

**SKRIPSI**

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



**EFNUS SAFRYIEL SINUHAJI  
NPM : 6101901120**

**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 GEOPOLYMER  
CONCRETE BASED ON GGBFS WITH COARSE PUMIC  
AGGREGATE AND HDPE VARIATIONS AS A PARTIAL  
REPLACEMENT OF NATURAL FINE AGGREGATES**



**EFNUS SAFRYIEL SINUHAJI  
NPM : 6101901120**

**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 Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)  
BANDUNG  
JANUARY 2023**

**SKRIPSI**

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



**EFNUS SAFRYIEL SINUHAJI  
NPM : 6101901120**

**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 BATU  
APUNG DAN VARIASI *HDPE* SEBAGAI PENGGANTI  
SEBAGIAN AGREGAT HALUS ALAMI**



**EFNUS SAFRYIEL SINUHAJI  
NPM : 6101901120**

**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 : Efnus Safryiel Sinuhaji

NPM : 6101901120

Program Studi : Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

**SIFAT MEKANIS BETON GEOPOLIMER BERBAHAN DASAR *GGBFS* DENGAN AGREGAT KASAR BATU APUNG 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, 19 Januari 2023



Efnus Safryiel Sinuhaji

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

**Efnus Safryiel Sinuhaji  
NPM: 6101901120**

**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**

*GGBFS* (*Ground Granulated Blast Furnace Slag*) menjadi salah satu material yang dapat menggantikan peran dari semen. *GGBFS* sendiri merupakan produk yang dihasilkan dari limbah industri, hal ini membuat *GGBFS* menjadi salah satu material yang ramah lingkungan dikarenakan dapat menjadi alternatif dari penggunaan semen yang tidak ramah lingkungan dikarenakan emisi karbon yang dihasilkan, selain menggunakan *GGBFS* sebagai pengganti semen agregat halus dan agregat kasar juga ingin diteliti menggunakan material yang dapat menjadi alternatif untuk menggantikan material yang sudah lama digunakan dan dapat habis jika digunakan secara tidak bijaksana. Salah satu material yang digunakan dalam mencari alternatif agregat kasar adalah batu apung. Batu apung merupakan agregat yang dihasilkan dari alam sama dengan batu pecah namun pada penelitian ini batu apung digunakan untuk menjadi alternatif pengganti batu pecah. Keuntungannya adalah batu apung merupakan material ringan. *HDPE* (*high-density polyethylene*) juga digunakan untuk menjadi variasi dari agregat halus, dengan material yang berasal dari limbah *HDPE* (*high-density polyethylene*) juga merupakan agregat yang ramah lingkungan dan masuk dalam kategori agregat ringan.

Pada penelitian ini gregat kasar yang dipakai keseluruhan variasi adalah batu apung. Agregat halus terdapat tiga variasi, yaitu: agregat halus alami 100% dengan *HDPE* 0%, agregat halus alami 85% dengan *HDPE* 15% dan agregat halus alami 70% dengan *HDPE* 30%. Variasi agregat akan diuji dengan beberapa pengujian seperti pengujian kekuatan tekan, pengujian kekuatan tarik belah, pengujian kekuatan geser, UPV, modulus elastisitas dan *poisson ratio*. Berdasarkan pengujian didapatkan hasil kekuatan tekan berturut-turut pada tiga variasi pada umur 28 hari adalah 13,97 MPa, 11,18 MPa, dan 9,45 MPa. Untuk kekuatan tarik belah didapatkan nilai secara berturut-turut pada umur 28 hari adalah 1,41 MPa, 1,13 MPa dan 0,75 MPa. Untuk kekuatan tarik belah didapatkan nilai secara berturut-turut pada umur 28 hari adalah 2,21 MPa, 1,17 MPa dan 1,68 MPa. Untuk hasil *quality* beton yang dihasilkan dari pengujian UPV berturu-turut adalah *good*, *medium* dan *medium*.

**Kata Kunci:** Batu Apung, Eksperimental, Geopolimer, *HDPE*, *GGBFS*

# **MECHANICAL PROPERTIES OF GEOPOLYMER CONCRETE BASED ON GGBFS WITH COARSE PUMIC AGGREGATE AND HDPE VARIATIONS AS A PARTIAL REPLACEMENT OF NATURAL FINE AGGREGATES**

**Efnus Safryiel Sinuhaji**  
**NPM: 6101901120**

**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 Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)**

**BANDUNG**  
**JANUARY 2023**

## **ABSTRACT**

GGBFS (Ground Granulated Blast Furnace Slag) is one of the materials that can replace the role of cement. GGBFS itself is a product produced from industrial waste, this makes GGBFS one of the environmentally friendly materials because it can be an alternative to using cement which is not environmentally friendly due to the resulting carbon emissions, apart from using GGBFS as a substitute for fine aggregate and coarse aggregate cement as well want to research using materials that can be an alternative to replace materials that have been used for a long time and can run out if used unwisely. One of the materials used in finding alternatives to coarse aggregate is pumice. Pumice is an aggregate produced from nature, similar to crushed stone, but in this study, pumice is used as an alternative to crushed stone. The advantage is that pumice is a lightweight material. HDPE (high-density polyethylene) is also used as a variation of fine aggregate, with materials originating from HDPE (high-density polyethylene) waste which is also an environmentally friendly aggregate and is included in the lightweight aggregate category.

