Dasar *GGBFS* dengan Agregat Kasar Lumpur Sidoarjo dan Variasi *HDPE* Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus Alami

adalah benar-benar karya saya sendiri di bawah bimbingan dosen pembimbing. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini, saya siap menanggung segala resiko, akibat, dan/atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya, termasuk pembatalan gelar akademik yang saya peroleh dari Universitas Katolik Parahyangan.

Dinyatakan: di Bandung

Tanggal: 19 Januari 2023



Yeremia Grant Setiawan

6101901055

SIFAT MEKANIS BETON GEOPOLIMER BERBAHAN DASAR *GGBFS* DENGAN AGREGAT KASAR LUMPUR SIDOARJO DAN VARIASI *HDPE* SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT HALUS ALAMI

Yeremia Grant Setiawan
NPM: 6101901055

Pembimbing: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro
Ko-Pembimbing: Sisi Nova Rizkiani, S.T., M.T.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
JANUARI 2023

ABSTRAK

Upaya penggunaan limbah daur ulang dapat diterapkan dalam pembuatan beton. Dengan dilakukan pengolahan, limbah dari peristiwa semburan lumpur di Sidoarjo dapat diolah menjadi agregat sebagai pengganti agregat kasar alami, limbah plastik daur ulang *HDPE* sebagai pengganti sebagian agregat halus alami, serta limbah industri dari peleburan baja berupa *Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS)* sebagai *binder* menggantikan semen. *GGBFS* dapat menggantikan semen jika diaktifkan dengan larutan aktivator berupa senyawa *sodium hidroksida* dan *sodium silikat*. Campuran beton ini disebut sebagai beton geopolimer.

Pada penelitian ini, digunakan agregat kasar lumpur Sidoarjo sebagai pengganti agregat kasar alami, *GGBFS* sebagai pengganti semen, dan variasi *HDPE* sebagai pengganti sebagian agregat halus alami dengan perbandingan antara agregat halus alami dan *HDPE* adalah sebesar 100% : 0%, 85% : 15%, dan 70% : 30%. Perbandingan agregat : (*GGBFS* dan aktivator) adalah 60% : 40%, perbandingan agregat kasar : agregat halus adalah 40% : 60%, perbandingan *GGBFS* : aktivator adalah 60% : 40%, dan rasio $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ adalah 1,5 dengan molaritas *NaOH* sebesar 10M. Pengujian beton geopolimer yang dilakukan adalah uji kuat tekan, uji kuat tarik belah, uji kuat geser, modulus elastisitas, *poisson ratio*, dan *Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)*.

Hasil uji kuat tekan beton pada hari ke-28 dengan variasi *HDPE* 0%, 15%, dan 30% adalah 31,648 MPa, 21,955 MPa, dan 18,262 MPa. Hasil uji kuat tarik belah beton pada hari ke-28 dengan variasi *HDPE* 0%, 15%, dan 30% adalah 2,364 MPa, 1,803 MPa, dan 1,637 MPa. Hasil uji kuat geser beton pada hari ke-28 dengan variasi *HDPE* 0%, 15%, dan 30% adalah 2,689 MPa, 2,453 MPa, dan 2,106 MPa. Hasil modulus elastisitas beton pada hari ke-28 dengan variasi *HDPE* 0%, 15%, dan 30% adalah 16039,665 MPa, 12747,261 MPa, dan 11803,626 MPa. Hasil *poisson ratio* beton pada hari ke-28 dengan variasi *HDPE* 0%, 15%, dan 30% adalah 0,294, 0,344, dan 0,449. Hasil *UPV* beton pada hari ke-28 dengan variasi *HDPE* 0%, 15%, dan 30% adalah 3817,356 m/s (dengan concrete quality yang didapatkan adalah *good*), 3615,383 m/s (dengan concrete quality yang didapatkan adalah *good*), dan 3452,327 m/s (dengan concrete quality yang didapatkan adalah *medium*).

Kata kunci: lumpur Sidoarjo, plastik *HDPE* daur ulang, *GGBFS*, kuat tekan, kuat tarik belah, kuat geser, modulus elastisitas, *poisson ratio*, *UPV*.

MECHANICAL PROPERTIES OF GGBFS-BASED GEOPOLYMER CONCRETE WITH COARSE AGGREGATE OF SIDOARJO MUD AND VARIATIONS OF HDPE AS PARTIAL SUBSTITUTE FOR NATURAL FINE AGGREGATE

Yeremia Grant Setiawan
NPM: 6101901055

Advisor: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro
Co-Advisor: Sisi Nova Rizkiani, S.T., M.T.

PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
BACHELOR PROGRAM
(Accredited by SK BAN-PT Number: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
JANUARY 2023

ABSTRACT

Efforts to use recycled waste can be applied in the manufacture of concrete. With processing, waste from the mudflow incident in Sidoarjo can be processed into aggregate instead of natural coarse aggregate, recycled HDPE plastic waste as a partial replacement for natural fine aggregate, and industrial waste from steel smelting in the form of Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS) as a binder replacement. GGBFS can replace cement if it is activated with an activator solution in the form of sodium hydroxide and sodium silicate compounds. This concrete mixture is referred to as geopolymer concrete.

In this study, Sidoarjo mud coarse aggregate was used as a substitute for natural coarse aggregate, GGBFS as a cement substitute, and HDPE variations as a partial replacement for natural fine aggregate with a ratio between natural fine aggregate and HDPE of 100% : 0%, 85% : 15%, and 70% : 30%. Aggregate ratio: (GGBFS and activator) is 60% : 40%, ratio of coarse aggregate : fine aggregate is 40% : 60%, ratio of GGBFS : activator is 60% : 40%, and ratio of Na₂SiO₃/NaOH is 1.5 with molarity NaOH of 10M. Geopolymer concrete tests carried out were compressive strength test, split tensile strength test, shear strength test, elastic modulus, Poisson ratio, and Ultrasonic Pulse Velocity (UPV).

The results of the concrete compressive strength test on day 28 with variations of HDPE 0%, 15% and 30% were 31,648 MPa, 21,955 MPa and 18,262 MPa. The split tensile strength test results of concrete on the 28th day with variations of HDPE 0%, 15% and 30% were 2,364 MPa, 1,803 MPa and 1,637 MPa. The results of the concrete shear strength test on day 28 with variations of HDPE 0%, 15% and 30% were 2,689 MPa, 2,453 MPa and 2,106 MPa. The results of the concrete elastic modulus on day 28 with variations of HDPE 0%, 15%, and 30% were 16039,665 MPa, 12747,261 MPa and 11803,626 MPa. The Poisson ratio results of concrete on day 28 with HDPE variations of 0%, 15% and 30% were 0,294, 0,344 and 0,449. The results of the UPV of concrete on the 28th day with HDPE variations of 0%, 15%, and 30% were 3817,356 m/s (with the concrete quality obtained was good), 3615,383 m/s (with the concrete quality obtained was good), and 3452,327 m/s (with concrete quality obtained is medium).

