

SKRIPSI

**STUDI LABORATORIUM PENENTUAN KUAT
GESER TAK TERDRAINASE PADA TANAH BUTIR
HALUS LUNAK**



**BOBY LIMOWA
NPM : 6101801003**

PEMBIMBING: Budijanto Widjaja, 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**

SKRIPSI

**STUDI LABORATORIUM PENENTUAN KUAT
GESER TAK TERDRAINASE PADA TANAH BUTIR
HALUS LUNAK**



**BOBY LIMOWA
NPM : 6101801003**

BANDUNG, 11 Januari 2023

PEMBIMBING :

Budijanto Widjaja, 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 : Bobby Limowa

NPM : 6101801003

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

STUDI LABORATORIUM PENENTUAN KUAT GESER TAK TERDRAINASE PADA TANAH BUTIR HALUS LUNAK

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



BOBY LIMOWA

(6101801003)

STUDI LABORATORIUM PENENTUAN KUAT GESER TAK TERDRAINASE PADA TANAH BUTIR HALUS LUNAK

Boby Limowa
NPM : 6101801003

Pembimbing : Budijanto Widjaja, 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

ABSTRAK

Mudflow adalah longsor dengan tipe aliran cepat di mana kondisi kadar air sama atau lebih dari batas cair. Untuk mempelajari pergerakan *mudflow* dapat dilakukan dengan pendekatan reologi. Dua parameter yang mempengaruhi pergerakan *mudflow* adalah *undrained shear strength* (c_u) dan viskositas (η). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh kadar air terhadap nilai *undrained shear strength* serta menentukan nilai *undrained shear strength* menggunakan metode uji *fall cone*, *vane shear*, dan *cylinder strength meter*. Penelitian dilakukan dengan sampel uji tanah kaolin dan bentonite dengan klasifikasi MH. Berdasarkan percobaan hasil yang didapatkan pada sampel tanah kaolin dan bentonite, nilai *undrained shear strength* yang diperoleh dengan uji *fall cone* hanya bisa digunakan hingga *liquidity index* sama dengan 1, lalu pada *vane shear* bisa digunakan hingga *liquidity index* mencapai 1.9, sedangkan pada *cylinder strength meter test* bisa mencapai *liquidity index* sama dengan 9.1. Hasil percobaan menunjukkan bahwa meningkatnya kadar air menyebabkan turunnya nilai *undrained shear strength* dan penentuan nilai *undrained shear strength* menggunakan metode Vallejo dan Scovazzo dapat digunakan hingga kondisi *liquidity index* yang lebih tinggi daripada *fall cone* dan *vane shear*.

Kata Kunci : *Cylinder strength meter*, *fall cone*, *liquidity index*, *Undrained shear strength*, *Vane shear*

LABORATORY STUDY ON THE DETERMINATION OF UNDRAINED SHEAR STRENGTH IN SOFT FINE- GRAINED SOILS

Boby Limowa
NPM : 6101801003

Advisor : Budijanto Widjaja, Ph.D.

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTEMENT 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 an avalanche with a fast flow type where the water content is equal to or more than the liquid limit. To study the movement of mudflow can be done with a rheological approach. Two parameters that affect the movement of the mudflow are undrained shear strength (c_u) and viscosity (η). This research was conducted to determine the effect of water content on the value of undrained shear strength and to determine the value of undrained shear strength using the fall cone, vane shear, and cylinder strength meter test methods. The study was conducted with samples of kaolin and bentonite soils with MH classification. Based on the experimental results obtained on the kaolin and bentonite soil samples, the undrained shear strength value obtained by the fall cone test can only be used until the liquidity index is equal to 1, then the vane shear can be used until the liquidity index reaches 1.9, while the cylinder strength meter test can achieve a liquidity index equal to 9.1. The experimental results show that the increase in water content causes a decrease in the undrained shear strength value and the determination of the undrained shear strength value using the Vallejo and Scovazzo methods can be used until the liquidity index conditions are higher than the fall cone and vane shear.