In this study, the coarse aggregate used for all variations was pumice. There are three variations of fine aggregate, namely: 100% natural fine aggregate with 0% HDPE, 85% natural fine aggregate with 15% HDPE and 70% natural fine aggregate with 30% HDPE. Aggregate variations will be tested by several tests such as compressive strength testing, split tensile strength testing, shear strength testing, UPV, elastic modulus and Poisson ratio. Based on the test, the compressive strength results for three variations at the age of 28 days were 13,97 MPa, 11,18 MPa, and 9,45 MPa respectively. For splitting tensile strength, the values obtained at 28 days were 1,41 MPa, 1,13 MPa and 0,75 MPa respectively. For splitting tensile strength, the values obtained at 28 days were 2,21 MPa, 1,17 MPa and 1,68 MPa respectively. The results for the quality of the concrete produced from the UPV test are good, medium and medium respectively.

**Keywords:** Pumice, Experimental, Geopolymer, HDPE, GGBFS.

## 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 BATU APUNG 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.

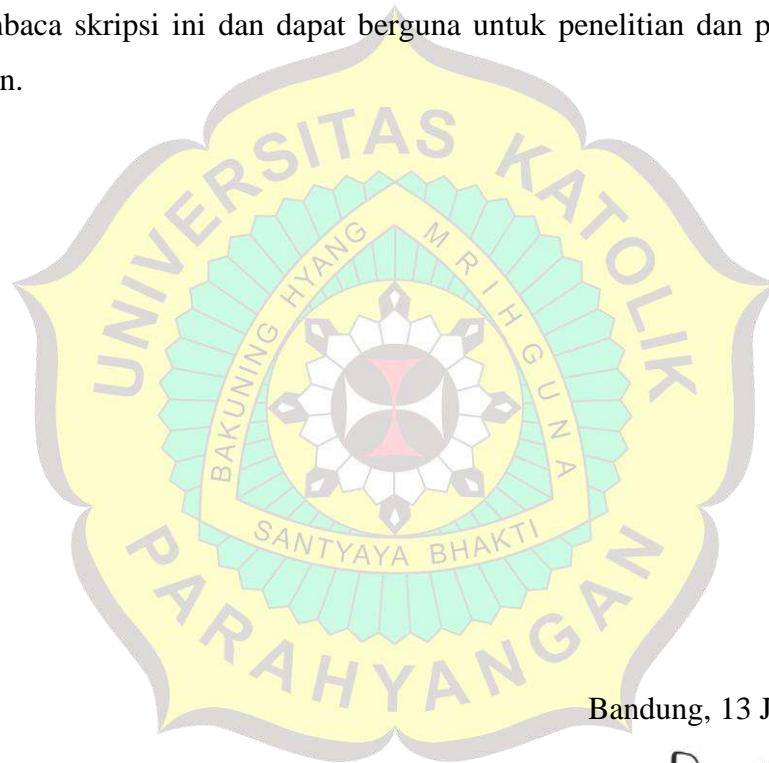
Dalam proses penyusunan skripsi, mulai dari persiapan hingga selesainya penyusunan skripsi, tidak lepas dari hambatan dan masalah. Oleh karena itu, penulis berterima kasih kepada berbagai pihak atas dukungan, kritik, saran, dan bimbingan yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan 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. 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. Jason dan Grant selaku teman eksperimental yang selalu membantu dan mendukung dalam proses penyusunan skripsi.
7. Calvin, Haley, Jose, Nicholas, Vannes, dan Melvin yang telah memberikan dukungan dan hiburan selama proses penyusunan skripsi.



8. Novilya dan Maria Margareta yang telah menemani dan mendukung dalam proses penyusunan skripsi.
9. Sipil 2019 yang telah bersama-sama menjalani studi di Universitas Katolik Parahyangan.
10. 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, 13 Januari 2023

Efnus Safryiel Sinuhaji

6101901120

# DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN .....	i
ABSTRAK .....	ii
ABSTRACT .....	iii
PRAKATA .....	iv
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR NOTASI .....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1-1
1.1 Bagian Pendahuluan .....	1-1
1.2 Inti Permasalahan .....	1-3
1.3 Tujuan Penelitian .....	1-3
1.4 Pembatasan Masalah.....	1-3
1.5 Metode Penelitian .....	1-5
1.6 Sistematika Penulisan .....	1-5
1.7 Tahapan Penelitian .....	1-6
BAB 2 DASAR TEORI.....	2-1
2.1 Beton.....	2-1
2.2 Beton Geopolimer .....	2-2
2.3 Beton Ringan dengan Agregat Kasar Batu Apung .....	2-2
2.4 Material Beton .....	2-3
2.4.1 Agregat Kasar .....	2-3
2.4.2 Agregat Halus .....	2-5

