

**SKRIPSI**

**STUDI EKSPERIMENTAL KORELASI  
ANTARA *FREE SWELL TEST* DAN *LIQUID  
LIMIT* UNTUK VARIASI SAMPEL  
*BENTONITE* DAN PASIR**



**KIRANA ASRI MAHESWARI  
NPM : 6102001002**

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

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2024)  
BANDUNG  
JULI 2024**

**UNDERGRADUATE THESIS**

**EXPERIMENTAL STUDY OF THE CORRELATION  
BETWEEN FREE SWELL TEST AND LIQUID  
LIMIT FOR VARIATIONS OF BENTONITE  
AND SAND SAMPLES**



**KIRANA ASRI MAHESWARI  
NPM : 6102001002**

**ADVISOR: Ir. Budijanto Widjaja, Ph.D.**

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY  
FACULTY OF ENGINEERING  
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
(Accredited by SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2024)  
BANDUNG  
JULY 2024**

**SKRIPSI**

**STUDI EKSPERIMENTAL KORELASI  
ANTARA *FREE SWELL TEST* DAN *LIQUID  
LIMIT* UNTUK VARIASI SAMPEL  
*BENTONITE* DAN PASIR**



**KIRANA ASRI MAHESWARI  
NPM : 6102001002**

**BANDUNG, 24 JULI 2024**

**PEMBIMBING:**



**Ir. Budijanto Widjaja, Ph.D.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2024)  
BANDUNG  
JULI 2024**

# SKRIPSI

## STUDI EKSPERIMENTAL KORELASI ANTARA *FREE SWELL TEST* DAN *LIQUID LIMIT* UNTUK VARIASI SAMPEL *BENTONITE* DAN PASIR


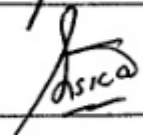
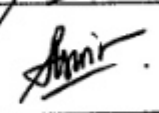


**KIRANA ASRI MAHESWARI**  
NPM : 6102001002

PEMBIMBING: Ir. Budijanto Widjaja, Ph.D.

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 LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2024)  
**BANDUNG**  
**JULI 2024**

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : KIRANA ASRI MAHESWARI  
Tempat, tanggal lahir : Bandung, 29 Juni 2002  
NPM : 6102001002  
Judul skripsi : **STUDI EKPERIMENTAL KORELASI  
ANTARA *FREE SWELL TEST* DAN *LIQUID  
LIMIT* UNTUK VARIASI SAMPEL  
*BENTONITE* DAN PASIR**

Dengan ini Saya menyatakan bahwa karya tulis ini adalah benar hasil karya tulis saya sendiri dan bebas plagiat. Adapun kutipan yang tertuang sebagian atau seluruh bagian pada karya tulis ini yang merupakan karya orang lain (buku, makalah, karya tulis, materi perkuliahan, internet, dan sumber lain) telah selayaknya saya kutip, sadur, atau tafsir dan dengan jelas telah melampirkan sumbernya. Bahwa tindakan melanggar hak cipta dan yang disebut plagiat merupakan pelanggaran akademik yang sanksinya dapat berupa peniadaan pengakuan atas karya ilmiah ini dan kehilangan hak keserjanaan.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

(Kutipan pasal 25 ayat 2 UU no. 20 tahun 2003)

Bandung, 24 Juli 2024

A 10,000 Rupiah Indonesian postage stamp with a signature over it. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text '10000', 'POS', 'NETERAL', 'EMBEL', and '70097AL 217229430'. The signature is written in black ink over the stamp.

Kirana Asri Maheswari

# STUDI EKSPERIMENTAL KORELASI ANTARA *FREE SWELL TEST* DAN *LIQUID LIMIT* UNTUK VARIASI SAMPEL *BENTONITE* DAN PASIR

Kirana Asri Maheswari  
NPM: 6102001002

Pembimbing: Ir. Budijanto Widjaja, Ph.D.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2024)  
BANDUNG  
JULI 2024

## ABSTRAK

*Bentonite* merupakan tanah lempung ekspansif yang memiliki sifat mudah mengembang ketika kontak dengan air akibat kandungan mineral *montmorillonit* yang terkandung di dalamnya. Pengembangan berlebihan dapat menyebabkan timbulnya masalah drainase pada konstruksi, peningkatan tekanan tanah melebihi batas desain, kelembapan, kesulitan pemadatan tanah, dan deformasi struktur. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi hubungan *free swell test* dan *liquid limit*, mengetahui variasi dari potensi dan tekanan pengembangan, serta perilaku tanah campuran *bentonite* dan pasir. Penelitian ini dilakukan menggunakan sampel *bentonite* yang dicampur dengan variasi pasir 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% dengan kadar air 0,5 LI dan 0,8 LI. Sampel tersebut diuji nilai *liquid limit*nya sesuai dengan *British Standard* yang menggunakan metode *fallcone penetration test*. Setelah itu, sampel akan diuji *free swell test* untuk mengukur potensi dan tekanan pengembangan menggunakan *oedometer* sesuai dengan standar ASTM D4546-03. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai *liquid limit* berkorelasi positif dengan nilai potensi dan tekanan pengembangannya. Semakin banyak kandungan *bentonite* dalam campuran tersebut, nilai *liquid limit* dan *free swell*nya semakin tinggi. Sebaliknya, semakin banyak campuran pasir pada campuran tersebut, maka nilainya akan menurun. Penelitian ini memberikan hasil berupa *database* mengenai perilaku pengembangan tanah *bentonite* yang dicampur dengan pasir untuk dapat digunakan sehingga dampak negatif pada konstruksi dapat teratasi.

