

**SKRIPSI**

**PENGARUH PERUBAHAN SKALA MODEL  
TERHADAP PENENTUAN NILAI VISKOSITAS  
DENGAN METODE VALLEJO DAN SCOVAZZO**



**IAN HARTONO  
NPM: 6101901018**

**PEMBIMBING : Budijanto Widjaja, Ph.D.**

**KO PEMBIMBING : Ir. Ignatius Tommy Pratama, S.T., M.S.**

**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**

**PENGARUH PERUBAHAN SKALA MODEL  
TERHADAP PENENTUAN NILAI VISKOSITAS  
DENGAN METODE VALLEJO DAN SCOVAZZO**



**NAMA : IAN HARTONO**  
**NPM : 6101901018**

**PEMBIMBING : Budijanto Widjaja, Ph.D.**

**KO-PEMBIMBING : Ir. I. Tommy Pratama, S.T., M.S.**

**PENGUJI 1 : Siska Rustiani, Ir., M.T.**

**PENGUJI 2 : Aswin Lim, 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**

## PERNYATAAN

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

Nama : Ian Hartono

NPM : 6101901018

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

### **PENGARUH PERUBAHAN SKALA MODEL TERHADAP PENENTUAN NILAI VISKOSITAS DENGAN METODE VALLEJO DAN SCOVAZZO**

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: 11 Januari 2023



IAN HARTONO

(6101901018)

# PENGARUH PERUBAHAN SKALA MODEL TERHADAP PENENTUAN NILAI VISKOSITAS DENGAN METODE VALLEJO DAN SCOVAZZO

Ian Hartono  
NPM: 6101901018

Pembimbing : Budijanto Widjaja, Ph.D.  
Ko-Pembimbing : Ir. Ignatius Tommy Pratama, S.T., M.S.

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

*Mudflow* merupakan tipe pergerakan tanah yang mempunyai kecepatan tinggi dan dapat terjadi secara tiba-tiba. Salah satu pendekatan untuk menganalisis *mudflow* adalah pendekatan reologi yang terdiri dari dua parameter penting yaitu batas regangan ( $\tau_y$ ) dan viskositas ( $\eta$ ). Untuk dapat mempelajari lebih lanjut tentang pergerakan *mudflow*, kebutuhan analisis untuk mendapatkan parameter kuat geser tak terdrainase ( $c_u$ ) dan viskositas ( $\eta$ ) penting, terutama viskositas ( $\eta$ ) karena instrumen yang ada sangat terbatas. Salah satu pengembangan metode untuk menentukan nilai viskositas ( $\eta$ ) *mudflow* adalah penelitian yang dilakukan Vallejo dan Scovazzo (2003) dengan menggunakan *flume channel* untuk memodelkan *mudflow* sehingga didapatkan nilai viskositas ( $\eta$ ) berdasarkan perpindahan dan waktu perpindahan aliran. Penelitian ini menggunakan metode dan formula yang dikembangkan Vallejo dan Scovazzo (2003) dengan sampel uji tanah kaolin dan bentonit dengan klasifikasi MH. Skala *flume channel* yang digunakan adalah setengah kali dan seperempat kali dari yang digunakan oleh Vallejo dan Scovazzo (2003). Hasil percobaan menunjukkan bahwa nilai viskositas ( $\eta$ ) yang didapatkan dari metode Vallejo dan Scovazzo relatif tinggi karena merupakan nilai viskositas aliran mula-mula. Analisis lebih lanjut menggunakan model plastis Bingham menunjukkan nilai viskositas ( $\eta$ ) yang didapatkan dari model seperempat lebih kecil  $\pm 2$  kali dibandingkan model setengah. Sedangkan nilai tegangan geser dari model setengah lebih besar  $\pm 2.3$  kali dibandingkan model seperempat.

**Kata Kunci:** *Flume channel*, Model Plastis Bingham, *Mudflow*, Tegangan geser, Viskositas

# THE EFFECT OF MODEL SCALE CHANGES ON VISCOSITY DETERMINATION WITH THE VALLEJO AND SCOVAZZO METHOD

**Ian Hartono**  
**NPM: 6101901018**

**Advisor : Budijanto Widjaja, Ph.D.**  
**Co-Advisor : Ir. Ignatius Tommy Pratama, S.T., M.S.**

**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

Mudflow is a type of ground movement that has a high speed and can occur suddenly. One approach to analyzing mudflow is the rheological approach which consists of two important parameters, namely the yield stress ( $\tau_y$ ) and viscosity ( $\eta$ ). To learn more about mudflow movement, the need for analysis to obtain parameters of undrained shear strength ( $c_u$ ) and viscosity ( $\eta$ ) is important, especially viscosity ( $\eta$ ) because the available instruments are very limited. One of the method developments to determine the value of the viscosity ( $\eta$ ) of mudflow is the research conducted by Vallejo and Scovazzo (2003) using a flume channel to model the mudflow to obtain a value of viscosity ( $\eta$ ) based on displacement and time of flow displacement. This study used the methods and formulas developed by Vallejo and Scovazzo (2003) with samples of kaolin and bentonite soils classified as MH. The flume channel scale used is a half and a quarter time that used by Vallejo and Scovazzo (2003). The experimental results show that the viscosity value ( $\eta$ ) obtained from the Vallejo and Scovazzo methods is relatively high because it is the initial flow viscosity value. Further analysis using the Bingham plastic model shows that the viscosity obtained from the quarter model is  $\pm 2$  times smaller than the half model. Meanwhile, the shear stress value of the half model is  $\pm 2.3$  times greater than the quarter model.

**Keywords:** Bingham plastic model, Flume channel, Mudflow, Viscosity, Shear stress



## PRAKATA

Puji dan syukur dipanjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan rahmat-Nya skripsi dengan judul PENGARUH PERUBAHAN SKALA MODEL TERHADAP PENENTUAN NILAI VISKOSITAS DENGAN METODE VALLEJO DAN SCOVAZZO dapat selesai dengan baik.

