

SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH
PENAMBAHAN SLAG FERONIKEL, MAGNESIUM
OKSIDA, DAN NATRIUM SILIKAT TERHADAP
KUAT UJI TEKAN BEBAS TANAH KAOLIN**



ANDREW PUTRA
NPM : 2016410108

PEMBIMBING: Aswin Lim, Ph.D.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
Juli 2020

SKRIPSI

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH PENAMBAHAN SLAG FERONIKEL, MAGNESIUM OKSIDA, DAN NATRIUM SILIKAT TERHADAP KUAT UJI TEKAN BEBAS TANAH KAOLIN



ANDREW PUTRA

NPM : 2016410108

BANDUNG, 11 JUNI 2020

PEMBIMBING:

Aswin Lim, Ph.D.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN

FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)

Juli 2020

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama lengkap : **Andrew Putra**

NPM : **2016410108**

Program Studi : **Teknik Sipil**

Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH PENAMBAHAN SLAG FERONIKEL, MAGNESIUM OKSIDA, DAN NATRIUM SILIKAT TERHADAP KUAT UJI TEKAN BEBAS TANAH KAOLIN** adalah benar-benar karya sendiri di bawah bimbingan Aswin Lim, Ph. D sebagai dosen pembimbing yang bebas dari segala macam tindakan plagiarisme. Jika dikemudian hari terdapat plagiat di dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Bandung, 24 Juli 2020



Andrew Putra

2016410108

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH PENAMBAHAN SLAG FERONIKEL, MAGNESIUM OKSIDA, DAN NATRIUM SILIKAT TERHADAP KUAT UJI TEKAN BEBAS TANAH KAOLIN

**Andrew Putra
NPM: 2016410108**

Pembimbing: Aswin Lim, Ph.D.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)**

**BANDUNG
JULI 2020**

ABSTRAK

Stabilisasi tanah secara kimiawi telah digunakan sebagai salah satu cara meningkatkan kekuatan tanah. Pengujian penggunaan *ferronickel slag* dengan aktivator menunjukkan peningkatan kekuatan tanah. Aktivator yang digunakan dapat bermacam-macam, contoh yang telah terbukti meningkatkan kekuatan tanah adalah dengan menggunakan natrium hidroksida, magnesium oksida, dan kalsium hidroksida. Penggunaan natrium silikat sendiri juga dapat meningkatkan kekuatan tanah. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh penambahan ferronickel slag, magnesium oksida, dan natrium silikat ketika digunakan secara bersamaan dengan media tanah berupa tanah kaolin.

Kata Kunci: stabilisasi tanah, *ferronickel slag*, magnesium oksida, natrium silikat, tanah kaol

**EFFECT FERRONICKEL SLAG, MAGNESIUM OXIDE, AND
SODIUM SILICATE Admixture on UNCONFINED
COMPRESSIVE STRENGTH OF KAOLIN: Laboratory study**

**Andrew Putra
NPM: 2016410108**

Advisor: Aswin Lim, Ph.D.

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

(Accredited by SK BAN-PT Number: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)

BANDUNG

JULY 2020

ABSTRACT

Chemical soil stabilization has been proofed as one of a way to improve soil strength. Research about using ferronickel slag with an activator on soil shows a succeed results on improving soil strength. Some activator that shows improved soil strength is sodium hydroxide, magnesium oxide, and calcium hydroxide. The use of sodium silicate alone in soil can improve the soil strength. The purpose of this paper to know the effect of using ferronickel slag, magnesium oxide, and sodium silicate all together with kaolin as a soil media.

Keywords: soil stabilization, ferronickel slag, magnesium oxide, sodium silicate, kaolin.

PRAKATA

Puji Syukur pada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat-Nya selama ini, penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul *Studi Eksperimental Pengaruh Penambahan Slag Feronikel, Magnesium Oksida, dan Natrium Silikat Terhadap Kuat Uji Tekan Bebas Tanah Kaolin*. Penulisan skripsi ini adalah salah satu syarat untuk menempuh kelulusan pada Program Studi Teknik Sipil tingkat S1 di Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.

