

SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMENTAL BETON GEOPOLIMER
SLAG DENGAN VARIASI KADAR *SILICA FUME***



**HENDRY JUSTIN
NPM : 2014410099**

PEMBIMBING: Dr. Cecilia Lauw Giok Swan

**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 BETON GEOPOLIMER
SLAG DENGAN VARIASI KADAR *SILICA FUME***



**HENDRY JUSTIN
NPM : 2014410099**

PEMBIMBING: Dr. Cecilia Lauw Giok Swan

**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 BETON GEOPOLIMER
SLAG DENGAN VARIASI KADAR *SILICA FUME***



**HENDRY JUSTIN
NPM : 2014410099**

BANDUNG, 2018

PEMBIMBING:

Dr Cecilia Lauw Giok Swan

**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 : Hendry Justin

NPM : 2014410099

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul : *Studi Eksperimental Beton Geopolimer Slag dengan Variasi Kadar Silica Fume* 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, 24 Juni 2018



Hendry Justin
2014410099

STUDI EKSPERIMENTAL BETON GEOPOLIMER *SLAG* DENGAN VARIASI KADAR *SILICA FUME*

Hendry Justin
NPM: 2014410099

Pembimbing: Dr. Cecilia Lauw Giok Swan

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

Beton geopolimer merupakan material konstruksi alternatif dari beton semen Portland biasa, dimana dapat mengurangi emisi gas CO₂ sebanyak 80% dari total yang dihasilkan oleh beton semen Portland. Studi eksperimental ini meneliti kuat tekan dan pengaruh *silica fume* pada beton geopolimer yang terbuat dari *slag* nikel, agregat kasar dan halus, alkali berupa natrium hidroksida dan katalis berupa natrium silikat, kalsium oksida, dan kaolin. Pengujian dilakukan dengan membuat tiga variasi kadar *silica fume* dengan variasi 0%, 5%, dan 10%, dimana masing-masing varian dilakukan pengujian untuk mengetahui hubungan umur terhadap kuat tekan pada 7, 14, dan 28 hari dibuat sebanyak 3 benda uji setiap faktor umur, dengan menggunakan silinder standar ASTM berdiameter 10 cm dan tinggi 20 cm. Data hasil pengujian didapatkan beton berhasil menggunakan slag sebagai pengganti semen portland, dan penggunaan *silica fume* sebanyak 5% memiliki nilai kuat tekan tertinggi dengan rata-rata 20,353 MPa pada umur 28 hari. Pertumbuhan kuat tekan pada varian *silica fume* 10% pada umur awal dinilai terlambat, namun kekuatannya akan bertambah seiring berjalannya waktu. Penambahan *silica fume* 5% dan 10% meningkatkan nilai kuat tekan beton sebesar 19% dibandingkan dengan *silica fume* 0% pada umur 28 hari. Pada umur 90 hari, penambahan *silica fume* 5% dapat meningkatkan kuat tekan beton sebesar 32%, dan penambahan *silica fume* 10% dapat meningkatkan kuat tekan beton sebesar 48%.

Kata Kunci: *Alkali-Activator*, Beton Geopolimer, Ground-Granulated Blast-Furnace Slag, Kuat Tekan, *Silica fume*.

EXPERIMENTAL STUDY ON SLAG BASED GEOPOLYMER CONCRETE WITH VARIATIONS SILICA FUME LEVEL

NPM: 2014410099

Advisor: Dr. Cecilia Lauw Giok Swan

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING DEPARTMENT OF CIVIL
ENGINEERING**

(Accredited based on SK BAN-PT Number: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)

BANDUNG

JUNE 2018

ABSTRACT

Geopolymer concrete is an alternative construction material besides Portland concrete, whereas could reduce CO₂ gas emission about 80% from the total produced by Portland concrete. This experimental study researched the compressive strength and the effects of silica fume on geopolymer concrete made of nickel slag, coarse and fine aggregates, alkali in a form of sodium hydroxide solution, catalyst from sodium silicate, calcium oxide, and kaolinite. The test conducted by creating three variants of silica fume with 0%, 5%, and 10% variant, where each variants scoped for age factor at 7, 14, and 28 days with 3 samples each by using ASTM standard cylinders with 10 cm diameters and 20 cm height. The test result shows that the geopolymer concrete succeed using slag as a substitute of Portland cement, and additional 5% silica fume variant has the highest compressive strength average with 20.353 MPa at age 28 days. The 10% silica fume variant in early age was slow, but its strength increases as time goes on. Additional 5% and 10% silica fume increase the geopolymer concrete compressive strength by 19% than 0% silica fume at age 28 days. At age 90 days, additional 5% silica fume could increase the compressive strength value by 32%, and additional 10% silica fume could increase the compressive strength value by 48%.