2.4.3 Air .....	2-6
2.4.4 GGBFS ( <i>Ground Granulated Blast Furnace Slag</i> ).....	2-7
2.4.5 Aktivator .....	2-7
2.4.5.1    Sodium Hidroksida (NaOH) .....	2-8
2.4.5.2    Sodium Silikat (Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> ) .....	2-9
2.4.6 <i>Superplasticizer</i> .....	2-10
2.5 Metode Pengujian.....	2-10
2.5.1 Uji Kekuatan Tekan .....	2-10
2.5.2 Modulus Elastisitas .....	2-11
2.5.3 <i>Poisson ratio</i> .....	2-12
2.5.4 Uji Kekuatan Tarik Belah .....	2-12
2.5.5 Kuat Geser.....	2-13
2.5.6 UPV ( <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> ).....	2-13
2.6 Metode Perawatan ( <i>Curing</i> ).....	2-14
<b>BAB 3 PERSIAPAN DAN PELAKSANAAN PENGUJIAN .....</b>	<b>3-1</b>
3.1 Bahan dan Benda Uji .....	3-1
3.1.1 Bahan Uji .....	3-1
3.1.2 Bedan Uji .....	3-5
3.2 Pengujian Material Benda Uji.....	3-7
3.2.1 Pengujian Agregat Kasar.....	3-8
3.2.1.1 <i>Specific Gravity</i> .....	3-8
3.2.2 Pengujian Agregat Halus.....	3-9
3.2.2.1 <i>Specific Gravity</i> .....	3-9
3.2.3 Pengujian GGBFS .....	3-12
3.2.3.1 <i>Specific Gravity</i> .....	3-13
3.3 <i>Trial mix</i> .....	3-14

3.3.1 Variasi 1 (Agregat Halus Pasir + HDPE = 100%:0%) .....	3-16
3.3.2 Variasi 2 (Agregat Halus Pasir + HDPE = 85%:15%) .....	3-17
3.3.3 Variasi 3 (Agregat Halus Pasir + HDPE = 70%:30%) .....	3-19
3.3.4 Hasil Perhitungan .....	3-21
3.4 Pengecoran .....	3-23
3.4.1 Persiapan Material .....	3-24
3.4.1.1 Persiapan agregat.....	3-24
3.4.1.2 Pembuatan Larutan Aktivator .....	3-25
3.4.1.3 Pengecoran .....	3-26
3.5 Proses Pengujian Benda Uji .....	3-28
3.5.1 Uji Kekuatan Tekan.....	3-28
3.5.2 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton .....	3-29
3.5.3 Pengujian Kekuatan Geser.....	3-30
3.5.4 Pengujian Modulus Elastisitas.....	3-32
3.5.5 Pengujian <i>Poisson Ratio</i> .....	3-39
3.5.6 Pengujian <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> .....	3-41
BAB 4 ANALISIS DATA.....	4-1
4.1 Analisis Berat Jenis .....	4-1
4.2 Analisis Pengujian Kekuatan Tekan.....	4-3
4.3 Analisis Pengujian Kekuatan Tarik Belah.....	4-5
4.4 Analisis Pengujian Kekuatan Geser .....	4-9
4.5 Analisis Pengujian UPV .....	4-13
4.6 Analisis Pengujian Modulus Elastisitas.....	4-16
4.7 Analisis Pengujian <i>Poisson ratio</i> .....	4-19
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....	5-1
5.1 Kesimpulan.....	5-1

5.2 Saran..... 5-3  
DAFTAR PUSTAKA ..... xix



## DAFTAR NOTASI

Berikut merupakan daftar notasi yang digunakan dalam penulisan skripsi ini:

<i>ACI</i>	: <i>American Concrete Institute</i>
<i>ASTM</i>	: <i>American Society for Testing and Material</i>
<i>SNI</i>	: Standar Nasional Indonesia
<i>HDPE</i>	: <i>High Density Polyethylene</i>
$\text{Na}_2\text{SiO}_3$	: Sodium Silikat
$\text{NaOH}$ (s)	: Sodium Hidroksida ( <i>solid</i> )
$\text{NaOH}$ (l)	: Sodium Hidroksida ( <i>liquid</i> )
$\text{CO}_2$	: Karbon Dioksida
<i>OD</i>	: <i>Oven Dry</i>
<i>SSD</i>	: <i>Saturated Surface Dry</i>
<i>CTM</i>	: <i>Compression Testing Machine</i>
$f_c$	: Kekuatan tekan (MPa)
$f_c'$	: Kuat tekan karakteristik beton (MPa)
M	: Molaritas (M)
$f_{ct}$	: Kekuatan Tarik Belah (MPa)
$f_v$	: Kekuatan Geser (MPa)
$\alpha$	: Koefisien rata-rata Kekuatan Tarik Belah
$\beta$	: Koefisien rata-rata Kekuatan Geser
$\gamma$	: Koefisien rata-rata Kekuatan Modulus Elastisitas

