

**SKRIPSI**

**PENGARUH LARUTAN NaCl DAN CaCl<sub>2</sub>  
TERHADAP BATAS CAIR, BATAS PLASTIS,  
DAN INDEKS PLASTISITAS TANAH**



**KEVIN MARTANDI SETIANTO  
NPM: 2015410021**

**PEMBIMBING : Budijanto Widjaja, S.T., M.T., Ph.D.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi berdasarkan SK-BAN PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)  
JANUARI  
2019**

**SKRIPSI**

**PENGARUH LARUTAN NaCl DAN CaCl<sub>2</sub>  
TERHADAP BATAS CAIR, BATAS PLASTIS,  
DAN INDEKS PLASTISITAS TANAH**



**KEVIN MARTANDI SETIANTO  
NPM: 2015410021**

**PEMBIMBING**

**Budijanto Widjaja, S.T., M.T., Ph.D.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
(Terakreditasi berdasarkan SK-BAN PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)

**JANUARI**

**2019**

**PENGARUH LARUTAN NaCl DAN CaCl<sub>2</sub>  
TERHADAP BATAS CAIR, BATAS PLASTIS,  
DAN INDEKS PLASTISITAS TANAH**

**Kevin Martandi Setianto**

**NPM: 2015410021**

**Pembimbing: Budijanto Widjaja, S.T., M.T., Ph.D.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi berdasarkan SK-BAN PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)  
BANDUNG  
JANUARI 2019**

**ABSTRAK**

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh larutan NaCl dan larutan CaCl<sub>2</sub> terhadap batas cair, batas plastis, dan indeks plastisitas serta berat isi sampel tanah. Batas cair dan batas plastis sampel tanah didapatkan dari dua metode yaitu metode Casagrande berdasarkan ASTM D4317 dan *fall cone penetrometer* berdasarkan BS 1377-2:1990. Berat isi sampel tanah didapatkan bersamaan dengan pengujian dengan metode *fall cone penetrometer*. Sampel tanah yang digunakan adalah Bentonite, Kaolin, dan Tanah Pasir Panjang. Hasil dari penelitian ini batas cair dan batas plastis sampel tanah berkurang seiring dengan bertambahnya konsentrasi larutan; batas cair berkurang sangat signifikan sedangkan batas plastis berkurang tidak signifikan. Indeks plastisitas sampel tanah tidak serta merta berkurang dengan bertambahnya konsentrasi larutan, tidak ada tren khusus untuk perubahan indeks plastisitas. Perilaku tanah Pasir Panjang berada di antara perilaku Bentonite dan Kaolin. Berat isi sampel tanah naik seiring dengan bertambahnya konsentrasi larutan. Larutan CaCl<sub>2</sub> mengurangi batas cair dan batas plastis serta meningkatkan berat isi sampel tanah lebih efektif dibandingkan dengan larutan NaCl.

Kata kunci: batas cair, batas plastis, indeks plastisitas, larutan, NaCl, CaCl<sub>2</sub>, lempung

# **EFFECT OF NaCl AND CaCl<sub>2</sub> SOLUTION ON THE LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOIL**

**Kevin Martandi Setianto**  
**NPM: 2015410021**

**Advisor: Budijanto Widjaja, S.T., M.T., Ph.D.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**  
**DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING**  
**(Accredited by SK-BAN PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)**  
**BANDUNG**  
**JANUARY 2019**

## **ABSTRACT**

The aims of this study is to investigate the effect of NaCl and CaCl<sub>2</sub> solution on the liquid limit, plastic limit, and plasticity index and also density of soil samples. Liquid limit and plastic limit of soil samples were obtained by two methods first is Casagrande's method according to ASTM D4317 and second is fall cone penetrometer method according to BS 1377-2:1990. The density of soil samples were obtained by fall cone penetrometer method. There was three soil samples in this research: Bentonite, Kaolin, and Pasir Panjang Clay. Results showed that liquid limit and plastic limit decreased with increasing NaCl and CaCl<sub>2</sub> solution; liquid limit decreased very substantial, in the contrary, plastic limit did not change substantially. There was no specific change trend for plasticity index. Bentonite was the most sensitive clay and Kaolin was the most unsensitive clay in the presence of NaCl and CaCl<sub>2</sub> solution; Pasir Panjang clay behave between these Bentonite and Kaolin. The density of soil samples increased with increasing NaCl and CaCl<sub>2</sub> solution. CaCl<sub>2</sub> solution was more effective in reducing the liquid limit and plastic limit and also in raising the density of soil samples compared with NaCl solution.

Keywords: liquid limit, plastic limit, plasticity index, solution, NaCl, CaCl<sub>2</sub>, clay

## PRAKATA

Puji dan syukur penulis haturkan kepada Tuhan yang Maha Esa dan Kuasa atas berkat rahmatNya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul Pengaruh Larutan NaCl dan CaCl<sub>2</sub> Terhadap batas cair, batas plastis, dan indeks plastisitas Tanah. Skripsi ini merupakan salah satu syarat lulus program sarjana di program studi teknik sipil, fakultas teknik, Universitas Katolik Parahyangan.