Keywords: Alkali-Activator, Compressive Strength, Geopolymer concrete, Ground-Granulated Blast-Furnace Slag, Silica Fume.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas berkat dan penyertaannya selama penulis menjalankan penyusunan skripsi yang berjudul **“STUDI EKSPERIMENTAL BETON GEOPOLIMER SLAG DENGAN VARIASI KADAR SILICA FUME”** hingga akhirnya dapat diselesaikan dengan baik. Penyusunan skripsi ini merupakan bagian dari penelitian Dr. Cecilia Lauw Giok Swan dan merupakan syarat kelulusan studi S-1 Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung tempat penulis menjalankan studinya.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari hambatan, baik selama proses persiapan, pengujian, maupun penulisan. Oleh karenanya penulis sangat berterima kasih atas saran, kritik, serta dorongan yang diberikan oleh berbagai pihak selama pembuatan skripsi ini hingga akhirnya dapat diselesaikan dengan baik. Untuk itu penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Dr. Cecilia Lauw Giok Swan selaku dosen pembimbing yang selalu membantu dan membimbing serta memberi masukan dan saran selama proses pembuatan skripsi ini.
2. Dr. Jenny Novianti M Soetedjo selaku dosen Teknik Kimia atas semua petunjuk tentang reaksi kimia dan terutama yang berkaitan dengan kesehatan dan keamanan proses penelitian
3. Orang tua penulis, Kurniawan Halim dan Ratna Maharani; serta kakak, Kenny Vinson dan Anthony Marvin; yang senantiasa memberi dorongan semangat dan bantuan dalam proses penelitian skripsi ini.
4. Teman-teman seperjuangan, Christiawan, Robby terutama Kevin dan Adhitya yang senantiasa berjuang bersama dan saling berbagi jerih payah serta membantu dalam persiapan, pengujian, dan penyusunan skripsi ini.
5. Dr. Paulus Karta Wijaya dan Buen Sian, Ir., MT selaku dosen penguji pada ujian skripsi yang telah meluangkan waktu dan memberi saran.
6. Bapak Indra dari PT. Indoferro yang telah menyediakan *slag* halus yang diperlukan pada penelitian ini.

7. Bapak Teguh dan Bapak Didi yang banyak membantu dan memberi air minum serta arahan dalam pembuatan benda uji dan uji eksperimental di laboratorium
8. Ressa, Hans, Mario, Mareta, Octavianus dan teman-teman lainnya yang telah berjuang bersama di laboratorium struktur
9. Denny, Dimitri, dan Aslan yang telah membantu penulis, memberikan dukungan maupun menguras mental penulis selama ini
10. Putri, Mei, Alfred, Fany, Vivien, Nathania, ATh, Cindy atas kebahagiaan, candatawa, gossip, hinaan, hingga penderitaan selama kita berkumpul bersama
11. Theo, Jason, Cege, Reva, Raxy, Dave, Valdy, Yobel dan teman-teman lainnya yang memberikan keceriaan, kehebohan, menambah kesengsaraan, dan tipu muslihat yang diberikan kepada penulis
12. Teman-teman UKM Aikido yang telah memberikan dorongan dan bantingan selama ini
13. Teman-teman kos Raben's Falcon yang pernah memeriahkan kosan
14. Sipil 2014 atas kebersamaannya selama 4 tahun di UNPAR
15. Kebab, Kupri, Enzo, Boni dan teman-teman berkaki empat lainnya yang telah mengisi waktu luang dan memberikan inspirasi kepada penulis
16. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu yang turut membantu dan memberikan semangat