**Kata Kunci:** *Free Swell Test*, *Liquid Limit*, *Bentonite*, Pasir, Pengembangan Tanah

# EXPERIMENTAL STUDY OF THE CORRELATION BETWEEN FREE SWELL TEST AND LIQUID LIMIT FOR VARIATIONS OF BENTONITE AND SAND SAMPLES

**Kirana Asri Maheswari**  
**NPM: 6102001002**

**Advisor: Ir. Budijanto Widjaja, Ph.D.**

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

(Accredited by SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2024)

**BANDUNG**  
**JULY 2024**

## **ABSTRACT**

Bentonite is an expansive clay soil that has a tendency to swell when in contact with water due to the montmorillonite mineral content present within it. Excessive swelling can lead to drainage problems in construction, soil pressure exceeding design limits, moisture issues, difficulties in soil compaction, and structural deformation. This research aims to identify the relationship between the free swell test and liquid limit, determine the variations in swelling potential and swelling pressure, as well as the soil behavior of bentonite and sand mixtures. The study was conducted using bentonite samples mixed with sand variations of 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, and 50% at moisture contents of 0.5 LI and 0.8 LI. The liquid limit of the samples was tested in accordance with the British Standard using the fallcone penetration test method. Subsequently, the free swell test was conducted to measure the swelling potential and swelling pressure using an oedometer following the ASTM D4546-03 standard. The results indicated that the liquid limit value positively correlates with the swelling potential and swelling pressure values. The higher the bentonite content in the mixture, the higher the liquid limit and free swell values. Conversely, the higher the sand content in the mixture, the lower the values. This research provides a database on the swelling behavior of bentonite soil mixed with sand, which can be utilized to mitigate the negative impacts on construction.

**Keywords:** Free Swell Test, Liquid Limit, Bentonite, Sand, Soil Swelling

## PRAKATA

Puja dan puji syukur kepada Allah SWT karena atas berkat, rahmat, dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul **“Studi Eksperimental Korelasi antara *Free Swell Test* dan *Liquid Limit* untuk Variasi Sampel *Bentonite* dan Pasir”** sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Sarjana (S1) Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan Bandung.

Penulis menyadari bahwa skripsi dapat tersusun dengan penuh perjuangan dan pengorbanan yang tidak semudah itu untuk dilalui. Sehingga, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang tak terhingga kepada semua pihak yang membantu kelancaran penulisan skripsi ini baik berupa dukungan moral dan morel, bantuan materiil, bimbingan, nasehat, dan juga doa-doa baiknya.

Maka, pada kesempatan ini, izinkan penulis untuk menyampaikan ucapan terima kasih setulus-tulusnya dan penghargaan setinggi-tingginya kepada:

1. Ibu Ruri, Uti Rini, Akung Djon, dan Bapak Arif yang telah menjadi 4 (empat) pilar utama sebagai alasan penulis untuk tetap bertahan hidup, dengan mengubah banyak retak, riuh, dan pilu menjadi kehidupan yang sempurna bagi penulis untuk tetap terus berproses menjadi lebih baik di setiap waktunya.
2. Bapak Budijanto Widjaja, Ph.D., selaku dosen pembimbing yang telah menjadi sosok pedoman hebat bagi penulis dengan selalu memberikan pengalaman, masukan, dukungan, perhatian, dan banyak hal baik sehingga dapat mendukung penulis dalam proses penulisan skripsi ini.
3. Ibu Siska Rustiani, Ir., M. T. dan Bapak Aswin Lim, P. hD. selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan selama sidang skripsi agar menjadi lebih baik.
4. Bapak Andra, Bapak Yudi, Bapak Adang, Bang Jemmy, dan Bang Okta selaku asisten Laboratorium Geoteknik yang selalu dengan sabar dan terperinci mengajarkan juga membantu penulis dalam pengujian untuk bahan skripsi di laboratorium Geoteknik.
5. Bapak dan Ibu dosen KBI Geoteknik serta seluruh staf Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan ilmu dan pelajaran berharga yang berguna bagi kehidupan penulis sekarang.



6. Almarhumah Uti Wiwi, Uti Kiki, Uti Ani, Uti Unun, Akung Yus, Mbak Sendja, Tante Ervi, Om Adhi, dan seluruh keluarga besar yang selalu tulus dalam menjaga, mengurus, membantu, menenangkan, dan memberi saran baik untuk penulis selama ini.
7. Om Wiki, yang telah mengisi kekosongan sebagai sosok kakak, sahabat, juga ayah bagi penulis. Beliau selalu berhasil membuat penulis merasakan bagaimana rasanya dilindungi, dinasehati, dan didukung sepenuhnya oleh sosok laki-laki yang selama ini hilang.
8. Sahabat-sahabat SMA Santa Angela, Lael, Hansel, Surya, Reyhan, Ernest, Fabian, dan Sean yang selalu memberikan dukungan mental dan afirmasi positif.
9. Sahabat-sahabat Teknik Sipil UNPAR angkatan 2020 (Kaktus), Vasco, Fahren, Fathia, Kika, Danur, Yudha, Anya, Raysha, Gabriella, Bryant, Musa, Debbie, Matthew, Jovian, Tiara, Izzan, Alditio, Devin, Rivan, Evely, Daniel, Metta, Raymond, Aven, Amanda, Jehan, Cia, Angel, Demirel, Ber, Arya, dan masih banyak lagi yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang selalu ada untuk menemani dan mendukung penulis selama berjuang di dunia perkuliahan ini.
10. Sahabat-sahabat dari *Unpar Radio Station* (URS) khususnya divisi *Announcer* dan Himpunan Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil (HMPSTS) khususnya Departemen Kesejahteraan Mahasiswa dan Biro Pengawasan Pengembangan yang telah mengajarkan penulis dalam berorganisasi dengan baik dan benar.
11. Om Arab, yang telah sedia membantu penulis ketika ada kendala dari semester tujuh hingga sekarang.
12. *Dear Kirana Asri Maheswari, i wanna thank you for believing in yourself, for doing all these hard work, for having no days off, for never quitting, for always being a giver and trying to give more than you receive, for trying to do more right than wrong, and i wanna thank you for just being you all the time, love <3.*