Skripsi merupakan tugas akhir pada program Sarjana dan merupakan salah satu syarat akademik untuk menyelesaikan masa studi di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan. Dalam penyusunan skripsi, tidak sedikit kesulitan dan hambatan yang dihadapi. Akan tetapi berkat bimbingan, saran, dan kritik dari berbagai pihak, skripsi dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, peneliti mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Budijanto Widjaja, Ph.D., selaku dosen pembimbing yang telah membimbing peneliti dalam proses penyusunan skripsi, memberikan kritik, saran, dan motivasi dari awal tahap penyusunan hingga akhir penulisan skripsi.
2. Bapak Ir. Ignatius Tommy Pratama, S.T., M.S., selaku dosen ko-pembimbing yang telah membimbing peneliti, memberikan kritik, saran, dan motivasi dari awal tahap penyusunan hingga akhir penulisan skripsi.
3. Seluruh dosen dan asisten dosen Pusat Studi Geoteknik yang telah mengajarkan peneliti selama masa perkuliahan sehingga dapat memahami ilmu geoteknik.
4. Orang tua dan seluruh keluarga besar yang telah memberikan dukungan dalam bentuk doa dan material dari awal masa perkuliahan hingga tahap akhir penyusunan skripsi.
5. Bapak Andra Ardiana, selaku asisten laboratorium yang telah membantu dalam memberikan saran, arahan, dan tenaga selama masa pengujian di laboratorium sehingga hasil pengujian dapat mencapai hasil yang lebih baik.
6. Bapak Yudi dan Bapak Adang, selaku staf laboratorium geoteknik yang telah memberikan bantuan tenaga dan waktu selama proses pengujian di laboratorium.

7. Bobby Limowa, selaku rekan kerja di laboratorium yang telah membantu dan memberikan perijinan penggunaan data-data penelitian yang telah dilakukan di laboratorium.
8. Alexander Tommy, Livia Florencia, Samuel Jemmy Setiadjie, Richie Djaja, dan Anisa Nabila, selaku rekan bimbingan skripsi yang telah berjuang bersama dan saling memotivasi serta memberikan saran selama masa penyusunan skripsi.
9. Jonathan Yosuardi, Supardi Tri Susanto, Gagas Prabowo, dan Kertiyasa Wirawan, selaku rekan kerja di laboratorium yang telah memberikan bantuan, dukungan, dan semangat selama proses penelitian di laboratorium.
10. Teman-teman mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan angkatan 2019 atas kebersamaannya selama masa perkuliahan 3.5 tahun.
11. Pihak-pihak yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu namun ikut serta membantu peneliti dalam menyusun skripsi.

Peneliti menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi yang berjudul **PENGARUH PERUBAHAN SKALA MODEL TERHADAP PENENTUAN NILAI VISKOSITAS DENGAN METODE VALLEJO DAN SCOVAZZO** masih terdapat banyak kekurangan dan jauh dari sempurna. Oleh sebab itu, segala bentuk saran dan kritik yang membangun diterima agar dapat menjadi lebih baik lagi. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca dan penelitian selanjutnya.

Bandung, 11 Januari 2023



Ian Hartono

6101901018

# DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	ii
PRAKATA .....	iii
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR NOTASI .....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR LAMPIRAN .....	xi
BAB I PENDAHULUAN .....	1-1
1.1 Latar Belakang Masalah .....	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 .....	1-4
1.7 Diagram Alir Penelitian.....	1-5
BAB II DASAR TEORI.....	2-1
2.1 Tanah Lempung .....	2-1
2.2 Kaolin.....	2-4
2.3 Bentonit.....	2-5
2.4 Mudflow.....	2-6
2.5 Viskositas.....	2-8
2.6 Reologi Mudflow .....	2-12



2.7	Fluida Newtonian dan Fluida Non-Newtonian .....	2-12
2.8	Model Plastis Bingham.....	2-13
2.9	Efek Perubahan Skala ( <i>Scale Effect</i> ).....	2-14
BAB III METODE PENELITIAN .....		3-1
3.1	Persiapan Sampel dan Pengumpulan Parameter Tanah .....	3-1
3.2	Prosedur Pengujian .....	3-4
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN .....		4-1
4.1	Uji Saringan dan Hidrometer .....	4-1
4.2	Kadar Air .....	4-2
4.3	Kuat Geser Tak Terdrainase .....	4-3
4.4	Viskositas.....	4-3
4.5	Pengaruh Skala Model .....	4-15
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....		5-1
5.1	Kesimpulan .....	5-1
5.2	Saran .....	5-3
DAFTAR PUSTAKA.....		xviii
LAMPIRAN 1 HASIL UJI BERAT JENIS, UJI SARINGAN, UJI HIDROMETER, DAN UJI FALLCONE PENETROMETER SAMPEL KAOLIN DAN BENTONIT .....		L1-1
LAMPIRAN 2 HASIL UJI <i>FLUME CHANNEL</i> SAMPEL KAOLIN .....		L2-1
LAMPIRAN 3 HASIL UJI <i>FLUME CHANNEL</i> SAMPEL BENTONIT.....		L3-1