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

Bandung, 24 Juni 2018

Penulis,



Hendry Justin

2014410099

DAFTAR ISI

ABSTRACT	i
ABSTRAK	iii
PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR NOTASI.....	xi
DAFTAR SINGKATAN	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1-1
1.1 Latar Belakang Masalah	1-1
1.2 Inti Permasalahan	1-2
1.3 Tujuan Penelitian.....	1-2
1.4 Pembatasan Masalah.....	1-2
1.5 Metode Penelitian	1-3
1.6 Sistematika Penulisan	1-4
1.7 Diagram Alir Penelitian	1-5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	2-1
2.1 Beton.....	2-1
2.2 Beton Geopolimer.....	2-2
2.2.1 Material User-Friendly dan Hostile.....	2-3
2.2.2 <i>Alkali-Activated Material v.s Geopolymer Concrete</i>	2-5
2.3 Material Beton.....	2-5
2.3.1 Air.....	2-6
2.3.2 Agregat.....	2-7

2.3.3.	<i>Ground-granulated Blast-furnace Slag</i> (GGBFS)	2-10
2.3.4.	Alkali Aktivator (Natrium Hidroksida)	2-11
2.3.5.	Katalis Aktivator (Na_2SiO_3).....	2-12
2.3.6.	<i>Silica Fume</i>	2-12
2.3.7.	Kalsium Oksida (CaO).....	2-13
2.3.8.	Kaolinit	2-13
2.4	Rasio Pencampuran Beton Geopolimer	2-14
2.5	Metode Pengujian Beton Geopolimer.....	2-15
2.5.1	Kuat Tekan Beton.....	2-15
2.5.2	Faktor Umur.....	2-16
2.6	Metode Perawatan Beton Geopolimer.....	2-17
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	3-5
3.2	Pemeriksaan Benda Uji.....	3-6
3.2.1	Pemeriksaan Agregat Kasar dan Halus.....	3-6
3.2.2	<i>Slag</i>	3-7
3.3	Prosedur Pelaksanaan Pengecoran Beton	3-8
3.3.1	Percobaan pada pasta dan mortar polimer	3-8
3.3.2	Mixed Design Campuran Beton.....	3-8
3.3.3	Peralatan Pembuatan Beton	3-9
3.3.4	Pencampuran Bahan Pengecoran	3-11
3.3.5	Pengecoran.....	3-12
3.3.6	Perawatan (<i>Curing</i>) Beton	3-12
3.4	Proses Pengujian Benda Uji.....	3-13

BAB 4 ANALISIS HASIL PENGUJIAN	4-1
4.1 Analisis Hasil Uji Kuat Tekan	4-1
4.2 Analisis Faktor Umur.....	4-2
4.3 Analisis <i>Setting Time</i> dan Waktu Pengerasan.....	4-7
4.4 Analisis Pola Retak.....	4-7
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	5-1
5.1 Kesimpulan	5-1
5.2 Saran	5-2
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN 1	
LAMPIRAN 2	
LAMPIRAN 3	

DAFTAR NOTASI

f_c'	:	Kuat tekan beton	(MPa)
A	:	Luas penampang tertekan rata-rata	(mm ²)
D	:	Diameter benda Uji	(mm)
h	:	Tinggi Penampang	(cm)
P	:	Beban	(kN)

DAFTAR SINGKATAN

ACI	:	American Concrete Institute
AD	:	Air Dry
ASTM	:	American Society for Testing and Material
CTM	:	Compression Testing Machine
OD	:	Oven Dry
PBI	:	Peraturan Beton Indonesia
PCC	:	Portland Composite Concrete
SG	:	Specific Gravity
SNI	:	Standar Nasional Indonesia
SSD	:	Saturated Surface Dry
GGBFS	:	Ground-Granulated Blast-Furnace Slag