Kata Kunci : Cylinder strength meter, fall cone, liquidity index, Undrained shear strength, Vane shear

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	ii
PRAKATA.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR NOTASI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1-1
1.1 Latar Belakang.....	1-1
1.2 Inti Permasalahan.....	1-1
1.3 Tujuan Penelitian.....	1-2
1.4 Lingkup Penelitian.....	1-2
1.5 Metode Penelitian.....	1-2
1.6 Sistematika Penulisan.....	1-3
1.7 Diagram Alir.....	1-4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	2-1
2.1 Tanah Lempung/ <i>Clay</i>	2-1
2.2 Kaolin.....	2-3
2.3 Bentonite.....	2-4
2.4 Reologi <i>Mudflow</i>	2-5
2.5 Aliran Lumpur/ <i>Mudflow</i>	2-5
2.6 <i>Index Properties</i>	2-6
2.6.1 Kadar Air (<i>w</i>).....	2-6
2.6.2 Berat Jenis Tanah (<i>Gs</i>).....	2-6
2.7 Batas – Batas Atterberg (<i>Atterberg Limits</i>).....	2-7
2.7.1 Batas Plastis (<i>Plastic Limit</i>).....	2-7
2.7.2 Batas Cair (<i>Liquid Limit</i>).....	2-7
2.8 Uji Analisa Ukuran Butir (<i>Grain Size Analysis</i>).....	2-8
2.8.1 Uji Saringan.....	2-8
2.8.2 Uji Hidrometer.....	2-8

2.9	Fluida Newtonian dan Fluida Non-Newtonian	2-9
2.10	<i>Undrained Shear Strength</i> (c_u) Vallejo dan Scovazzo (2003)	2-9
2.11	<i>Vane Shear Test</i> (VST).....	2-11
2.12	<i>Fall Cone Penetration Test</i>	2-12
BAB 3	METODE PENELITIAN	3-1
3.1	Persiapan Sampel Uji	3-1
3.1.1	Kaolin.....	3-1
3.1.2	Bentonite	3-1
3.2	<i>Index Properties</i>	3-2
3.2.1	Uji Kadar Air.....	3-2
3.2.2	Uji Berat Jenis	3-2
3.2.3	Uji Batas-Batas Atterberg (<i>Atterberg Limits</i>)	3-3
3.3	Uji Analisa Ukuran Butir (<i>Grain Size Analysis</i>)	3-4
3.3.1	Uji Saringan	3-4
3.3.2	Uji Hidrometer	3-5
3.4	Penentuan nilai undrained shear strength (c_u)	3-6
3.4.1	Cylinder Strength Meter Test.....	3-6
3.4.2	Vane Shear Test	3-7
BAB 4	ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	4-1
4.1	Data Hasil Uji Tanah.....	4-1
4.2	Kadar Air Sampel Uji.....	4-3
4.3	<i>Undrained shear strength</i> Berdasarkan Metode Vallejo dan Scovazzo.....	4-4
4.4	Perbandingan <i>Undrained Shear Strength</i> menggunakan 3 Metode	4-6
4.5	Diskusi dan Pembahasan	4-7
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	5-1
5.1	Kesimpulan.....	5-1
5.2	Saran	5-1
	DAFTAR PUSTAKA	xii
	LAMPIRAN 1 HASIL UJI KADAR AIR, UJI BERAT JENIS, UJI SARINGAN, UJI HIDROMETER, DAN UJI FALLCONE PENETROMETER SAMPEL KAOLIN DAN BENTONITE	L1-1