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b> Diagram Alir.....	1-7
<b>Gambar 2.1</b> Kadar Air Agregat .....	2-5
<b>Gambar 3.1</b> Batu Apung.....	3-1
<b>Gambar 3.2</b> Pasir .....	3-2
<b>Gambar 3.3</b> HDPE.....	3-3
<b>Gambar 3.4</b> GGBFS.....	3-3
<b>Gambar 3.5</b> Aqua DM .....	3-4
<b>Gambar 3.6</b> sodium silikat.....	3-4
<b>Gambar 3.7</b> NaOH (s).....	3-5
<b>Gambar 3.8</b> Superplasticizer .....	3-5
<b>Gambar 3.9</b> Pengujian kekuatan tekan .....	3-28
<b>Gambar 3.10</b> Pengujian Kekuatan Tarik Belah.....	3-30
<b>Gambar 3.11</b> Pengujian Kekuatan Geser.....	3-31
<b>Gambar 3.12</b> Rata-rata Kekuatan Geser.....	3-32
<b>Gambar 3.13</b> Pengujian Modulus Elastisitas.....	3-33
<b>Gambar 3.14</b> Modulus Elastisitas Variasi 1 .....	3-35
<b>Gambar 3.15</b> Modulus Elastisitas Variasi 2 .....	3-37
<b>Gambar 3.16</b> Modulus Elastisitas Variasi 3 .....	3-39
<b>Gambar 3.17</b> Pengujian <i>Poisson Ratio</i> .....	3-40
<b>Gambar 3.18</b> Pengujian UPV .....	3-41
<b>Gambar 4.1</b> Rata-rata Kekuatan Tarik Belah .....	4-6
<b>Gambar 4.2</b> Kekuatan Tarik Belah Variasi 1 .....	4-7
<b>Gambar 4.3</b> Kekuatan Tarik Belah Variasi 2 .....	4-8
<b>Gambar 4.4</b> Kekuatan Tarik Belah Variasi 3 .....	4-9
<b>Gambar 4.5</b> Kekuatan Geser Variasi 1 .....	4-10

<b>Gambar 4.6</b> Kekuatan Geres Variasi 2 .....	4-11
<b>Gambar 4.7</b> Kekuatan Geser Variasi 3 .....	4-12
<b>Gambar 4.8</b> Kekuatan Tekan Vs UPV Variasi 1 .....	4-14
<b>Gambar 4.9</b> Kekuatan Tekan Vs UPV Variasi 2 .....	4-15
<b>Gambar 4.10</b> Kekuatan Tekan Vs UPV Variasi 3 .....	4-16
<b>Gambar 4.11</b> Poisson Ratio Variasi 1 .....	4-20
<b>Gambar 4.12</b> Poisson Ratio Variasi 2 .....	4-20
<b>Gambar 4.13</b> Poisson Ratio Variasi 3 .....	4-21





## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.1</b> Tabel Benda Uji .....	1-4
<b>Tabel 2.1</b> Tabel Gradasi Agregat Kasar Batu Apung.....	2-4
<b>Tabel 2.2</b> Tabel Gradasi Agregat Halus Pasir .....	2-5
<b>Tabel 3.1</b> Jumlah dan Dimensi Benda Uji.....	3-7
<b>Tabel 3.2</b> Tabel Uji <i>Specific Gravity</i> Agregat Kasar.....	3-9
<b>Tabel 3.3</b> Tabel Uji <i>Specific Gravity</i> Agregat Halus Pasir.....	3-12
<b>Tabel 3.4</b> Tabel Uji <i>Specific Gravity</i> Agregat Halus HDPE .....	3-12
<b>Tabel 3.5</b> Tabel Uji <i>Specific Gravity GGBFS</i> .....	3-14
<b>Tabel 3.6</b> Hasil Proporsi Campuran per m <sup>3</sup> variasi 1 .....	3-21
<b>Tabel 3.7</b> Hasil Proporsi Campuran per m <sup>3</sup> variasi 2 .....	3-21
<b>Tabel 3.8</b> Hasil Proporsi Campuran per m <sup>3</sup> variasi 3 .....	3-22
<b>Tabel 3.9</b> Tabel Proporsi Campuran per Cor Variasi 1 .....	3-22
<b>Tabel 3.10</b> Tabel Proporsi Campuran per Cor Variasi 2 .....	3-23
<b>Tabel 3.11</b> Tabel Proporsi Campuran per Cor Variasi 3 .....	3-23
<b>Tabel 3.12</b> Hasil Pengujian Kekuatan Tekan .....	3-29
<b>Tabel 3.13</b> Tabel Pengujian Kekuatan Tarik Belah Beton Geopolimer .....	3-30
<b>Tabel 3.14</b> Tabel Hasil Pengujian Kekuatan Geser.....	3-31
<b>Tabel 3.15</b> Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 1 silinder 1 .....	3-33
<b>Tabel 3.16</b> Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 1 silinder 2 .....	3-34
<b>Tabel 3.17</b> Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 1 silinder 3 .....	3-34
<b>Tabel 3.18</b> Hasil Modulus Elastisitas Variasi 2 silinder 1 .....	3-36
<b>Tabel 3.19</b> Hasil Modulus Elastisitas Variasi 2 silinder 2 .....	3-36
<b>Tabel 3.20</b> Hasil Modulus Elastisitas Variasi 2 silinder 3 .....	3-37
<b>Tabel 3.21</b> Hasil Modulus Elastisitas Variasi 3 silinder 1 .....	3-38
<b>Tabel 3.22</b> Hasil Modulus Elastisitas Variasi 3 silinder 2 .....	3-38