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Diagram alir penelitian.....	1-5
Gambar 2.1	Material untuk membuat semen geopolimer	2-3
Gambar 2.2	Perbedaan material <i>user-friendly</i> dan <i>hostile</i>	2-4
Gambar 2.3	Tahapan <i>Alkali-Activated</i> menjadi geopolimer.....	2-5
Gambar 2.4	<i>Efflorescence</i> pada mortar polimer	2-6
Gambar 2.5	Kondisi kadar air pada agregat	2-9
Gambar 2.6	<i>Slag</i> berupa bongkahan dan <i>slag</i> yang telah dihaluskan	2-11
Gambar 2.7	Natrium hidroksida berbentuk padatan (kristal)	2-12
Gambar 3.1	<i>Slag</i> sisa peleburan nikel	3-2
Gambar 3.2	Agregat kasar (kiri) dan agregat halus (kanan) yang digunakan	3-3
Gambar 3.3	<i>Silica fume</i> (MasterLife SF 100) dari BASF	3-3
Gambar 3.4	Natrium hidroksida (kiri) dan natrium silikat (kanan).....	3-4
Gambar 3.5	Bolus Alba Lokal (kiri) dan Kalsium Oksida (kanan) dari PT Brataco	3-5
Gambar 3.6	Variasi kadar dan jumlah benda uji.....	3-6
Gambar 3.7	Alat vibrator (kiri) dan molen kecil (Kanan).....	3-11
Gambar 3.8	Sarung tangan, masker, dan kacamata pelindung	3-12
Gambar 3.9	Beton yang telah dibungkus plastic kedap udara.....	3-13
Gambar 3.10	Peletakan silinder benda uji.....	3-14
Gambar 4.1	Grafik perbandingan umur dengan x/y pada kadar SF 0%.....	4-3
Gambar 4.2	Grafik perbandingan umur dengan x/y pada kadar SF 5%.....	4-3
Gambar 4.3	Grafik perbandingan umur dengan x/y pada kadar SF 10%.....	4-4
Gambar 4.4	Kuat Tekan Regresi <i>Silica fume</i> 0%.....	4-4
Gambar 4.5	Kuat Tekan Regresi <i>Silica fume</i> 5%.....	4-5
Gambar 4.6	Kuat Tekan Regresi <i>Silica fume</i> 10%.....	4-5
Gambar 4.7	Super-impose kuat tekan regresi beton geopolimer.....	4-6
Gambar 4.8	Pola retak menurut ASTM C39-15A	4-8
Gambar 4.9	Pola retak tipe 3 pada beton geopolimer	4-8
Gambar 4.10	Pola retak tipe 5 pada beton geopolimer	4-9

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Komposisi <i>Slag</i> PT. Indofero	3-1
Tabel 3.2 <i>Specific Gravity</i> Agregat kasar.....	3-7
Tabel 3.3 <i>Specific Gravity</i> Agregat Halus.....	3-7
Tabel 3.4 <i>Specific Gravity Slag</i>	3-7
Tabel 3.5 Rasio pencampuran beton geopolimer.....	3-9
Tabel 3.6 Proporsi bahan dan material untuk 3 silinder.....	3-9
Tabel 4.1 Hasil Uji Kuat Tekan Beton Geopolimer.....	4-2
Tabel 4.2 Perbandingan analisis waktu pada penggunaan CaO	4-7

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Tabel Analisis Data
- Lampiran 2 Gambar Benda Uji
- Lampiran 3 Trial Pasta dan Mortar Polimer

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Dewasa ini, Indonesia tengah menjalankan pembangunan infrastruktur guna mendorong pemerataan perekonomian dan kesejahteraan nasional. Guna mencapai tujuan tersebut, proyek-proyek konstruksi bertambah banyak. Seiring meningkatnya proyek konstruksi, polusi yang dihasilkan dalam proses konstruksi juga ikut bertambah.

Ordinary Portland Cement (OPC) atau disebut semen pada umumnya, merupakan bahan pengikat beton yang paling sering digunakan, terutama di Indonesia, dalam pembangunan proyek; mulai dari rumah tinggal, jembatan, hingga gedung bertingkat. Penggunaan OPC menyumbang emisi gas karbon dioksida (CO_2) secara global sebesar 5% hingga 10% (Concrete Institute of Australia, 2011). Polusi yang dihasilkan dapat berkurang jika digunakan bahan alternatif untuk mengatasi masalah tersebut. Salah satu cara untuk mengurangi polusi tersebut adalah dengan menggunakan beton geopolimer.

Beton geopolimer merupakan jenis beton alternatif yang menggunakan campuran senyawa kimia yang terdapat pada OPC. Pembuatan beton geopolimer tidak menggunakan semen konvensional untuk bekerja sebagai perekat dalam pembuatan beton. Tanpa penggunaan semen, beton geopolimer menekan pengeluaran emisi karbon dioksida (CO_2) sebesar 80% (Concrete Institute of Australia, 2011), sehingga beton geopolimer tergolong beton ramah lingkungan. Beton geopolimer dibentuk dengan mencampurkan aluminosilikat oksida dengan polisilikat alkali anorganik (*Alkali-Activator*) untuk menghasilkan ikatan polimer Silikat-Oksigen-Alkalin (Si-O-Al), yang diperlukan untuk proses pengikatan (Wilson, 2010). Aluminosilikat yang dapat digunakan adalah *fly ash* dan *slag*.