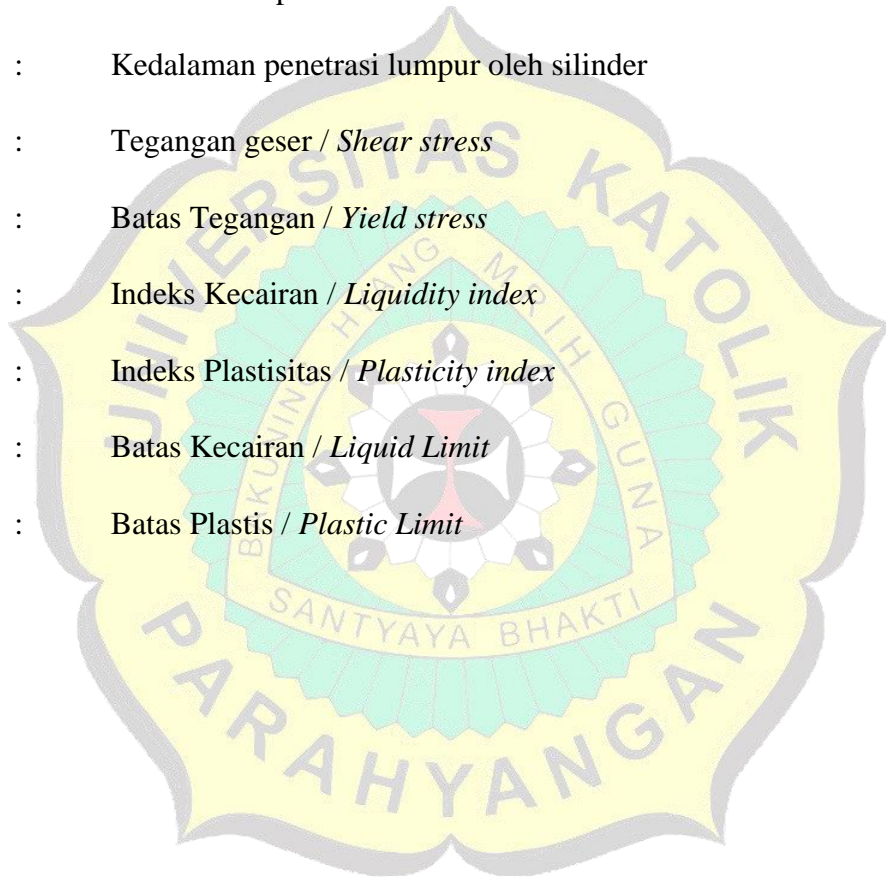
LAMPIRAN 2 HASIL UJI FALL CONE, VANE SHEAR, DAN CYLINDER STRENGTH METER PADA SAMPEL KAOLINL2-1

LAMPIRAN 3 HASIL UJI FALL CONE, VANE SHEAR, DAN CYLINDER STRENGTH METER PADA SAMPEL BENTONITEL3-1



DAFTAR NOTASI

c_u	:	Kuat geser tak terdrainase / <i>undrained shear strength</i>
γ_c	:	Berat isi silinder
R	:	Radius silinder
L	:	Panjang silinder
γ_f	:	Berat isi lumpur
h	:	Kedalaman penetrasi lumpur oleh silinder
τ	:	Tegangan geser / <i>Shear stress</i>
τ_y	:	Batas Tegangan / <i>Yield stress</i>
LI	:	Indeks Kecairan / <i>Liquidity index</i>
IP	:	Indeks Plastisitas / <i>Plasticity index</i>
LL	:	Batas Kecairan / <i>Liquid Limit</i>
PL	:	Batas Plastis / <i>Plastic Limit</i>