Bandung, 24 Juli 2024



Kirana Asri Maheswari

6102001002

# DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN .....	i
ABSTRAK .....	ii
<i>ABSTRACT</i> .....	iii
PRAKATA .....	v
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Inti Permasalahan .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Lingkup Penelitian .....	3
1.5 Metoda Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
1.7 Diagram Alir Studi .....	5
BAB 2 DASAR TEORI .....	6
2.1 Bentonite .....	6
2.2 Pasir .....	7
2.3 Free Swell Test .....	8
2.4 Liquid Limit .....	12
2.5 <i>Plastic Limit</i> .....	14
2.6 Liquidity Index .....	15

2.7 <i>Index Properties</i> .....	16
2.8 Uji <i>Atterberg Limit</i> .....	17
2.9 Uji Saringan dan Hidrometer .....	19
2.10 <i>Fallcone Penetration Test</i> .....	20
2.11 Uji Berat Isi dan Kadar Air Tanah .....	21
2.12 Uji Berat Jenis Tanah .....	22
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	24
3.1 Rencana Penelitian .....	24
3.2 Bahan Uji .....	24
3.3 Alat Uji.....	25
3.4 Variabel Penelitian .....	25
3.4.1 Variabel Bebas .....	25
3.4.2 Variabel Terikat .....	25
3.5 Prosedur Penelitian.....	25
3.5.1 Persiapan Sampel .....	25
3.5.2 Pelaksanaan Pengujian.....	26
3.6 Alur Penelitian .....	27
<b>BAB 4 DATA DAN ANALISIS</b> .....	31
4.1 Hasil <i>Atterberg Test</i> .....	31
4.2 Hasil <i>Fallcone Penetration Test</i> .....	32
4.3 Hasil Uji Analisa Saringan Butir .....	35
4.4 Hasil Uji Berat Isi Tanah.....	36
4.5 Hasil Uji Kadar Air Tanah .....	37
4.5.1 Kadar Air Sampel 0,5 LI.....	37
4.5.2 Kadar Air Sampel 0,8 LI.....	39
4.6 Hasil Uji Berat Jenis Tanah.....	41

4.7 Hasil <i>Free Swell Test</i> 0,5 LI.....	41
4.7.1 <i>Swelling Pressure</i> .....	42
4.7.2 <i>Swelling Potential</i> .....	43
4.8 Hasil <i>Free Swell Test</i> 0,8 LI.....	45
4.8.1 <i>Swelling Pressure</i> .....	46
4.8.2 <i>Swelling Potential</i> .....	47
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....	49
5.1 Kesimpulan .....	49
5.2 Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA .....	51
LAMPIRAN 1 UJI <i>ATTERBERG</i> .....	56
LAMPIRAN 2 UJI SARINGAN DAN HIDROMETER .....	60
LAMPIRAN 3 <i>FALLCONE PENETRATION TEST</i> .....	63
LAMPIRAN 4 UJI KADAR AIR TANAH.....	67
LAMPIRAN 5 UJI BERAT JENIS TANAH.....	68
LAMPIRAN 6 <i>FREE SWELL TEST</i> .....	70

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

$A$	:	Luas Permukaan Ring Uji ( $\text{cm}^2$ )
ASTM	:	<i>American Society of Testing Materials</i>
BS	:	<i>British Standard</i>
$e$	:	Rasio Pori
$e_0$	:	Angka Pori Nol
$h_0$	:	Tinggi Sampel Tanah Mula-Mula (mm)
$H_s$	:	Tinggi Butiran Padat
$H_v$	:	Tinggi Awal Ruang Pori
LI	:	<i>Liquidity Index</i> (%)
LL	:	Batas Cair (%)
P	:	Beban (g)
PL	:	Batas Plastis (%)
$S_w$	:	Potensi Pengembangan Sampel Tanah (%)
$w$	:	Kadar Air Tanah (%)
$\Delta h$	:	Tinggi Pengembangan Sampel Tanah Secara Vertikal (mm)
$\sigma_{sp}$	:	<i>Swelling Pressure</i> (kPa)