Slag atau *Ground Granulated Blast Furnace Slag* (GGBFS) adalah hasil residu dari peleburan baja. *Alkali-Activator* yang digunakan dalam pembuatan beton geopolimer berupa natrium hidroksida (NaOH) dan *sodium silicate* atau natrium silikat (Na_2SiO_3), dimana kedua senyawa ini memang dimanfaatkan

sebagai aktivator (Najimi, 2016). Dengan menggunakan *silica fume*, *workability* beton geopolimer tidak berubah, namun dapat meningkatkan kekuatan beton.

Penelitian tentang beton geopolimer pernah dilakukan di penelitian skripsi pada jurusan teknik sipil UNPAR. Penelitian yang dilakukan pada skripsi ini mengembangkan hasil penelitian sebelumnya dengan meneliti kuat tekan silinder beton dengan *admixture* tambahan yaitu *silica fume*.

1.2 Inti Permasalahan

Inti Permasalahan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kadar efektif *silica fume* untuk mencapai kuat tekan maksimum pada beton geopolimer yang terbuat dari agregat kasar, agregat halus, air, *slag*, NaOH, dan Na₂SiO₃. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengamati pengaruh penambahan *silica fume* terhadap faktor umur beton geopolimer.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan, yaitu:

1. Mengetahui pengaruh *slag* yang digunakan sebagai pengganti semen
2. Mengetahui pengaruh variasi kadar *silica fume* yang efektif terhadap kuat tekan beton geopolimer.
3. Mengetahui hubungan umur terhadap nilai kuat tekan beton geopolimer.

1.4 Pembatasan Masalah

Masalah yang dibahas di dalam skripsi ini dibatasi pada:

1. *Slag* yang digunakan berasal dari *slag* nikel dari PT Indoferro sebagai bahan dasar beton geopolimer
2. Ukuran agregat kasar yang digunakan adalah agregat yang lolos saringan $\frac{3}{4}$.
3. Ukuran agregat halus yang digunakan adalah agregat yang lolos saringan No.4.
4. Campuran beton menggunakan larutan aktivator natrium hidroksida (NaOH) dan natrium silikat (Na₂SiO₃) dengan rasio perbandingan berat = 0,28

5. Perbandingan alkali dengan *binder* adalah 0,4
6. NaOH yang digunakan berbentuk cair yang telah dicampur dengan air hingga nilai kemolaran sebesar 12 M, dan berat jenis Na_2SiO_3 berkisar antara 1,35 -1,6 g/cm^3 .
7. *Admixture* yang digunakan adalah *silica fume* dengan variasi kadar 0%, 5%, dan 10%
8. Perawatan yang digunakan adalah dengan menggunakan metode membran.
9. Pengujian kuat tekan menggunakan silinder diameter 10 cm dan tinggi 20 cm.
10. Metode pengujian kuat tekan beton berdasarkan ASTM C39/C39M-03 dengan menggunakan alat *Compression Testing Machine*.
11. Pengujian kuat tekan untuk mengetahui faktor umur pada umur 7, 14, dan 28 hari.

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan dilakukan dengan cara:

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan sebagai acuan untuk mendapatkan gambaran menyeluruh mengenai penelitian yang dilakukan. Studi literatur meliputi dari berbagai karya ilmiah dan buku teks yang mempunyai hubungan dengan topik skripsi ini.

2. Studi Eksperimental

Studi ini dilakukan dengan menguji kuat tekan dengan menggunakan alat uji *Compression Testing Machine*. Pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Struktur Universitas Katolik Parahyangan.

1.6 Sistematika Penulisan

Agar penulisan skripsi ini dapat dilakukan dengan sistematis, maka penulisan skripsi ini dibagi menjadi beberapa bab yang terdiri atas:

BAB 1 Pendahuluan

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

BAB 2 Tinjauan Pustaka

Bab ini membahas dasar teori yang menjadi landasan penulisan skripsi ini. Bab ini mencakup teori mengenai beton *slag* geopolimer sebagai bahan konstruksi, rumus yang digunakan, dan hasil penelitian yang telah dilakukan

BAB 3 Persiapan dan Pelaksanaan Pengujian

Bab ini membahas mengenai persiapan benda uji eksperimental, pembuatan, pelaksanaan, dan pencatatan hasil pengujian.