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian	1-4
Gambar 2.1 Fase bentuk tanah lempung (Rao, 2011)	2-2
Gambar 2.2 Atterberg Limits (Das, 2011).....	2-2
Gambar 2.3 Struktur atom dari kaolinite (Grim, 1959).....	2-3
Gambar 2.4 Struktur Kaolin (Blackwell, 2015)	2-3
Gambar 2.5 Struktur atom dari montomorillonite (Grim, 1959).....	2-4
Gambar 2.6 Struktur Bentonite (Das, 1993).....	2-4
Gambar 2.7 Tipe pergerakan tanah (Cruden and Varnes, 1996).....	2-5
Gambar 2.8 Tahapan pergerakan mudflow (Widjaja, 2013).....	2-6
Gambar 2.9 Batas konsistensi tanah (Das, 1993)	2-7
Gambar 2.10 Parameter uji cylinder strength meter (Vallejo dan Scovazzo, 2003)	2-10
Gambar 2.11 Bidang keruntuhan silinder dengan permukaan halus (Vallejo dan Scovazzo, 2003).....	2-10
Gambar 3.1 Sampel Kaolin	3-1
Gambar 3.2 Sampel Bentonite.....	3-2
Gambar 3.3 Uji Kadar Air Alami Tanah	3-2
Gambar 3.4 Uji Berat Jenis (a) kaolin (b) bentonite.....	3-3
Gambar 3.5 Uji batas-batas Atterberg	3-4
Gambar 3.6 Uji saringan pada sampel kaolin (a) bentonite (b).....	3-4
Gambar 3.7 Tanah yang lolos ke satu set ayakan (a) dan ditimbang (b).....	3-5
Gambar 3.8 Tanah diambil ± 50 gram (a) dan dimixer (b)	3-5
Gambar 3.9 Uji Hidrometer (a) Hidrometer tipe ASTM -152H (b).....	3-6
Gambar 3.10 Wadah uji (a) Silinder (b).....	3-6
Gambar 3.11 Pencampuran sampel dengan mixer dan proses pengujian.....	3-7
Gambar 3.12 Alat Vane Shear Test.....	3-8
Gambar 4.1 Casagrande plasticity chart	4-2
Gambar 4.2 Kurva distribusi sampel kaolin	4-2
Gambar 4.3 Kurva distribusi sampel bentonite	4-3
Gambar 4.4 Perbandingan nilai kuat geser tak terdrainase tanah kaolin dan bentonite.....	4-4
Gambar 4.5 Penetrasi pada tanah kaolin (1.6 LL).....	4-5
Gambar 4.6 Penetrasi pada tanah bentonite (1.6 LL).....	4-5
Gambar 4.7 Perbandingan nilai undrained shear strength ke-3 metode pada tanah kaolin dan LI	4-6
Gambar 4.8 Perbandingan nilai undrained shear strength ke-3 metode pada tanah bentonite dan LI	4-7

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Aktivitas mineral lempung	2-1
Tabel 2.2 Ukuran Saringan.....	2-8
Tabel 4.1 Hasil Uji Indeks Properties.....	4-1
Tabel 4.2 Kadar air teoritis dan kadar air aktual tanah kaolin.....	4-3
Tabel 4.3 Kadar air teoritis dan kadar air aktual tanah bentonite.....	4-4



DAFTAR LAMPIRAN

Tabel L1-1 Hasil Uji Kadar Air Alami Sampel Kaolin	L1-1
Tabel L1-2 Hasil Uji Kadar Air Alami Sampel Bentonite.....	L1-1
Tabel L1-3 Kalibrasi Erlenmeyer Sampel Kaolin.....	L1-1
Tabel L1-4 Hasil Uji Berat Jenis Sampel Kaolin.....	L1-2
Tabel L1-5 Kalibrasi Erlenmeyer Sampel Bentonite	L1-2
Tabel L1-6 Hasil Uji Berat Jenis Sampel Bentonite	L1-2
Tabel L1-7 Hasil Uji Saringan Basah Sampel Kaolin	L1-3
Tabel L1-8 Hasil Uji Hidrometer Sampel Kaolin	L1-3
Tabel L1-9 Hasil Uji Saringan Basah Sampel Bentonite.....	L1-4
Tabel L1-10 Hasil Uji Hidrometer Sampel Bentonite	L1-4
Tabel L1-11 Hasil Uji Fall Cone Penetrometer Sampel Kaolin.....	L1-5
Tabel L1-12 Hasil Uji Fall Cone Penetrometer Sampel Bentonite.....	L1-5
Tabel L2-1 Hasil Uji Fall Cone.....	L2-1
Tabel L2-2 Hasil Uji Vane Shear.....	L2-1
Tabel L2-3 Hasil Uji Cylinder Strength Meter Bagian Depan Silinder.....	L2-1
Tabel L2-4 Hasil Uji Cylinder Strength Meter Bagian Belakang Silinder	L2-2
Tabel L2-5 Hasil Uji Cylinder Strength Meter Rata – Rata.....	L2-2
Tabel L3-1 Hasil Uji Fall Cone.....	L3-1
Tabel L3-2 Hasil Uji Vane Shear.....	L3-1
Tabel L3-3 Hasil Uji Cylinder Strength Meter Bagian Depan Silinder.....	L3-1
Tabel L3-4 Hasil Uji Cylinder Strength Meter Bagian Belakang Silinder	L3-1
Tabel L3-5 Hasil Uji Cylinder Strength Meter Rata – Rata.....	L3-1

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Badan Nasional Penanggulangan Bencana Indonesia (BNPB) mencatat selama 5 tahun terakhir tanah longsor merupakan salah satu bencana alam paling sering terjadi di Indonesia. Berdasarkan UU No. 24 Tahun 2007 mengklasifikasikan tanah longsor sebagai salah satu bencana yang berisiko tinggi.