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1. 1</b> Diagram Alir Studi .....	5
<b>Gambar 2. 1</b> Struktur Montmorillonit (Hardja, 2018).....	6
<b>Gambar 2. 2</b> Contoh Hasil <i>Free Swell Test</i> (Nelson & Miller, 1992) .....	10
<b>Gambar 2. 3</b> Fall Cone Penetration Test untuk Liquid Limit (Engineering, 2019) .....	13
<b>Gambar 2. 4</b> Contoh Penentuan Batas Cair dan Batas Plastis menggunakan Uji Fall Cone Penetrometer .....	14
<b>Gambar 2. 5</b> Posisi Plastic Limit pada Skala Kadar Air (Haigh, et al., 2013) ....	15
<b>Gambar 2. 6</b> Contoh Penentuan Batas Cair menggunakan Casagrande Cup Test .....	18
<b>Gambar 2. 7</b> Penentuan Klasifikasi Tanah oleh Nilai LL, PL, dan PI .....	19
<b>Gambar 2. 9</b> Hasil Pembacaan dan Perhitungan Pengujian Hidrometer .....	20
<b>Gambar 2. 10</b> Hasil Distribusi Ukuran Butir Uji Hidrometer .....	20
<b>Gambar 2. 11</b> Penentuan Batas Cair dan Batas Plastis menggunakan Uji <i>Fallcone</i> Penetrometer .....	21
<b>Gambar 2. 12</b> Penentuan Berat Isi dan Kadar Air Tanah .....	22
<b>Gambar 2. 13</b> Penentuan Berat Jenis Tanah .....	23
<b>Gambar 3. 1</b> Alur Penelitian .....	29
<b>Gambar 4. 1</b> Hasil Uji Atterberg .....	31
<b>Gambar 4. 2</b> Klasifikasi Tanah (Atterberg) Berdasarkan Casagrande Plasticity Chart.....	32
<b>Gambar 4. 3</b> Hasil Uji Fallcone Penetration.....	33
<b>Gambar 4. 4</b> Klasifikasi Tanah (Fallcone) Berdasarkan Casagrande Plasticity Chart.....	34
<b>Gambar 4. 5</b> Sistem Klasifikasi Tanah USCS (ASTM D2487, 2006) .....	34
<b>Gambar 4. 6</b> Hasil Uji Saringan Tanah .....	35
<b>Gambar 4. 7</b> Kadar Air Campuran Bentonite dan Pasir 0,5 LI Awal.....	38

<b>Gambar 4. 8</b> Kadar Air Campuran Bentonite dan Pasir 0,5 LI Setelah Uji .....	39
<b>Gambar 4. 9</b> Kadar Air Campuran Bentonite dan Pasir 0,8 LI Awal.....	40
<b>Gambar 4. 10</b> Kadar Air Campuran Bentonite dan Pasir 0,8 LI Setelah Uji .....	40
<b>Gambar 4. 9</b> Hasil Uji Free Swell pada Kadar Air 0,5 LI .....	42
<b>Gambar 4. 10</b> Hubungan antara LL dan Swelling Pressure .....	43
<b>Gambar 4. 11</b> Hubungan LL dan Swelling Potential .....	45
<b>Gambar 4. 12</b> Hasil Uji Free Swell pada Kadar Air 0,8 LI .....	46
<b>Gambar 4. 13</b> Hubungan antara LL dan Swelling Pressure .....	47
<b>Gambar 4. 14</b> Hubungan LL dan Swelling Potential .....	48



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Perbedaan Sifat Fisik Na-Bentonite dan Ca-Bentonite (Kunrat, 1994; Tirani, 2006; Lambe & Whitman, 1969; Murthy, 2003; Germaine, et al., 2009; dan Das & Sobhan, 2014) .....	7
<b>Tabel 2. 2</b> Jenis Tanah dan Butirannya Menurut USCS (Das, 1995).....	7
<b>Tabel 2. 3</b> Jenis-Jenis Pasir dan Karakteristiknya (Asiacon, 2021) .....	8
<b>Tabel 2. 4</b> Hubungan Potensi Pengembangan Tanah dengan Tekanan Pengembangan Menurut Snethen (1977).....	11
<b>Tabel 2. 5</b> Rentang Nilai Free Swell untuk Beberapa Mineral Lempung (Budhu, 2010) .....	11
<b>Tabel 2. 6</b> Klasifikasi Tanah Ekspansif berdasarkan <i>Swelling Pressure</i> (Chen, 1988) .....	11
<b>Tabel 2. 7</b> Klasifikasi Derajat Ekspansif (Seed, et al., 1962).....	11
<b>Tabel 2. 8</b> Referensi Hasil Swelling Potential (Mishra, et al., 2008; Chalermyanont & Arrykul, 2005; Komine, 2004).....	12
<b>Tabel 2. 9</b> Referensi Hasil Swelling Pressure (Rao & Thyagaraj, 2007) .....	12
<b>Tabel 2. 10</b> Perhitungan Uji Batas Cair dan Plastis Fallcone Penetrometer Test.	13
<b>Tabel 2. 11</b> Referensi Hasil Uji Liquid Limit (Mishra, et al., 2011).....	14
<b>Tabel 2. 12</b> Sifat Tanah Berdasarkan Nilai Indeks Likuiditas (Sutriyono, 2013) ..	15
<b>Tabel 2. 13</b> Sistem Klasifikasi Tanah oleh USCS (SNI 6371, 2015).....	16
<b>Tabel 2. 14</b> Perhitungan Uji Batas Cair Uji Atterberg Limit .....	18
<b>Tabel 2. 15</b> Contoh Penentuan Batas Plastis menggunakan Rolling Method Test .....	18
<b>Tabel 2. 16</b> Perhitungan Fallcone Penetrometer Test.....	21
<b>Tabel 3. 1</b> Variasi Campuran Bentonite dan Pasir .....	24
<b>Tabel 4. 1</b> Kadar Air dan Klasifikasi Tanah Menggunakan Atterberg Method ...	32
<b>Tabel 4. 2</b> Kadar Air dan Klasifikasi Tanah Menggunakan Fallcone Method.....	33
<b>Tabel 4. 3</b> Hasil Uji Saringan Tanah .....	35
<b>Tabel 4. 4</b> Aktivitas dan Klasifikasi Tanah .....	36



<b>Tabel 4. 5</b> Karakteristik Tanah berdasarkan Aktivitas Tanah (Skempton, 1953; Mitchell & Soga, 2005; Das, 2010) .....	36
<b>Tabel 4. 6</b> Hasil Berat Isi Variasi Sampel Bentonite dan Pasir .....	37
<b>Tabel 4. 7</b> Karakteristik Pengembangan Menurut Berat Isi (Komine & Ogata, 1996; Mishra, et al., 2011; Sridharan & Prakash, 2000).....	37
<b>Tabel 4. 8</b> Kadar Air Variasi Campuran Bentonite dan Pasir 0,5 LI Awal .....	38
<b>Tabel 4. 9</b> Kadar Air Variasi Campuran Bentonite dan Pasir 0,5 LI Setelah Uji. 38	
<b>Tabel 4. 10</b> Kadar Air Variasi Campuran Bentonite dan Pasir 0,8 LI Awal .....	39
<b>Tabel 4. 11</b> Kadar Air Variasi Campuran Bentonite dan Pasir 0,8 LI Setelah Uji	40
<b>Tabel 4. 10</b> Hasil Uji Berat Jenis Tanah.....	41
<b>Tabel 4. 11</b> Klasifikasi Berat Jenis Tanah (Hardiyatmo, 2012) .....	41
<b>Tabel 4. 12</b> Hasil Tekanan Pengembangan dibandingkan dengan Kadar Air.....	43
<b>Tabel 4. 13</b> Hasil Potensi Pengembangan dibandingkan dengan Kadar Air.....	44
<b>Tabel 4. 14</b> Hasil Tekanan Pengembangan dibandingkan dengan Kadar Air.....	47
<b>Tabel 4. 15</b> Hasil Potensi Pengembangan dibandingkan dengan Kadar Air.....	48



## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Gambar L2. 1</b> Uji Saringan Campuran Bentonite dan Pasir .....	60
<b>Gambar L3. 1</b> PL dan LL Fallcone Bentonite 100% Pasir 0% .....	65
<b>Gambar L3. 2</b> PL dan LL Fallcone Bentonite 90% Pasir 10% .....	65
<b>Gambar L3. 3</b> PL dan LL Fallcone Bentonite 80% Pasir 20% .....	65
<b>Gambar L3. 4</b> PL dan LL Fallcone Bentonite 70% Pasir 30% .....	66
<b>Gambar L3. 5</b> PL dan LL Fallcone Bentonite 60% Pasir 40% .....	66
<b>Gambar L3. 6</b> PL dan LL Fallcone Bentonite 50% Pasir 50% .....	66
<b>Gambar L4. 1</b> Hasil Uji Kadar Air Variasi Campuran Bentonite dan Pasir Awal .....	67
<b>Gambar L4. 2</b> Hasil Uji Kadar Air Variasi Campuran Bentonite dan Pasir Akhir .....	67
<b>Gambar L6. 1</b> Hasil Uji Free Swell Test 0,5 LI Bentonite 100% Pasir 0% .....	72
<b>Gambar L6. 2</b> Hasil Uji Free Swell Test 0,5 LI Bentonite 90% Pasir 10% .....	75
<b>Gambar L6. 3</b> Hasil Uji Free Swell Test 0,5 LI Bentonite 80% Pasir 20% .....	78
<b>Gambar L6. 4</b> Hasil Uji Free Swell Test 0,5 LI Bentonite 70% Pasir 30% .....	81
<b>Gambar L6. 5</b> Hasil Uji Free Swell Test 0,5 LI Bentonite 60% Pasir 40% .....	84
<b>Gambar L6. 6</b> Hasil Uji Free Swell Test 0,5 LI Bentonite 50% Pasir 50% .....	87
<b>Gambar L6. 7</b> Hasil Uji Free Swell Test 0,8 LI Bentonite 100% Pasir 0% .....	90
<b>Gambar L6. 8</b> Hasil Uji Free Swell Test 0,8 LI Bentonite 90% Pasir 10% .....	93
<b>Gambar L6. 9</b> Hasil Uji Free Swell Test 0,8 LI Bentonite 80% Pasir 20% .....	96
<b>Gambar L6. 10</b> Hasil Uji Free Swell Test 0,8 LI Bentonite 70% Pasir 30% .....	99
<b>Gambar L6. 11</b> Hasil Uji Free Swell Test 0,8 LI Bentonite 60% Pasir 40% .....	102
<b>Gambar L6. 12</b> Hasil Uji Free Swell Test 0,8 LI Bentonite 50% Pasir 50% .....	105
<b>Tabel L1. 1</b> Batas Cair Atterberg Bentonite 100% Pasir 0% .....	56
<b>Tabel L1. 2</b> Batas Cair Atterberg Bentonite 90% Pasir 10% .....	56