<b>Tabel 3.23</b> Hasil Modulus Elastisitas Variasi 3 silinder 3 .....	3-38
<b>Tabel 3.24</b> Tabel Hasil Pengujian <i>Poisson ratio</i> Variasi 1 .....	3-40
<b>Tabel 3.25</b> Tabel Hasil Pengujian <i>Poisson ratio</i> Variasi 2 .....	3-40
<b>Tabel 3.26</b> Tabel Hasil Pengujian <i>Poisson ratio</i> Variasi 3 .....	3-40
<b>Tabel 3.27</b> Tabel Hasil Pengujian <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> .....	3-42
<b>Tabel 4.1</b> Berat Jenis Beton Geopolimer Variasi 1 .....	4-1
<b>Tabel 4.2</b> Tabel Jenis Beton Geopolimer Variasi 2 .....	4-2
<b>Tabel 4.3</b> Tabel Jenis Beton Geopolimer Variasi 3 .....	4-2
<b>Tabel 4.4</b> Kekuatan Tekan Beton Seluruh Variasi.....	4-3
<b>Tabel 4.5</b> Kekuatan Tekan Rata-rata .....	4-4
<b>Tabel 4.6</b> Kekuatan Tekan Pada Umur 28 Hari .....	4-4
<b>Tabel 4.7</b> Tabel Hasil Kekuatan Tarik Belah umur 28 Hari .....	4-5
<b>Tabel 4.8</b> Kekuatan Tarik Belah Variasi 1 .....	4-6
<b>Tabel 4.9</b> Kekuatan Tarik Belah Variasi 2 .....	4-7
<b>Tabel 4.10</b> Kekuatan Tarik Belah Variasi 3.....	4-8
<b>Tabel 4.11</b> Kekuatan Geser Beton umur 28 hari Variasi 1 .....	4-10
<b>Tabel 4.12</b> Kekuatan Geser Beton umur 28 hari Variasi 2 .....	4-11
<b>Tabel 4.13</b> Kekuatan Geser Beton umur 28 hari Variasi 3 .....	4-12
<b>Tabel 4.14</b> Tabel Hasil Pengujian UPV .....	4-13
<b>Tabel 4.15</b> Nilai Kekuatan Tekan dari Persamaan UPV Variasi 1 .....	4-14
<b>Tabel 4.16</b> Nilai Kekuatan Tekan dari Persamaan UPV Variasi 2 .....	4-15
<b>Tabel 4.17</b> Nilai Kekuatan Tekan dari Persamaan UPV Variasi 3 .....	4-16
<b>Tabel 4.18</b> Hasil Modulus Elastisitas Rata-rata Variasi 1 .....	4-17
<b>Tabel 4.19</b> Hasil Modulus Elastisitas Rata-rata Variasi 2 .....	4-17
<b>Tabel 4.20</b> Tabel Modulus Elastisitas Rata-rata Variasi 3.....	4-17
<b>Tabel 4.21</b> Hasil Koefisien Rata-rata Variasi 1 .....	4-18

<b>Tabel 4.22</b> Hasil Koefisien Rata-rata Variasi 2.....	4-18
<b>Tabel 4.23</b> Hasil Koefisien Rata-rata Variasi 3.....	4-18
<b>Tabel 4.24</b> Tabel Hasil Pengujian <i>Poisson ratio</i> Variasi 1 .....	4-19
<b>Tabel 4.25</b> Tabel Hasil Pengujian <i>Poisson ratio</i> Variasi 2 .....	4-20
<b>Tabel 4.26</b> Tabel Hasil Pengujian <i>Poisson ratio</i> Variasi 3 .....	4-21



## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 TABEL DISTRIBUSI PROBABILITAS.....	L1-1
LAMPIRAN 2 PROSES PENGUJIAN.....	L2-1
LAMPIRAN 3 HASIL PENGUJIAN.....	L3-1



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Bagian Pendahuluan

Pertumbuhan penduduk menjadi salah satu faktor masifnya pembangunan dalam suatu negara atau wilayah. Semakin banyak jumlah manusia yang tinggal dalam suatu wilayah maka akan membutuhkan lebih banyak fasilitas pendukung untuk memudahkan dalam melakukan kegiatan untuk menunjang kehidupan manusia menjadi lebih baik. Adapun fasilitas pendukung seperti perumahan, perkantoran, jalan raya dan masih banyak lainnya, sehingga dibutuhkan pembangunan yang terus-menerus dan akan berbanding lurus dengan kebutuhan material konstruksi yang akan meningkat. Hingga saat ini, material yang umum digunakan dalam kegiatan konstruksi adalah beton, kayu dan baja. Dari ketiga material tersebut, beton menjadi material yang paling banyak digunakan dalam kegiatan konstruksi. Hal ini disebabkan keunggulan dari beton itu sendiri seperti kekuatan tekan yang tinggi, mudah untuk dibentuk, tahan api, dan memiliki harga yang ekonomis.