Terdapat beberapa jenis klasifikasi tanah menurut Varnes (1978) dibagi menjadi dua yaitu tipe material dan tipe gerakan. Berdasarkan tipe material salah satunya adalah lumpur (*mud*) dan berdasarkan tipe gerakan adalah aliran (*flow*). *Mudflow* adalah longsor dengan aliran cepat di mana kondisi kadar air sama atau lebih besar dari batas cair (*liquid limit*). Kecepatan aliran *mudflow* diklasifikasikan sangat cepat dengan kecepatan melebihi 5 cm/s (Hungar, et al., 2001).

Untuk mempelajari pergerakan *mudflow* dapat dilakukan dengan pendekatan reologi. Reologi adalah ilmu yang mempelajari tentang bagaimana suatu aliran terjadi dan bergerak. Dua parameter yang mempengaruhi pergerakan *mudflow* adalah *undrained shear strength* (c_u), dan viskositas (η). Maka untuk mempelajari perilaku pergerakan *mudflow*, maka dilakukan uji laboratorium untuk memperoleh nilai *undrained shear strength* (c_u) pada tanah kaolin dan bentonite menggunakan *cylinder strength meter test*, *fall cone penetration test* dan *vane shear test* dengan variasi kadar air (w).

1.2 Inti Permasalahan

Inti permasalahan yang dibahas pada penelitian ini adalah menentukan nilai *undrained shear strength* (c_u) dengan uji *fall cone penetration*, *vane shear*, dan *cylinder strength meter*.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan inti permasalahan yang telah dirumuskan, tujuan penelitian adalah sebagai berikut :

1. Memperoleh nilai *undrained shear strength* (c_u) dari uji *fall cone* dan *vane shear*, dan *cylinder strength meter* oleh Vallejo & Scovazzo (2003).
2. Mengetahui pengaruh kadar air (w) terhadap nilai *undrained shear strength* (c_u).

1.4 Lingkup Penelitian

Lingkup pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sampel tanah yang digunakan berupa kaolin, dan bentonite pada kondisi tanah butir halus lunak.
2. Metode pengujian untuk menentukan nilai *undrained shear strength* (c_u) dengan uji *fall cone penetration*, *vane shear*, dan *cylinder strength meter*.
3. *Cylinder strength meter test* menggunakan akrilik berbentuk silinder dengan ukuran diameter 3.5 cm, panjang 7 cm, dan wadah dengan ukuran panjang 30 cm, lebar 30 cm dan tinggi 20 cm.
4. *Fall cone* yang digunakan tipe UK dengan berat konus 80 g dan sudut konus 30°.
5. Kondisi material diasumsikan dalam kondisi homogen isotropik.

1.5 Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian adalah sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan membaca buku, paper, jurnal, dan skripsi untuk membantu dalam memahami konsep-konsep dasar yang berkaitan.

2. Metode eksperimental

Metode eksperimental dengan melakukan pengujian di laboratorium Geoteknik Universitas Katolik Parahyangan. Pada penelitian ini, penulis melakukan eksperimen dengan tujuan mengetahui pengaruh kadar air (w) terhadap nilai *undrained shear strength* (c_u) pada tanah kaolin dan

bentonite, serta menentukan nilai *undrained shear strength* (c_u) dengan uji *cylinder strength meter*, *fall cone* dan *vane shear*.

3. Pengolahan dan analisis data

Penulis melakukan pengolahan data yang telah didapatkan dari laboratorium kemudian dianalisis untuk memenuhi tujuan dari penelitian.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB 1 : PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang masalah, inti permasalahan, tujuan penelitian, lingkup penelitian, metode penelitian, sistematika penulisan, dan diagram alir.

BAB 2 : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi teori yang berhubungan dengan tanah lempung, kaolin, bentonite, *mudflow*, *undrained shear strength* (c_u), serta teori-teori lain yang digunakan selama penelitian.

