

**SKRIPSI**

**ANALISIS PENGARUH PENGGUNAAN GROUTING SEMEN  
PORTLAND PADA TANAH LEMPUNG TERHADAP  
KONSOLIDASI DAN PENURUNAN**

Oleh :

**WINDY MAHARANI  
NIM. DAB 116 044**



**JURUSAN/PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA  
2022**

**ANALISIS PENGARUH PENGGUNAAN GROUTING SEMEN  
PORTLAND PADA TANAH LEMPUNG TERHADAP KONSOLIDASI  
DAN PENURUNAN**

**SKRIPSI**

Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan  
Program Strata-1 pada Jurusan/program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya

Oleh :

**WINDY MAHARANI**  
NIM. DAB 116 044

**Disetujui sesuai dengan revisi dalam Form Rekomendasi  
Dan Berita Acara Ujian Skripsi**

Pembimbing Utama



**(Ir. H. SURADJI GANDI, M.M.)**  
NIP. 19570706 198701 1 002

Pembimbing Pendamping



**(M. IKHWAN YANI, S.T., M.T.)**  
NIP. 19710225 199802 1 001

Mengetahui,  
Jurusan/Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya  
Ketua,



**(Dr. RUDI WULUYO, S.T., M.T.)**  
NIP. 19780608 200501 1 003

**ANALISIS PENGARUH PENGGUNAAN GROUTING SEMEN PORTLAND PADA  
TANAH LEMPUNG TERHADAP KONSOLIDASI DAN PENURUNAN**

**SKRIPSI**

Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan  
Program Strata-1 pada Jurusan/Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya

Oleh :

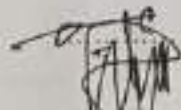
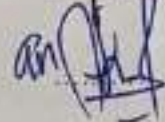
**WINDY MAHARANI**  
NIM. DAB 116 044

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji, pada:

Hari/Tanggal : Senin, 25 April 2022  
Waktu : 13.00 – 15.00 WIB  
Tempat : Ruang Sidang Sarjana (offline)

Tim Penguji :

1. **Ir. H. SURADJI GANDI, M.M.**  
NIP. 19570706 198701 1 002
2. **M. IKHWAN YANI, S.T., M.T.**  
NIP. 19710225 199802 1 001
3. **Dr. FATMA SARIE, S.T., M.T.**  
NIP. 19720219 199702 2 001
4. **OKROBIANUS HENDRI, S.T., M.T.**  
NIP. 19751001 200604 1 003

 (Pembimbing Utama/Ketua Penguji)  
..... (Pembimbing Pendamping/Sekretaris)  
..... (Penguji 3)  
 (Penguji 4)

Mengetahui:

Fakultas Teknik  
Universitas Palangka Raya  
Dekan,  
  
**Ir. WALUYO NUSWANTORO, M.T.**  
NIP. 196511191993021001

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya  
Ketua,

  
**Dr. RUDI WALUYO, S.T., M.T.**  
NIP. 197806082005011003

## BIODATA MAHASISWA

### Data Pribadi

Nama : Windy Maharani  
NIM : DAB 116 044  
Tempat, Tanggal Lahir : Jakarta, 23 Februari 1998  
Status : Belum Menikah  
Agama : Kristen Protestan  
Pekerjaan : Mahasiswa  
Alamat di Palangka Raya : Jl. Keminting XV  
No. Telp Rumah : -  
Alamat Asal : Jl. Peninggaran Timur III No. 2 RT 11 RW 09  
Email : windyginting231@gmail.com  
No.Hp : 0813 8822 1880  
No.Wa : 0813 8822 1880  
Facebook : -  
Instagram : windy\_ginting  
Line : -  
Nama Ayah : Jasmin Ginting  
Pekerjaan Ayah : -  
Alamat : -  
No.Hp : -  
Nama Ibu : Linda Ria Tarigan  
Pekerjaan Ibu : Wirausaha  
Alamat : Jl. Peninggaran Timur III No. 2 RT 11 RW 09  
No.Hp : 081218839062  
Wali : -



### Riwayat Pendidikan\*)

- TK : TK KALPATARU Jakarta Selatan (2003-2004)
- SD : SD Negeri 09 Jakarta Selatan (2004-2010)
- SLTP : SMP Negeri 185 Jakarta Selatan (2010-2013)
- SLTA : SMA 4 PSKD Jakarta Selatan (2013-2016)
- Mulai mengikuti perkuliahan Program Strata-1 pada Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Universitas Palangka Raya bulan September tahun 2016

# **LEMBAR PERSEMBAHAN**

## **TUHANKU YESUS KRISTUS**

Terima kasih Bapaku atas segala berkatMu, atas segala kebaikanMu, atas segala kasih setiaMu. Engkau selalu menolong, menjaga, menyertai dan selalu sanggupkan saya dalam setiap proses yang saya lakukan untuk menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Bukan karna kekuatan dan kegagahan saya, tapi karna Tuhan Yesus yang memampukan saya dan saya percaya waktu Tuhan pasti yang terbaik. “Kiranya diberikan-Nya kepadamu apa yang kaukehendaki dan dijadikan-Nya berhasil apa yang kaurencanakan.” Mazmur 23:5. “Jika waktunya tepat, Aku, Tuhan, yang akan mewujudkannya.” Yesaya 60:22.