Keywords: Sidoarjo mud, recycled HDPE plastic, GGBFS, compressive strength, split tensile strength, shear strength, modulus of elasticity, poisson ratio, UPV.

PRAKATA

Kepada Tuhan Yang Maha Esa penulis panjatkan puji dan syukur atas berkat-Nya sehingga penulis dapat menyusun skripsi yang berjudul “SIFAT MEKANIS BETON GEOPOLIMER BERBAHAN DASAR GGBFS DENGAN AGREGAT KASAR LUMPUR SIDOARJO DAN VARIASI HDPE SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT HALUS ALAMI” dengan baik. Penyusunan skripsi adalah syarat kelulusan pada S-1 Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.

Dalam proses penyusunan skripsi, mulai dari persiapan hingga selesainya penyusunan skripsi, tidak lepas dari hambatan dan masalah. Oleh karena itu, penulis berterima kasih kepada berbagai pihak atas dukungan, kritik, saran, dan bimbingan yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan baik dan tepat waktu. Penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Johannes Adhijoso Tjondro selaku dosen pembimbing yang sudah selalu memberikan waktu dan dukungan untuk membimbing dan memberikan masukan dalam proses penyusunan skripsi.
2. Ibu Sisi Nova Rizkiani, S.T., M.T. selaku ko-pembimbing yang juga selalu memberikan waktu dan dukungan untuk membimbing dan memberikan masukan dalam proses penyusunan skripsi.
3. R. Awan Setiawan dan Milka Pesik selaku orang tua penulis yang selalu memberikan dukungan dan doa selama proses penyusunan skripsi.
4. Bapak Ir. Teguh Farid, Bapak Markus Didi, dan Bapak Herry SS yang selalu membantu dari persiapan bahan, pelaksanaan pengecoran, hingga pengujian di laboratorium struktur.
5. Semua dosen penguji yang telah memberikan kritik, masukan, dan saran untuk skripsi ini.
6. Bernadette Karenina Dorothy yang selalu menemani dan memberikan dukungan dalam proses penyusunan skripsi.

7. Jason dan Efnus selaku teman eksperimental yang selalu membantu dan mendukung dalam proses penyusunan skripsi.
8. Sharon Abigail, Jerrica, Bryan, dan Jean yang telah menemani dan mendukung dalam proses penyusunan skripsi.
9. Calvin, Haley, Jose, Nicholas, Vannes, dan Melvin yang telah memberikan dukungan dan hiburan selama proses penyusunan skripsi.
10. Stephanus, Maria, dan Novilya yang telah membantu dan mendukung selama proses penyusunan skripsi.
11. Sipil 2019 yang telah bersama-sama menjalani studi di Universitas Katolik Parahyangan.
12. Semua pihak yang telah membantu, mendukung, dan terlibat dalam proses penyusunan skripsi yang tidak dapat disebutkan namanya satu per satu.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan dan jauh dari sempurna, sehingga penulis menerima semua masukan, saran, dan kritik. Penulis juga berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi siapapun yang membaca skripsi ini dan dapat berguna untuk penelitian dan penerapan di masa depan.

Bandung, 19 Januari 2023

Penulis,



Yerima Grant Setiawan

6101901055

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN	5
ABSTRAK.....	ii
ABSTRACT	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
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	1-6
1.6 Sistematika Penulisan	1-8
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	2-1
2.1 Beton.....	2-1
2.2 Beton Geopolimer.....	2-3
2.3 Material Beton	2-4
2.3.1 Air.....	2-4
2.3.2 Agregat Kasar.....	2-6
2.3.3 Agregat Halus.....	2-9
2.3.4 Plastik Daur Ulang <i>High Density Polyethylene (HDPE)</i>	2-11
2.3.5 <i>Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS)</i>	2-13
2.3.6 Aktivator.....	2-15
2.3.7 <i>Superplasticizer</i>	2-17
2.4 Metode Pengujian Beton Geopolimer.....	2-17
2.4.1 Uji Kuat Tekan	2-17
2.4.2 Uji Kuat Tarik Belah	2-18
2.4.3 Uji Kuat Geser.....	2-19
2.4.4 Uji Modulus Elastisitas.....	2-20

2.4.5	Uji <i>Poisson Ratio</i>	2-20
2.4.6	Uji <i>Non-Destructive Test (NDT) Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)</i>	2-21
2.5	Metode Perawatan (<i>Curing</i>).....	2-22
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.....	3-6
3.2	Pengujian Material Benda Uji.....	3-9
3.2.1	Pengujian Agregat Kasar	3-9
3.2.1.1	<i>Specific Gravity</i>	3-9
3.2.1.2	Uji Saringan	3-11
3.2.2	Pengujian Agregat Halus	3-13
3.2.2.1	<i>Specific Gravity</i>	3-13
3.2.2.2	Uji Saringan	3-17
3.2.3	Pengujian <i>GGBFS</i>	3-19
3.2.3.1	<i>Specific Gravity</i>	3-19
3.3	<i>Mix Design</i> Beton Geopolimer	3-21
3.3.1	Variasi 1 (Agregat Halus Alami : HDPE = 100% : 0%)	3-21
3.3.2	Variasi 2 (Agregat Halus Alami : HDPE = 85% : 15%)	3-25
3.3.3	Variasi 3 (Agregat Halus Alami : HDPE = 70% : 30%)	3-29
3.4	Prosedur Pelaksanaan Pengecoran.....	3-33
3.4.1	Pembuatan Larutan Aktivator.....	3-33
3.4.2	Pencampuran Bahan dan Pengecoran.....	3-35
3.4.3	Perawatan Beton (<i>Curing</i>).....	3-38
3.5	Prosedur Pengujian Benda Uji.....	3-38
3.5.1	Pengujian Kuat Tekan Beton.....	3-39
3.5.2	Pengujian Kuat Tarik Belah Beton.....	3-44
3.5.3	Pengujian Kuat Geser Beton.....	3-46
3.5.4	Pengujian Modulus Elastisitas.....	3-48
3.5.5	Pengujian <i>Poisson Ratio</i>	3-56
3.5.6	Pengujian <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i>	3-56
BAB 4 ANALISIS HASIL PENGUJIAN		4-1
4.1	Analisis Pengujian Kuat Tekan.....	4-1
4.1.1	Analisis Faktor Umur Kuat Tekan.....	4-1