BAB 3 : METODE PENELITIAN

Bab ini berisi mengenai persiapan dan prosedur pengujian pada sampel kaolin dan bentonite.

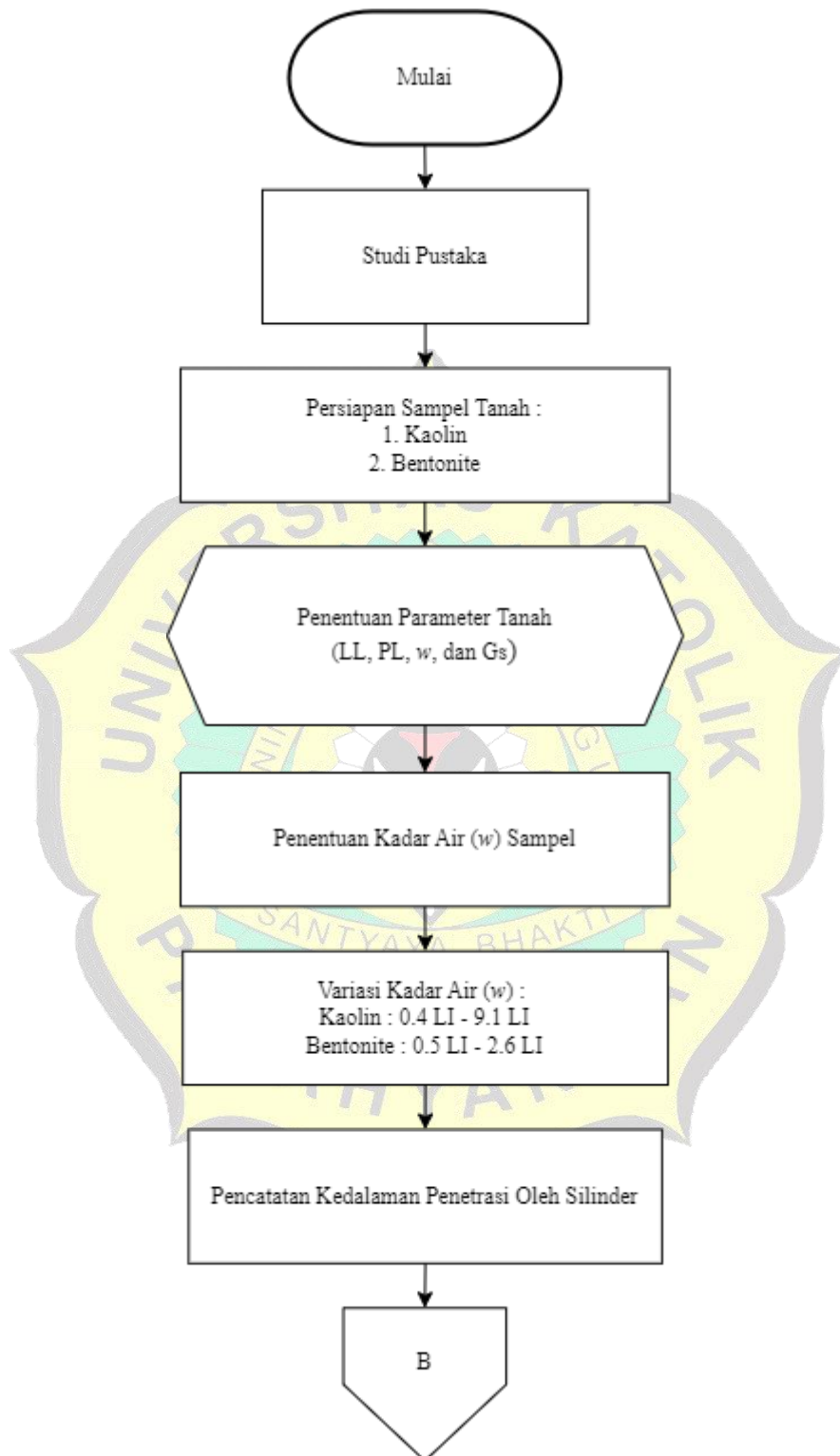
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi data yang diperoleh dari hasil pengujian laboratorium serta analisis hasil uji penentuan nilai *undrained shear strength* (c_u) menggunakan *cylinder strength meter test*.