## DAFTAR NOTASI

$c_u$	:	Kuat geser tak terdrainase / <i>Undrained shear strength</i>
$g$	:	Konstanta gravitasi
$G_s$	:	Berat jenis / <i>Specific Gravity</i>
$h$	:	Tinggi lumpur uji
$LI$	:	Indeks kecairan / <i>Liquidity index</i>
$LL$	:	Batas cair / <i>Liquid limit</i>
$IP$	:	Indeks plastisitas / <i>Plasticity Index</i>
$PL$	:	Batas plastis / <i>Plastic limit</i>
$V_t$	:	Kecepatan pada permukaan lumpur uji
$V_b$	:	Kecepatan pada dasar lumpur uji
$w$	:	Kadar air
$\beta$	:	Kemiringan bidang gelincir
$\eta$	:	Viskositas
$\dot{\gamma}$	:	Laju regangan / <i>Strain rate</i>
$\gamma_f$	:	Berat isi lumpur
$\tau$	:	Tegangan geser / <i>Shear stress</i>
$\tau_y$	:	Batas tegangan / <i>Yield Stress</i>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b> Diagram Alir Penelitian .....	1-5
<b>Gambar 2.1</b> Perubahan Fase Tanah Lempung Berdasarkan Kadar Air (Ishibashi dan Hazarika, 2015).....	2-2
<b>Gambar 2.2</b> Ilustrasi Indeks Plastisitas, Indeks Kecairan, dan Batas Cair (Das dan Sobhan, 2018).....	2-3
<b>Gambar 2.3</b> Struktur Atom Dasar Pembentuk Mineral Lempung (Ishibashi dan Hazarika, 2015) .....	2-3
<b>Gambar 2.4</b> Formasi <i>Kaolinite Clay</i> (Ishibashi dan Hazarika, 2011).....	2-4
<b>Gambar 2.5</b> Formasi <i>Montmorillonite Clay</i> (Ishibashi dan Hazarika, 2011).....	2-5
<b>Gambar 2.6</b> Tipe Pergerakan Tanah (Cruden dan Varnes, 1996).....	2-7
<b>Gambar 2.7</b> Pergerakan <i>Mudflow</i> (Widjaja dan Lee, 2013) .....	2-7
<b>Gambar 2.8</b> Viskositas Kelicinan Antar Lapisan Fluida (sumber: <i>The Efficient Engineer</i> , 2021) .....	2-8
<b>Gambar 2.9</b> Potongan Fluida dan Laju Regangan (sumber: <i>The Efficient Engineer</i> , 2021) .....	2-9
<b>Gambar 2.10</b> Model <i>Flume Channel</i> Vallejo dan Scovazzo (2003).....	2-11
<b>Gambar 2.11</b> Model <i>Flume Channel</i> Yang Digunakan .....	2-11
<b>Gambar 2.12</b> Kurva Hubungan Tegangan Geser ( <i>Shear Stress</i> , T) Dengan Laju Regangan ( <i>strain rate</i> , $\dot{\gamma}$ ) (sumber: Lecturer Notes Dr. Jaffar Ghani Majeed, 2016) .....	2-13
<b>Gambar 2.13</b> Model Plastis Bingham Dan Material Riil (Widjaja, 2018).....	2-14
<b>Gambar 2.14</b> Pelimpah <i>Gebidem Dam</i> , Valais, Swiss: A. Model Fisik dengan Skala 1:30, B. Prototipe Asli. Bentuk Hembusan dan Gelembung Udara yang Berbeda Antara Model dengan Protitipe (Heller, 2011).....	2-15
<b>Gambar 3.1</b> Penjemuran Sampel Tanah Kaolin (kiri) dan Bentonit (kanan).....	3-1
<b>Gambar 3.2</b> Kurva Distribusi Ukuran Butir Sampel Tanah Kaolin dan Bentonit 3-2	
<b>Gambar 3.3</b> Uji Saringan Basah Sampel Tanah Kaolin (a) dan Bentonit (b) .....	3-2
<b>Gambar 3.4</b> Uji Hidrometer Sampel Tanah Kaolin (a) dan Bentonit (b).....	3-2

<b>Gambar 3.5</b> <i>Casagrande Plasticity Chart</i> Sampel Tanah Kaolin dan Bentonit	3-3
<b>Gambar 3.6</b> Uji Penentuan Berat Jenis Sampel Tanah Kaolin (a) dan Bentonit (b)	3-3
<b>Gambar 3.7</b> Uji <i>fall Cone</i> Sampel Tanah Kaolin (a) dan Bentonit (b)	3-4
<b>Gambar 3.8</b> <i>Flume Channel</i> Ukuran 40 cm x 20 cm x 7.5 cm	3-4
<b>Gambar 3.9</b> <i>Flume Channel</i> Ukuran 20 cm x 10 cm x 3.25 cm	3-5
<b>Gambar 3.10</b> Dudukan <i>Flume Channel</i>	3-5
<b>Gambar 3.11</b> Benang Wol Hitam dan Merah	3-6
<b>Gambar 3.12</b> Tripod untuk Merekam Sisi Samping	3-6
<b>Gambar 3.13</b> Proses Pengadukan Sampel Tanah Menggunakan <i>Mixer</i> Tangan	3-7
<b>Gambar 3.14</b> Pembungkus Plastik / <i>Plastic Wrap</i>	3-7
<b>Gambar 3.15</b> Sampel Uji Kaolin (kiri) dan Bentonit (kanan) yang Sudah Dibungkus untuk Didiamkan Selama 24 Jam	3-7
<b>Gambar 3.16</b> Posisi Alat Pengujian Vallejo dan Scovazzo	3-9
<b>Gambar 4.1</b> Klasifikasi Tanah Butir Halus Menurut ASTM-CS (Budhu, 2011)	4-1
<b>Gambar 4.2</b> Sampel Uji yang Sedang Bergerak Akibat Kemiringan Bidang (Vallejo dan Scovazzo, 2003)	4-4
<b>Gambar 4.3</b> Pola Aliran Pengujian K1 (a) dan B1 (b) Tampak Samping	4-10
<b>Gambar 4.4</b> Pola Aliran Pengujian K1 (a) dan B1 (b) Tampak Atas	4-10
<b>Gambar 4.5</b> Pola Aliran Pengujian K2 (a) dan B2 (b) Tampak Samping	4-11
<b>Gambar 4.6</b> Pola Aliran Pengujian K2 (a) dan B2 (b) Tampak Depan	4-11
<b>Gambar 4.7</b> Analisis Bingham Uji K1	4-12
<b>Gambar 4.8</b> Analisis Bingham Uji K2	4-12
<b>Gambar 4.9</b> Analisis Bingham Uji B1	4-13
<b>Gambar 4.10</b> Analisis Bingham Uji B2	4-13
<b>Gambar 4.11</b> Perbandingan Hasil Nilai Viskositas Berdasarkan Analisis Bingham dengan Data Terpublikasi	4-14
<b>Gambar 4.12</b> Perbandingan <i>Shear Stress</i> ( $\tau$ ) dan <i>Strain Rate</i> ( $\dot{\gamma}$ ) Sampel Uji Kaolin	4-15
<b>Gambar 4.13</b> Perbandingan <i>Shear Stress</i> ( $\tau$ ) dan <i>Strain Rate</i> ( $\dot{\gamma}$ ) Sampel Uji Bentonit	4-16