<b>Tabel L1. 3</b> Batas Cair Atterberg Bentonite 80% Pasir 20% .....	56
<b>Tabel L1. 4</b> Batas Cair Atterberg Bentonite 70% Pasir 30% .....	57
<b>Tabel L1. 5</b> Batas Cair Atterberg Bentonite 60% Pasir 40% .....	57
<b>Tabel L1. 6</b> Batas Cair Atterberg Bentonite 50% Pasir 50% .....	57
<b>Tabel L1. 7</b> Batas Plastis Atterberg Bentonite 100% Pasir 0% .....	58
<b>Tabel L1. 8</b> Batas Plastis Atterberg Bentonite 90% Pasir 10% .....	58
<b>Tabel L1. 9</b> Batas Plastis Atterberg Bentonite 80% Pasir 20% .....	58
<b>Tabel L1. 10</b> Batas Plastis Atterberg Bentonite 70% Pasir 30% .....	59
<b>Tabel L1. 11</b> Batas Plastis Atterberg Bentonite 60% Pasir 40% .....	59
<b>Tabel L1. 12</b> Batas Plastis Atterberg Bentonite 50% Pasir 50% .....	59
<b>Tabel L2. 1</b> Uji Saringan Campuran Bentonite dan Pasir .....	60
<b>Tabel L2. 2</b> Hidrometer Bentonite 100% Pasir 0% .....	61
<b>Tabel L2. 3</b> Hidrometer Bentonite 90% Pasir 10% .....	61
<b>Tabel L2. 4</b> Hidrometer Bentonite 80% Pasir 20% .....	61
<b>Tabel L2. 5</b> Hidrometer Bentonite 70% Pasir 30% .....	62
<b>Tabel L2. 6</b> Hidrometer Bentonite 60% Pasir 40% .....	62
<b>Tabel L2. 7</b> Hidrometer Bentonite 50% Pasir 50% .....	62
<b>Tabel L3. 1</b> Batas Cair dan Plastis Fallcone Bentonite 100% Pasir 0% .....	63
<b>Tabel L3. 2</b> Batas Cair dan Plastis Fallcone Bentonite 90% Pasir 10% .....	63
<b>Tabel L3. 3</b> Batas Cair dan Plastis Fallcone Bentonite 80% Pasir 20% .....	63
<b>Tabel L3. 4</b> Batas Cair dan Plastis Fallcone Bentonite 70% Pasir 30% .....	64
<b>Tabel L3. 5</b> Batas Cair dan Plastis Fallcone Bentonite 60% Pasir 40% .....	64
<b>Tabel L3. 6</b> Batas Cair dan Plastis Fallcone Bentonite 50% Pasir 50% .....	64
<b>Tabel L4. 1</b> Hasil Uji Kadar Air Variasi Campuran Bentonite dan Pasir Awal ..	67
<b>Tabel L4. 2</b> Hasil Uji Kadar Air Variasi Campuran Bentonite dan Pasir Akhir ..	67
<b>Tabel L5. 1</b> Berat Jenis Tanah Bentonite 100% Pasir 0% .....	68
<b>Tabel L5. 2</b> Berat Jenis Tanah Bentonite 90% Pasir 10% .....	68
<b>Tabel L5. 3</b> Berat Jenis Tanah Bentonite 80% Pasir 20% .....	68

<b>Tabel L5. 4</b> Berat Jenis Tanah Bentonite 70% Pasir 30% .....	69
<b>Tabel L5. 5</b> Berat Jenis Tanah Bentonite 60% Pasir 40% .....	69
<b>Tabel L5. 6</b> Berat Jenis Tanah Bentonite 50% Pasir 50% .....	69
<b>Tabel L6. 1</b> Perhitungan Free Swell Test 0,5 LI Bentonite 100% Pasir 0% .....	70
<b>Tabel L6. 2</b> Perhitungan Free Swell Test 0,5 LI Bentonite 90% Pasir 10% .....	73
<b>Tabel L6. 3</b> Perhitungan Free Swell Test 0,5 LI Bentonite 80% Pasir 20% .....	76
<b>Tabel L6. 4</b> Perhitungan Free Swell Test 0,5 LI Bentonite 70% Pasir 30% .....	79
<b>Tabel L6. 5</b> Perhitungan Free Swell Test 0,5 LI Bentonite 60% Pasir 40% .....	82
<b>Tabel L6. 6</b> Perhitungan Free Swell Test 0,5 LI Bentonite 50% Pasir 50% .....	85
<b>Tabel L6. 7</b> Perhitungan Free Swell Test 0,8 LI Bentonite 100% Pasir 0% .....	88
<b>Tabel L6. 8</b> Perhitungan Free Swell Test 0,8 LI Bentonite 90% Pasir 10% .....	91
<b>Tabel L6. 9</b> Perhitungan Free Swell Test 0,8 LI Bentonite 80% Pasir 20% .....	94
<b>Tabel L6. 10</b> Perhitungan Free Swell Test 0,8 LI Bentonite 70% Pasir 30% .....	97
<b>Tabel L6. 11</b> Perhitungan Free Swell Test 0,8 LI Bentonite 60% Pasir 40% ....	100
<b>Tabel L6. 12</b> Perhitungan Free Swell Test 0,8 LI Bentonite 50% Pasir 50% ....	103



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Tanah merupakan salah satu bahan utama yang sangat penting di dalam rekayasa sipil. Dalam aplikasinya, *bentonite* merupakan salah satu tanah yang harus diberikan perhatian khusus. Hal tersebut dikarenakan *bentonite* merupakan jenis tanah lempung ekspansif yang memiliki sifat mudah untuk mengembang saat bertemu dengan air. Kemampuan pengembangan yang dimiliki oleh *bentonite* ini dapat terjadi karena *bentonite* mengandung mineral utama bernama *montmorillonit* yang mampu menyerap lalu menahan air dalam jumlah banyak (Budhu, 2010). *Montmorillonit* memiliki struktur kristal berbentuk lapisan-lapisan tipis yang ruang antar lapisannya terhitung besar dan mengandung kation. Oleh karena itu, jika air masuk ke dalam lapisan-lapisannya maka ruang antar lapisan yang mengandung ion positif tersebut akan langsung menarik air dan menyebabkan *bentonite* mengembang (Nugraha & Hidayati, 2017)