Pada umumnya bahan dasar dari beton adalah agregat kasar (batu pecah), agregat halus (pasir), semen dan air. Keempat komponen tersebut dicampur dan kemudian dicetak sesuai dengan kebutuhan. Salah satu komponen yang penting dalam pembuatan beton adalah semen, hal ini disebabkan semen berfungsi untuk mengikat agregat-agregat menjadi suatu massa yang padat (Salmon, 1994) dan mengakibatkan penggunaan pada saat membuat beton menjadi sangat penting. Namun, semen juga memiliki kekurangan dari segi lingkungan disebabkan semen menghasilkan CO<sub>2</sub> yang tinggi berdampak pada pemanasan global dan menjadikan semen sebagai material yang tidak berkelanjutan.

*GGBFS (Ground Granulated Blast Furnace Slag)* menjadi salah satu material yang dapat menggantikan peran dari semen. *GGBFS* merupakan produk limbah yang dapat digunakan sebagai material pembentuk beton. *GGBFS* juga memiliki keunggulan daripada semen yaitu produksi CO<sub>2</sub> pada *GGBFS* lebih rendah dan lebih ramah lingkungan. Untuk mengaktifkan *GGBFS* sebagai binder dapat

menggunakan alkali tingkat rendah dan alkali tingkat tinggi yang berfungsi untuk mengaktifkan Aluminium (Al) dan Silikat (Si) yang terkandung dalam *GGBFS* agar terjadi ikatan polimerisasi yang kuat.

Agregat halus adalah salah satu material yang penting pada saat membuat campuran beton. Pada umumnya agregat halus yang digunakan adalah agregat alami yang banyak ditemukan di alam seperti pasir. Penggunaan pasir yang terus menerus tentu bukan hal yang baik mengingat jika pasir merupakan salah satu sumber daya yang tidak dapat diperbaharui jika diambil secara terus menerus akan menghasilkan dampak yang negatif pada alam dan pada akhirnya ketersediaan pasir di alam akan menipis dan habis. Oleh sebab itu, manusia terus berinovasi untuk menemukan cara agar penggunaan pasir dapat dikurang dan salah satu material yang dapat dicampurkan dengan pasir adalah HDPE (*high-density polyethylene*).

HDPE (*high-density polyethylene*) merupakan polimer termoplastik yang berasal dari pemanasan minyak bumi yang dihasilkan dari sampah plastic. Dengan mencampurkan agregat halus dan HDPE maka akan memberikan dampak positif bagi lingkungan karena plastic yang digunakan merupakan sampah plastic yang mencemari lingkungan. Selain berdampak pada lingkungan menggunakan HDPE dapat mengurangi biaya pada saat melakukan kegiatan konstruksi karena HDPE lebih murah daripada pasir dan beton yang dihasilkan akan lebih ringan dari beton biasa.

Selain agregat halus, agregat kasar juga merupakan salah satu bahan campuran beton dan memiliki persentase yang besar dan berpengaruh pada massa beton. Pada umumnya agregat kasar yang digunakan berasal dari batu alami yang ada di alam, kemudian dipecah sehingga dapat digunakan di dalam pekerjaan konstruksi dan mudah digunakan yang pada umumnya disebut sebagai batu pecah. Salah satu upaya untuk meringankan massa beton adalah dengan mengganti batu pecah dengan bahan baku yang lebih ringan dan salah satu contohnya adalah batu apung. Dengan mengganti batu pecah menjadi batu apung maka jenis beton yang dihasilkan menjadi beton ringan.

## 1.2 Inti Permasalahan

Inti permasalahan dari studi eksperimental ini adalah mengetahui sifat mekanis dari beton geopolimer yang terdiri dari agregat kasar (batu apung), agregat halus (agregat alami) dengan substitusi HDPE, dan *GGBFS*. Pengujian untuk kekuatan tekan, kekuatan tarik belah, *poisson ratio*, modulus elastisitas, porositas dan UPV (*Ultrasonic Pulse Velocity*). Pengujian dilakukan dengan variasi kadar molaritas dalam aktivator, yaitu 10M.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh penggunaan batu apung sebagai agregat kasar terhadap kekuatan tekan, kekuatan tarik belah, *poisson ratio*, modulus elastisitas, porositas dan UPV (*Ultrasonic Pulse Velocity*).
2. Mengetahui pengaruh penggunaan batu apung sebagai agregat kasar dan variasi HDPE sebagai pengganti sebagian agregat halus alami terhadap kekuatan tekan, kekuatan tarik belah, *poisson ratio*, modulus elastisitas, porositas dan UPV (*Ultrasonic Pulse Velocity*).

## 1.4 Pembatasan Masalah

1. 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% plastic *HDPE*.
2. Ukuran *GGBFS* yang digunakan adalah *GGBFS (Ground Granulated Blast Furnace Slag)* yang lolos saringan No. 200 (0.75mm).
3. Ukuran agregat halus yang digunakan adalah agregat yang lolos saringan No. 4
4. Agregat halus dan agregat kasar dalam keadaan SSD.
5. Perawatan yang digunakan adalah metode curing kering.
6. Perbandingan antara agregat dan (*GGBFS*+aktivator) adalah 67%:35%.
7. Perbandingan antara *GGBFS* dan aktivator adalah 65%:45%
8. Perbandingan aktivator *Sodium Hidroksida* (NaOH) dan *Sodium Silikat* ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) adalah 40%:60%

9. Pengujian kekuatan tekan beton dilakukan dengan menggunakan alat *Compressing Testing Machine* berdasarkan ASTM C39.
10. Pengujian NDT (*Non-Destructive Test*) dilakukan dengan menggunakan alat UPV (*Ultrasonic Pulse Velocity*) berdasarkan ASTM C597.
11. Pengujian porositas beton dilakukan dengan menggunakan persamaan dan rumus dari ASTM C (642-90).
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 1.1 berikut.