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Klasifikasi Tanah Berdasarkan Ukuran Partikel (Das dan Sobhan, 2018)	2-1
<b>Tabel 2.2</b> Aktivitas Mineral Lempung (Ishibashi dan Hazarika, 2015)	2-4
<b>Tabel 3.1</b> Parameter Sampel Tanah Kaolin dan Bentonit	3-3
<b>Tabel 4.1</b> Distribusi Material Sampel Uji Kaolin dan Bentonit Berdasarkan Hasil Uji Saringan Basah dan Hidrometer	4-1
<b>Tabel 4.2</b> Data Kadar Air Teoritis dan Kadar Air Aktual Untuk <i>Flume Channel</i> Skala $\frac{1}{2}$	4-2
<b>Tabel 4.3</b> Data Kadar Air Teoritis dan Kadar Air Aktual Untuk <i>Flume Channel</i> Skala $\frac{1}{4}$	4-2
<b>Tabel 4.4</b> Kuat Geser Tak Terdrainase (Limowa, 2023)	4-3
<b>Tabel 4.5</b> Hasil Uji K1	4-6
<b>Tabel 4.6</b> Hasil Uji K2	4-7
<b>Tabel 4.7</b> Hasil Uji B1	4-8
<b>Tabel 4.8</b> Hasil Uji B2	4-9
<b>Tabel 4.9</b> Rekapitulasi Nilai Viskositas Berdasarkan Analisis Bingham	4-14



## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Tabel L1-1</b> Kalibrasi Erlenmeyer Sampel Kaolin .....	L1-1
<b>Tabel L1-2</b> Hasil Uji Berat Jenis Sampel Kaolin .....	L1-1
<b>Tabel L1-3</b> Kalibrasi Erlenmeyer Sampel Bentonit .....	L1-1
<b>Tabel L1-4</b> Hasil Uji Berat Jenis Sampel Bentonit .....	L1-1
<b>Tabel L1-5</b> Hasil Uji Saringan Basah Sampel Kaolin .....	L1-2
<b>Tabel L1-6</b> Hasil Uji Hidrometer Sampel Kaolin.....	L1-2
<b>Tabel L1-7</b> Hasil Uji Saringan Basah Sampel Bentonit .....	L1-3
<b>Tabel L1-8</b> Hasil Uji Hidrometer Sampel Bentonit.....	L1-3
<b>Tabel L1-9</b> Hasil Uji Fallcone Penetrometer Sampel Kaolin.....	L1-4
<b>Tabel L1-10</b> Hasil Uji Fallcone Penetrometer Sampel Bentonit .....	L1-4
<b>Tabel L2-1</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Kaolin dengan Skala Model ½, Kadar Air 1.5 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir 40° .....	L2-1
<b>Tabel L2-2</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Kaolin dengan Skala Model ½, Kadar Air 1.6 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir 40° .....	L2-2
<b>Tabel L2-3</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Kaolin dengan Skala Model ½, Kadar Air 1.7 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir 20° .....	L2-3
<b>Tabel L2-4</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Kaolin dengan Skala Model ½, Kadar Air 1.7 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir 30° .....	L2-4
<b>Tabel L2-5</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Kaolin dengan Skala Model ½, Kadar Air 1.7 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir 40° .....	L2-5
<b>Tabel L2-6</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Kaolin dengan Skala Model ½, Kadar Air 1.8 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir 20° .....	L2-6
<b>Tabel L2-7</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Kaolin dengan Skala Model ½, Kadar Air 1.8 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir 30° .....	L2-7
<b>Tabel L2-8</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Kaolin dengan Skala Model ½, Kadar Air 1.8 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir 40° .....	L2-8
<b>Tabel L2-9</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Kaolin dengan Skala Model ½, Kadar Air 1.9 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir 20° .....	L2-9

<b>Tabel L2-10</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Kaolin dengan Skala Model $\frac{1}{2}$ , Kadar Air 1.9 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $25^\circ$ .....	L2-10
<b>Tabel L2-11</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Kaolin dengan Skala Model $\frac{1}{2}$ , Kadar Air 1.9 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $30^\circ$ .....	L2-11
<b>Tabel L2-12</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Kaolin dengan Skala Model $\frac{1}{2}$ , Kadar Air 1.9 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $35^\circ$ .....	L2-12
<b>Tabel L2-13</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Kaolin dengan Skala Model $\frac{1}{2}$ , Kadar Air 1.9 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $40^\circ$ .....	L2-13
<b>Tabel L2-14</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Kaolin dengan Skala Model $\frac{1}{2}$ , Kadar Air 2.0 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $20^\circ$ .....	L2-14
<b>Tabel L2-15</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Kaolin dengan Skala Model $\frac{1}{2}$ , Kadar Air 2.0 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $25^\circ$ .....	L2-15
<b>Tabel L2-16</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Kaolin dengan Skala Model $\frac{1}{2}$ , Kadar Air 2.0 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $30^\circ$ .....	L2-16
<b>Tabel L2-17</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Kaolin dengan Skala Model $\frac{1}{2}$ , Kadar Air 2.0 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $35^\circ$ .....	L2-17
<b>Tabel L2-18</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Kaolin dengan Skala Model $\frac{1}{2}$ , Kadar Air 2.0 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $40^\circ$ .....	L2-18
<b>Tabel L2-19</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Kaolin dengan Skala Model $\frac{1}{4}$ , Kadar Air 1.5 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $20^\circ$ .....	L2-19
<b>Tabel L2-20</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Kaolin dengan Skala Model $\frac{1}{4}$ , Kadar Air 1.5 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $40^\circ$ .....	L2-20
<b>Tabel L2-21</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Kaolin dengan Skala Model $\frac{1}{4}$ , Kadar Air 1.6 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $20^\circ$ .....	L2-21
<b>Tabel L2-22</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Kaolin dengan Skala Model $\frac{1}{4}$ , Kadar Air 1.6 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $25^\circ$ .....	L2-22
<b>Tabel L2-23</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Kaolin dengan Skala Model $\frac{1}{4}$ , Kadar Air 1.6 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $30^\circ$ .....	L2-23
<b>Tabel L2-24</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Kaolin dengan Skala Model $\frac{1}{4}$ , Kadar Air 1.6 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $35^\circ$ .....	L2-24
<b>Tabel L2-25</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Kaolin dengan Skala Model $\frac{1}{4}$ , Kadar Air 1.6 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $40^\circ$ .....	L2-25