Proses penulisan skripsi ini bukanlah tanpa hambatan fisik dan mental. Namun terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dapat melewati hambatan ini. Oleh karena itu, penulis berterima kasih kepada:

1. Keluarga penulis yang selalu memberi dukungan secara langsung maupun tidak langsung selama hidup penulis hingga saat ini.
2. Bapak Aswin Lim, Ph. D sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan banyak waktu dan tenaga untuk memberikan ilmu dan membimbing penulis menyelesaikan skripsi ini.
3. Teman-teman dekat penulis yang membantu memberi semangat dan dukungan mendengarkan penat pikiran penulis.
4. Bapak Herry Suryadi, Ph. D, Bapak Andra Ardiana, M.T. dan Bapak Yudi yang telah membantu berlangsungnya pengujian laboratorium.
5. Seluruh dosen dan staff pengajar Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan karena telah memberikan ilmu baik dalam perkuliahan maupun ilmu lainnya.
6. Teman-teman angkatan 2016 teknik sipil Unpar yang telah menemani dan membantu menempuh perkuliahan dan berbagi momen selama 4 tahun ini.
7. Pihak-pihak lain yang terlibat dalam proses penulisan laporan ini dan tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari penulisan ini tidak sempurna. Semoga skripsi ini memiliki manfaat bagi siapa pun yang membaca.

Bandung, 15 Juli 2020



Andrew Putra



DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	2
PRAKATA	3
DAFTAR PUSTAKA	5
Daftar Notasi dan Singkatan	8
Daftar Gambar	9
Daftar Tabel	xi
Daftar Lampiran	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1-1
1.1 Latar Belakang	1-1
1.2 Inti Permasalahan	1-2
1.3 Tujuan Penelitian	1-2
1.4 Lingkup Penelitian	1-2
1.5 Metode Penelitian	1-3
1.6 Sistematika Penulisan	1-3
1.7 Diagram Alir Penelitian	1-4
BAB 2 DASAR TEORI	2-1
2.1 Tanah	2-1
2.2 Fase Tanah	2-1
2.3 Indeks Properties Tanah	2-4
2.4 Klasifikasi Berdasarkan Ukuran Butir Tanah	2-4
2.5 Tanah Kaolin	2-5
2.6 Kuat Geser Tanah	2-6
2.7 Uji Kuat Tekan Bebas (Unconfined Compression Test)	2-6
2.8 Stabilisasi Tanah	2-7

2.8.1	Stabilisasi Tanah Secara Mekanis	2-8
2.8.2	Stabilisasi Tanah Secara Kimiawi.....	2-8
2.9	Bahan untuk Stabilisasi Tanah	2-8
2.9.1	Ferronickel Slag	2-9
2.9.2	Magnesium Oksida (MgO)	2-9
2.9.3	Natrium Silikat	2-9
2.10	Studi Bahan Stabilisasi Tanah	2-9
2.10.1	Ferronickel Slag	2-9
2.10.2	Magnesium Oksida (MgO)	2-12
2.10.3	Natrium Silikat	2-13
2.10.4	Pengaruh Larutan Basa Terhadap Tanah Kaolin	2-16
BAB 3 METODE PENELITIAN.....		3-1
3.1	Bahan Uji.....	3-1
3.1.1	Tanah Kaolin.....	3-1
3.1.2	Air Destilasi (Akuades).....	3-1
3.1.3	Ferronickel Slag	3-2
3.1.4	Magnesium Oksida (MgO)	3-2
3.1.5	Natrium Silikat	3-2
3.2	Uji Kadar Air Alami Tanah.....	3-3
3.3	Uji Batas Plastis Tanah Kaolin.....	3-3
3.4	Uji Batas Cair Tanah Kaolin	3-4
3.5	Komposisi Variasi Sampel Uji	3-5
3.5.1	Varian Tanah Kaolin + Air	3-6
3.5.2	Varian Tanah Kaolin + Air + Ferronickel Slag + MgO.....	3-6
3.5.3	Varian Tanah Kaolin + Air + Ferronickel Slag + MgO + Natrium Silikat	3-6

3.6	Pembuatan Sampel Uji	3-6
3.6.1	Pencampuran Bahan.....	3-7
3.6.2	Pencetakan.....	3-8
3.6.3	Curing.....	3-8
3.7	Uji Kuat Tekan Bebas	3-9
BAB 4 DATA DAN ANALISIS DATA		4-1
4.1	Hasil Uji Properties Tanah	4-1
4.2	Hasil Uji Kuat Tekan Bebas Campuran Tanah Setelah Curing	4-1
4.2.1	Varian Tanah Kaolin + Air	4-1
4.2.2	Varian Tanah Kaolin + Air + Ferronikel Slag + MgO.....	4-2
4.2.3	Varian Tanah Kaolin + Air + Ferronickel Slag + MgO + Natrium Silikat	4-3
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		5-1
5.1	Kesimpulan.....	5-1
5.2	Saran.....	5-2
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