4.1.2	Analisis Kuat Tekan Pada Hari Ke-28	4-8
4.1.3	Analisis Pengaruh Variasi HDPE Terhadap Kuat Tekan	4-10
4.2	Analisis Pengujian Kuat Tarik Belah.....	4-14
4.2.1	Analisis Kuat Tarik Belah	4-14
4.2.2	Analisis Pengaruh Variasi HDPE Terhadap Kuat Tarik Belah	4-18
4.3	Analisis Pengujian Kuat Geser	4-18
4.3.1	Analisis Kuat Geser	4-19
4.3.2	Analisis Pengaruh Variasi HDPE Terhadap Kuat Geser.....	4-23
4.4	Analisis Pengujian Modulus Elastisitas dan <i>Poisson Ratio</i>	4-24
4.4.1	Analisis Modulus Elastisitas dan <i>Poisson Ratio</i>	4-24
4.4.2	Analisis Pengaruh Variasi HDPE Terhadap Modulus Elastisitas dan <i>Poisson Ratio</i>	4-32
4.5	Analisis Pengujian <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i>	4-33
4.5.1	Analisis <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i>	4-33
4.5.2	Analisis Hubungan Kuat Tekan dengan Hasil Pengujian <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> 4-35	
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		5-1
5.1	Kesimpulan	5-1
5.2	Saran	5-3
DAFTAR PUSTAKA		xvi
LAMPIRAN 1		L1-0
LAMPIRAN 2		L2-0
LAMPIRAN 3		L3-0

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

Al	= Aluminium
Al ₂ O ₃	= Aluminium Oksida
ASTM	= <i>American Society for Testing and Material</i>
CaO,	= Kalsium Oksida
CO ₂	= Karbon Dioksida
CTM	= <i>Compression Testing Machine</i>
Fe ₂ O ₃	= Ferioksida
HDPE	= <i>High Density Polyethylene</i>
H ₂ O	= Senyawa Air
K ₂ O	= Kalium Oksida
MgO	= Magnesium Oksida
M	= Molaritas
NaOH	= Natrium Hidroksida
Na ₂ O	= Natrium Oksida
Na ₂ SiO ₃	= Natrium Silikat
OPC	= <i>Ordinary Portland Cement</i>
Si	= Silika
SiO ₂	= Silika Dioksida
SNI	= Standar Nasional Indonesia
SO ₃	= Sulfur Trioksida
SP	= <i>Super Plasticizer</i>
SSD	= <i>Saturated Surface Dry</i>

UPV	= <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i>	
UTM	= <i>Universal Testing Machine</i>	
α	= Koefisien Kuat Tarik Belah	
β	= Koefisien Kuat Geser	
γ	= Koefisien Modulus Elastisitas	
σ	= Tegangan	(MPa)
ε	= Regangan	
ν	= <i>Poisson Ratio</i>	
σ_1	= Tegangan Saat $\varepsilon_1, 0,00005$	(MPa)
σ_2	= Tegangan Saat 40% Beban Maksimum	(MPa)
ε_2	= Regangan Longitudinal Saat Tegangan σ_2	
$\varepsilon_{lateral1}$	= Regangan Lateral Saat σ_1	
$\varepsilon_{lateral2}$	= Regangan Lateral Saat σ_2	
ξ	= Perbandingan Pasir Alami Terhadap Agregat Kasar	
κ	= Perbandingan <i>GGBFS</i> Terhadap Aktivator	
ν	= Perbandingan HDPE Terhadap Agregat Kasar	
A	= Luas Penampang	(mm ²)
D	= Diameter Benda Uji	(mm)
E	= Modulus Elastisitas	(MPa)
f_c'	= Kuat Tekan	(MPa)
f_{ct}	= Kuat Tarik Belah	(MPa)
f_v	= Kuat Geser	(MPa)
L	= Panjang Benda Uji	(mm)

P	= Gaya Maksimum	(N)
V_{agg}	= Volume Agregat	(m ³)
V_{ca}	= Volume Agregat Kasar Lumpur Sidoarjo	(m ³)
V_{pasir}	= Volume Agregat Halus Alami (Pasir)	(m ³)
V_{HDPE}	= Volume Agregat Halus HDPE	(m ³)
V_{GGBFS}	= Volume <i>GGBFS</i>	(m ³)
$V_{aktivator}$	= Volume Larutan Aktivator	(m ³)
W_{ca}	= Berat Agregat Kasar Lumpur Sidoarjo	(kg)
W_{pasir}	= Berat Agregat Halus Alami (Pasir)	(kg)
W_{HDPE}	= Berat Agregat Halus HDPE	(kg)
$W_{aktivator}$	= Berat Larutan Aktivator	(kg)
W_{NaOH}	= Berat Larutan Natrium Hidroksida	(kg)
$W_{Na_2SiO_3}$	= Berat Larutan Natrium Silikat	(kg)
W_{GGBFS}	= Berat <i>GGBFS</i>	(kg)
W_{SP}	= Berat <i>Superplasticizer</i>	(kg)
W_{NaOH_s}	= Berat Natrium Hidroksida Solid	(kg)
$W_{aqua\ dm}$	= Berat Air	(kg)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian.....	1-7
Gambar 2.1 Reaksi Polimerisasi Pada Beton Geopolimer	2-4
Gambar 3.1 Agregat Kasar Lumpur Sidoarjo.....	3-1
Gambar 3.2 Agregat Halus Alami (Pasir)	3-2
Gambar 3.3 HDPE	3-3
Gambar 3.4 <i>GGBFS</i>	3-3
Gambar 3.5 <i>Sodium Hidroksida</i> (NaOH padat).....	3-4
Gambar 3.6 <i>Sodium Hidroksida</i> (NaOH padat).....	3-4
Gambar 3.7 <i>Sodium Silikat</i> atau <i>Waterglass</i> (Na_2SiO_3)	3-5
Gambar 3.8 <i>Aqua dm</i>	3-5
Gambar 3.9 <i>Superplasticizer</i>	3-6
Gambar 4.1 Grafik Umur Uji dan Umur Uji/Kuat Tekan (Y') Variasi 1	4-2
Gambar 4.2 Grafik Umur Uji dan Umur Uji/Kuat Tekan (Y') Variasi 3	4-3
Gambar 4.3 Grafik Kuat Tekan Regresi dan Umur Uji Variasi 1 dan Variasi 3	4-5
Gambar 4.4 Pengaruh Variasi HDPE Terhadap Kuat Tekan Beton Pada Hari Ke-28	4-10
Gambar 4.5 Kuat Tarik Belah Variasi 1	4-16
Gambar 4.6 Kuat Tarik Belah Variasi 2	4-16
Gambar 4.7 Kuat Tarik Belah Variasi 3	4-17
Gambar 4.8 Kuat Tarik Belah Pada Variasi 1, 2, dan 3	4-18
Gambar 4.9 Kuat Geser Variasi 1	4-21
Gambar 4.10 Kuat Geser Variasi 3	4-22
Gambar 4.11 Kuat Geser Variasi 2	4-22
Gambar 4.12 Kuat Geser Pada Variasi 1, 2, dan 3	4-23
Gambar 4.13 Grafik Tegangan Regangan Variasi 1	4-26
Gambar 4.14 Grafik Tegangan Regangan Variasi 3	4-27
Gambar 4.15 Grafik Tegangan Regangan Variasi 2	4-27
Gambar 4.16 Pengaruh Variasi 1, 2, dan 3 Terhadap Modulus Elastisitas	4-32
Gambar 4.17 Pengaruh Variasi 1, 2, dan 3 Terhadap <i>Poisson Ratio</i>	4-32
Gambar 4.18 Grafik Kuat Tekan Rata-Rata Hari Ke-28 Terhadap Cepat Rambat Gelombang Rata-Rata Variasi 1	4-35
Gambar 4.19 Grafik Kuat Tekan Rata-Rata Hari Ke-28 Terhadap Cepat Rambat Gelombang Rata-Rata Variasi 3	4-36
Gambar 4.20 Grafik Kuat Tekan Rata-Rata Hari Ke-28 Terhadap Cepat Rambat Gelombang Rata-Rata Variasi 2	4-36
Gambar L1.1 Uji Kuat Tekan Variasi 1 Benda Uji 1	L1-1
Gambar L1.2 Uji Kuat Tekan Variasi 1 Benda Uji 2	L1-1
Gambar L1.3 Benda Uji Variasi 1 Setelah Uji Kuat Tekan	L1-2