Dari sifat tersebut, tidak dapat dipungkiri bahwa *bentonite* dapat berada pada kondisi pembengkakan yang berlebihan. Apabila terlalu banyak air yang terikat di dalam tanah tersebut, volume *bentonite* akan berubah secara signifikan sehingga dapat mengurangi kepadatan dan kekuatan tanah. Beberapa dampak negatif dari pengembangan *bentonite* secara berlebihan dalam sebuah proyek konstruksi diantaranya adalah peningkatan tekanan tanah dapat melebihi batas desain yang telah ditentukan, menghambat kemampuan drainase yang menyebabkan munculnya genangan air atau masalah kelembapan yang merugikan struktur terkait, menyulitkan proses pemadatan tanah sehingga penempatan material konstruksi lainnya dapat terganggu, dan dapat menjadi penyebab deformasi struktur berupa pergeseran, keretakan, bahkan keruntuhan tanah akibat perubahan volume tanah yang tidak terkendali (Yahya, 2020).

Oleh karena itu, perlu adanya penelitian agar dapat mencegah hal tersebut terjadi. Penelitian yang dapat menjawab masalah tersebut adalah uji pengembangan bebas atau *free swell test* yang berhubungan juga dengan batas cair atau *liquid limit* dengan sampel variasi campuran dari tanah *bentonite* dan pasir. *Free swell test*

merupakan salah satu metoda dalam ASTM D4546-90 mengenai cara mengukur pengembangan bebas, presentase pengembangan, dan tekanan pengembangan menggunakan alat uji *oedometer* (ASTM D4546, 1990). Batas cair merupakan kondisi ketika kandungan air yang dimiliki oleh *bentonite* tersebut berubah kondisi kadar airnya dari plastis menjadi cair (Widjaja & Sundayo, 2016).

Kedua pengujian tersebut dapat digunakan untuk melihat konsistensi dan kelembutan tanah lempung, serta dapat memberikan hasil mengenai perilaku dan perubahan volume tanah lempung ketika bertemu dengan air. Pada penelitian ini, tanah *bentonite* akan diuji dengan beberapa variasi campuran dari pasir secara bertahap. Hal ini dilakukan untuk *database* dengan harapan ukuran pengembangan dari tanah *bentonite* tersebut dapat berkurang, karena pasir tidak memiliki sifat pengembangan yang tinggi, bertolak belakang dengan *bentonite*. Ketika kedua sampel tersebut disatukan, maka nilai *free swell test* dan *liquid limit* akan menurun seiring dengan kenaikan proporsi pasir yang dipakai, sehingga dapat meminimalisir pengembangan tanah yang berlebihan.

## **1.2 Inti Permasalahan**

Inti dari permasalahan penelitian ini adalah melakukan dan menghubungkan pengujian *free swell test* menggunakan *oedometer* dan *liquid limit* pada variasi sampel *bentonite* dan pasir dengan harapan dapat mengetahui potensi tekanan pengembangan dan perilaku tanahnya. Dalam proses penelitiannya, penulis menguji tanah *bentonite* yang dicampurkan dengan pasir secara bertahap dengan mengontrol kadar air yang terkandung di dalamnya.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditulis di atas, dapat disebutkan tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi hubungan antara nilai *free swell test* dan *liquid limit* untuk variasi sampel *bentonite* dan pasir.
2. Mengetahui variasi potensi dan tekanan pengembangan dari hasil uji *free swell test* campuran *bentonite* dan pasir.
3. Mengetahui perilaku tanah dari campuran sampel *bentonite* dan pasir dengan uji *free swell test* dan *liquid limit*.

#### 1.4 Lingkup Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat berjalan sesuai dengan tujuan yang telah dibuat, sehingga perlu ditentukan batasan-batasan yang akan menjadi ruang lingkup penelitian ini. Berikut merupakan lingkup dari penelitian ini:

1. Penelitian bersifat eksperimental murni di laboratorium, tidak ada kajian penerapan praktis di lapangan.
2. Sampel yang digunakan pada penelitian ini hanya terbatas pada *bentonite* dan pasir, tidak melibatkan jenis tanah lain.
3. Pasir yang akan dicampurkan dengan *bentonite* dibatasi pada beberapa presentase tertentu, dari 0% hingga 50% secara bertahap dengan kelipatan 10% di setiap kenaikannya.
4. Pengujian *free swell test* dan *liquid limit* dilakukan sesuai dengan standar pengujian yang ada, seperti ASTM dan *British Standard*.