V	= Volume total tanah
V_s	= Volume butir tanah
V_w	= Volume air
V_a	= Volume udara
V_v	= Volume rongga
W	= Massa total tanah
W_s	= Massa butir tanah
W_w	= Massa air
PL	= Batas plastis
LL	= Batas cair
SiO_2	= Silikon dioksida
MgO	= Magnesium oksida
$NaOH$	= Natrium hidroksida
H_2O	= air
c	= Kohesi
ϕ	= Sudut geser
ω	= Kadar air
F_v	= Gaya tekan axial
δ_v	= Deformasi vertikal
σ_1	= Tegangan axial
σ_3	= Tegangan keliling
P	= Gaya
A	= Luas area



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian.....	1-4
Gambar 2.1 Ilustrasi Tiga Fase Tanah.....	2-2
Gambar 2.2 Batas Plastis dan Batas Cair Pada Tanah.....	2-4
Gambar 2.3 Ilustrasi Susunan Kaolinit.....	2-5
Gambar 2.4 Foto Elektron Kaolinite.....	2-5
Gambar 2.5 Garis Mohr-Coloumb.....	2-6
Gambar 2.6 Ilustrasi Pengujian Uji Kuat Tekan Bebas.....	2-7
Gambar 2.7 Tegangan Tanah Pengujian Uji Kuat Tekan Bebas.....	2-7
Gambar 2.8 Hasil Uji XRF Ferronickel Slag.....	2-10
Gambar 2.9a Struktur Mikroskopis Campuran Kaolin dengan <i>Slag</i> dan Larutan KOH dengan Perbesaran 2.000 Kali.....	2-11
Gambar 2.9b Struktur Mikroskopis Campuran Kaolin dengan <i>Slag</i> dan Larutan KOH dengan Perbesaran 5.000 Kali.....	2-11
Gambar 2.10a Struktur Mikroskopis Campuran Kaolin dengan <i>Slag</i> dan Larutan NaOH dengan Perbesaran 2.000 Kali.....	2-11
Gambar 2.10b Struktur Mikroskopis Campuran Kaolin dengan <i>Slag</i> dan Larutan NaOH dengan Perbesaran 5.000 Kali.....	2-11
Gambar 3.1 Kaolin.....	3-1
Gambar 3.2 Air Destilasi.....	3-1
Gambar 3.3 <i>Ferronickel Slag</i>	3-2
Gambar 3.4 Magnesium Oksida.....	3-2
Gambar 3.5 Natrium Silikat.....	3-3
Gambar 3.6 Uji <i>Fall Cone Penetrometer</i>	3-4

Gambar 3.7 Mixer Dengan Varian Campuran Tanah Kaolin + Air + Ferronickel Slag + MgO + Natrium Silikat.....	3-7
Gambar 3.8a Dimensi Pipa Cetak.....	3-8
Gambar 3.8b Pipa Cetak.....	3-8
Gambar 3.9 Proses <i>Curing</i> Sampel.....	3-9
Gambar 3.10 Uji Kuat Tekan Bebas.....	3-9
Gambar 4.1 Grafik Kuat Geser Tanah Varian Tanah Kaolin + Air.....	4-2
Gambar 4.2 Grafik Kuat Geser Tanah Varian Tanah Kaolin + Air + Ferronickel Slag + MgO.....	4-3



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Berdasarkan AASHTO.....	2-5
Tabel 3.1 Tujuan Pengujian Varian Sampel Uji.....	3-5
Tabel 4.1 Kuat Geser Tanah Varian Kaolin + Air.....	4-1
Tabel 4.2 Kuat Geser Tanah Varian Tanah Kaolin + Air + Ferronickel Slag + MgO.....	4-2
Tabel 4.3 Kuat Geser Tanah Varian Tanah Kaolin + Air + Ferronickel Slag + MgO + Natrium Silikat.....	4-3