**Tabel 1.1** Tabel Benda Uji

Komposisi Agregat		Pengujian	Umur Uji	Jumlah Benda Uji	Dimensi Benda Uji (Silinder) [cm]
Halus Alami	HDPE				
100%	0%	Kuat Tekan, UPV, <i>poisson ratio</i> ,	7	3	10 x 20
		Modulus Elastisitas	28	3	10 x 20
		Tarik Belah	28	3	10 x 20
		Kuat Geser	28	3	10x10x30
85%	15%	Kuat Tekan, UPV, <i>poisson ratio</i> ,	7	3	10 x 20
		Modulus Elastisitas	28	3	10 x 20
		Tarik Belah	28	3	10 x 20
		Kuat Geser	28	3	10x10x30
70%	30%	Kuat Tekan, UPV, <i>poisson ratio</i> ,	7	3	10 x 20
		Modulus Elastisitas	28	3	10 x 20
		Tarik Belah	28	3	10 x 20
		Kuat Geser	28	3	10x10x30



## 1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah:

### 1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan acuan secara menyeluruh terkait proses pelaksanaan dan analisis yang dibutuhkan dalam melaksanakan studi eksperimental yang akan dilakukan. Literatur yang digunakan diantaranya adalah jurnal, buku, internet dst.

### 2. Studi Eksperimental

Studi eksperimental yang dilakukan di laboratorium struktur diantaranya adalah uji kekuatan tekan, kekuatan tarik belah, *poisson ratio*, modulus elastisitas dan UPV (*Ultrasonic Pulse Velocity*).

## 1.6 Sistematika Penulisan

### 1. BAB 1 PENDAHULUAN

Bab satu membahas mengenai latar belakang, inti permasalahan, tujuan penelitian, pembatasan masalah, sistematika penulisan, dan tahapan penelitian.

### 2. BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab dua membahas mengenai landasan teori dimana akan digunakan dalam penyusunan skripsi ini.

### 3. BAB 3 PERSIAPAN DAN PELAKSANAAN PENGUJIAN

Bab tiga membahas mengenai persiapan pengujian, pelaksanaan pengujian dan pencatatan hasil pengujian.