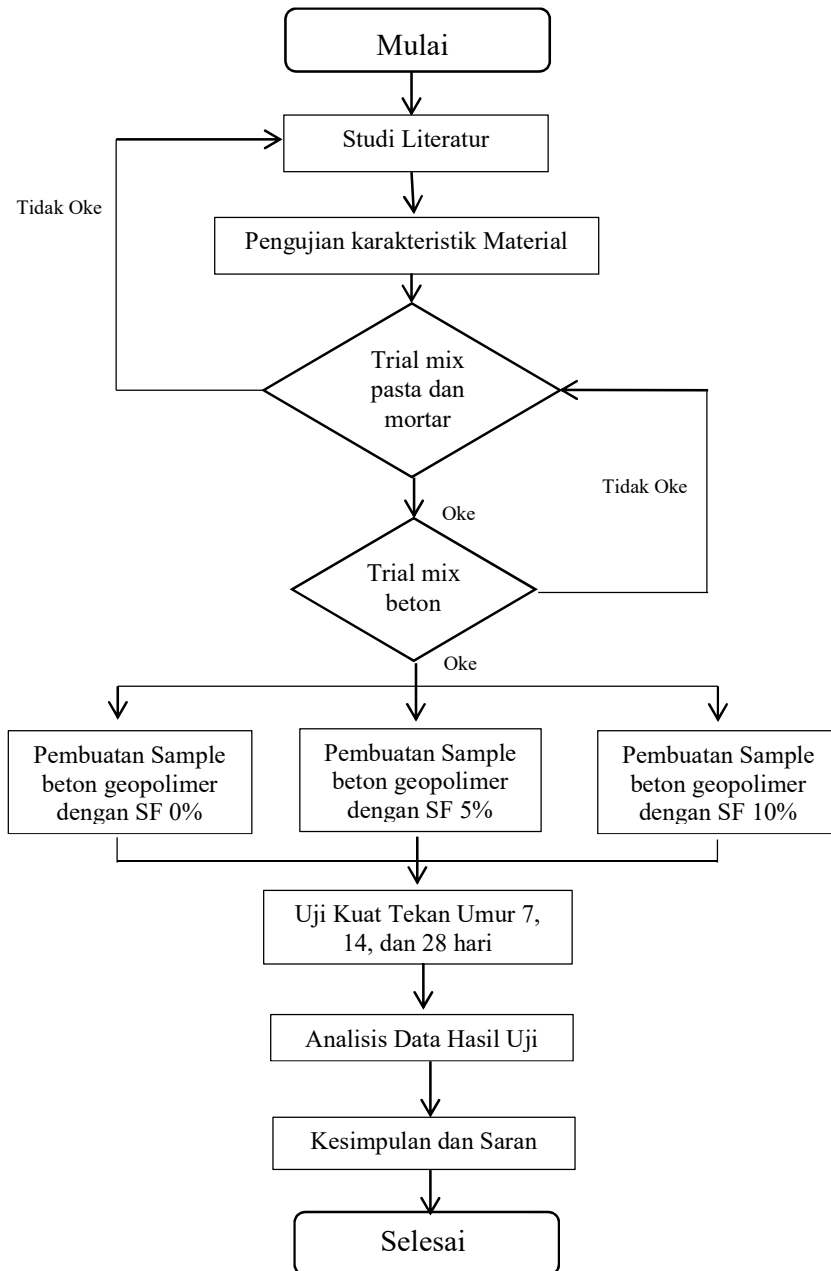
BAB 4 Analisis Hasil Pengujian

Bab ini membahas tentang analisa perhitungan terhadap hasil uji dari data eksperimental yang telah dikumpulkan melalui pengujian yang telah dilakukan.

BAB 5 Kesimpulan dan Saran

Bab ini membahas kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil uji eksperimental dan analisis serta saran-saran yang dapat disimpulkan dari pengujian yang telah dilakukan

1.7 Diagram Alir Penelitian



Gambar 1.1 Diagram alir penelitian