Selama proses penulisan skripsi ini, banyak sekali hambatan entah itu yang bersifat fisik maupun emosional dalam skala yang besar ataupun kecil yang dialami oleh penulis. Namun, penulis sangat bersyukur atas hadirnya orang-orang yang sangat membantu penulis untuk mengatasi berbagai hambatan tersebut. Oleh karenanya, penulis mengucapkan terima kasih kepada orang-orang tersebut, yaitu:

1. Papa Ir. Djoko Setianto, Mama Kristiani, dan Cici Elliani Margareta Setianto, S.T. yang selalu memberi dukungan dalam berbagai bentuk dan dalam berbagai situasi dan kondisi.
2. Bapak Budijanto Widjaja, S.T., M.T., Ph.D., selaku dosen pembimbing yang dengan sabar membimbing dan mendampingi penulis dalam segala proses penulisan skripsi, dimulai dari *site visit*, asistensi, diskusi, publikasi *paper*, hingga penyempurnaan penulisan skripsi penulis.
3. Ibu Dr. Angela Justina Kumalaputri S.T., M.T. dosen Fakultas Teknologi Industri Program Studi Teknik Kimia Universitas Katolik Parahyangan.
4. Seluruh dosen dan staff pengajar KBI Geoteknik Universitas Katolik Parahyangan selaku dosen penguji untuk segala kritik, masukan, dan sarannya.
5. Andra Ardiana, S.T., Stefanus Diaz Alvi, S.T., M.T., dan Kelvin Johan sebagai partner diskusi penulis mengenai materi skripsi.
6. Bapak Yudi selaku pekarya laboratorium geoteknik yang sangat membantu penulis dalam menyiapkan alat praktikum.
7. Angela Florencea, Angeline Priscillia, Dzaky Mahesa W., Kevin Suryo, Shendy Putra P.Y., Vincent Justin W., dan Vinna Fransiska Chou selaku saudara satu pembimbing yang berjuang bersama berawal dari tanah Cirebon hingga akhir proses penulisan skripsi.

8. Kevin Arya G., Ignasius Alvin Yo, Yonathan Dwitama, serta teman-teman Geofam Unpar 2015 yang lain yang turut serta memberi energi dan semangat positif kepada penulis dan rekan-rekan penulis yang sedang menulis skripsi.
9. Martin Adhitya S., S.Ked. yang telah membantu saat penulis mengalami kesulitan Bahasa Inggris dalam penulisan skripsi maupun dalam hal yang lainnya.
10. Yulius Adi Cahyono dan Geraldus Randi Ardanto serta Ary Yudhistira, Aditya Lukman, Christin Purnamasari N., Clarissa Jasinda, Geofanny Ivonne G., Hanna Mirasari, Kevin Joseph Taruna S., Micella Chandradjaja, Reinaldo Prana W., Riyanti Teresa, Rovelly Hansel S., Stanislaus Patrik O., Tan Leonardo Y., Vincent Pratama Y., Yohanes Edward Leonardo S., Yosua C. Margon, dan Yunan Wijaya selaku sahabat serta teman yang selalu memberi semangat dan energi positif.
11. Dominico Savio S.S., S.T., Nathania Riyanto S.T., Raymond Utama S.T., dan Tanti Muliati S.T., sebagai senior yang memberi masukan kepada penulis berkaitan dengan penulisan skripsi ini. Juga secara khusus kepada Arvy Nathaniel S.T., yang telah mengajarkan cara pengoprasian *drone* sehingga *site visit* berjalan lancar.
12. Sipil Unpar 2015, Masyarakat Sipil, KEKL Sipil Unpar, dan juga seluruh keluarga besar KEKL Bandung yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.
13. Seluruh civitas akademika Universitas Katolik Parahyangan, khususnya program studi teknik sipil.

Penulis menyadari akan kelemahan, kekurangan, dan ketidaksempurnaan yang dilakukan selama proses penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis sangat membutuhkan kritik dan saran yang membangun agar kedepannya dapat menjadi lebih baik lagi. Terima kasih.

Bandung, Januari 2019



Kevin Martandi Setianto

2015410021

# DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iii</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xv</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	<b>1-1</b>
1.1 Latar Belakang Permasalahan .....	1-1
1.2 Inti Permasalahan .....	1-2
1.3 Tujuan Penelitian .....	1-2
1.4 Lingkup Penelitian .....	1-2
1.5 Metode Penelitian .....	1-2
1.6 Sistematika Penulisan .....	1-3
1.7 Diagram Alir Penelitian .....	1-4
<b>BAB 2 STUDI PUSTAKA</b> .....	<b>2-1</b>
2.1 Sifat-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 dan Keseragaman Tanah Berdasarkan Ukuran Butir .....	2-3
2.2.1 Uji Saringan .....	2-4
2.2.2 Uji Hidrometer.....	2-5
2.2.3 Keseragaman Ukuran Butir .....	2-9
2.3 Batas-batas Atterberg.....	2-9
2.3.1 Batas Cair, $LL$ .....	2-10
2.3.2 Batas Plastis, $PL$ .....	2-13
2.3.3 Indeks Plastisitas dan Aktivitas .....	2-14
2.4 Klasifikasi Tanah dengan Casagrande's <i>Plasticity Chart</i> .....	2-14
2.5 Klasifikasi Materi.....	2-15
2.6 Teori Atom.....	2-16
2.7 Substruktur pada Atom .....	2-18
2.8 Bilangan Kuantum .....	2-19
2.8.1 Bilangan Kuantum Utama, $n$ .....	2-19
2.8.2 Bilangan Kuantum Azimut, $\ell$ .....	2-19
2.8.3 Bilangan Kuantum Magnetik, $m$ .....	2-20
2.8.4 Bilangan Kuantum Spin, $s$ .....	2-20
2.8.5 Konfigurasi Elektron .....	2-20

2.9	Elektron Valensi .....	2-21
2.10	Massa Atom Relatif dan Massa Molekul Relatif .....	2-22
2.11	Sifat Atom dalam Tabel Periodik .....	2-23
2.12	Ikatan Kimia Antar Atom .....	2-23
2.12.1	Ikatan Ion .....	2-23
2.12.2	Ikatan Kovalen .....	2-24
2.13	Bentuk Molekul .....	2-24
2.14	Gaya Antar Molekul .....	2-25
2.14.1	Gaya Van Der Waals .....	2-26
2.14.2	Ikatan Hidrogen .....	2-26
2.15	Konsentrasi Larutan .....	2-26
2.15.1	Persen Konsentrasi .....	2-27
2.15.2	Part Per Million .....	2-27
2.15.3	Fraksi Mol (x) .....	2-27
2.15.4	Kemolaran/Molaritas (M) .....	2-28
2.15.5	Kemolalan .....	2-28
2.15.6	Kenormalan (N) .....	2-28
2.16	Mineral Lempung .....	2-28
2.17	<i>Diffused Double Layer</i> dan Potensi Elektrik .....	2-30
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN .....</b>		<b>3-1</b>
3.1	Pengumpulan Sampel .....	3-1
3.1.1	Pengumpulan Sampel Bentonite .....	3-1
3.1.2	Pengumpulan Sampel Kaolin .....	3-1
3.1.3	Pengumpulan Sampel Tanah Desa Pasir Panjang .....	3-2
3.2	Pengujian Kadar Air Sampel .....	3-2
3.3	Identifikasi Struktur Penyusun Tanah Sampel .....	3-3
3.4	Persiapan Tanah Sebagai Sampel Penelitian .....	3-3
3.5	Uji Berat Jenis Sampel .....	3-4
3.6	Analisis Saringan .....	3-5
3.7	Uji Hidrometer .....	3-5
3.8	Pembuatan larutan .....	3-7
3.9	Uji LL .....	3-7
3.9.1	Uji LL menggunakan dengan alat cawan Casagrande .....	3-7
3.9.2	Uji LL dengan menggunakan alat <i>Fallcone Penetrometer</i> .....	3-8
3.10	Uji PL .....	3-9
3.10.1	Uji PL dengan metode Casagrande .....	3-9
3.10.2	Uji PL dengan menggunakan <i>Fallcone Penetrometer</i> .....	3-9
3.11	Penentuan Berat Isi Tanah .....	3-10
3.12	Penentuan PI .....	3-10
<b>BAB 4 DATA DAN ANALISIS DATA .....</b>		<b>4-1</b>
4.1	Hasil Uji Indeks Properties Tanah .....	4-1
4.1.1	Hasil Uji Berat Jenis .....	4-1



4.1.2 Hasil Uji Distribusi Ukuran Butir.....	4-1
4.2 Hasil Uji X-Ray F .....	4-2
4.3 Tinjauan Kimia Atom $_{11}\text{Na}$ .....	4-4
4.4 Tinjauan Kimia Atom $_{20}\text{Ca}$ .....	4-5
4.5 Tinjauan Kimia Atom $_{17}\text{Cl}$ .....	4-5
4.6 Tinjauan Kimia Senyawa $\text{NaCl}$ .....	4-5
4.7 Tinjauan Kimia Senyawa $\text{CaCl}_2$ .....	4-6
4.8 Hasil Pengujian LL, PL, dan PI Sampel Tanah .....	4-6
4.8.1 Hasil Pengujian LL, PL, dan PI Bentonite .....	4-6
4.8.2 Hasil Pengujian LL, PL, dan PI Kaolin .....	4-8
4.8.3 Hasil Pengujian LL, PL, dan PI Tanah Pasir Panjang .....	4-10
4.8.4 Pembahasan .....	4-13
4.9 Perbandingan Sifat Antar Sampel Tanah .....	4-17
4.10 Perbandingan Data dengan Referensi (Mishra <i>et al.</i> , 2008) .....	4-22
4.11 Perubahan Plastisitas Tanah Ditinjau dari Casagrande <i>Plasticity Chart</i> ....	4-24
4.12 Perbandingan Antara Larutan $\text{NaCl}$ dengan Larutan $\text{CaCl}_2$ .....	4-27
4.13 Hasil Pengujian Berat Isi Sampel Tanah .....	4-30
4.14 Perubahan Aktivitas Sampel Tanah .....	4-33
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>5-1</b>
5.1 Kesimpulan .....	5-1
5.2 Saran .....	5-1
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>xix</b>

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

$\gamma$	: Berat Isi
$\gamma_s$	: Berat Isi Butir Tanah
$\gamma_w$	: Berat Isi Air Murni
$\eta$	: Viskositas
$\text{Å}$	: Angstrom, satuan jarak yang sangat kecil, ikatan antaratom.
$\Psi$	: <i>Electrical Potential</i>
$\psi_s$	: <i>Electrical Potential</i> pada permukaan kristal lempung
$^{\circ}\text{C}$	: Derajat Celcius
$\text{Ca}$	: Unsur Kalsium
$\text{CaCl}_2$	: Garam Kalsium Klorida
$\text{Na}$	: Unsur Natrium
$\text{NaCl}$	: Garam Natrium Klorida
<i>AASHTO</i>	: <i>American Assosiation for State Highway and Transportation Officials</i>
$A_r$	: Massa Atom Relatif
<i>ASTM</i>	: <i>American Standard Testing and Material</i>
<i>BS</i>	: <i>British Standard</i>
<i>CEC</i>	: <i>Cation Exchange Capacity</i>
<i>CEN</i>	: <i>Comité Européen de Normalisation</i>
<i>C.F.E.M</i>	: <i>Canadian Foundation Engineering Manual</i>
$C_c$	: Koefisien Kurvatur
$C_u$	: Koefisien Keseragaman
<i>DI Water</i>	: <i>Deionized Water</i>
$g$	: Gram
$G_s$	: Berat Jenis
<i>ISO</i>	: <i>International Standarisation Organisation</i>
<i>LL</i>	: <i>Liquid Limit</i> /batas cair
<i>MIT</i>	: <i>Massachusetts Institute of Technology</i>
$M_r$	: Massa Molekul Relatif
<i>PEB</i>	: Pasangan Elektron Bebas

x

<i>PEI</i>	: Pasangan Elektron Ikatan
<i>PI</i>	: <i>Plasticity Index/PI</i>
<i>PL</i>	: <i>Plastic Limit/PL</i>
<i>SNI</i>	: Standar Nasional Indonesia
<i>sma</i>	: Satuan Massa Atom
<i>USCS</i>	: <i>Unified Soil Classification System</i>
<i>W<sub>air</sub></i>	: Berat Air
<i>W<sub>solid</sub></i>	: Berat Fase Solid Tanah
<i>w</i>	: Kadar Air

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian .....	1-4
Gambar 2.1 Ilustrasi Tiga Bagian Tanah .....	2-1
Gambar 2.2 Ilustrasi Uji Berat Jenis dengan Alat Piknometer (Wesley, 2011)...	2-3
Gambar 2.3 Klasifikasi Jenis Tanah Berdasarkan Ukuran Butir Menurut USCS	2-3
Gambar 2.4 Klasifikasi Jenis Tanah Berdasarkan Ukuran Butir Menurut AASHTO M146 .....	2-3
Gambar 2.5 Klasifikasi Jenis Tanah Berdasarkan Ukuran Butir Menurut M.I.T., CFEM, dan ISO/CEN.....	2-4
Gambar 2.6 Ilustrasi Batas-batas Atterberg (Atterberg, 1911) .....	2-10
Gambar 2.7 Sketsa Alat Cawan Casagrande (ASTM D4318).....	2-11
Gambar 2.8 Detail Dimensi <i>Grooving Tool</i> (SNI 03-1967-1990).....	2-12
Gambar 2.9 Gambar Alat <i>Fallcone Penetrometer</i> (ISO 17892-12:2018E).....	2-12
Gambar 2.10 Konus pada <i>Fallcone Penetrometer</i> (ISO 17892-12:2018E).....	2-13
Gambar 2.11 Casagrande's <i>Plasticity Chart</i> (Casagrande, 1948; Howard, 1984) .....	2-14
Gambar 2.12 Alur Klasifikasi Materi (Chang, 2003) .....	2-16
Gambar 2.13 Ilustrasi Perkembangan Teori Atom (sisikreatif.com).....	2-18
Gambar 2.14 Tabel Periodik Unsur (Chang, 2003) .....	2-19
Gambar 2.15 Kaidah Aufbau (Nafiun.com).....	2-21
Gambar 2.16 Kaidah Hund .....	2-21
Gambar 2.17 Ikatan Ion Pada NaCl (study.com) .....	2-24
Gambar 2.18 Ikatan Kovalen pada CO <sub>2</sub> 1 PEI (ducksters.com) .....	2-24
Gambar 2.19 Struktur Penyusun Mineral <i>Montmorillonite</i> (Holtz <i>et al.</i> , 2011)	2-29
Gambar 2.20 (a) Struktur Penyusun mineral <i>Illite</i> (b) Struktur Penyusun mineral <i>Kaolinite</i> (Holtz <i>et al.</i> , 2011) .....	2-29
Gambar 2.21 Ilustrasi <i>Diffused Double Layer</i> (Holtz <i>et al.</i> , 2011).....	2-30
Gambar 2.22 Ilustrasi Potensi Elektrik $\psi$ (Yong <i>et al.</i> , 2012) .....	2-31
Gambar 3.1 Sampel Bentonite .....	3-1
Gambar 3.2 Sampel Kaolin .....	3-1

Gambar 3.3 Peta sebaran titik lokasi pengambilan sampel tanah Pasir Panjang. (google maps, 2018) .....	3-2
Gambar 3.4 Sampel tanah Pasir Panjang .....	3-2
Gambar 3.5 Alat Uji Piknometer .....	3-4
Gambar 3.6 Alat Uji Saringan .....	3-5
Gambar 3.7 Alat Uji Hidrometer .....	3-6
Gambar 3.8 Cawan Casagrande.....	3-8
Gambar 3.9 Alat Uji Fall Cone Penetrometer .....	3-9
Gambar 3.10 Sampel Pengujian LL dan PL .....	3-10
Gambar 4.1 Distribusi Ukuran Butir Bentonite.....	4-1
Gambar 4.2 Distribusi Ukuran Butir Kaolin .....	4-2
Gambar 4.3 Distribusi Ukuran Butir Tanah Pasir Panjang .....	4-2
Gambar 4.4 Konfigurasi Elektron Atom $_{11}\text{Na}$ .....	4-4
Gambar 4.5 Konfigurasi Elektron Atom $_{20}\text{Ca}$ .....	4-5
Gambar 4.6 Konfigurasi Elektron Atom $_{17}\text{Cl}$ .....	4-5
Gambar 4.7 Hasil pengujian LL, PL, dan PI Bentonite dengan Larutan NaCl dengan menggunakan cawan Casagrande .....	4-6
Gambar 4.8 Hasil pengujian LL, PL, dan PI Bentonite dengan Larutan $\text{CaCl}_2$ dengan menggunakan cawan Casagrande .....	4-7
Gambar 4.9 Hasil pengujian LL, PL, dan PI Bentonite dengan larutan NaCl dengan menggunakan <i>fallcone penetrometer</i> .....	4-7
Gambar 4.10 Hasil pengujian LL, PL, dan PI Bentonite dengan larutan $\text{CaCl}_2$ dengan menggunakan <i>fallcone penetrometer</i> .....	4-8
Gambar 4.11 Hasil pengujian LL, PL, dan PI Kaolin dengan larutan NaCl dengan menggunakan cawan Casagrande .....	4-9
Gambar 4.12 Hasil pengujian LL, PL, dan PI Kaolin dengan larutan $\text{CaCl}_2$ dengan menggunakan cawan Casagrande .....	4-9
Gambar 4.13 Hasil pengujian LL, PL, dan PI Kaolin dengan larutan NaCl dengan menggunakan <i>fallcone penetrometer</i> .....	4-10
Gambar 4.14 Hasil pengujian LL, PL, dan PI Kaolin dengan larutan NaCl dengan menggunakan <i>fallcone penetrometer</i> .....	4-10

Gambar 4.15 Hasil pengujian LL, PL, dan PI tanah Pasir Panjang dengan larutan NaCl dengan menggunakan metode Casagrande .....	4-11
Gambar 4.16 Hasil pengujian LL, PL, dan PI tanah Pasir Panjang dengan larutan CaCl <sub>2</sub> dengan menggunakan metode Casagrande .....	4-12
Gambar 4.17 Hasil Pengujian LL, PL, dan PI Tanah Pasir Panjang dengan Larutan NaCl menggunakan <i>fallcone penetrometer</i> .....	4-12
Gambar 4.18 Hasil Pengujian LL, PL, dan PI Tanah Pasir Panjang dengan Larutan CaCl <sub>2</sub> menggunakan <i>fallcone penetrometer</i> .....	4-13
Gambar 4.19 Potensial Elektrik Sepasang Kristal Lempung .....	4-15
Gambar 4.20 Potensial Elektrik Sepasang Kristal Lempung yang Berkurang Saat Konsentrasi Elektrolit Meningkatkan .....	4-16
Gambar 4.21 Perbandingan LL Sampel Tanah (dengan Larutan NaCl) .....	4-17
Gambar 4.22 Perbandingan LL Sampel Tanah (dengan Larutan CaCl <sub>2</sub> ) .....	4-18
Gambar 4.23 Perbandingan PL Sampel Tanah (dengan Larutan NaCl) .....	4-18
Gambar 4.24 Perbandingan PL Sampel Tanah (dengan Larutan CaCl <sub>2</sub> ) .....	4-18
Gambar 4.25 Perbandingan PI Sampel Tanah (dengan Larutan NaCl) .....	4-19
Gambar 4.26 Perbandingan PI Sampel Tanah (dengan Larutan CaCl <sub>2</sub> ) .....	4-19
Gambar 4.27 Ilustrasi Ukuran Kristal Montmorillonite dan Kaolin Serta Ketebalan <i>Adsorb Water</i> (Holtz <i>et al.</i> , 2011) .....	4-20
Gambar 4.28 Perbandingan Data Batas Cair dengan Larutan NaCl terhadap Data Mishra <i>et al.</i> , (2008) dari Pengujian cawan Casagrande .....	4-23
Gambar 4.29 Perbandingan Data Batas Cair dengan Larutan NaCl terhadap Data Mishra <i>et al.</i> , (2008) dari Pengujian cawan Casagrande .....	4-24
Gambar 4.30 Casagrande <i>Plasticity Chart</i> Bentonite dengan Larutan NaCl .....	4-25
Gambar 4.31 Casagrande <i>Plasticity Chart</i> Bentonite dengan Larutan CaCl <sub>2</sub> .....	4-25
Gambar 4.32 Casagrande <i>Plasticity Chart</i> Kaolin dengan Larutan NaCl .....	4-25
Gambar 4.33 Casagrande <i>Plasticity Chart</i> Kaolin dengan Larutan CaCl <sub>2</sub> .....	4-26
Gambar 4.34 Casagrande <i>Plasticity Chart</i> Tanah Pasir Panjang dengan Larutan NaCl .....	4-26
Gambar 4.35 Casagrande <i>Plasticity Chart</i> Tanah Pasir Panjang dengan Larutan CaCl <sub>2</sub> .....	4-26

Gambar 4.36 Perbandingan Pengaruh Larutan NaCl dan CaCl <sub>2</sub> Terhadap Perubahan LL Bentonite .....	4-28
Gambar 4.37 Perbandingan Pengaruh Larutan NaCl dan CaCl <sub>2</sub> Terhadap Perubahan PL Bentonite .....	4-28
Gambar 4.38 Perbandingan Pengaruh Larutan NaCl dan CaCl <sub>2</sub> Terhadap Perubahan LL Kaolin.....	4-28
Gambar 4.39 Perbandingan Pengaruh Larutan NaCl dan CaCl <sub>2</sub> Terhadap Perubahan PL Kaolin .....	4-29
Gambar 4.40 Perbandingan Pengaruh Larutan NaCl dan CaCl <sub>2</sub> Terhadap Perubahan LL Tanah Pasir Panjang.....	4-29
Gambar 4.41 Perbandingan Pengaruh Larutan NaCl dan CaCl <sub>2</sub> Terhadap Perubahan PL Tanah Pasir Panjang .....	4-29
Gambar 4.42 Hasil Uji Berat Isi Bentonite .....	4-31
Gambar 4.43 Hasil Uji Berat Isi Kaolin .....	4-31
Gambar 4.44 Hasil Uji Berat Isi Tanah Pasir Panjang .....	4-31
Gambar 4.45 Ilustrasi Perubahan Volume Saat Potensial Elektrik Berkurang ..	4-32
Gambar 4.46 Perubahan Aktivitas Sampel Tanah dengan Larutan NaCl (Metode Casagrande) .....	4-33
Gambar 4.47 Perubahan Aktivitas Sampel Tanah dengan Larutan CaCl <sub>2</sub> (Metode Casagrande) .....	4-33
Gambar 4.48 Perubahan Aktivitas Sampel Tanah dengan Larutan NaCl ( <i>Fallcone Penetrometer</i> ) .....	4-34
Gambar 4.49 Perubahan Aktivitas Sampel Tanah dengan Larutan CaCl <sub>2</sub> ( <i>Fallcone Penetrometer</i> ) .....	4-34

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ukuran saringan .....	2-4
Tabel 2.2 Faktor koreksi, $a$ .....	2-6
Tabel 2.3 Faktor koreksi suhu, $C_t$ .....	2-6
Tabel 2.4 Angka L untuk formula Stokes untuk diameter partikel dari ASTM hidrometer 152 H.....	2-7
Tabel 2.5 Viskositas aquades untuk temperatur tertentu .....	2-8
Tabel 2.6 Nilai K untuk Gs dan temperature tertentu .....	2-8
Tabel 2.7 Detail dimensi cawan Casagrande (ASTM D4318).....	2-11
Tabel 2.8 Detail dimensi konus pada <i>Fallcone Penetrometer</i> (ISO 17892- 12:2018E) .....	2-13
Tabel 2.9 Nilai bilangan kuantum magnetik, $m$ .....	2-20
Tabel 2.10 Elektron valensi atom dan golongannya .....	2-22
Tabel 2.11 Nama dan bentuk molekul menurut teori VSPER (Chang, 2003) ...	2-25
Tabel 4.1 Berat jenis sampel tanah .....	4-1
Tabel 4.2 Hasil uji XRay-F sampel-sampel tanah .....	4-3
Tabel 4.3 Hasil pengujian LL, PL, dan PI Bentonite dengan menggunakan cawan Casagrande.....	4-6
Tabel 4.4 Hasil pengujian LL, PL, dan PI Bentonite dengan menggunakan <i>fallcone penetrometer</i> .....	4-7
Tabel 4.5 Hasil pengujian LL, PL, dan PI Kaolin dengan menggunakan cawan Casagrande.....	4-8
Tabel 4.6 Hasil pengujian LL, PL, dan PI Kaolin dengan menggunakan <i>fallcone penetrometer</i> .....	4-9
Tabel 4.7 Hasil pengujian LL, PL, dan PI tanah Pasir Panjang menggunakan metode Casagrande.....	4-11
Tabel 4.8 Hasil pengujian LL, PL, dan PI tanah Pasir Panjang menggunakan metode <i>fallcone penetrometer</i> .....	4-12
Tabel 4.9 <i>Cation Exchange Capacity</i> mineral lempung (Grim, 1953) .....	4-21



## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 Uji Berat Jenis Tanah.....	L1-1
LAMPIRAN 2 Hasil Uji Hidrometer.....	L2-1
LAMPIRAN 3 Penentuan LL Bentonite (Cawan Casagrande).....	L3-1
LAMPIRAN 4 Penentuan LL & PL Bentonite ( <i>Fallcone penetrometer</i> ).....	L4-1
LAMPIRAN 5 Penentuan LL Kaolin (Cawan Casagrande).....	L5-1
LAMPIRAN 6 Penentuan LL & PL Kaolin ( <i>Fallcone Penetrometer</i> ).....	L6-1
LAMPIRAN 7 Penentuan LL Tanah Pasir Panjang (Cawan Casagrande).....	L7-1
LAMPIRAN 8 Penentuan LL & PL Tanah Pasir Panjang ( <i>Fallcone penetrometer</i> ).....	L8-1
LAMPIRAN 9 Penentuan PL Bentonite (Metode Casagrande).....	L9-1
LAMPIRAN 10 Penentuan PL Kaolin (Metode Casagrande).....	L10-1
LAMPIRAN 11 Penentuan PL Tanah Pasir Panjang (Metode Casagrande)....	L11-1
LAMPIRAN 12 Penentuan Berat Isi Bentonite.....	L12-1
LAMPIRAN 13 Penentuan Berat Isi Kaolin.....	L13-1
LAMPIRAN 14 Penentuan Berat Isi Tanah Pasir Panjang.....	L14-1

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Permasalahan**

Tanah merupakan material alami yang memiliki sifat yang berbeda-beda antara yang satu dengan yang lain. Perbedaan sifat tanah juga sangat memengaruhi perilaku tanah tersebut dalam berbagai kondisi, salah satunya adalah perilaku partikel tanah bila bertemu dengan cairan. Partikel tanah kering yang bercampur dengan sedikit air akan menyebabkan tanah tersebut menjadi adonan yang bersifat solid, namun bila terus ditambahkan air lama kelamaan tanah tersebut akan menjadi seperti cairan. Dalam hal ini, Albert Atterberg menggagas batasan-batasan dengan kadar air berapa tanah akan bersifat cair atau plastis atau semi solid atau solid; batasan ini kemudian disebut batas-batas Atterberg. Batas cair (LL) adalah batasan untuk sifat tanah yang cair dengan yang plastis, batas plastis (PL) adalah batasan untuk sifat tanah yang plastis dengan yang semi solid, dan batas susut adalah batasan untuk sifat tanah yang semi solid dengan yang solid. Indeks plastisitas (PI) adalah selisih dari LL dan PL. Pada awalnya batas Atterberg hanya digunakan untuk klasifikasi jenis tanah, namun saat ini menurut Sridharan, 1975, batas Atterberg dapat juga digunakan sebagai indikator beberapa hal mengenai sifat tanah, misalnya tanah dengan LL yang sangat tinggi, yang kemudian menyebabkan PI nya tinggi pula, cenderung memiliki permasalahan dengan ekspansifitas bila terkena air.

Mungkin banyak faktor yang memengaruhi besarnya nilai batas-batas Atterberg ini. Namun pada penelitian ini akan diuji bagaimana pengaruh larutan NaCl dan CaCl<sub>2</sub>, dalam hal ini kaitannya dengan penambahan kation Na<sup>+</sup> dan Cl<sup>2+</sup> serta anion Cl<sup>-</sup> tersebut terhadap batas-batas Atterberg; akan ditinjau apakah penambahan larutan ini akan menjadikan angka LL, PL, PI, serta berat isi sampel tanah berubah atau tidak, pun kalau berubah apakah perubahan yang terjadi akan signifikan atau tidak.

## **1.2 Inti Permasalahan**

Inti permasalahan dari penelitian ini adalah ingin mengetahui pengaruh larutan NaCl dan CaCl<sub>2</sub> terhadap LL, PL, dan PI serta berat isi dari Bentonite, Kaolin, dan tanah Pasir Panjang.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh larutan NaCl terhadap LL, PL, dan PI serta berat isi Bentonite, Kaolin, dan tanah Pasir Panjang.
2. Mengetahui pengaruh larutan CaCl<sub>2</sub> terhadap LL, PL, dan PI berat isi Bentonite, Kaolin, dan tanah Pasir Panjang.
3. Membandingkan perilaku ketiga sampel tanah saat dicampur dengan larutan NaCl dan larutan CaCl<sub>2</sub>
4. Membandingkan pengaruh antara larutan NaCl dan CaCl<sub>2</sub> terhadap LL, PL, dan PI serta berat isi Bentonite, Kaolin, dan tanah Pasir Panjang.

## **1.4 Lingkup Penelitian**

Lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tanah sampel yang digunakan adalah Bentonite, Kaolin, tanah Pasir Panjang.
2. Data diambil dengan melakukan penelitian secara langsung di laboratorium.
3. Konsentrasi larutan NaCl dan CaCl<sub>2</sub> yang digunakan adalah 0 M, 0,1 M, 0,5 M, dan 1 M.

## **1.5 Metode Penelitian**

Metodologi penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur  
Studi literatur dilakukan adalah untuk mendapatkan pengetahuan dasar berkaitan dengan proses praktikum di laboratorium sampai pada pengolahan dan analisis data.
2. Pengumpulan sampel tanah
3. Pengumpulan data  
Pengumpulan data dilakukan dengan cara melakukan pengujian langsung sampel tanah di laboratorium. LL diuji menggunakan alat cawan Casagrande dan *fall cone penetrometer*.

#### 4. Pengolahan dan analisis data.

Seluruh data hasil pengujian laboratorium kemudian diolah untuk mencapai tujuan penelitian.

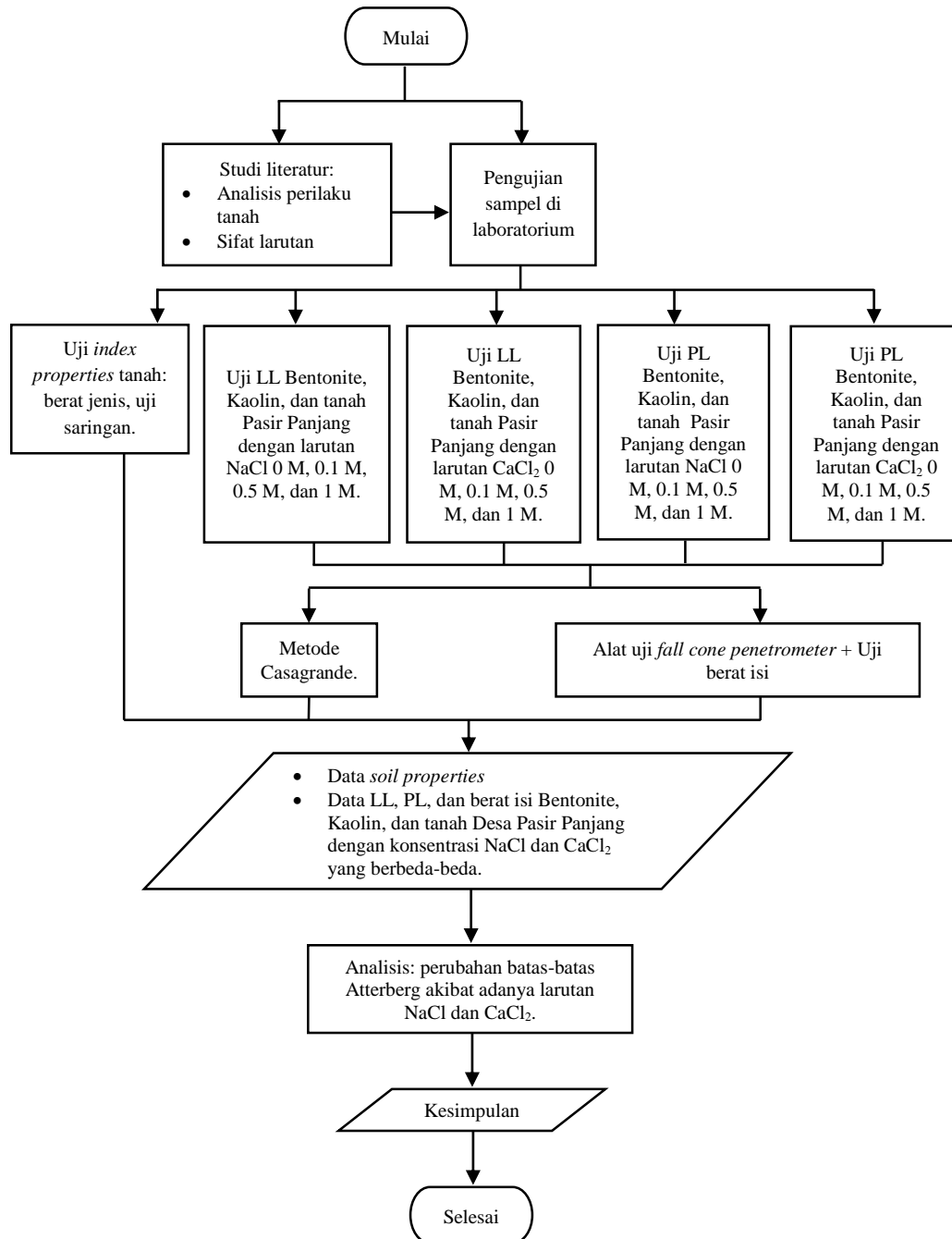
### **1.6 Sistematika Penulisan**

Penulisan ini dibagi kedalam 5 bab yaitu:

- Bab 1: Pendahuluan  
Dalam bab ini akan dibahas mengenai latar belakang, inti permasalahan, tujuan, lingkup, metodologi, dan diagram alir penelitian serta tentang sistematika penulisan.
- Bab 2: Dasar Teori  
Dalam bab ini akan dibahas mengenai teori-teori dasar yang menjadi pedoman penelitian.
- Bab 3: Metodologi Penelitian  
Dalam bab ini dijelaskan mengenai metode pengambilan sampel hingga penentuan besaran-besaran yang dicari.
- Bab 4: Data dan Analisis Data  
Dalam bab ini akan dibahas mengenai pengolahan data hasil pengujian laboratorium untuk mencapai tujuan penelitian.
- Bab 5: Kesimpulan dan Saran  
Dalam bab ini akan dibahas mengenai kesimpulan apa saja yang didapat dari hasil penelitian serta saran untuk masa depan.

## 1.7 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1.1



**Gambar 1.1** Diagram Alir Penelitian