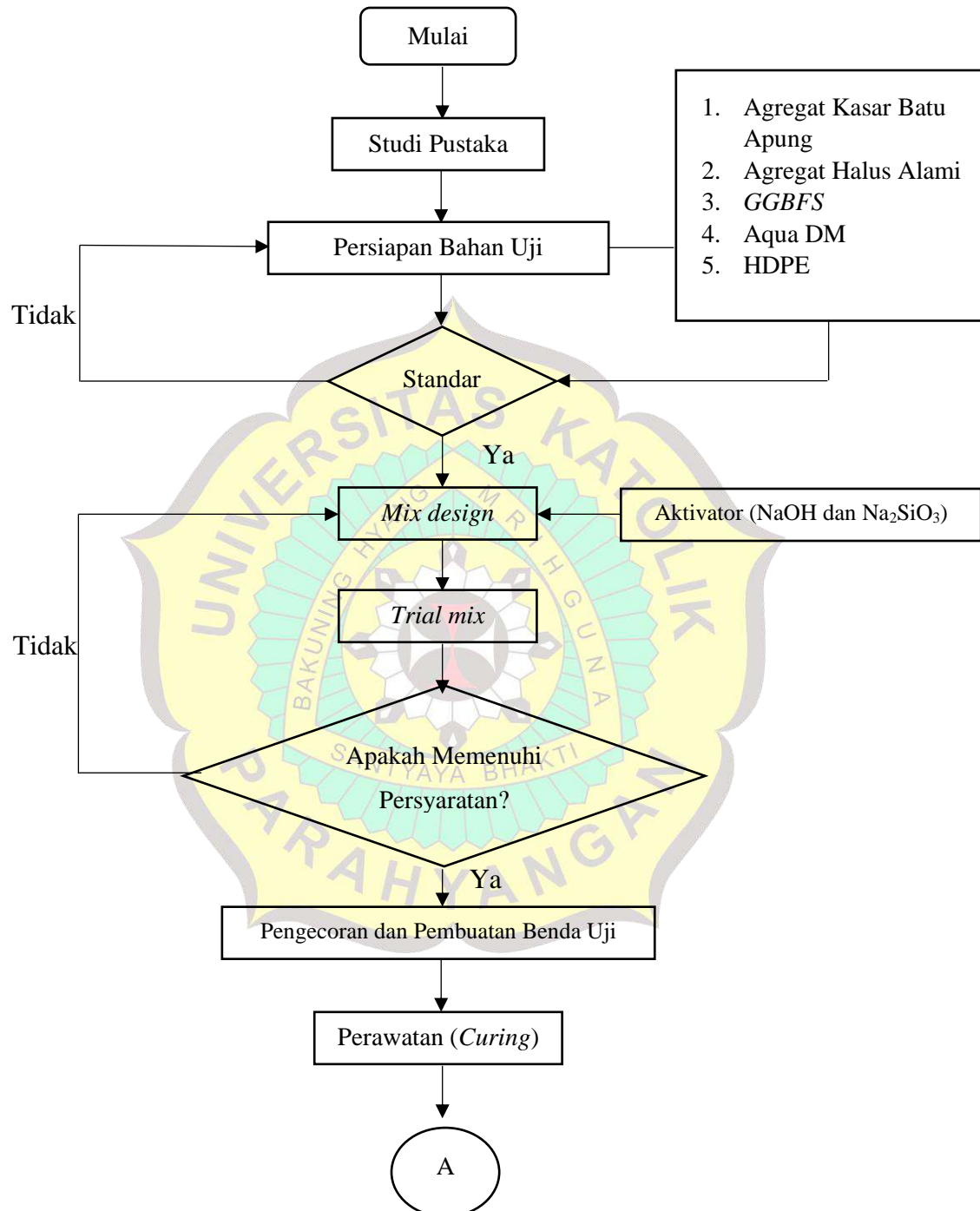
### 4. BAB 4 ANALISIS DATA

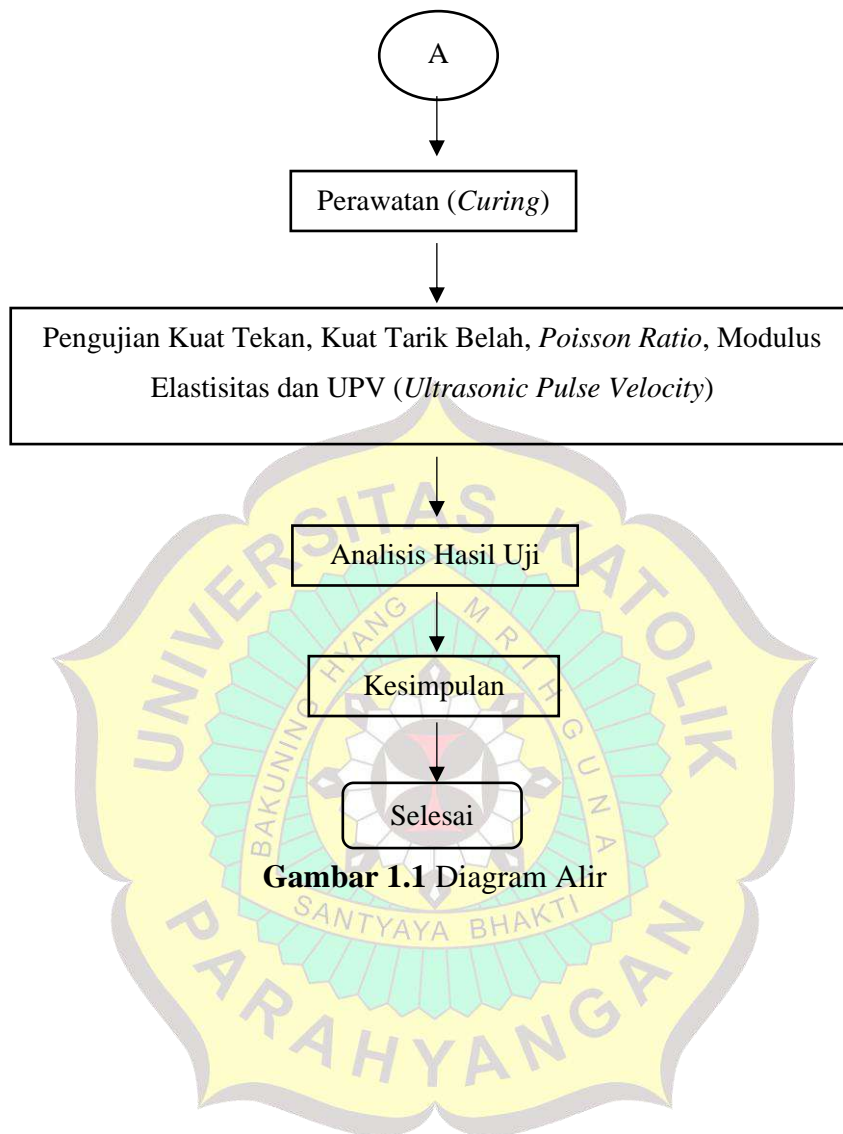
Bab empat membahas mengenai analisis dari hasil pengujian yang didapatkan serta perbandingan hasil benda uji satu dengan yang lainnya.

### 5. BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini akan berisi tentang kesimpulan dari keseluruhan penulisan yang berasal dari hasil analisis perhitungan serta berisi saran untuk pengujian selanjutnya.

## 1.7 Tahapan Penelitian





**Gambar 1.1** Diagram Alir