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Data Fall Cone Penetrometer

Lampiran 2: Grafik Hasil Uji Fall Cone Penetrometer

Lampiran 3: Input Data Uji Kuat Tekan Bebas Varian Kaolin + Air

Lampiran 4: Output Data Uji Kuat Tekan Bebas Varian Kaolin + Air

Lampiran 5: Input Varian Kaolin + Ferronickel Slag + MgO

Lampiran 6: Output Uji Kuat Tekan Bebas Varian Kaolin + Ferronickel Slag + MgO

Lampiran 7: Varian Kaolin + Ferronickel Slag+ MgO + Natrium Silikat

Lampiran 8: Kadar Air Alami



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah lunak merupakan salah satu masalah yang dijumpai pada pembangunan di teknik sipil karena memiliki tingkat kompresibilitas yang tinggi, permeabilitas rendah, dan kekuatan kompresi yang rendah. Penanganan hal tersebut dapat dengan cara meninggalkan lokasi tersebut, atau dengan membuang dan mengganti tanah dengan tanah yang lebih baik. Namun solusi ini tidak selalu memungkinkan dan terkadang membutuhkan biaya yang tinggi (Al-khafaji dkk., 2017). Menangani permasalahan ini, terdapat cara untuk melakukan perbaikan tanah untuk mengatasi permasalahan tersebut dengan biaya yang lebih murah. Metode perbaikan tanah dibagi dalam dua kategori besar yaitu stabilisasi mekanis dan stabilisasi menggunakan bahan kimia (Makusa, Gregory Paul, 2013).

Dengan rencana pemerintah untuk mendirikan pabrik peleburan nikel di dalam negeri, limbah yang dihasilkan oleh pabrik peleburan nikel akan meningkat. Salah satu bentuk dari limbah peleburan nikel adalah *ferronickel slag*. Umumnya *ferronickel slag* ini akan dibuang begitu saja atau ditimbun. *Ferronickel slag* yang teraktivasi merupakan *pozzolan* yang dapat digunakan untuk perbaikan tanah. Solusi ini akan menurunkan biaya yang dibutuhkan untuk melakukan perbaikan tanah lunak.

Kaolin merupakan salah satu sebagian besar mineral yang dijumpai pada tanah lempung. Pada penelitian ini, model tanah yang digunakan adalah menggunakan tanah kaolin. Aktivator yang akan digunakan untuk mengaktifkan *ferronickel slag* pada penelitian ini adalah magnesium oksida. Magnesium oksida dipilih karena berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, magnesium oksida memiliki efektivitas lebih tinggi daripada kalsium hidroksida dan magnesium hidroksida terhadap peningkatan kekuatan yang dihasilkan (Yi dkk., 2015). Penelitian terdahulu menguji penambahan natrium silikat tanpa penambahan bahan lain akan

meningkatkan kekuatan uji kuat geser pada tanah kaolin (Moayedi dkk., 2011). Oleh karena itu, pengembangan pada penelitian ini adalah menggunakan magnesium oksida sebagai aktivator dan penambahan natrium silikat.

1.2 Inti Permasalahan

Inti permasalahan dari studi eksperimental ini adalah untuk mengetahui peningkatan kuat geser tanah campuran antara tanah kaolin dengan *ferronickel slag* yang diaktivasi oleh magnesium oksida dan ditambahkan natrium silikat.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian skripsi ini antara lain :

1. Mengetahui pengaruh *ferronickel slag* yang diaktivasi oleh magnesium oksida ditambahkan natrium silikat terhadap nilai kuat geser tanah kaolin;
2. Mengetahui pengaruh komposisi slag feronikel yang diaktivasi oleh magnesium oksida ditambahkan natrium silikat terhadap peningkatan nilai kuat geser tanah kaolin dibandingkan tanah kaolin saja;
3. Mengetahui pengaruh waktu *curing* terhadap nilai kuat geser tanah kaolin dengan slag feronikel yang diaktivasi oleh magnesium oksida ditambahkan natrium silikat.

1.4 Lingkup Penelitian

Lingkup dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Model tanah lunak pengujian menggunakan tanah kaolin,
2. Massa *slag* yang digunakan sebesar 10% terhadap massa kaolin,
3. Massa aktivator yang digunakan sebesar 10% terhadap massa *slag*,
4. Kadar air pencampuran sampel dilakukan pada nilai batas cair (LL) kaolin.
5. Penambahan natrium silikat untuk sampel uji sebanyak 2,5 kali massa aktivator;
6. Pengujian kuat geser tanah dilakukan pada umur (*curing*) 7 hari, 14 hari, dan 21 hari untuk masing-masing kadar campuran.

1.5 Metode Penelitian

Metodologi penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur
Studi literatur terhadap jurnal, buku, dan berbagai sumber yang berhubungan terhadap topik penelitian sebagai acuan teori penelitian.
2. Studi Eksperimental
Studi eksperimental pembuatan dan pengujian model tanah dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Katolik Parahyangan.
3. Pengolahan dan Analisis Data
Data hasil pengujian diolah hingga mencapai tujuan penelitian.

