

SKRIPSI

**PEMODELAN MEKANISME PERGERAKAN TANAH
PADA UJI CASAGRANDE *CUP* DENGAN METODE
NEWMARK**



**KEVIN SURYO
NPM : 2015410025**

**PEMBIMBING: Budijanto Widjaja, Ph.D.
KO-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/XII/2018)
BANDUNG
JANUARI 2019**

ABSTRAK

PEMODELAN MEKANISME PERGERAKAN TANAH PADA UJI CASAGRANDE *CUP* DENGAN METODE NEWMARK

Kevin Suryo
NPM: 2015410025

Pembimbing : Budijanto Widjaja, Ph.D.
Ko-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/XII/2018)
BANDUNG
JANUARI 2019

ABSTRAK

Sebuah longsor kecil yang terjadi pada uji mangkok Casagrande dapat dimodelkan secara numerik menggunakan metode Newmark dan metode elemen hingga untuk membuat sebuah model perhitungan perpindahan massa tanah secara detil. Akselerasi yang timbul akibat jatuhnya mangkok yang terisi cetakan tanah pada dasarnya merupakan sebuah beban dinamis yang diaplikasikan pada dasar pelat pada sebuah lereng. Pemodelan lereng dengan ukuran yang berbeda pada *prototype* dapat menjadi sedikit rumit karena hal tersebut membutuhkan penskalaan yang tepat untuk mendapatkan perilaku tanah yang diinginkan. Sebuah modifikasi secara spesial juga dibutuhkan untuk mendapatkan hasil yang diinginkan pada hasil modeling secara numerik. Hasil dari pemodelan empirik menunjukkan bahwa *prototype* membutuhkan penskalaan dengan ρ (rapat massa) sebagai faktor dominan, diikuti dengan reduksi sebesar 90% pada modulus Young pelat kuning dasar.

Kata Kunci: Hukum skala, metode Newmark, modulus Young, pemodelan, uji Casagrande

ABSTRACT

MODELING OF SOIL MOVEMENT IN CASAGRANDE CUP TEST WITH NEWMARK'S METHOD

Kevin Suryo
NPM: 2015410025

Advisor : Budijanto Widjaja, Ph.D.
Co-advisor : Aswin Lim, Ph.D.

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

(Accredited based on SK BAN-PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/XII/2018)

**BANDUNG
JANUARY 2019**

ABSTRACT

A mini-landslide that occurs in Casagrande cup test can be modeled numerically by using Newmark's method with the finite element to create a detailed displacement calculation of soil mass. An acceleration that is created by dropping the cup filled with molded soil is basically a dynamic load applied in the base of a slope. Modeling the slope in different size of a prototype can be a little bit tricky since it needs to be scaled properly to gain the desired soil behavior. A special modification is also needed to gain the desired result on the output of numerical modeling. The result of the empirical modeling shows that the prototype needs to be scaled with ρ (density) as a dominant factor, followed by a 90% reduction of base plate's Young modulus.

Keywords: Casagrande cup test, modeling, Newmark's method, scaling law, Young's modulus.

PRAKATA


Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas berkah dan karunia-Nya sehingga skripsi dengan judul “Pemodelan Mekanisme Pergerakan Tanah pada Uji Casagrande *Cup* dengan Metode Newmark” dapat terselesaikan dengan baik. Skripsi ini dibuat untuk memenuhi syarat kelulusan Sarjana Teknik Sipil jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Katolik Parahyangan.