## **ORANG TUA**

Terima kasih untuk kedua pahlawan superku, untuk pahlawan superku yang pertama yang telah gugur Papahku (Jasmin Ginting) dan yang kedua pahlawan superku yang selalu ada Mamahku (Linda Ria Tarigan). Ketika orang lain menutup matanya kepadaku, ketika orang lain menutup telinganya kepadaku, dan ketika aku kehilangan kepercayaan pada diri sendiri, terima kasih selalu mau mendengarkan dan selalu disisiku. Terima kasih telah memberikan kehangatan keluarga dan kasih sayang yang luar biasa. Terima kasih sudah mengajarkan Windy apa itu arti dari perjuangan yang sesungguhnya. Untuk Papah, terima kasih sudah jadi Papah terbaik, yang kuat, yang tangguh dan bertanggung jawab sampai akhir, bantu doanya dari sana Pah, supaya anak Papah ini bisa jadi anak yang kuat, tangguh seperti orang tuanya dan bisa mewujudkan keinginan Papah yang belum terpenuhi. Gelar sarjana teknik Windy punya Papah. Untuk Mamah, terima kasih karna masih percaya dan selalu dukung Windy. Terima kasih karna sudah jadi Mamah sekaligus sahabat yang mau dengerin semua cerita-ceritaku selama ini dan menjadi sosok pengganti Papah yang hebat, Tidak ada kata-kata yang bisa mengungkapkan betapa bersyukurku aku punya Mamah. Mamah tiang doa Windy. Jangan banyak pikiran, bagi masalah Mamah ke Windy, Sehat terus ya Mah, biar kita bisa sukses bareng-bareng, perjalanan kita masih panjang. Ayo kita bahagia bersama-sama. Terima kasih Papah dan Mamah.

## **KELUARGA**

Terima kasih kuucapkan kepada kakakku Gita Puspa Rani dan adikku Yosep Tambarta yang selalu jadi motivasiku untuk bisa menyelesaikan skripsi ini. Kita emang sering berantem, tapi percaya deh itu karna gua sayang sama kalian. Bahagia terus kalian. Untuk kak Sita Chrisella yang *sometimes* menjadi tempat gua bertukar pikiran juga terima kasih menjadi teman Papah dan Mamah dirumah pas gua kuliah. Dan untuk Bibikku Nurita Ginting dan keluarga terima kasih Bik, untuk dukungannya dan terima kasih doanya. Dan terima kasih juga untuk Karo Barusjulu dan Karo Semangat terima kasih karna selalu mendoakan Windy dan percaya kalo Windy bisa. Terima kasih keluargaku.

## **TEMAN-TEMAN TEKNIK SIPIL (ANGKATAN 2016)**

Terima kasih untuk teman-teman Teknik Sipil Angkatan 2016 atas segala dukungannya dan kebaikan kalian dalam kehidupan perkuliahan saya, kebaikan kalian tidak akan saya lupakan, semoga kita bisa bertemu lagi dengan keadaan sukses.

## **DOSEN JURUSAN TEKNIK SIPIL**

Terimakasih kepada Bapak dan Ibu dosen Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya, atas segala pengajaran dan bimbingannya selama saya menjadi mahasiswa Teknik Sipil UPR. Terimakasih juga saya ucapkan kepada dosen pembimbing Skripsi Saya Bapak Ir. Suradji Gandi, M.M. dan Bapak M. Ikhwan Yani, S.T., M.T, dan dosen penguji Skripsi saya Ibu Dr. Fatma Sarie, S.T., M.T dan Bapak Okrobianus Hendri, S.T., M.T. yang telah membimbing saya selama pengerjaan Skripsi ini hingga dapat terselesaikan dan terima kasih untuk ilmu dan pengajaran yang telah di ajarkan kepada saya, dan Bapak Apria B.P.Gawei, S.T., M.T. Selaku Dosen Pembimbing Akademik dan yang telah memberikan masukan-masukan dan juga semangat kepada saya sehingga skripsi ini dapat saya selesaikan dengan baik.