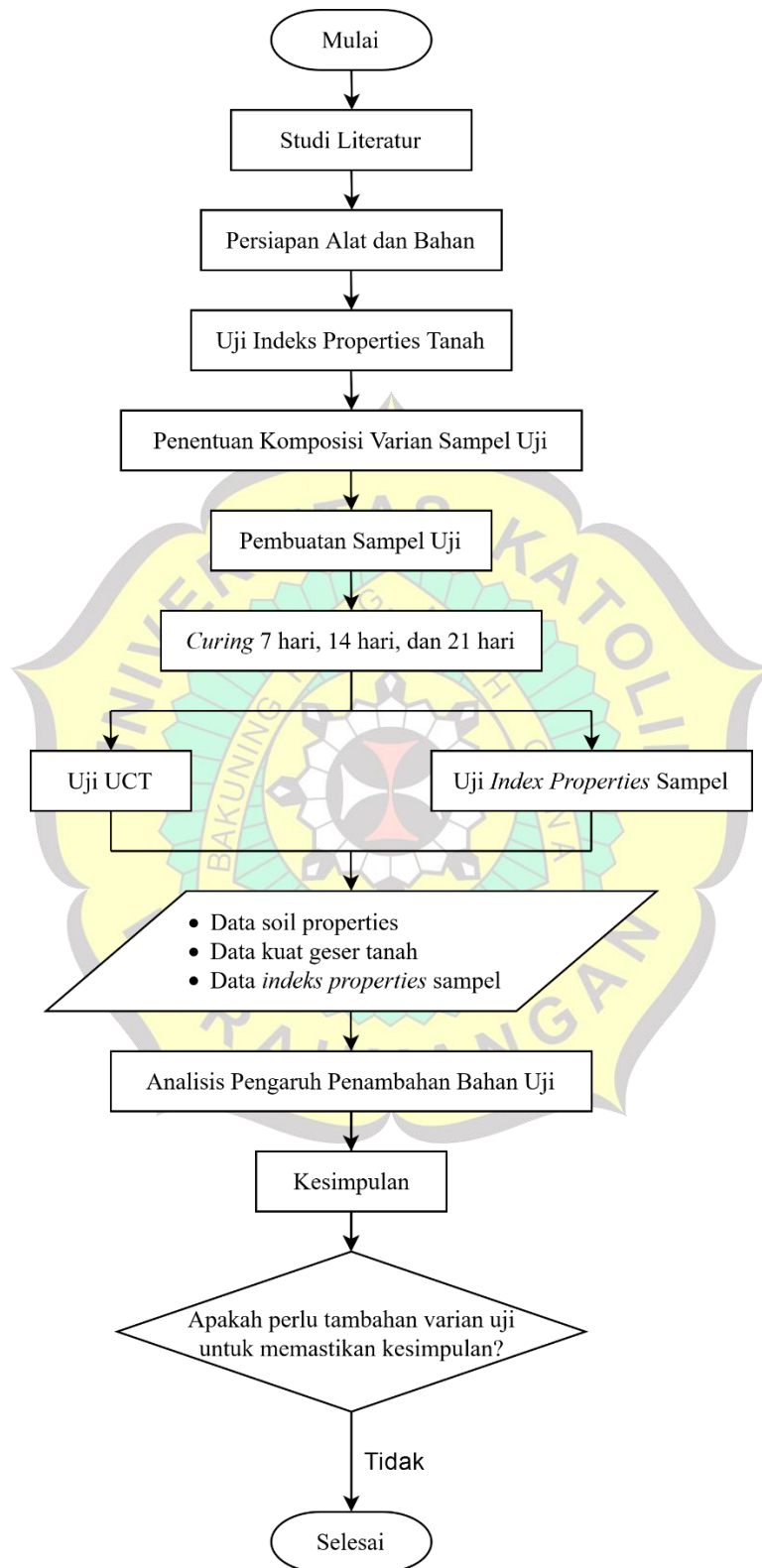
1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan penelitian ini dibagi menjadi lima bab, yaitu :

1. Bab 1 Pendahuluan
Dalam bab ini akan dibahas mengenai latar belakang, inti permasalahan, tujuan, lingkup, metode, dan diagram alir penelitian serta sistematika penulisan.
2. Bab 2 Studi Pustaka
Dalam bab ini akan dibahas mengenai teori-teori dasar yang digunakan sebagai pedoman dalam penyusunan penelitian.
3. Bab 3 Metodologi Penelitian
Dalam bab ini akan dibahas mengenai persiapan model uji, pelaksanaan pengujian, dan pencatatan hasil uji.
4. Bab 4 Data dan Analisis Data
Dalam bab ini akan dibahas mengenai pengolahan data hasil pengujian yang dilakukan.
5. Bab 5 Kesimpulan Dan Saran
Dalam bab ini akan dibahas mengenai kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan saran untuk penelitian berikutnya.

1.7 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir pada penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1.1**



Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian