

**SKRIPSI**

**STUDI LITERATUR HUBUNGAN *SHRINKAGE LIMIT*  
(MERKURI) DENGAN *LINEAR SHRINKAGE***



**CALVIN CHRISWANDI  
NPM : 2016410111**

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

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)  
BANDUNG  
JULI 2020**



**SKRIPSI**

**STUDI LITERATUR HUBUNGAN *SHRINKAGE LIMIT*  
(MERKURI) DENGAN *LINEAR SHRINKAGE***



**CALVIN CHRISWANDI  
NPM : 2016410111**

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

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)  
BANDUNG  
JULI 2020**



**SKRIPSI**

**STUDI LITERATUR HUBUNGAN *SHRINKAGE LIMIT*  
(MERKURI) DENGAN *LINEAR SHRINKAGE***



**CALVIN CHRISWANDI  
NPM : 2016410111**

**BANDUNG, 17 JULI 2020  
PEMBIMBING:**

**Budijanto Widjaja, Ph.D.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)  
BANDUNG  
JULI 2020**



# PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini,

Nama lengkap : Calvin Chriswandi

NPM : 2016410111

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

STUDI LITERATUR HUBUNGAN *SHRINKAGE LIMIT* (MERKURI) DENGAN *LINEAR SHRINKAGE*

adalah karya ilmiah yang bebas plagiat. Seluruh data dan analisa data yang dilakukan adalah benar-benar dilakukan oleh diri sendiri. Jika di kemudian hari terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Dinyatakan: di Bandung

Tanggal: 17 Juli 2020



Calvin Chriswandi





# STUDI LITERATUR HUBUNGAN *SHRINKAGE LIMIT* (MERKURI) DENGAN *LINEAR SHRINKAGE*

Calvin Chriswandi  
NPM: 2016410111

Pembimbing: Budijanto Widjaja, Ph.D.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)

BANDUNG

JULI 2020

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan dari batas susut (merkuri) dan *linear shrinkage* dari sampel tanah lempung. Batas susut yang dimaksud diperoleh dengan metode menggunakan merkuri. *Linear shrinkage* diperoleh dengan alat cetakan *linear shrinkage*. Data dari penelitian ini diperoleh dengan pengujian laboratorium yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya dan beberapa data diperoleh dari kalkulasi dengan persamaan empirik. Persamaan yang digunakan adalah persamaan dari Whitlow untuk mendapatkan nilai *linear shrinkage* yang belum dan persamaan Budhu untuk mencari nilai *shrinkage limit* yang belum diketahui pada beberapa data. Penelitian ini juga bertujuan untuk membedakan kedua metode yang digunakan di atas dan untuk membedakan metode kalkulasi dengan data aktual yang didapat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *shrinkage limit* dengan merkuri nilainya tinggi, maka *linear shrinkage* mempunyai nilai yang rendah, dan sebaliknya. Data yang dikalkulasikan (karena data belum lengkap) memberikan nilai yang lebih tinggi kurang lebih 225 % dari data aktual apabila dilihat dari nilai *linear shrinkage* yang sama (11%) dan lebih tinggi kurang lebih 400 persen dari data aktual apabila dilihat dari nilai *shrinkage limit* yang sama (18%).

Kata Kunci: Batas Susut, *Linear Shrinkage*, Lempung



# **LITERATURE STUDY OF THE CORRELATION BETWEEN SHRINKAGE LIMIT (MERCURY) AND LINEAR SHRINKAGE**

**Calvin Chriswandi**  
**NPM: 2016410111**

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

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY**  
**FACULTY OF ENGINEERING DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING**  
**(Accredited by SK BAN-PT Number: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)**

**BANDUNG**  
**JUNE 2020**

## **ABSTRACT**

The aim of this study is to investigate the correlation between shrinkage limit and linear shrinkage on a clay sample. The shrinkage limit of the sample is obtained by mercury method. Linear shrinkage values are determined using the linear shrinkage brass mould tool. The data that used in this study is obtained by mainly some laboratory testing done in previous study and some data is obtained by calculation based on empiric formulas. The empiric formulas used in this study is Whitlow's formula to calculate the value of the unknown linear shrinkage and Budhu's formula to determine the value of the unknown shrinkage limit. This study is aimed to understands and differentiate the two methods mentioned above and to differentiate the calculated method and the actual data. The correlation graph results showed that if shrinkage limit with mercury method values is high, then the linear shrinkage value is low, and vice versa. The calculated method value is larger about 225 % from the actual data if based on the same value of linear shrinkage (11 %) and about 400 % larger than the actual data if based on the same value of shrinkage limit (18 %).

Keywords: Shrinkage Limit, Linear Shrinkage, Clay



## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul *STUDI LITERATUR HUBUNGAN SHRINKAGE LIMIT (MERKURI) DENGAN LINEAR SHRINKAGE*.

Sepanjang penulisan skripsi ini, terdapat berbagai hambatan yang dialami oleh penulis seperti hambatan karena masa pandemik dan juga berbagai hambatan emosional. Namun, penulis sangat bersyukur atas kehadiran dan bantuan dari orang-orang yang telah membantu penulis untuk mengatasi berbagai hambatan tersebut. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada orang-orang tersebut, yaitu:

1. Ayah Effendi Agus, dan Ibu Bong Nuan Yin yang sangat saya sayangi selaku keluarga kandung yang selalu mendukung dalam berbagai bentuk dan dalam berbagai situasi dan kondisi.
2. Bapak Budijanto Widjaja, Ph.D., selaku dosen pembimbing yang dengan sabar telah membimbing penulis dalam penulisan skripsi, dimulai dari bimbingan asistensi, diskusi, hingga penyempurnaan penulisan skripsi penulis.
3. Seluruh dosen dan staf pengajar KBI Geoteknik Universitas Katolik Parahyangan selaku dosen penguji atas segala kritik dan sarannya.
4. Bapak Andra dan Bapak Yudi selaku laboran dan petugas laboratorium Geoteknik atas bantuan saran dan petunjuk kepada penulis dalam menjalankan penelitian.
5. Junie Veronica Putri, yang selalu setia mendukung dan mendampingi penulis dalam segala hal dan dalam berbagai situasi dan kondisi baik suka maupun duka.
6. Alfred Siemarga, Jonathan Aditya, Laurentius Andhika, Nicholas Gabrille, Iola Novianti, Michael Tan, Felicia Ebelin, Toni Sulaksono, Hafiz Baladraf, Kristian Krishma, Kornelius, Kevin Kurniawan, Geraldo Axel, Danesya Ananda, Michael Tanuhardjo, dan lainnya, selaku teman-teman yang

membantu penulis dalam bentuk diskusi dan setia menyemangati selama penyusunan skripsi.

7. Seluruh teman-teman Teknik Sipil Angkatan 2016 yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

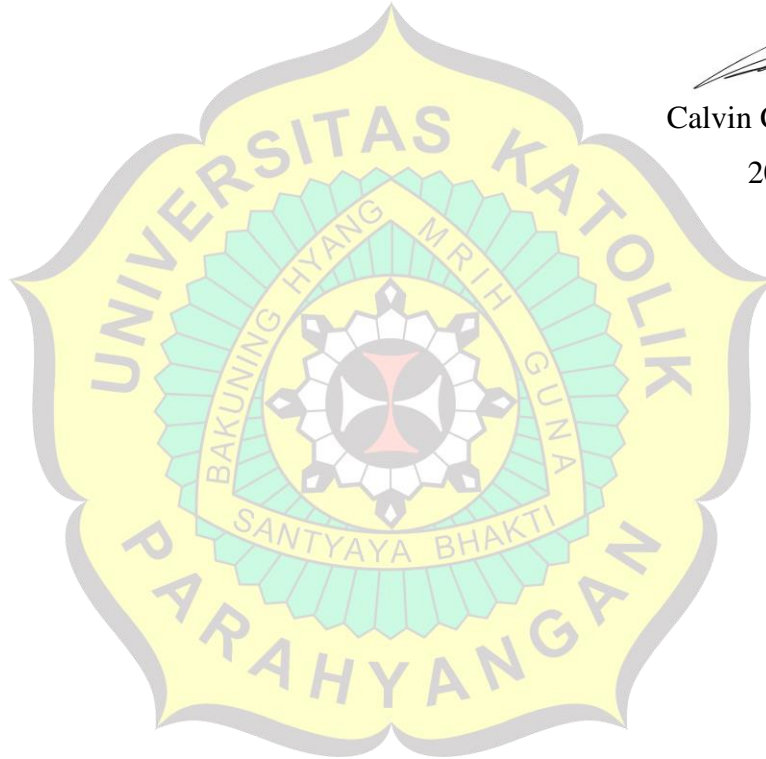
Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka terhadap segala kritik dan saran yang membangun agar penulisan skripsi ini dapat disempurnakan lagi. Terima Kasih.

Bandung, 17 Juli 2020



Calvin Chriswandi

2016410111



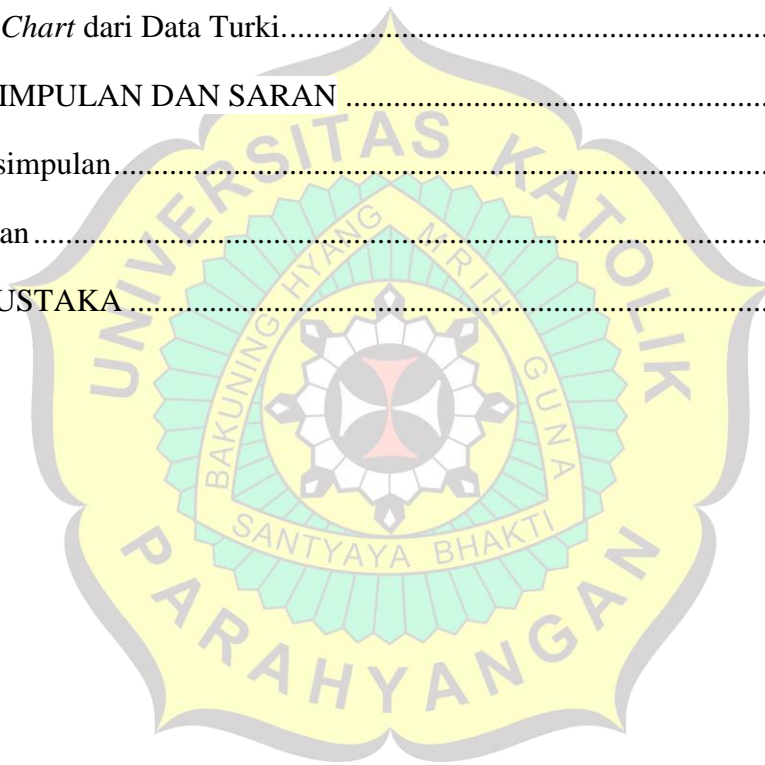
## DAFTAR ISI

|   |      |
|---|------|
| ABSTRAK .....   | i    |
| ABSTRACT .....  | iii  |
| PRAKATA .....   | v    |
| DAFTAR ISI .....  | vii  |
| DAFTAR NOTASI .....                                     | xi   |
| DAFTAR GAMBAR .....                                     | xii  |
| DAFTAR TABEL .....                                      | xv   |
| DAFTAR LAMPIRAN .....                                   | xvii |
| BAB 1 PENDAHULUAN .....                                 | 1-1  |
| 1.1    Bagian Pendahuluan .....                         | 1-1  |
| 1.2    Inti Permasalahan .....                          | 1-2  |
| 1.3    Tujuan Penelitian .....                          | 1-2  |
| 1.4    Lingkup Penelitian .....                         | 1-2  |
| 1.5    Metode Penelitian .....                          | 1-3  |
| 1.6    Sistematika Penulisan .....                      | 1-3  |
| 1.7    Diagram Alir Penelitian .....                    | 1-5  |
| BAB 2 DASAR TEORI .....                                 | 2-1  |
| 2.1    Sifat Umum Tanah .....                           | 2-1  |
| 2.1.1    Tiga Bagian Tanah .....                        | 2-1  |
| 2.1.2    Kadar Air, $w$ .....                           | 2-1  |
| 2.1.3    Berat Isi, $\gamma$ .....                      | 2-2  |
| 2.1.4    Berat Jenis, $G_s$ .....                       | 2-2  |
| 2.2    Klasifikasi Tanah Berdasarkan Ukuran Butir ..... | 2-3  |

|                              |  |      |
|------------------------------|--|------|
| 2.3                          | Batas – batas Atterberg .....                                | 2-3  |
| 2.3.1                        | Batas Cair, <i>LL</i> .....                                  | 2-4  |
| 2.3.2                        | Batas Plastis, <i>PL</i> .....                               | 2-5  |
| 2.3.3                        | Batas Susut, <i>SL</i> .....                                 | 2-6  |
| 2.4                          | Indeks Plastisitas .....                                     | 2-9  |
| 2.5                          | <i>Linear Shrinkage</i> .....                                | 2-9  |
| 2.6                          | Tanah Ekspansif.....   | 2-10 |
| 2.7                          | Mineral Lempung .....  | 2-11 |
| 2.8                          | Perbedaan Shrinkage Limit dengan Linear Shrinkage .....      | 2-16 |
| 2.9                          | Rumus Kalkulasi Data dengan Persamaan Whitlow (1995).....    | 2-17 |
| 2.10                         | Rumus Kalkulasi Data dengan Persamaan Budhu (2011) .....     | 2-18 |
| 2.11                         | Metode Prediksi Derajat Pengembangan Tanah .....             | 2-18 |
| 2.11.1                       | <i>Free Swell Index</i> .....                                | 2-18 |
| 2.11.2                       | Metode <i>Shrinkage Limit</i> Altmeyer (1955).....           | 2-19 |
| BAB 3 Metode Penelitian..... |  | 3-1  |
| 3.1                          | Pengumpulan Data Sekunder.....                               | 3-1  |
| 3.2                          | Uji Liquid Limit dengan metode Fall Cone Penetrometer .....  | 3-2  |
| 3.3                          | Uji Plastic Limit dengan metode Fall Cone Penetrometer ..... | 3-2  |
| 3.4                          | Uji Batas Susut.....   | 3-2  |
| 3.5                          | Uji Linear Shrinkage.....                                    | 3-4  |
| BAB 4 ANALISIS DATA.....     |  | 4-1  |
| 4.1                          | Data Shrinkage Limit dan Linear Shrinkage Sekunder .....     | 4-1  |
| 4.2                          | Data Sekunder Umum.....                                      | 4-1  |
| 4.3                          | Data Linear Shrinkage dan Shrinkage Limit Aktual.....        | 4-2  |



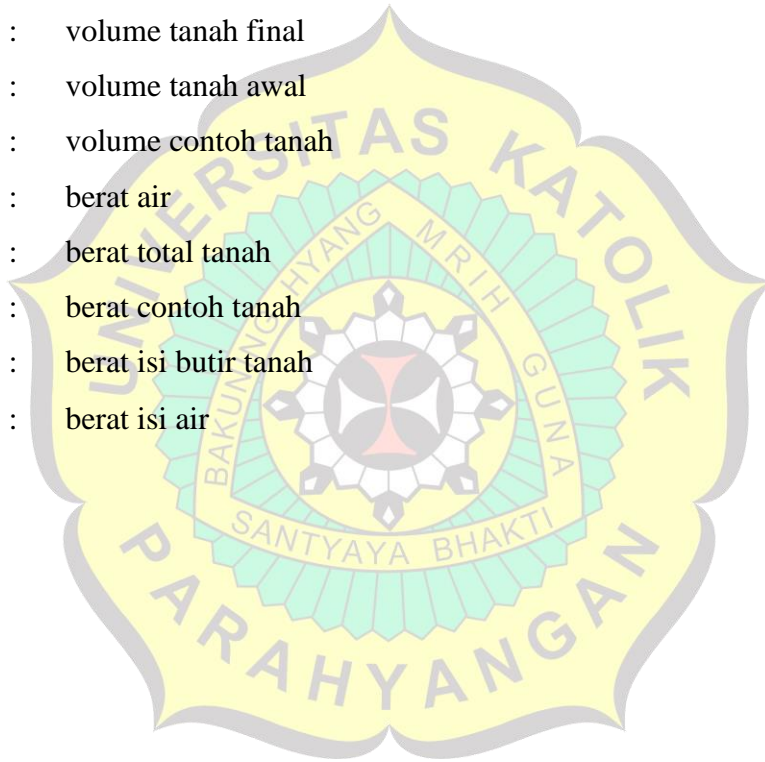
|                                  |  |      |
|----------------------------------|--|------|
| 4.4                              | Data Linear Shrinkage dan Shrinkage Limit Calculated.....  | 4-3  |
| 4.5                              | Zonasi Degree of Expansion (Altmeyer, 1955).....   | 4-4  |
| 4.6                              | Perbedaan dari Data Aktual dan Data Calculated dari data Turki.....  | 4-5  |
| 4.7                              | Perbedaan dari Data Aktual dan Data Calculated Umum .....  | 4=8  |
| 4.8                              | Perbedaan dari Data Aktual, Data Persamaan Budhu, dan Data Persamaan Whitlow.....                                      | 4-9  |
| 4.9                              | Perbedaan Data Aktual dan Data <i>Shrinkage Limit</i> dengan <i>Casagrande's Plasticity Chart</i> dari Data Turki..... | 4-10 |
| BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN ..... |  | 5-1  |
| 5.1                              | Kesimpulan.....  | 5-1  |
| 5.2                              | Saran.....   | 5-1  |
| DAFTAR PUSTAKA .....             |  | xvii |





## DAFTAR NOTASI

|             |   |   |
|-------------|---|---|
| $G_s$       | : | berat jenis tanah                               |
| $L_D$       | : | panjang sampel setelah dimasukkan ke dalam oven |
| $LL$        | : | batas cair tanah                                |
| $L_O$       | : | panjang sampel setelah sebelum ke dalam oven    |
| $LS$        | : | <i>linear shrinkage</i>                         |
| $PI$        | : | indeks plastisitas                              |
| $SL$        | : | batas susut tanah                               |
| $V_i$       | : | volume tanah final                              |
| $V_f$       | : | volume tanah awal                               |
| $V_{solid}$ | : | volume contoh tanah                             |
| $w_{air}$   | : | berat air                                       |
| $w_{solid}$ | : | berat total tanah                               |
| $W_{solid}$ | : | berat contoh tanah                              |
| $\gamma_s$  | : | berat isi butir tanah                           |
| $\gamma_w$  | : | berat isi air                                   |



## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| <b>Gambar 1.1</b> Diagram Alir Penelitian .....   | 5  |
| <b>Gambar 2.1</b> 3 Fase Tanah (Das, 1995).....   | 1  |
| <b>Gambar 2.2</b> Batas-batas Atterberg (Atterberg, 1911).....  | 4  |
| <b>Gambar 2.3</b> Gambar alat Fallcone Penetrometer (ISO 17892-12, 2018) .....                        | 5  |
| <b>Gambar 2.4</b> Ilustrasi alat batas susut merkuri (ASTM D427, 2004) .....                          | 6  |
| <b>Gambar 2.5</b> Grafik Volume vs Kadar Air (Hobbs, 2018).....                                       | 7  |
| <b>Gambar 2.6</b> Definisi dari <i>Shrinkage Limit</i> (Cerato, 2006).....                            | 8  |
| <b>Gambar 2.7</b> Hasil sampel tanah sebelum dan sesudah penyusutan (ASTM D427, 2004).....            | 8  |
| <b>Gambar 2.8</b> Ilustrasi Alat Linear Shrinkage (BS1377:Part 2:1990).....                           | 10 |
| <b>Gambar 2.9</b> Ilustrasi Tetrahedron Silikon-Oksigen (Grim, 1962).....                             | 11 |
| <b>Gambar 2.10</b> Ilustrasi Oktahedron Alumunium atau Magnesium (Grim, 1962).....                    | 11 |
| <b>Gambar 2.11</b> Ilustrasi Lembar Silikon (Grim, 1962).....   | 12 |
| <b>Gambar 2.12</b> Ilustrasi Lembar Gipsit (Grim, 1962).....  | 12 |
| <b>Gambar 2.13</b> Ilustrasi Lembar Silika-Gipsit (Grim, 1962).....                                   | 13 |
| <b>Gambar 2.14</b> Ilustrasi dari Susunan Kaolinite (Grim, 1962) .....                                | 14 |
| <b>Gambar 2.15</b> Ilustrasi dari Susunan Illite (Grim, 1962) .....                                   | 14 |
| <b>Gambar 2.16</b> Ilustrasi dari Susunan Montmorillonite (Grim, 1962) .....                          | 15 |
| <b>Gambar 2.17</b> Bowing yang terjadi pada sampel uji (Bamgbopa, 2016).....                          | 17 |
| <b>Gambar 2.18</b> Cracking yang terjadi pada sampel uji.....   | 17 |
| <b>Gambar 3.1</b> Pengisian sampel tanah ke ring silinder (SNI 4144:2012).....                        | 2  |
| <b>Gambar 3.2</b> Sampel tanah diratakan dengan pelat kaca (SNI 4144:2012) .....                      | 3  |
| <b>Gambar 3.3</b> Detil ukuran pelat transparan (SNI 4144:2012).....                                  | 3  |
| <b>Gambar 3.4</b> Sampel tanah setelah mengalami penyusutan (SNI 4144:2012).....                      | 4  |
| <b>Gambar 3.5</b> Proses uji dengan alat linear shrinkage (Technical Methods for Highway, 1986) ..... | 5  |
| <b>Gambar 4.1</b> Data Sekunder Umum.....   | 2  |
| <b>Gambar 4.2</b> Hubungan SL dan LS Aktual .....   | 3  |
| <b>Gambar 4.3</b> Hubungan SL dan LS Calculated.....  | 3  |

|  |    |
|--|----|
| <b>Gambar 4.4</b> Zonasi Degree of Expansion menurut Altmeyer (1955).....  | 5  |
| <b>Gambar 4.5</b> Plot Data Aktual (Turki).....  | 6  |
| <b>Gambar 4.6</b> Plot Data Calculated Menggunakan Budhu (2011) dan Whitlow (1995) dengan data aktual Turki..... | 7  |
| <b>Gambar 4.7</b> Perbedaan Nilai Data Aktual dan Data Calculated (Turki) .....                                  | 8  |
| <b>Gambar 4.8</b> Perbedaan Nilai Data Aktual dan Data Calculated Semua Data .....                               | 9  |
| <b>Gambar 4.9</b> Perbedaan Data Aktual, Budhu (2011), dan Whitlow (1995) .....                                  | 10 |
| <b>Gambar 4.10</b> Perbedaan Data Aktual dan Data SL dengan <i>Plasticity Chart</i> pada Data Turki.....         | 11 |





## DAFTAR TABEL

|   |      |
|---|------|
| <b>Tabel 2.1</b> Nilai Tipikal dari Batas Atterberg pada Mineral Lempung .....                    | 2-16 |
| <b>Tabel 3.1</b> Contoh Penggunaan Rumus Whitlow (1995).....                                      | 3-1  |
| <b>Tabel 3.2</b> Contoh Penggunaan Rumus Budhu (2010).....  | 3-1  |
| <b>Tabel 4.1</b> Klasifikasi Tanah Ekspansif berdasarkan Batas Susut menurut Altmeyer (1955)..... | 4-4  |







## DAFTAR LAMPIRAN

|            |                               |      |
|------------|-------------------------------|------|
| Lampiran 1 | Data Aktual Lengkap.....      | L1-1 |
| Lampiran 2 | Data Aktual Diketahui SL..... | L2-1 |
| Lampiran 3 | Data Aktual Diketahui LS..... | L3-1 |





# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Bagian Pendahuluan

Tanah adalah bentuk material alami yang memiliki sifat yang berbeda dengan satu sama lain. Sifat tanah yang berbeda ini dapat mempengaruhi perbedaan perilaku dengan tanah yang satu dengan yang lain, seperti perilaku tanah apabila bertemu dengan cairan. Tanah juga mempunyai karakteristik yang berbeda-beda, salah satu sifat tanah tersebut adalah tanah ekspansif yang mengalami perubahan volume akibat terjadinya perubahan kadar air tanah tersebut. Hal ini dapat menimbulkan masalah karena volume yang berubah-ubah. Tanah ekspansif dapat mengembang apabila kondisi kadar air tinggi, dan sebaliknya dapat menyusut apabila kondisi kadar air rendah. Oleh karena itu, Atterberg (1911) menetapkan batasan-batasan yang berkaitan dengan kadar air pada tanah, batasan ini dinamakan batas-batas Atterberg.

Batas cair (*liquid limit*) adalah kadar air tertentu di mana perilaku berubah dari kondisi cair ke plastis, batas plastis (*plastic limit*) adalah kadar air di mana tanah berubah dari kondisi plastis ke semi padat, batas susut (*shrinkage limit*) adalah batas kadar air di mana tanah dengan kadar air di bawah nilai tersebut tidak menyusut lagi dan perilaku berubah dari kondisi semi padat ke padat. Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi nilai batas-batas Atterberg. Pengujian batas susut pada tanah dapat dilakukan dengan metode yang berbeda-beda, salah satunya adalah dengan metode *linear shrinkage*. Pada penelitian ini, diuji hasil parameter batas susut tanah dengan menggunakan metode merkuri dan juga menentukan nilai *linear shrinkage* dari sampel tanah dan data diperoleh dengan mencari data sekunder atau data yang sudah dilakukan pengujian di laboratorium dan juga data dicari dengan rumus kalkulasi empirik.

## 1.2 Inti Permasalahan

Inti permasalahan dari penelitian ini adalah ingin mengetahui hubungan batas susut (merkuri) dengan *linear shrinkage* tanah dan perbedaan dari pengujian laboratorium dan penentuan nilai batas susut dan *linear shrinkage* dengan kalkulasi empirik dengan metode Budhu (2011) dan Whitlow (1995).

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui batas susut sampel tanah dengan menggunakan metode uji batas susut merkuri.
2. Mengetahui persentase susut sampel tanah dengan menggunakan metode *linear shrinkage limit*.
3. Menghubungkan hasil kedua metode dengan sampel tanah yang sama dan menghitung perbedaan dari kedua metode tersebut.
4. Mengetahui derajat pengembangan dengan metode yang diusulkan oleh Altmeyer (1955)
5. Mengetahui perbedaan dari hasil kalkulasi metode Whitlow (1995) untuk mencari nilai *linear shrinkage* dan metode Budhu (2011) untuk mencari nilai *shrinkage limit* dengan data actual yang telah diuji di laboratorium oleh peneliti sebelumnya.

## 1.4 Lingkup Penelitian

Lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data diambil dengan mengumpulkan data dari penelitian sebelumnya dan dari kalkulasi untuk mendapatkan nilai batas susut dan *linear shrinkage* dengan rumus empirik.
2. Metode yang digunakan dalam mencari nilai batas susut dan *linear shrinkage* yang dikalkulasi adalah rumus Budhu dan rumus Whitlow.
3. Metode yang digunakan untuk mengetahui nilai derajat pengembangan adalah metode yang diusulkan oleh Altmeyer (1955) karena metode ini menggunakan 2 parameter yang ingin diketahui hubungannya pada penelitian ini.

## 1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur  
Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan pengetahuan yang berkaitan tentang penelitian yang dilakukan mengenai batas susut (merkuri), *linear shrinkage*, dan analisis data. Studi literatur juga dilakukan untuk mendapatkan data sekunder yang dibutuhkan untuk menyelesaikan penelitian ini.
2. Pengumpulan data  
Pengumpulan data dilakukan dengan mencari dan mengumpulkan data yang sudah didapatkan pada penelitian sebelumnya dan dari penghitungan rumus empirik dari penelitian sebelumnya.
3. Pengolahan data  
Semua hasil data yang diperoleh dari proses praktikum kemudian diolah untuk mencapai tujuan akhir penelitian.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan penelitian ini dibagi ke dalam 5 bab yaitu:

- Bab 1: Pendahuluan  
Pada bab ini, dibahas mengenai latar belakang permasalahan, inti permasalahan, tujuan penelitian, lingkup penelitian, metode penelitian, sistematika penulisan, dan diagram alir penelitian.
- Bab 2: Dasar Teori  
Pada bab ini, dibahas mengenai teori-teori dasar yang berkaitan untuk tujuan penelitian dan dapat membantu untuk menjadi pedoman penelitian.
- Bab 3: Metodologi Penelitian  
Dalam bab ini dijelaskan mengenai proses pengambilan data dari penelitian yang sudah dilakukan.
- Bab 4: Analisis Data  
Pada bab ini akan dibahas mengenai proses pengolahan dan analisis data dari hasil praktikum di laboratorium yang sudah dilakukan oleh peneliti

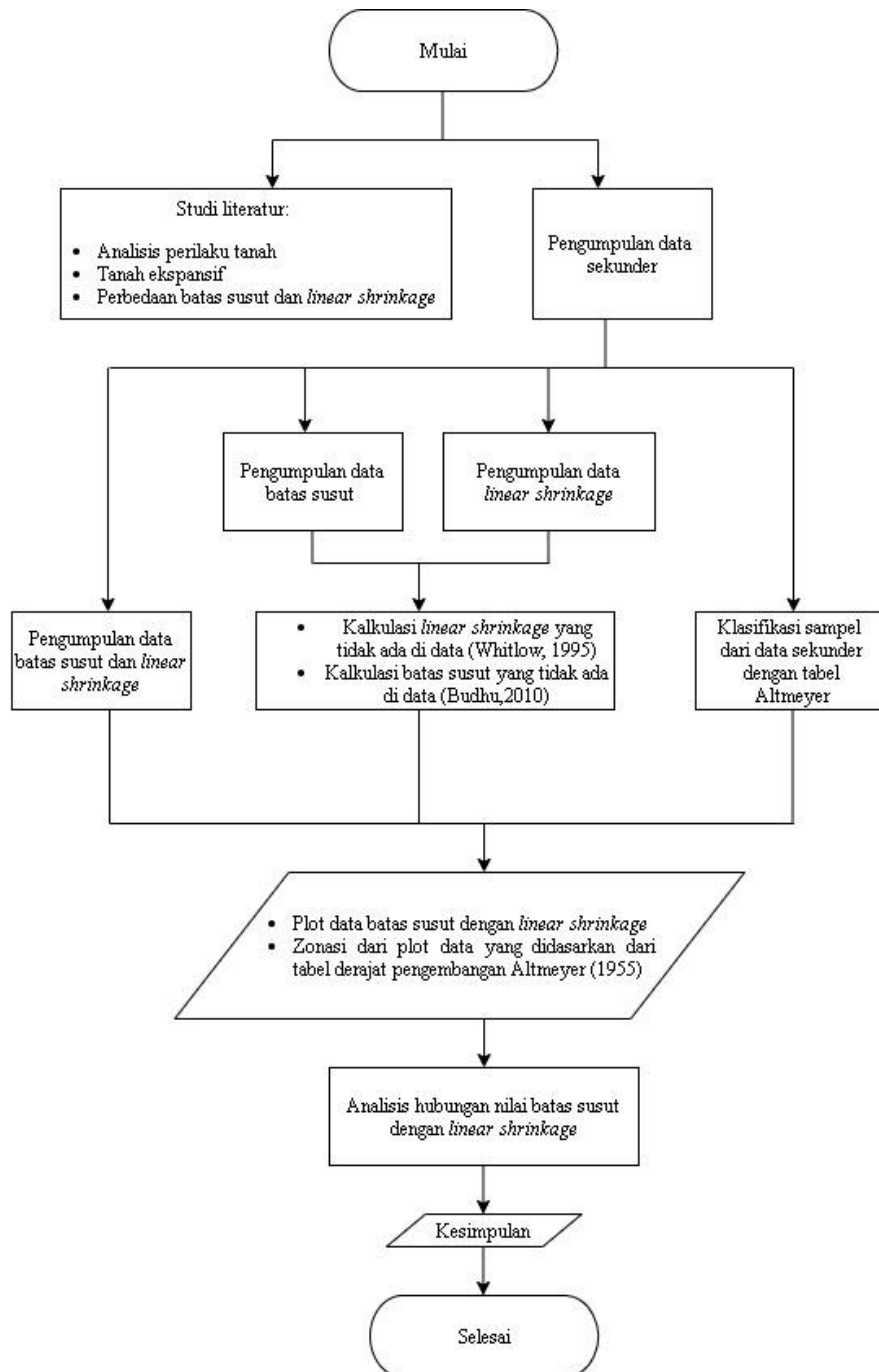
sebelumnya dan juga hasil kalkulasi untuk mendapatkan data yang ingin diperoleh.

- Bab 5: Kesimpulan dan Saran  
Dalam bab ini, dijelaskan mengenai kesimpulan yang didapatkan dari hasil penelitian dan saran untuk penelitian ke depan.



## 1.7 Diagram Alir Penelitian

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



**Gambar 1.1** Diagram Alir Penelitian