Dalam proses penyusunan skripsi, banyak halangan yang diterima oleh penulis yang tidak dapat diselesaikan tanpa adanya uluran tangan, kritik, dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu, yaitu:

1. Budijanto Widjaja, Ph.D., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan masukan, sehingga skripsi dapat terselesaikan dengan baik.
2. Aswin Lim, Ph.D., selaku dosen ko-pembimbing yang telah memberikan arahan dan masukan, sehingga skripsi dapat terselesaikan dengan baik.
3. Seluruh dosen dan staf KBI Geoteknik yang telah mendukung dan memberi komentar dan masukan terhadap konten.
4. Orang tua dan adik penulis, Yuanto Suryo, Tanti Julia, dan Nikita Angine Suryo yang telah mendukung secara moral maupun material selama masa penulisan skripsi.
5. Teman-teman, Angela F., Angeline P., Dzaky M. W., Kevin M. S., Shendy, Vincent J. W., dan Vinna F, C, yang telah memberi dukungan dalam pengusunan skripsi.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun, agar penulis maupun karya tulis skripsi ini dapat menjadi lebih baik. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bandung, 07 Januari 2019


Kevin Suryo
2015410025

PERNYATAAN ANTI-PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama Lengkap : Kevin Suryo

NPM : 2015410025

dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya dengan judul: “PEMODELAN MEKANISME PERGERAKAN TANAH PADA UJI CASAGRANDE CUP DENGAN METODE NEWMARK” adalah karya ilmiah yang bebas plagiat. Jika dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-udangan yang berlaku.

Bandung, 07 Januari 2019



Kevin Suryo
2015410025

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
PRAKATA	iv
PERNYATAAN ANTI-PLAGIAT	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR SINGKATAN DAN NOTASI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1-1
1.1 Latar Belakang.....	1-1
1.2 Inti Permasalahan.....	1-2
1.3 Tujuan Penulisan	1-2
1.4 Lingkup Penelitian.....	1-3
1.5 Metode Penelitian	1-3
1.6 <i>Flowchart</i> Langkah Kerja	1-4
BAB 2 STUDI PUSTAKA	2-1
2.1 Pendahuluan	2-1
2.2 Alat Casagrande.....	2-1
2.2.1. Liquid limit	2-1
2.2.2. Metode Newmark pada Casagrande	2-3
2.2.3. Beban Akselerasi pada Uji Casagrande	2-5
2.3 Fall Cone <i>Test</i>	2-6
2.3.1. Fall Cone Penetrometer <i>Test</i> , Batas Cair, dan Kohesi Tak Teralir ...	2-6

2.3.2. Plastic Limit	2-8
2.4 Metode Elemen Hingga	2-8
2.4.1. Metode Elemen Hingga	2-8
2.4.2. Plaxis dan Metode Elemen Hingga	2-9
2.4.3. Plaxis dan Perhitungan Beban Dinamis.....	2-10
2.5 Hukum Skala	2-12
2.5.1. Dimensi.....	2-12
2.5.2. Syarat Kesebangunan	2-13
BAB 3 METODE PENELITIAN	3-1
3.1 Pendahuluan	3-1
3.2 Studi Literatur.....	3-1
3.3 Penelitian pada Sampel Bentonite	3-1
3.3.1 Uji Berat Isi (γ).....	3-1
3.3.2 <i>Fall Cone Penetrometer Test (FCPT)</i>	3-2
3.3.3 Uji Kadar Air.....	3-2
3.3.4 Uji Berat Jenis (G_s).....	3-2
3.3.5 Uji Casagrande	3-3
3.4 Pengolahan Data	3-3
3.5 Pemodelan pada Program Plaxis	3-3
3.5.1. Pemodelan Struktur pada Plaxis.....	3-4
3.5.2. Penentuan Parameter Material	3-4
3.5.3. <i>Meshing</i>	3-5
3.5.4. <i>Flow Condition dan Staged Construction</i>	3-5
3.6 Membuat Kesimpulan dan Saran.....	3-5
BAB 4 HASIL ANALISIS.....	4-1
4.1 Pendahuluan	4-1

4.2	Pengujian Berat Isi dan Kadar Air.....	4-1
4.3	Data Uji Casagrande	4-2
4.4	Data Uji FCPT	4-2
4.5	Hubungan antara Data Laboratorium.....	4-3
4.6	Data Fisik dari Sampel Uji Casagrande	4-4
4.7	Data <i>Input</i> dan <i>Output</i> Program Plaxis	4-8
4.7.1.	<i>Input</i> Parameter Plaxis	4-8
4.7.2.	<i>Output</i> Plaxis	4-11
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		5-1
5.1	Pendahuluan	5-1
5.2	Kesimpulan terhadap Hasil Studi	5-1
5.3	Saran terhadap Hasil Studi	5-1
DAFTAR PUSTAKA		6-1
LAMPIRAN		L-1

DAFTAR SINGKATAN DAN NOTASI

Daftar Singkatan

3D	= 3 Dimensi
AASHTO	= <i>American Association of State Highway and Transportation</i>
ASTM	= <i>American Standard Testing and Material</i>
DVD	= <i>Digital Optic Disk</i>
FCPT	= <i>Fall Cone Penetrometer Test</i>
IP	= Indeks Plastisitas
LL	= <i>Liquid Limit</i>
MEH	= Metode Elemen Hingga
PL	= <i>Plastic Limit</i>

Daftar Notasi

a	= percepatan	v_s	= cepat rambat gelombang sekunder
δ	= perpindahan	w	= kadar air
E	= modulus Young	w_L	= kadar air pada saat mencapai batas cair
f_c	= frekuensi maksimum	w_P	= kadar air pada saat mencapai batas plastis
G	= modulus geser	α_N	= koefisien alpha Newmark
g	= percepatan searah gravitasi	β_N	= koefisien beta Newmark
G_s	= berat jenis	γ_N	= koefisien gamma Hilbert
h	= tinggi atau kedalaman	ν	= angka Poisson
I_{PN}	= indeks plastisitas termodifikasi	Φ	= sudut geser dalam
K	= konstanta FCPT	γ	= berat isi
Q	= berat konus FCPT	γ_{sat}	= berat isi jenuh
S_u	= kohesi tak teralir	ρ	= notasi rapat massa primer
t	= waktu		
v_p	= cepat rambat gelombang primer		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1-1. Flowchart Pengerjaan Skripsi.....	1-4
Gambar 2-1. Alat Casagrande Cup	2-2
Gambar 2-2. Grooving tool AASHTO (kiri) dan ASTM (kanan).	2-3
Gambar 2-3. Ilustrasi Metode Newmark (Korzec,2016).....	2-4
Gambar 2-4. Diagram Akselerasi Vertikal Alat Casagrande (Haigh, 2012).....	2-5
Gambar 2-5. Alat Fall Cone Penetrometer Test.....	2-6
Gambar 2-6. Tampak Konus dan Keterangannya (Koumoto dan Houlsby, 2001)	2-7
Gambar 2-7. Korelasi Nilai IP, E, dan S_u (Duncan dan Buchignani, 1976).....	2-8
Gambar 2-8. Ilustrasi Elemen Hingga (Perzynski et al., 2011)	2-9
Gambar 2-9. Sebangun Geometrik dengan Skala 1:2 (kiri terhadap kanan)....	2-13
Gambar 4-1. Hubungan antara Berat Isi dan Kadar Air.....	4-1
Gambar 4-2. Hubungan antara Kadar Air dan Banyak Ketuk (N).....	4-2
Gambar 4-3. Hubungan Antara Kadar Air dan Penetrasi.....	4-3
Gambar 4-4. Hubungan antara Penetrasi dan Konesi Tak Teralir	4-3
Gambar 4-5. Ilustrasi Hubungan Antar Grafik	4-4
Gambar 4-6. Hasil Kertas Rekam 1-7	4-5
Gambar 4-7. Ilustrasi Penamaan Tampak.....	4-6
Gambar 4-8. Pengukuran Manual Sampel 1 (N65).....	4-6
Gambar 4-9. Pengukuran Manual Sampel 2 (N55).....	4-7
Gambar 4-10. Pengukuran Manual Sampel 3 (N33).....	4-7
Gambar 4-11. Pengukuran Manual Sampel 4 (N28).....	4-7
Gambar 4-12. Pengukuran Manual Sampel 5 (N16).....	4-7
Gambar 4-13. Pengukuran Manual Sampel 6 (N12).....	4-7
Gambar 4-14. Pengukuran Manual Sampel 7 (N08).....	4-8
Gambar 4-15. Output Plaxis Sampel 1 (N65).....	4-11
Gambar 4-16. Output Plaxis Sampel 2 (N55).....	4-12
Gambar 4-17. Output Plaxis Sampel 3 (N33).....	4-12
Gambar 4-18. Output Plaxis Sampel 4 (N28).....	4-12
Gambar 4-19. Output Plaxis Sampel 5 (N16).....	4-13

Gambar 4-20. Output Plaxis Sampel 6 (N12).....	4-13
Gambar 4-21. Output Plaxis Sampel 7 (N08).....	4-13
Gambar 4-22. Overlay Hasil Uji Sampel 1 (N65)	4-14
Gambar 4-23. Overlay Hasil Uji Sampel 2 (N55)	4-14
Gambar 4-24. Overlay Hasil Uji Sampel 3 (N33)	4-15
Gambar 4-25. Overlay Hasil Uji Sampel 4 (N28)	4-15
Gambar 4-26. Overlay Hasil Uji Sampel 5 (N16)	4-15
Gambar 4-27. Overlay Hasil Uji Sampel 6 (N12)	4-16
Gambar 4-28. Overlay Hasil Uji Sampel 7 (N08)	4-16

DAFTAR TABEL

Tabel 2-1. Nilai K untuk Fall Cone (Koumoto dan Houlsby. 2001)	2-7
Tabel 2-2. Kesebangunan Model dan Prototype (Azizi, 2000)	2-14
Tabel 4-1. Data Input Material Bentonite Berubah.....	4-10
Tabel 4-2. Data Input Material Bentonite Tetap.....	4-10
Tabel 4-3. Data Input Material Kuningan	4-11

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Detil Casagrande 1/2 (Lambe, 1951)	L-1
Lampiran 2. Detil Casagrande 2/2 (Lambe, 1951)	L-2
Lampiran 3. Tabel Perhitungan Kadar Air.....	L-3
Lampiran 4. Tabel Perhitungan Berat Isi	L-3
Lampiran 5. Tabel Kalibrasi Erlenmeyer.....	L-4
Lampiran 6. Grafik Kalibrasi Erlenmeyer.....	L-4
Lampiran 7. Tabel Perhitungan Berat Jenis	L-4
Lampiran 8. Tabel Perhitungan Uji Casagrande.....	L-5
Lampiran 9. Tabel Perhitungan Uji FCPT	L-5

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu komponen penting dalam menentukan spesifikasi tanah adalah menentukan batas-batas Atterberg yang dimiliki oleh tanah tersebut. Batas-batas Atterberg sendiri memiliki tiga batas, salah satunya adalah batas cair. Pada tahun 1958, praktik untuk menghitung batas cair dikembangkan oleh seorang pria berkebangsaan Austria bernama Arthur Casagrande. Pada tahun tersebut, ia membuat sebuah standar untuk perhitungan batas cair dengan menggunakan alat yang sekarang lazim disebut sebagai Casagrande *cup*.

Mekanisme dari kerja Casagrande *cup* sendiri adalah pengujian dengan mengasumsikan hubungan antara longsor tanah dengan skala kecil (*mini landslide*) dan kekuatan spesifik terhadap tanah itu sendiri. Diketahui bahwa pada tiap ketukan yang dihasilkan Casagrande *cup* dari gerak jatuh alat menuju karet dasar, timbul sebuah percepatan yang menjadi beban bagi tanah sampel uji. Pada saat percepatan maksimum terlampaui, tanah bergerak sesuai arah longsor dan berhenti pada suatu titik di mana kecepatan pergerakan kembali normal. Gerakan longsor inilah yang menjadi perhatian khusus pada uji Casagrande.

Pada era modern ini, teknologi mulai merambah ke seluruh kegiatan yang dilakukan oleh manusia. Penggunaan program untuk memodelkan sesuatu secara presisi sudah menjadi hal yang lazim dilakukan. Sayangnya, kemudahan perhitungan metode elemen hingga menggunakan program komputer memiliki batasan terhadap ukuran pencacahan dari elemen itu sendiri. Oleh karena itu, perlu dibuat suatu metode untuk melakukan pemodelan agar perhitungan numerik dapat menghasilkan *output* yang sesuai.