Gambar L1.4 Uji Kuat Tekan Variasi 1 Benda Uji 3	L1-2
Gambar L1.5 Uji Kuat Tekan Variasi 2 Benda Uji 1	L1-3
Gambar L1.6 Uji Kuat Tekan Variasi 2 Benda Uji 2	L1-3
Gambar L1.7 Uji Kuat Tekan Variasi 2 Benda Uji 3	L1-4
Gambar L1.8 Benda Uji Variasi 2 Setelah Uji Kuat Tekan	L1-4
Gambar L1.9 Uji Kuat Tekan Variasi 3 Benda Uji 1	L1-5
Gambar L1.10 Uji Kuat Tekan Variasi 3 Benda Uji 2	L1-5
Gambar L1.11 Uji Kuat Tekan Variasi 3 Benda Uji 3	L1-6
Gambar L1.12 Benda Uji Variasi 3 Setelah Uji Kuat Tekan	L1-6
Gambar L1.13 Uji Kuat Tarik Belah Variasi 1 Benda Uji 1	L1-7
Gambar L1.14 Uji Kuat Tarik Belah Variasi 1 Benda Uji 2	L1-7
Gambar L1.15 Uji Kuat Tarik Belah Variasi 1 Benda Uji 3	L1-8
Gambar L1.16 Benda Uji Variasi 1 Setelah Uji Kuat Tarik Belah	L1-8
Gambar L1.17 Uji Kuat Tarik Belah Variasi 2 Benda Uji 1	L1-9
Gambar L1.18 Uji Kuat Tarik Belah Variasi 2 Benda Uji 2	L1-9
Gambar L1.19 Benda Uji Variasi 2 Setelah Uji Kuat Tarik Belah	L1-10
Gambar L1.20 Uji Kuat Tarik Belah Variasi 2 Benda Uji 3	L1-10
Gambar L1.21 Uji Kuat Tarik Belah Variasi 3 Benda Uji 1	L1-11
Gambar L1.22 Uji Kuat Tarik Belah Variasi 3 Benda Uji 2	L1-11
Gambar L1.23 Uji Kuat Tarik Belah Variasi 3 Benda Uji 3	L1-12
Gambar L1.24 Benda Uji Variasi 3 Setelah Uji Kuat Tarik Belah	L1-12
Gambar L1.25 Uji Kuat Geser Variasi 1	L1-13
Gambar L1.26 Benda Uji Variasi 1 Setelah Uji Kuat Geser	L1-13
Gambar L1.27 Uji Kuat Geser Variasi 2	L1-14
Gambar L1.28 Benda Uji Variasi 2 Setelah Uji Kuat Geser	L1-14
Gambar L1.29 Uji Kuat Geser Variasi 3	L1-15
Gambar L1.30 Benda Uji Variasi 3 Setelah Uji Kuat Geser	L1-15
Gambar L1.31 Uji Modulus Elastisitas dan <i>Poisson Ratio</i> Variasi 1	L1-16
Gambar L1.32 Uji Modulus Elastisitas dan <i>Poisson Ratio</i> Variasi 2	L1-16
Gambar L1.33 Uji Modulus Elastisitas dan <i>Poisson Ratio</i> Variasi 3	L1-17
Gambar L1.34 Pengujian <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> (1)	L1-18
Gambar L1.35 Pengujian <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> (2)	L1-18
Gambar L2.1 <i>Trial Mix</i> 1	L2-1
Gambar L2.2 <i>Trial Mix</i> 2	L2-1
Gambar L2.3 <i>Trial Mix</i> 3	L2-2
Gambar L2.4 Hasil Uji Kuat Tekan <i>Trial Mix</i> 2 Hari Ke-7	L2-2
Gambar L2.5 Hasil Uji Kuat Tekan <i>Trial Mix</i> 3 Hari Ke-7 (Benda Uji 1)	L2-3
Gambar L2.6 Hasil Uji Kuat Tekan <i>Trial Mix</i> 3 Hari Ke-7 (Benda Uji 2)	L2-3
Gambar L3.1 <i>Slump Test</i> Pengecoran Benda Uji Variasi 1	L3-1
Gambar L3.2 <i>Slump Test</i> Pengecoran Benda Uji Variasi 2	L3-1
Gambar L3.3 <i>Slump Test</i> Pengecoran Benda Uji Variasi 3	L3-2

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Variasi Benda Uji	1-5
Tabel 2.1 Hasil Analisis Kimia Bahan Lumpur Sidoarjo.....	2-9
Tabel 2.2 Jenis Plastik dan Penggunaannya	2-11
Tabel 2.3 Sifat Fisik Agregat Halus Pasir, Virgin HDPE, dan Waste HDPE	2-12
Tabel 2.4 Kualitas Beton Berdasarkan Cepat Rambat Gelombang	2-21
Tabel 3.1 Jumlah dan Dimensi Benda Uji.....	3-7
Tabel 3.2 Hasil Pengujian <i>Specific Gravity</i> Agregat Kasar Lumpur Sidoarjo	3-11
Tabel 3.3 Hasil Pengujian Saringan Agregat Kasar Lumpur Sidoarjo.....	3-13
Tabel 3.4 Hasil Pengujian <i>Specific Gravity</i> Agregat Halus Alami.....	3-15
Tabel 3.5 Hasil Pengujian <i>Specific Gravity</i> Agregat Halus HDPE	3-16
Tabel 3.6 Hasil Pengujian Saringan Agregat Halus Alami	3-19
Tabel 3.7 Hasil Pengujian <i>Specific Gravity GGBFS</i>	3-20
Tabel 3.8 Volume Benda Uji.....	3-23
Tabel 3.9 Proporsi Campuran/m ³ Variasi 1.....	3-24
Tabel 3.10 Jumlah Benda Uji Variasi 1.....	3-24
Tabel 3.11 Proporsi Campuran/Cor Variasi 1	3-25
Tabel 3.12 Volume Benda Uji.....	3-27
Tabel 3.13 Proporsi Campuran/m ³ Variasi 2.....	3-28
Tabel 3.14 Jumlah Benda Uji Variasi 2.....	3-28
Tabel 3.15 Proporsi Campuran/Cor Variasi 2	3-29
Tabel 3.16 Volume Benda Uji.....	3-31
Tabel 3.17 Proporsi Campuran/m ³ Variasi 3.....	3-32
Tabel 3.18 Jumlah Benda Uji Variasi 3.....	3-32
Tabel 3.19 Proporsi Campuran/Cor Variasi 3	3-33
Tabel 3.20 Hasil Pengujian Kuat Tekan (1)	3-41
Tabel 3.21 Hasil Pengujian Kuat Tekan (2)	3-42
Tabel 3.22 Hasil Pengujian Kuat Tekan (3)	3-43
Tabel 3.23 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Pada Hari Ke-28 (1)	3-45
Tabel 3.24 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Pada Hari Ke-28 (2)	3-46
Tabel 3.25 Hasil Pengujian Kuat Geser Pada Hari Ke-28 (1).....	3-47
Tabel 3.26 Hasil Pengujian Kuat Geser Pada Hari Ke-28 (2).....	3-48
Tabel 3.27 Modulus Elastisitas Variasi 1 (Benda Uji 1)	3-50
Tabel 3.28 Modulus Elastisitas Variasi 1 (Benda Uji 2).....	3-51
Tabel 3.29 Modulus Elastisitas Variasi 1 (Benda Uji 3)	3-52
Tabel 3.30 Modulus Elastisitas Variasi 2 (Benda Uji 1)	3-53
Tabel 3.31 Modulus Elastisitas Variasi 2 (Benda Uji 2)	3-53
Tabel 3.32 Modulus Elastisitas Variasi 2 (Benda Uji 3)	3-54
Tabel 3.33 Modulus Elastisitas Variasi 3 (Benda Uji 1)	3-54
Tabel 3.34 Modulus Elastisitas Variasi 3 (Benda Uji 2)	3-55
Tabel 3.35 Modulus Elastisitas Variasi 3 (Benda Uji 3)	3-55

Tabel 3.36 Hasil Pengujian <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> Pada Hari Ke-28 (1).....	3-58
Tabel 3.37 Hasil Pengujian <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> Pada Hari Ke-28 (2).....	3-58
Tabel 4.1 Nilai Umur Uji/Kuat Tekan Variasi 1	4-2
Tabel 4.2 Nilai Umur Uji/Kuat Tekan Variasi 3	4-3
Tabel 4.3 Persamaan Kuat Tekan Regresi Variasi 1 dan Variasi 3.....	4-4
Tabel 4.4 Kuat Tekan Regresi dan Faktor Umur Variasi 1	4-5
Tabel 4.5 Kuat Tekan Regresi dan Faktor Umur Variasi 3	4-5
Tabel 4.6 Estimasi Kuat Tekan Pada Hari Ke-28 dan Kuat Tekan Karakteristik Variasi 1	4-7
Tabel 4.7 Estimasi Kuat Tekan Pada Hari Ke-28 dan Kuat Tekan Karakteristik Variasi 3	4-8
Tabel 4.8 Kuat Tekan Pada Hari Ke-28 Variasi 1, 2, dan 3	4-9
Tabel 4.9 Dimensi Benda Uji Silinder Beton Geopolimer Variasi 1, 2, dan 3.....	4-12
Tabel 4.10 Berat Isi Benda Uji Silinder Beton Geopolimer Variasi 1, 2, dan 3	4-13
Tabel 4.11 Analisis Kuat Tarik Belah dan Koefisien Kuat Tarik Belah Variasi 1, 2, dan 3	4-15
Tabel 4.12 Analisis Kuat Geser dan Koefisien Kuat Geser Variasi 1, 2, dan 3	4-20
Tabel 4.13 Analisis Koefisien Kuat Geser Variasi 1, 2, dan 3	4-21
Tabel 4.14 Modulus Elastisitas Beton Geopolimer Variasi 1	4-28
Tabel 4.15 <i>Poisson Ratio</i> Beton Geopolimer Variasi 1.....	4-28
Tabel 4.16 Modulus Elastisitas Beton Geopolimer Variasi 2	4-28
Tabel 4.17 <i>Poisson Ratio</i> Beton Geopolimer Variasi 2.....	4-29
Tabel 4.18 Modulus Elastisitas Beton Geopolimer Variasi 3	4-29
Tabel 4.19 <i>Poisson Ratio</i> Beton Geopolimer Variasi 3.....	4-29
Tabel 4.20 Tabel Perbandingan Hasil Nilai Modulus Elastisitas Variasi 1.....	4-29
Tabel 4.21 Tabel Perbandingan Hasil Nilai Modulus Elastisitas Variasi 2.....	4-30
Tabel 4.22 Tabel Perbandingan Hasil Nilai Modulus Elastisitas Variasi 3.....	4-30
Tabel 4.23 Koefisien Modulus Elastisitas Beton Geopolimer Variasi 1	4-31
Tabel 4.24 Koefisien Modulus Elastisitas Beton Geopolimer Variasi 2.....	4-31
Tabel 4.25 Koefisien Modulus Elastisitas Beton Geopolimer Variasi 3.....	4-31
Tabel 4.26 Modulus Elastisitas dan <i>Poisson Ratio</i> Pada Variasi 1, 2, dan 3	4-33
Tabel 4.27 <i>Concrete Quality (Grading)</i> Berdasarkan Cepat Rambat Gelombang.....	4-34
Tabel 4.28 Hasil Cepat Rambat Gelombang dan <i>Concrete Quality</i>	4-34
Tabel 4.29 Nilai Kuat Tekan Dari Hasil Pengujian UPV Variasi 1	4-37
Tabel 4.30 Nilai Kuat Tekan Dari Hasil Pengujian UPV Variasi 2	4-37
Tabel 4.31 Nilai Kuat Tekan Dari Hasil Pengujian UPV Variasi 3	4-37

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jumlah penduduk di dunia mengalami peningkatan yang sangat pesat pada beberapa tahun terakhir ini. Berdasarkan data dari *World Bank* (2022), jumlah populasi dunia pada tahun 2000 adalah 6,11 miliar jiwa, sedangkan jumlah populasi dunia pada tahun 2021 mengalami peningkatan menjadi sebesar 7,84 miliar jiwa. Peningkatan jumlah penduduk yang pesat ini tentu berpengaruh pada semakin meningkatnya kebutuhan masyarakat akan tempat tinggal, sarana dan prasarana, dan fasilitas masyarakat, seperti sekolah, rumah sakit, perkantoran, dan sebagainya. Sehingga, berdampak juga pada semakin banyak pekerjaan pembangunan konstruksi untuk membangun tempat tinggal dan fasilitas kebutuhan masyarakat.

Saat ini, material yang paling umum digunakan pada pekerjaan pembangunan konstruksi di Indonesia adalah beton, baja, dan kayu. Beton merupakan komponen yang sangat penting dan yang utama dalam suatu proyek konstruksi. Beton merupakan campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan perbandingan tertentu untuk mencapai kekuatan yang direncanakan. Beton memiliki kelebihan yang penting dalam konstruksi, seperti beton memiliki kekuatan tekan yang tinggi (f^c), tahan terhadap cuaca, tahan terhadap panas atau temperatur yang tinggi, dan sebagainya. Selain itu, pembuatan campuran beton ini juga relatif mudah dan tidak membutuhkan biaya yang besar.

Kebutuhan akan semen sebagai material utama dan bahan pengikat dalam campuran beton akan semakin meningkat. Namun, pada kenyataannya, produksi semen ini berdampak buruk terhadap lingkungan hidup. Berdasarkan data dari *BBC* dan *Chatham House* pada tahun 2016, produksi semen dunia menghasilkan emisi gas karbon dioksida (CO_2) sebesar 2,2 miliar ton, dimana jumlah sebesar ini setara atau ekuivalen sebesar 8% dari emisi karbon dioksida (CO_2) dunia. Emisi CO_2 ini dapat mengakibatkan pemanasan global.

Salah satu upaya untuk mengatasi permasalahan yang telah dijelaskan di atas, maka dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi beton yang ada, dapat

digunakan beton geopolimer. Beton geopolimer sendiri merupakan beton yang tidak menggunakan semen portland sebagai bahan pengikat pada campuran beton (*binder*). Semen portland sebagai bahan pengikat pada campuran beton (*binder*) digantikan oleh material atau bahan lain. Geopolimer merupakan material dari polimer anorganik disintesis melalui proses geokimia menggunakan bahan dasar mineral aluminasilikat. Dalam penelitian ini, digunakan *Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS)* sebagai bahan atau material pengganti semen untuk mengikat dalam campuran beton. *GGBFS* ini merupakan limbah industri yang dapat digunakan dan dimanfaatkan kembali. *GGBFS* sebagai pengganti semen dalam campuran beton harus diaktifkan terlebih dahulu dengan aktivator agar dapat menjadi *binder* pada campuran beton. Hal ini untuk mengaktifkan Aluminium (Al) dan Silikat (Si) yang terkandung dalam *GGBFS* agar terjadi ikatan polimerisasi yang kuat.

Pada tahun 2006, dilakukan kegiatan pengeboran di Sidoarjo dan terjadi kegagalan teknis yang mengakibatkan terjadinya semburan lumpur yang masih terus berlangsung sampai saat ini. Lumpur Sidoarjo merupakan limbah dari peristiwa semburan lumpur yang tidak terkendali ini dan tentunya akan berdampak pada lingkungan. Untuk mengurangi limbah lumpur Sidoarjo, maka dilakukan penelitian dimana lumpur Sidoarjo dapat digunakan sebagai agregat dalam campuran beton. Penggunaan lumpur Sidoarjo sebagai agregat dalam campuran beton dilakukan melalui proses pembakaran sehingga didapatkan material yang ringan, kuat, dan tahan terhadap suhu tinggi sebagai agregat dalam campuran beton (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2021). Oleh karena itu, dalam penelitian ini digunakan agregat lumpur Sidoarjo dalam campuran beton sebagai pengganti agregat kasar alami yang umumnya digunakan dalam campuran beton. Hal ini dapat mengurangi limbah lumpur Sidoarjo dengan menjadikannya sebagai material yang berguna dalam campuran beton.

Limbah lain yang banyak dihasilkan setiap harinya adalah limbah plastik yang mana limbah plastik ini membutuhkan waktu yang sangat lama agar dapat terurai. Setelah dilakukan pengolahan terlebih dahulu, plastik dapat digunakan sebagai pengganti sebagian agregat halus dalam campuran beton. Pada penelitian ini, digunakan limbah plastik *High Density Polyethylene (HDPE)* yang merupakan

polimer termoplastik yang berasal dari pemanasan minyak bumi sebagai pengganti sebagian agregat halus dalam campuran beton. *HDPE* memiliki sifat keras, kuat, dan tahan terhadap suhu tinggi. Secara lebih spesifik, *HDPE* ini dihasilkan melalui proses pemanasan minyak bumi untuk menghasilkan gas etilena, dimana molekul gas ini diolah menjadi polimer sebagai bahan utama *polyethylene*. Penggunaan limbah plastik *HDPE* ini tentunya akan memberikan keuntungan yang berdampak positif bagi lingkungan karena dilakukan daur ulang limbah plastik. Selain itu, penggunaan limbah plastik *HDPE* dalam campuran beton ini tidak membutuhkan biaya yang besar dikarenakan plastik yang digunakan berasal dari limbah plastik masyarakat sehari-hari. Berdasarkan penjelasan di atas, perlu dilakukan uji eksperimental untuk penelitian beton geopolimer berbahan dasar *GGBFS* dengan agregat kasar lumpur Sidoarjo dan variasi *HDPE* sebagai pengganti sebagian agregat halus alami.

1.2 Inti Permasalahan

Inti permasalahan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat mekanis dari beton geopolimer dengan agregat kasar berupa lumpur Sidoarjo, agregat halus alami, variasi plastik *HDPE* sebagai pengganti sebagian agregat halus alami, *GGBFS* sebagai pengikat campuran beton pengganti semen, serta *Sodium Hidroksida* (NaOH) dan *Sodium Silikat* (Na_2SiO_3) sebagai aktivator *GGBFS*. Pengujian pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kuat tekan, kuat tarik belah, kuat geser, *poisson ratio*, modulus elastisitas, dan UPV (*Ultrasonic Pulse Velocity*). Pengujian ini dilakukan dengan kadar molaritas dalam aktivator NaOH sebesar 10M dan variasi plastik *HDPE* sebagai pengganti sebagian agregat halus alami sebesar 0%, 15%, dan 30%.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh variasi plastik *HDPE* sebagai pengganti sebagian agregat halus alami, agregat kasar lumpur Sidoarjo sebagai pengganti agregat kasar alami, dan *GGBFS* sebagai pengganti semen terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, kuat geser, *poisson ratio*, modulus elastisitas, dan UPV (*Ultrasonic Pulse Velocity*).

1.4 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Agregat kasar yang digunakan adalah lumpur Sidoarjo dengan ukuran agregat kasar yang digunakan adalah agregat yang lolos saringan 3/8" (9.5 mm)
2. Agregat halus yang digunakan adalah agregat halus alami dan plastik *HDPE* dengan variasi campuran agregat halus, yaitu sebesar 100% agregat halus alami dan 0% plastik *HDPE*, 85% agregat halus alami dan 15% plastik *HDPE*, serta 70% agregat halus alami dan 30% plastik *HDPE*.
3. Agregat halus yang digunakan adalah agregat yang lolos saringan No. 4 (4.75 mm).
4. GGBFS yang digunakan adalah GGBFS baja yang lolos saringan No. 200 (0.075 mm) dari PT KRNG.
5. Aktivator yang digunakan adalah Sodium Hidroksida (NaOH) dan Sodium Silikat (Na₂SiO₃).
6. Perbandingan antara agregat dan (GGBFS + aktivator) adalah 60% : 40%.
7. Perbandingan antara GGBFS dan aktivator adalah 60% : 40%.
8. Perbandingan antara aktivator Sodium Hidroksida (NaOH) 10M dan Sodium Silikat (Na₂SiO₃) adalah 40% : 60%.
9. Pengujian kuat tekan beton dengan *Compressing Testing Machine* berdasarkan ASTM C39.
10. Pengujian kuat tarik belah beton dengan *Compressing Testing Machine* berdasarkan ASTM C496.
11. Pengujian NDT (*Non-Destructive Test*) dilakukan dengan menggunakan alat UPV (*Ultrasonic Pulse Velocity*) berdasarkan ASTM C597.
12. Pengujian modulus elastisitas dan *poisson ratio* berdasarkan ASTM C469.
13. Perhitungan *mix design* dengan menggunakan metode volume absolut.
14. Variasi pengujian dan jumlah benda uji dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 1.1 Variasi Benda Uji

Variasi	Keterangan Variasi	Pengujian	Umur Uji	Jumlah Benda Uji	Dimensi Benda Uji [cm]			
					Silinder (diameter x tinggi)	Balok (sisi x sisi x panjang)		
Variasi 1	Agregat Kasar Lumpur Sidoarjo, Agregat Halus 100% Alami : 0% HDPE	Kuat Tekan	7	3	10 x 20	-		
			14	3	10 x 20	-		
			21	3	10 x 20	-		
			28	3	10 x 20	-		
		UPV, <i>poisson ratio</i> , Modulus Elastisitas	28					
		Tarik Belah	28				10 x 20	-
		Kuat Geser	28	3	-	10 x 10 x 30		
		Total Jumlah Benda Uji					15 Silinder	3 Balok
Variasi 2	Agregat Kasar Lumpur Sidoarjo, Agregat Halus 85% Alami : 15% HDPE	Kuat Tekan	7	3	10 x 20	-		
			28	3	10 x 20	-		
		UPV, <i>poisson ratio</i> , Modulus Elastisitas	28					
		Tarik Belah	28				3	10 x 20
		Kuat Geser	28	3	-	10 x 10 x 30		
		Total Jumlah Benda Uji					9 Silinder	3 Balok
		Variasi 3	Agregat Kasar Lumpur Sidoarjo, Agregat Halus 70% Alami : 30% HDPE	Kuat Tekan	7	3	10 x 20	-
14	3				10 x 20	-		
21	3				10 x 20	-		
28	3				10 x 20	-		
UPV, <i>poisson ratio</i> , Modulus Elastisitas				28				
Tarik Belah				28			3	10 x 20
Kuat Geser	28			3	-	10 x 10 x 30		
Total Jumlah Benda Uji					15 Silinder	3 Balok		

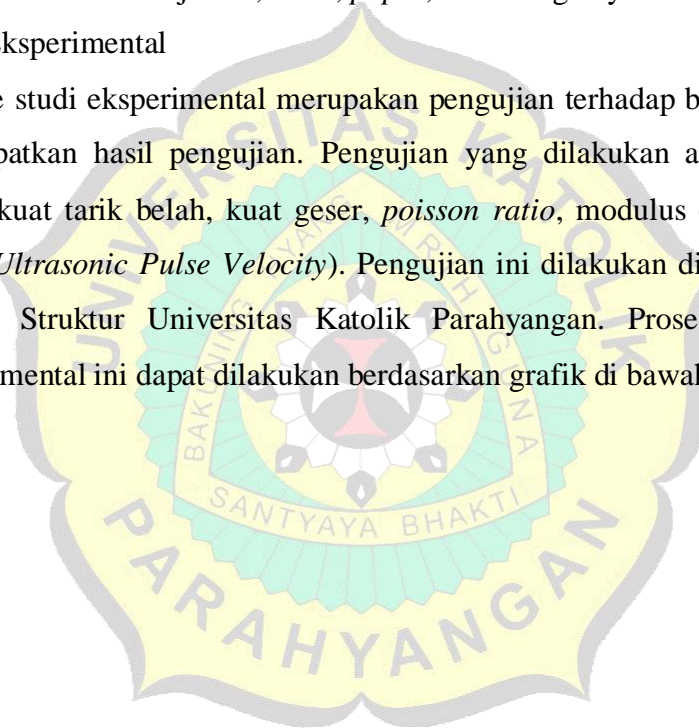
1.5 Metode Penelitian

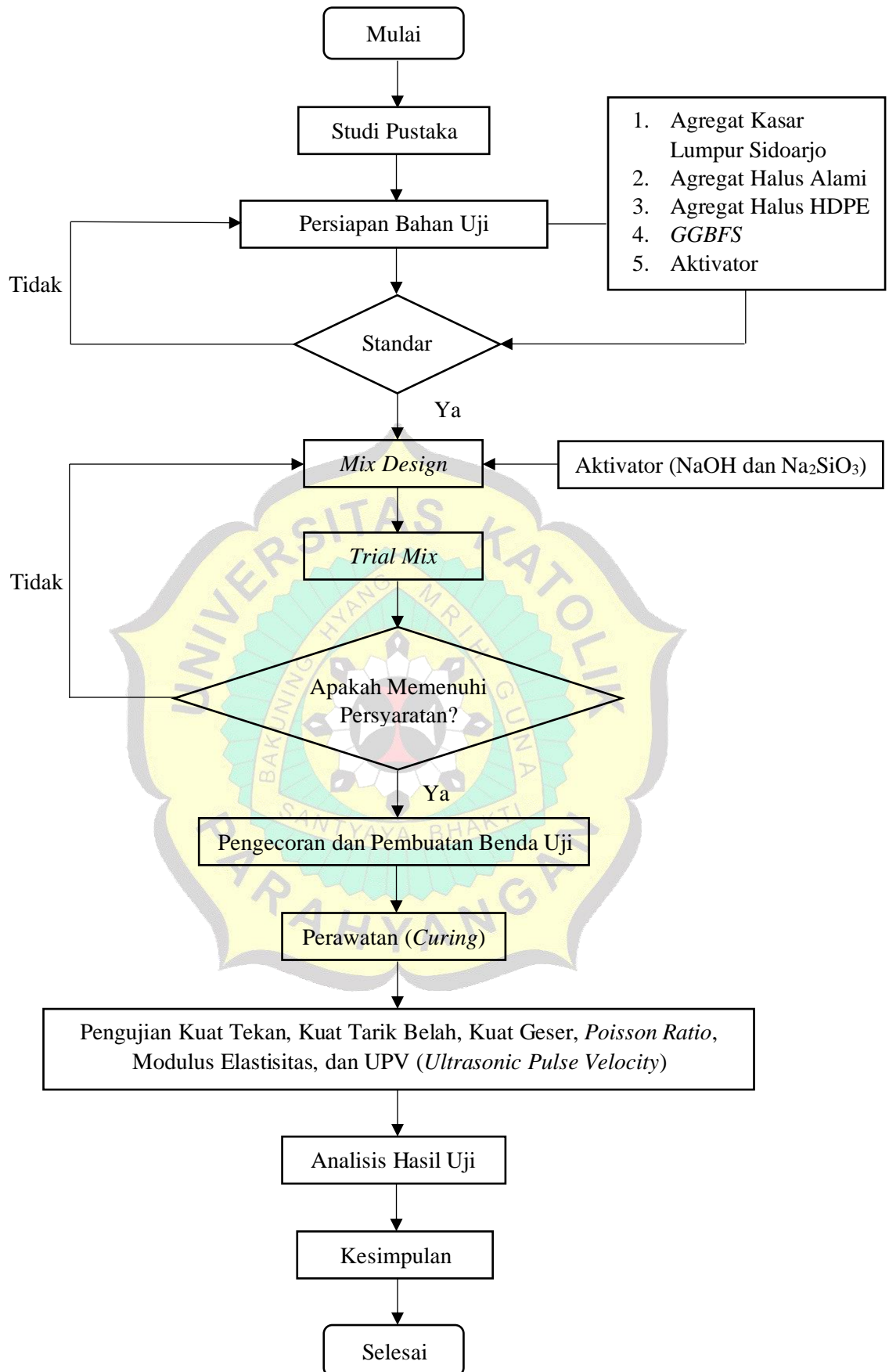
1. Studi Literatur

Metode studi literatur merupakan pengumpulan teori, informasi, dan referensi yang berhubungan dengan permasalahan agar dapat digunakan sebagai gambaran dan acuan dalam melaksanakan seluruh proses penelitian. Studi literatur ini diharapkan dapat mencakup pemahaman mengenai sifat dan karakteristik beton geopolimer, material dalam campuran beton geopolimer, seperti agregat kasar, agregat halus, *GGBFS* sebagai bahan pengikat campuran beton pengganti semen, dan aktivator. Studi literatur ini dapat berupa referensi dari jurnal, buku, *paper*, dan sebagainya.

2. Studi Eksperimental

Metode studi eksperimental merupakan pengujian terhadap benda uji untuk mendapatkan hasil pengujian. Pengujian yang dilakukan adalah uji kuat tekan, kuat tarik belah, kuat geser, *poisson ratio*, modulus elastisitas, dan UPV (*Ultrasonic Pulse Velocity*). Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Struktur Universitas Katolik Parahyangan. Prosedur pengujian eksperimental ini dapat dilakukan berdasarkan grafik di bawah ini:





Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan skripsi ini dilakukan secara sistematis dalam 5 bab, yaitu :

BAB I Pendahuluan

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

BAB II Tinjauan Pustaka

Bab ini akan membahas mengenai landasan dan dasar teori yang digunakan dalam penelitian pada skripsi ini.

BAB III Persiapan Dan Pelaksanaan Pengujian

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

BAB IV Data dan Analisis Hasil Pengujian

Bab ini akan membahas mengenai analisis hasil pengujian dan perbandingan hasil pengujian.

BAB V Kesimpulan Dan Saran

Bab ini berisi kesimpulan dari keseluruhan penulisan dan pengujian yang berasal dari hasil analisis perhitungan, serta berisi saran dari hasil pengujian yang telah dilakukan.