#### 1.5 Metoda Penelitian

Metoda yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur  
Melakukan studi pustaka dengan mengumpulkan segala bentuk informasi dari jurnal, buku, makalah, kajian pustaka, tesis dan literatur terkait yang dibutuhkan selama proses penelitian.
2. Eksperimen  
Melakukan pengujian *free swell test* dan *liquid limit* di laboratorium secara eksperimen dengan variasi campuran sampel *bentonite* dan pasir.
3. Analisis Korelasi  
Menganalisis hubungan atau korelasi antara nilai *free swell test* dan *liquid limit* berdasarkan data yang diperoleh dari hasil pengujian.
4. Deskriptif  
Mendeskripsikan dan menjelaskan sifat, prosedur, dan pengaruh variasi sampel *bentonite* dan pasir yang didapatkan dari pengujian *free swell test* dan *liquid limit*.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada skripsi ini meliputi 5 bab, yaitu:

a) BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini mencakup latar belakang penelitian, inti permasalahan, tujuan penelitian, lingkup penelitian, metode penelitian, sistematika penelitian, dan diagram alir studi.

b) BAB 2 STUDI LITERATUR

Bab ini mencakup teori-teori dari tinjauan literatur yang dibutuhkan untuk mendukung seluruh rangkaian penelitian mencakup tanah *bentonite*, pasir, *free swell test*, *liquid limit*, dan uji konsolidasi.

c) BAB 3 METODOLOGI ANALISIS

Bab ini mencakup metode yang digunakan untuk menganalisis hasil dan korelasi antara *free swell test* dan *liquid limit* campuran tanah *bentonite* dan pasir dengan metode eksperimental.

d) BAB 4 DATA DAN ANALISIS

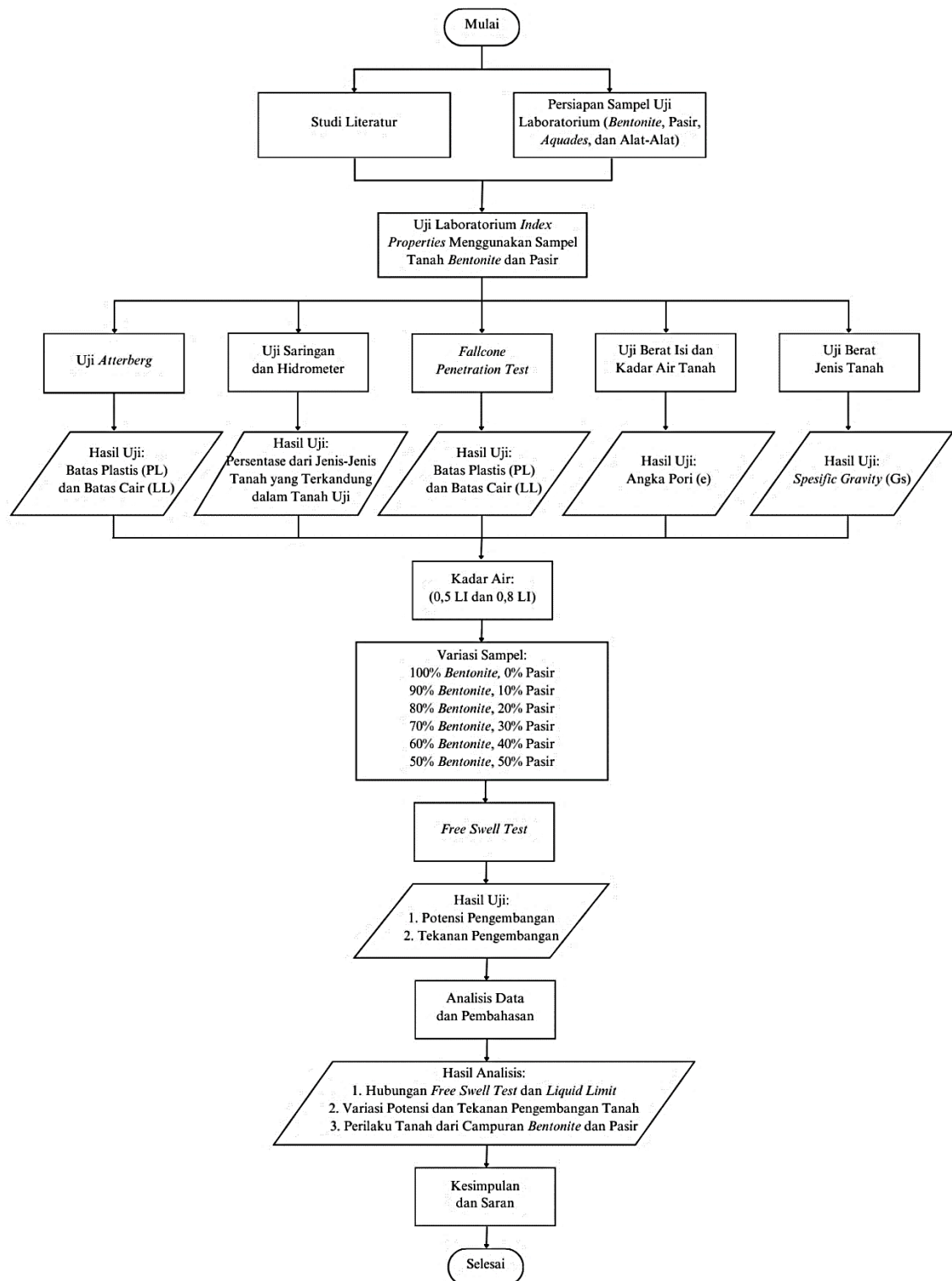
Bab ini mencakup hasil pengujian laboratorium dan melakukan analisis mengenai pengaruh juga hubungan antara *free swell test* dan *liquid limit* untuk sampel *bentonite* dan pasir yang bervariasi.

e) BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini mencakup kesimpulan, evaluasi, dan saran dari penelitian yang telah dilakukan.



## 1.7 Diagram Alir Studi



**Gambar 1. 1** Diagram Alir Studi