1.2 Inti Permasalahan

Uji Casagrande adalah pengujian batas cair (LL) dengan melihat longsoran yang terjadi pada saat sampel diberi beban berupa percepatan (a). Salah satu metode yang dapat digunakan untuk memodelkan longsoran dengan beban dinamis adalah metode Newmark. Dengan bantuan program komputer, dapat dilakukan pencacahan elemen tanah agar pemodelan dari metode Newmark dapat menjadi lebih detil. Sayangnya, keterbatasan ukuran elemen cacah menjadi kendala bagi proses perhitungan numerik dengan program komputer.

Dari percobaan ini, penulis mengajukan sebuah prosedur untuk melakukan pemodelan numerik pada longsor mini dengan beban akselerasi, khususnya pada uji Casagrande. Prosedur diuji dengan cara empirik dengan mengubah nilai parameter tertentu pada saat dilakukannya *trial and error* perhitungan numerik. Proses *trial and error* tersebut dianggap selesai apabila bentuk dan besar dari *displacement* perhitungan numerik menyerupai hasil dari uji fisik Casagrande.

1.3 Tujuan Penulisan

Tujuan dari penulisan skripsi terdiri dari 4 hal pokok, yaitu:

1. Untuk mensimulasikan pergerakan tanah yang terjadi pada pengujian Casagrande *cup* menggunakan metode Newmark.
2. Untuk meneliti apakah diperlukan perlakuan khusus pada proses modeling.
3. Untuk meneliti apakah parameter tanah perlu diskalakan jika terjadi perubahan ukuran dengan skala tertentu.
4. Jika diperlukan penskalaan pada parameter *prototype* terhadap model, perlu diteliti nilai apa yang dianggap dominan pada proses penskalaan.

1.4 Lingkup Penelitian

Lingkup penelitian dilakukan terhadap 4 aspek pokok, yaitu:

1. Pemodelan dua dimensi.
2. Pemodelan terhadap *cross section* yang memiliki ketinggian terbesar, yaitu pada bagian tengah sampel uji Casagrande.
3. Penggunaan bentonite sebagai objek uji.
4. Perhitungan analisis dengan bantuan program komputer Plaxis.

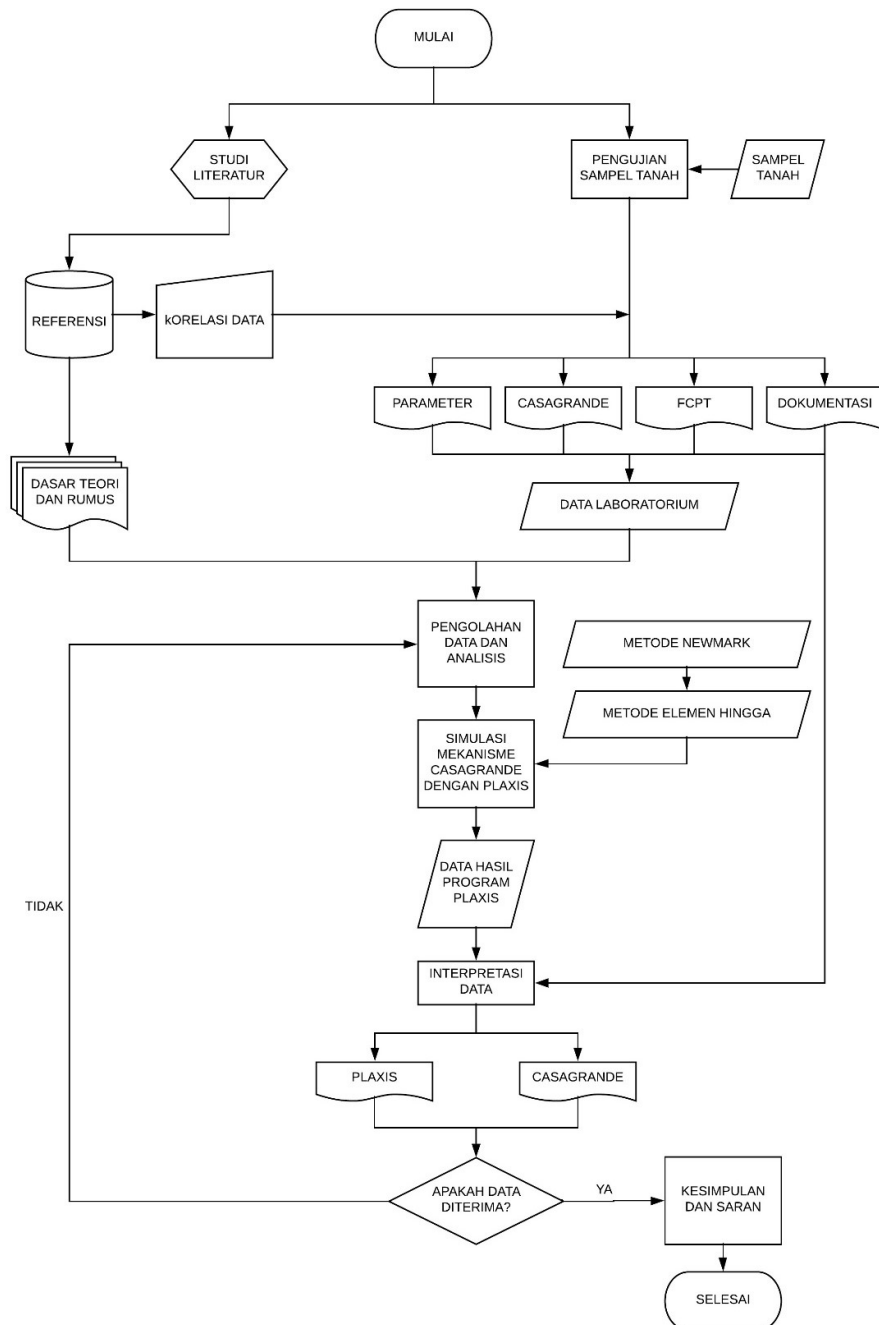
1.5 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian adalah:

1. Studi Literatur
Studi literatur dilakukan dengan tujuan untuk mengumpulkan dasar teori dan manual untuk menunjang analisis longsor yang terjadi pada uji Casagrande. Literatur digunakan untuk mendapatkan nilai-nilai penting yang tidak diperoleh pada pengambilan data laboratorium.
2. Pengambilan Data Laboratorium
Pengambilan data pada laboratorium dilakukan untuk mendapatkan spesifikasi tanah sebagai *input* pada program komputer. Selain itu, dilakukan juga uji Casagrande yang diikuti dengan pengambilan data bentuk longsor pada akhir pengujian sebagai data verifikasi terhadap perhitungan numerik.
3. *Trial and error* secara empirik
Trial and error dilakukan untuk mendapatkan cara yang tepat dalam memodelkan hasil yang diinginkan, yaitu berupa kesamaan bentuk dan besar dari longor. Proses ini dilakukan secara empirik dengan mengubah parameter tertentu pada proses pemodelan dengan program komputer.
4. Analisis
Studi analisa diperlukan agar kesimpulan dari hasil uji dapat ditarik. Analisis dilakukan dengan membandingkan hasil uji fisik berupa pengukuran fisik longsor dan hasil *output trial and error* komputasi.

1.6 Flowchart Langkah Kerja

Pengerjaan skripsi memerlukan penjabaran dari kegiatan secara jelas, agar proses pengerjaan dapat teratur dan ternilai. Untuk itu, diperlukan sebuah *flowchart* sebagai pemandu dalam melaksanakan kegiatan tersebut. *Flowchart* yang dapat menjelaskan langkah-langkah pengerjaan secara detail terdapat pada **Gambar 1-1**.



Gambar 1-1. Flowchart Pengerjaan Skripsi