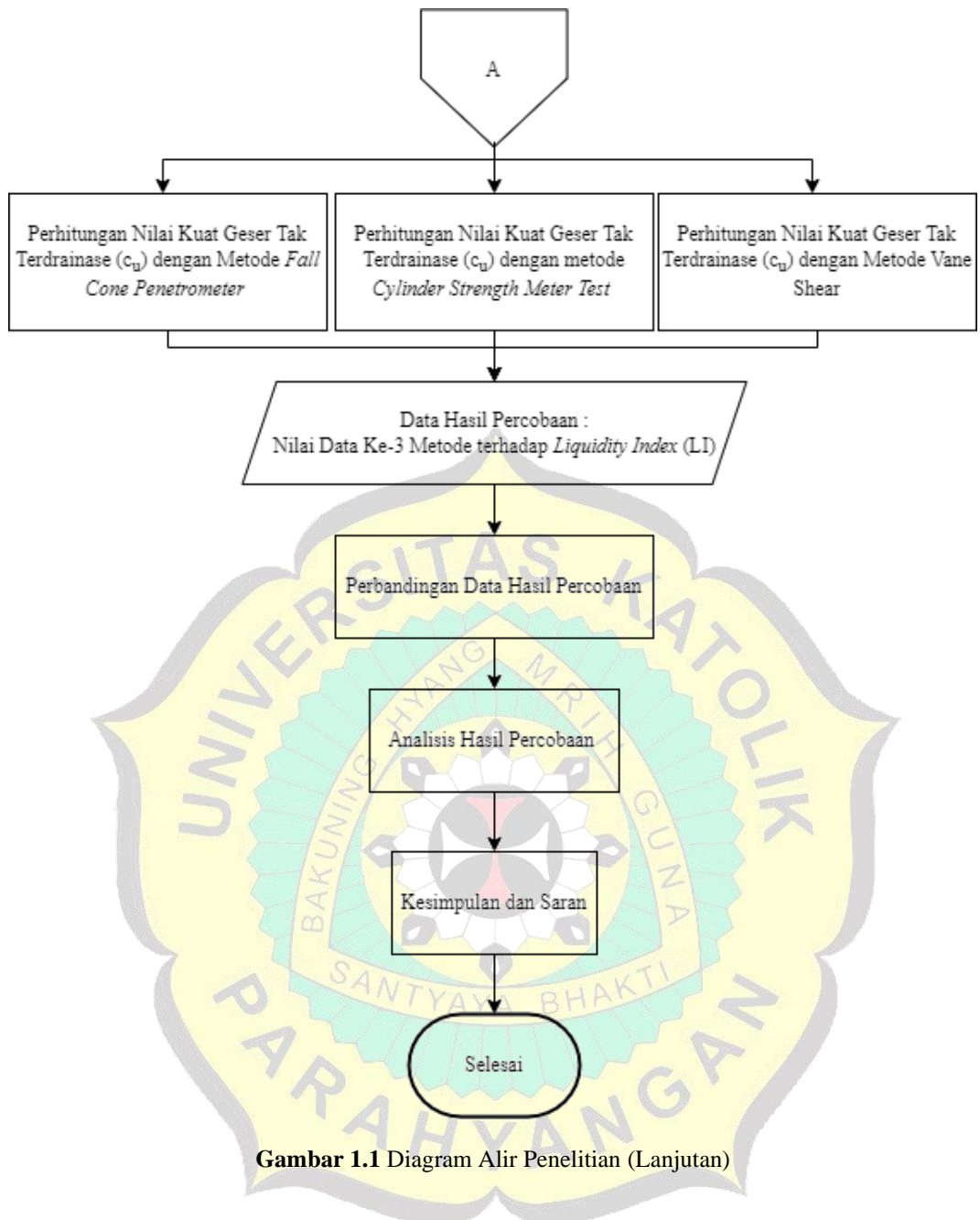
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dan saran yang diperoleh dari hasil uji laboratorium terkait hal-hal yang perlu dilakukan untuk menunjang penelitian selanjutnya.

1.7 Diagram Alir



Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian (Lanjutan)