<b>Tabel L2-26</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Kaolin dengan Skala Model $\frac{1}{4}$ , Kadar Air 1.7 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $20^\circ$ .....	L2-26
<b>Tabel L2-27</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Kaolin dengan Skala Model $\frac{1}{4}$ , Kadar Air 1.7 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $25^\circ$ .....	L2-27
<b>Tabel L2-28</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Kaolin dengan Skala Model $\frac{1}{4}$ , Kadar Air 1.7 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $30^\circ$ .....	L2-28
<b>Tabel L2-29</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Kaolin dengan Skala Model $\frac{1}{4}$ , Kadar Air 1.7 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $35^\circ$ .....	L2-29
<b>Tabel L2-30</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Kaolin dengan Skala Model $\frac{1}{4}$ , Kadar Air 1.7 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $40^\circ$ .....	L2-30
<b>Tabel L2-31</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Kaolin dengan Skala Model $\frac{1}{4}$ , Kadar Air 1.8 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $20^\circ$ .....	L2-31
<b>Tabel L2-32</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Kaolin dengan Skala Model $\frac{1}{4}$ , Kadar Air 1.8 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $25^\circ$ .....	L2-32
<b>Tabel L2-33</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Kaolin dengan Skala Model $\frac{1}{4}$ , Kadar Air 1.8 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $30^\circ$ .....	L2-33
<b>Tabel L2-34</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Kaolin dengan Skala Model $\frac{1}{4}$ , Kadar Air 1.8 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $35^\circ$ .....	L2-34
<b>Tabel L2-35</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Kaolin dengan Skala Model $\frac{1}{4}$ , Kadar Air 1.8 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $40^\circ$ .....	L2-35
<b>Tabel L2-36</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Kaolin dengan Skala Model $\frac{1}{4}$ , Kadar Air 1.9 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $20^\circ$ .....	L2-36
<b>Tabel L2-37</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Kaolin dengan Skala Model $\frac{1}{4}$ , Kadar Air 1.9 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $25^\circ$ .....	L2-37
<b>Tabel L2-38</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Kaolin dengan Skala Model $\frac{1}{4}$ , Kadar Air 1.9 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $30^\circ$ .....	L2-38
<b>Tabel L2-39</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Kaolin dengan Skala Model $\frac{1}{4}$ , Kadar Air 1.9 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $35^\circ$ .....	L2-39
<b>Tabel L2-40</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Kaolin dengan Skala Model $\frac{1}{4}$ , Kadar Air 1.9 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $40^\circ$ .....	L2-40
<b>Tabel L2-41</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Kaolin dengan Skala Model $\frac{1}{4}$ , Kadar Air 2.0 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $20^\circ$ .....	L2-41

<b>Tabel L2-42</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Kaolin dengan Skala Model $\frac{1}{4}$ , Kadar Air 2.0 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $25^\circ$ .....	L2-42
<b>Tabel L2-43</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Kaolin dengan Skala Model $\frac{1}{4}$ , Kadar Air 2.0 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $30^\circ$ .....	L2-43
<b>Tabel L2-44</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Kaolin dengan Skala Model $\frac{1}{4}$ , Kadar Air 2.0 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $35^\circ$ .....	L2-44
<b>Tabel L2-45</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Kaolin dengan Skala Model $\frac{1}{4}$ , Kadar Air 2.0 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $40^\circ$ .....	L2-45
<b>Tabel L3-1</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Bentonit dengan Skala Model $\frac{1}{2}$ , Kadar Air 1.0 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $20^\circ$ .....	L3-1
<b>Tabel L3-2</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Bentonit dengan Skala Model $\frac{1}{2}$ , Kadar Air 1.0 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $25^\circ$ .....	L3-2
<b>Tabel L3-3</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Bentonit dengan Skala Model $\frac{1}{2}$ , Kadar Air 1.0 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $30^\circ$ .....	L3-3
<b>Tabel L3-4</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Bentonit dengan Skala Model $\frac{1}{2}$ , Kadar Air 1.0 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $35^\circ$ .....	L3-4
<b>Tabel L3-5</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Bentonit dengan Skala Model $\frac{1}{2}$ , Kadar Air 1.0 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $40^\circ$ .....	L3-5
<b>Tabel L3-6</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Bentonit dengan Skala Model $\frac{1}{2}$ , Kadar Air 1.1 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $20^\circ$ .....	L3-6
<b>Tabel L3-7</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Bentonit dengan Skala Model $\frac{1}{2}$ , Kadar Air 1.1 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $25^\circ$ .....	L3-7
<b>Tabel L3-8</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Bentonit dengan Skala Model $\frac{1}{2}$ , Kadar Air 1.1 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $30^\circ$ .....	L3-8
<b>Tabel L3-9</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Bentonit dengan Skala Model $\frac{1}{2}$ , Kadar Air 1.1 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $35^\circ$ .....	L3-9
<b>Tabel L3-10</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Bentonit dengan Skala Model $\frac{1}{2}$ , Kadar Air 1.1 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $40^\circ$ .....	L3-10
<b>Tabel L3-11</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Bentonit dengan Skala Model $\frac{1}{2}$ , Kadar Air 1.2 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $20^\circ$ .....	L3-11
<b>Tabel L3-12</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Bentonit dengan Skala Model $\frac{1}{2}$ , Kadar Air 1.2 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $25^\circ$ .....	L3-12



<b>Tabel L3-13</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Bentonit dengan Skala Model $\frac{1}{2}$ , Kadar Air 1.2 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $30^\circ$ .....	L3-13
<b>Tabel L3-14</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Bentonit dengan Skala Model $\frac{1}{2}$ , Kadar Air 1.2 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $35^\circ$ .....	L3-14
<b>Tabel L3-15</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Bentonit dengan Skala Model $\frac{1}{2}$ , Kadar Air 1.2 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $40^\circ$ .....	L3-15
<b>Tabel L3-16</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Bentonit dengan Skala Model $\frac{1}{4}$ , Kadar Air 1.0 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $20^\circ$ .....	L3-16
<b>Tabel L3-17</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Bentonit dengan Skala Model $\frac{1}{4}$ , Kadar Air 1.0 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $25^\circ$ .....	L3-17
<b>Tabel L3-18</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Bentonit dengan Skala Model $\frac{1}{4}$ , Kadar Air 1.0 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $30^\circ$ .....	L3-18
<b>Tabel L3-19</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Bentonit dengan Skala Model $\frac{1}{4}$ , Kadar Air 1.0 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $35^\circ$ .....	L3-19
<b>Tabel L3-20</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Bentonit dengan Skala Model $\frac{1}{4}$ , Kadar Air 1.0 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $40^\circ$ .....	L3-20
<b>Tabel L3-21</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Bentonit dengan Skala Model $\frac{1}{4}$ , Kadar Air 1.1 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $20^\circ$ .....	L3-21
<b>Tabel L3-22</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Bentonit dengan Skala Model $\frac{1}{4}$ , Kadar Air 1.1 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $25^\circ$ .....	L3-22
<b>Tabel L3-23</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Bentonit dengan Skala Model $\frac{1}{4}$ , Kadar Air 1.1 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $30^\circ$ .....	L3-23
<b>Tabel L3-24</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Bentonit dengan Skala Model $\frac{1}{4}$ , Kadar Air 1.1 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $35^\circ$ .....	L3-24
<b>Tabel L3-25</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Bentonit dengan Skala Model $\frac{1}{4}$ , Kadar Air 1.1 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $40^\circ$ .....	L3-25
<b>Tabel L3-26</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Bentonit dengan Skala Model $\frac{1}{4}$ , Kadar Air 1.2 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $20^\circ$ .....	L3-26
<b>Tabel L3-27</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Bentonit dengan Skala Model $\frac{1}{4}$ , Kadar Air 1.2 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $25^\circ$ .....	L3-27
<b>Tabel L3-28</b> Hasil Uji <i>Flume Channel</i> Sampel Bentonit dengan Skala Model $\frac{1}{4}$ , Kadar Air 1.2 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir $30^\circ$ .....	L3-28



**Tabel L3-29** Hasil Uji *Flume Channel* Sampel Bentonit dengan Skala Model  $\frac{1}{4}$ ,  
Kadar Air 1.2 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir  $35^\circ$  ..... L3-29

**Tabel L3-30** Hasil Uji *Flume Channel* Sampel Bentonit dengan Skala Model  $\frac{1}{4}$ ,  
Kadar Air 1.2 LL, dan Kemiringan Bidang Gelincir  $40^\circ$  ..... L3-30



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Berdasarkan data Badan Nasional Penanggulangan Bencana Indonesia (BNPB) dari tahun 2017 sampai 2021, tanah longsor menempati posisi ke-3 bencana alam paling sering terjadi di Indonesia dengan total kejadian sebanyak 5079 kali. BNPB, berdasarkan UU No. 24 tahun 2007, mengklasifikasikan tanah longsor (gerakan tanah) sebagai salah satu ancaman bencana yang berisiko tinggi. Berdasarkan hasil kajian risiko, jumlah jiwa terpapar risiko bencana tanah longsor di Indonesia mencapai 194.812.121 jiwa di seluruh Indonesia dengan potensi kerugian mencapai 185 triliun rupiah.

Sistem klasifikasi tanah longsor yang dikemukakan oleh Varnes (1978) merupakan sistem yang banyak digunakan oleh para ahli. Salah satu jenis longsor berdasarkan klasifikasi tersebut adalah aliran lumpur atau *mudflow*. Kecepatan aliran dari *mudflow* bisa sangat cepat dari 0.05 m/detik (*very rapid*) sampai 5 m/detik (*extremely rapid*) tergantung dari viskositas aliran (Cruden dan Varnes, 1996; Varnes, 1978). Pergerakan aliran lumpur ini sangat cepat dan dapat bersifat secara tiba-tiba tanpa ada peringatan atau tanda-tanda sebelumnya, sehingga *mudflow* sangat berpotensi menyebabkan kerugian material yang besar bahkan korban jiwa bagi daerah yang terkena alirannya.

Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan untuk mempelajari pergerakan *mudflow* adalah pendekatan reologi yang terdiri atas dua parameter penting yaitu batas tegangan (*yield stress*) dan viskositas ( $\eta$ ). Suatu pergerakan aliran terjadi apabila muncul gaya geser yang lebih besar daripada *yield stress*. Setelah itu, kecepatan *mudflow* bergantung pada nilai viskositas ( $\eta$ ) aliran. Untuk mempelajari lebih lanjut tentang pergerakan *mudflow*, maka dilakukan uji laboratorium untuk memperoleh nilai viskositas ( $\eta$ ) berdasarkan metode Vallejo dan Scovazzo (2003) dengan sampel tanah kaolin dan bentonit menggunakan model *flume channel* dengan variasi nilai

kadar air ( $w$ ) dan kemiringan ( $\beta$ ). Selain itu, peneliti juga melakukan perubahan ukuran (*scale effect*) pada model *flume channel* yang digunakan dengan mengecilkan ukuran *flume channel* setengah kali dan seperempat kali dibandingkan dengan model yang dilakukan oleh Vallejo dan Scovazzo (2003) untuk mengetahui ada atau tidaknya efek perubahan skala pada model aliran lumpur.

## 1.2 Inti Permasalahan

Inti permasalahan dari penelitian skripsi ini adalah penentuan nilai viskositas ( $\eta$ ) berdasarkan metode Vallejo dan Scovazzo (2003) serta efek perubahan skala pada model aliran lumpur.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian skripsi ini adalah:

1. Menentukan dan membandingkan nilai viskositas ( $\eta$ ) dari hasil uji *flume channel* dengan nilai viskositas ( $\eta$ ) oleh Vallejo dan Scovazzo (2003) dan data terpublikasi lainnya.
2. Mengetahui variasi kadar air ( $w$ ) dan kemiringan *flume channel* ( $\beta$ ) serta efek perubahan skala terhadap nilai viskositas ( $\eta$ ) aliran lumpur.

## 1.4 Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dari penelitian skripsi ini adalah:

1. Sampel tanah yang digunakan untuk uji laboratorium menggunakan tanah kaolin dan bentonit yang berperan sebagai model *mudflow* di lapangan.
2. Model *flume channel* yang digunakan berbahan akrilik (*plexiglass*) dengan ukuran panjang 40 cm, lebar 10 cm, dan tinggi 7.5 cm untuk model pertama dan ukuran panjang 20 cm, lebar 5 cm, dan tinggi 3.25 cm untuk model kedua.
3. Metode dan analisa untuk menentukan nilai viskositas ( $\eta$ ) menggunakan metode dan formula Vallejo dan Scovazzo (2003).
4. Kondisi material diasumsikan dalam kondisi homogen isotropik.

## 1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian dari penelitian skripsi ini adalah sebagai berikut:

### 1. Metode studi pustaka

Metode pengumpulan, pengkajian, serta analisis data dan informasi penelitian terpublikasi baik dari internet maupun media cetak. Pada skripsi ini penulis membaca, mengkaji, dan menganalisis buku, *paper*, jurnal penelitian dan literatur yang berkaitan dengan topik penelitian yaitu *mudflow*, tanah lempung, kaolin, bentonit, pendekatan reologi *mudflow*, viskositas, model Bingham, dan penelitian viskositas yang dilakukan oleh Vallejo dan Scovazzo (2003).

### 2. Metode eksplanasi

Metode penjelasan, penguraian, dan pemberian keterangan mengenai permasalahan yang sedang diteliti. Pada skripsi ini penulis menganalisis kemudian menjabarkan pengaruh variasi kadar air ( $w$ ), kemiringan bidang gelincir ( $\beta$ ), dan perubahan skala model *flume channel* terhadap nilai viskositas ( $\eta$ ) pada tanah kaolin dan bentonit, serta membandingkan hasil dengan literatur terpublikasi.

### 3. Metode eksperimen

Metode melakukan, mengamati, mencatat, dan menganalisis suatu permasalahan di laboratorium berdasarkan variabel dan batasan yang telah ditentukan. Pada skripsi ini penulis melakukan uji coba dengan melakukan simulasi kejadian *mudflow* menggunakan tanah kaolin dan bentonit dengan variasi kadar air ( $w$ ) dan kemiringan bidang gelincir ( $\beta$ ). Selain itu, penulis juga membuat perubahan skala model *flume channel* yang digunakan untuk mempelajari pengaruh perubahan skala.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

### BAB 1 PENDAHULUAN

Bab 1 berisi mengenai latar belakang permasalahan, inti permasalahan, tujuan penelitian, pembatasan masalah, metode penelitian, sistematika penulisan, dan diagram alir penelitian.

### BAB 2 STUDI PUSTAKA

Bab 2 berisi mengenai landasan teori yang digunakan dalam penelitian ini yaitu tanah lempung, kaolin, bentonit, *mudflow*, viskositas ( $\eta$ ), reologi *mudflow*, fluida *newtonian* dan *non-newtonian*, model Bingham, dan efek perubahan skala.

### BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab 3 berisi mengenai persiapan dan proses uji *flume channel* sampel kaolin dan bentonit.

### BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

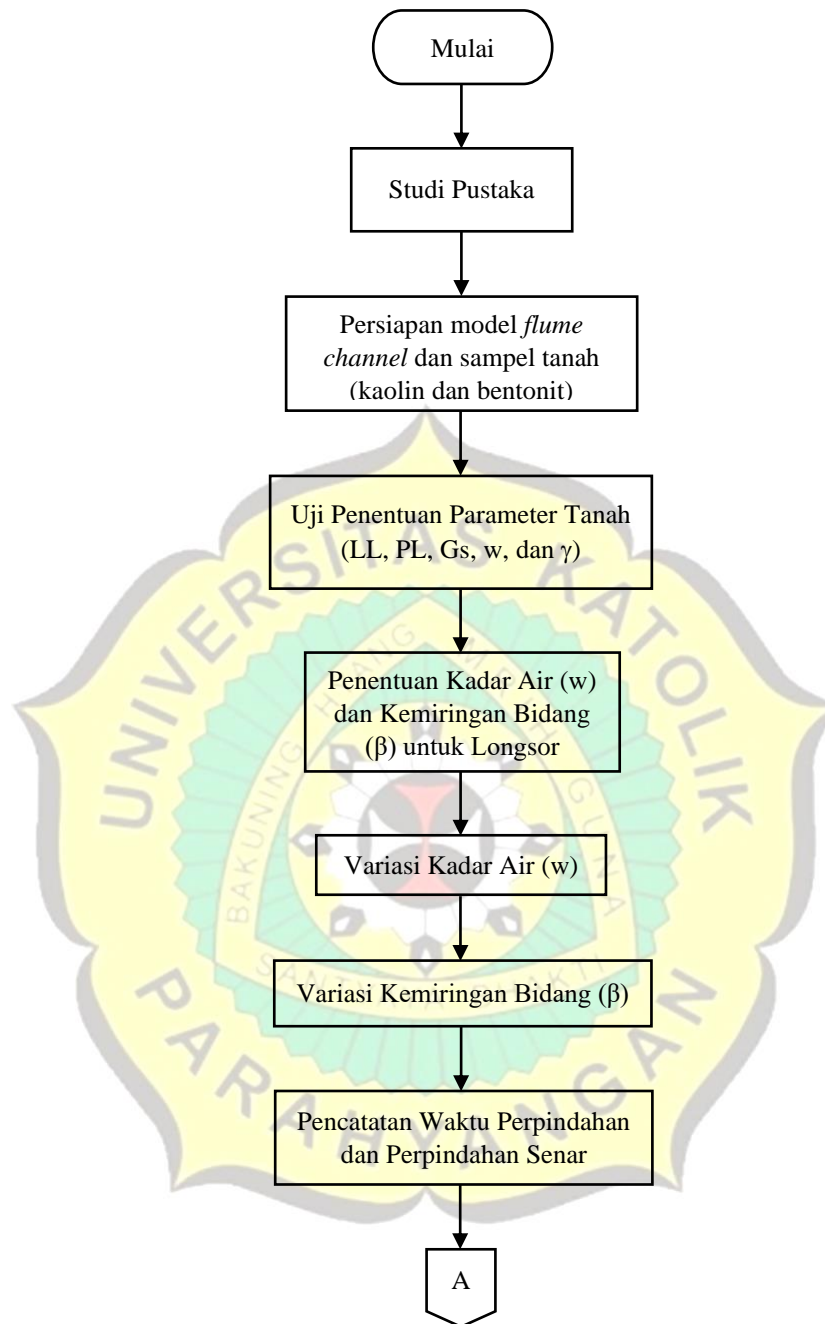
Bab 4 berisi mengenai data parameter sampel kaolin dan bentonit, serta hasil uji dan analisis hasil uji penentuan nilai viskositas dengan metode Vallejo dan Scovazzo (2003).

### BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

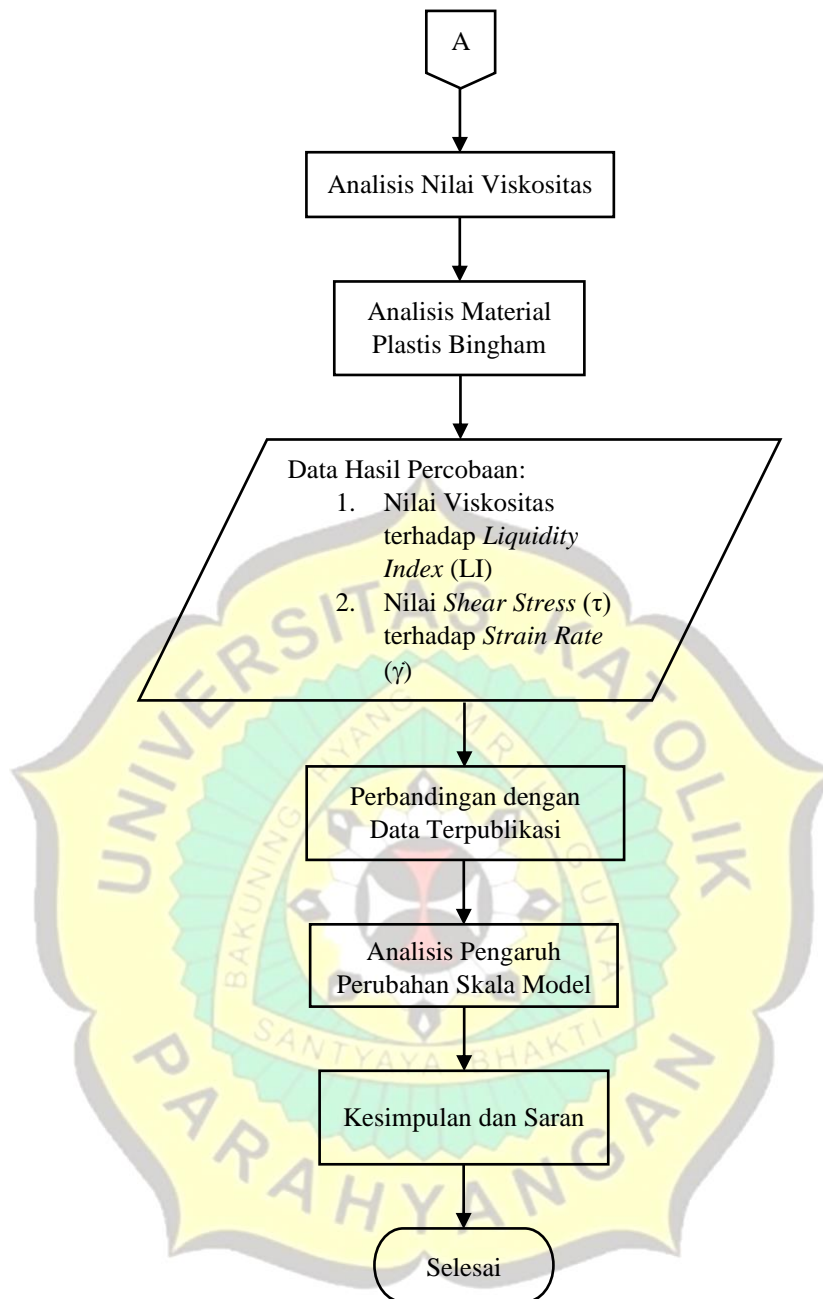
Bab 5 berisi mengenai kesimpulan dari hasil uji laboratorium dan saran untuk yang berguna untuk menunjang penelitian berikutnya.



## 1.7 Diagram Alir Penelitian



**Gambar 1.1** Diagram Alir Penelitian



**Gambar 1.1** Diagram Alir Penelitian (lanjutan)