## **ORANG-ORANG PILIHAN**

Terima kasih untuk teman-temanku dalam grup Ayeaye, Pengendali Tanah, the gints's atas dukungan, doa, kebaikan dan dorongannya yang diberikan selama gua kuliah sehingga Skripsi ini dapat selesai dengan baik. Kalian tuh *the best ever* deh pokoknya. *Special for my mans "SUPER JUNIOR" and my boys "NCT DREAM" for accompanying me through difficult times.* Terima kasih untuk *variety show*, drama-drama maupun konten-konten yang sangat membantu dikala jenuh dan *overthinking* menyerang. Terima kasih untuk lagu-lagunya yang ga pernah absen dalam menemani malamku mengerjakan Skripsi.

***"There's a saying that goes a journey of a thousand miles begins with a single step, which dreams that been achieved will not happen without plain effort, the ugly duckling now will definitely become a beautiful swan one day"-RenjunHuang***

***"It's not that god doesn't know you're sad, but god knows you're strong"-MarkLee***

***"Being Thankful and giving thanks is one of the keys to be happy"-MarkLee***

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sungguh, bahwa Skripsi saya belum pernah dipakai sebelumnya untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi manapun. Segala kutipan dan pikiran dari berbagai sumber diungkapkan sebagaimana disebutkan lengkap dalam daftar pustaka. Apabila kemudian hari ternyata pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia menerima segala konsekuensi akibat ketidakbenaran pernyataan saya.

Palangkaraya, April 2022

Yang membuat pernyataan



**WINDY MAHARANI**

**NIM. DAB 116 044**

## RINGKASAN

**ANALISIS PENGARUH PENGGUNAAN GROUTING SEMEN PORTLAND PADA TANAH LEMPUNG TERHADAP KONSOLIDASI DAN PENURUNAN**, Windy Maharani, 2022, Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

Tanah sebagai dasar dalam konstruksi harus memiliki tanah yang baik, namun di beberapa tempat banyak tanah yang tidak memiliki sifat fisik maupun Mekanis yang baik. Tanah lempung mempunyai sifat yang mudah mengembang pada kondisi basah dan menyusut pada kondisi kering mengakibatkan rendahnya nilai kekuatan dan daya dukung tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat fisik dan sifat mekanik tanah lempung, mengetahui nilai konsolidasi dan nilai kuat tekan bebas terhadap tanah lempung dari Jl. Palangka Raya – Kuala Kurun km.96, Desa Tiwei Baru, Kecamatan Sepang, Kabupaten Gunung Mas, Kalimantan Tengah. Alternatif perbaikan tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *grouting* dengan 3 titik menggunakan cairan semen *portland* yang bertujuan mampu mengurangi atau memperkecil penurunan konsolidasi tanah, dengan variasi diameter yaitu 0,5 cm, 0,8 cm dan 1,1 cm yang tidak diperam dan yang diperam selama 3 hari.

Hasil pengujian sifat fisik tanah lempung, kadar air ( $w$ ) = 44,80%, berat isi tanah ( $\gamma$ ) = 1,72 gr/cm<sup>3</sup>, berat jenis ( $G_s$ ) = 2,67, batas-batas *Atterberg*, Batas Cair (LL) = 40,90%, Batas Plastis (PL) = 24,27%, Batas Susut (SL) = 12,76%, Indeks Plastisitas (PI) = 16,64%, Analisis saringan persentase tanah lolos saringan No.200 = 53,92%. Berdasarkan klasifikasi AASHTO tanah diklasifikasikan sebagai tanah berlempung dalam kelompok A-7-6 (6) yang termasuk ke dalam tanah berlempung dengan kondisi sedang sampai buruk dan menurut sistem USCS tanah termasuk kelompok CL, lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang.

Hasil pengujian sifat mekanik tanah didapatkan nilai konsolidasi tanah lempung asli,  $S_c$  = 0,287 cm. Setelah di-*grouting* semen *portland* dengan 3 titik variasi diameter didapat perubahan terbaik tanpa pemeraman pada diameter 1,1 cm adalah  $S_c$  = 0,1 cm dengan selisih dari  $S_c$  tanah asli ke  $S_c$  tertinggi adalah 187%. Dan pada pemeraman 3 hari pada diameter 1,1 cm adalah  $S_c$  = 0,075 dengan selisih dari  $S_c$  tanah asli ke  $S_c$  tertinggi adalah 282,67%. Hasil pengujian kuat tekan bebas tanah lempung asli didapat  $q_u$  = 0,447 kg/cm<sup>2</sup>. Setelah dilakukan *grouting* semen *portland* dengan 3 titik variasi diameter didapat perubahan terbaik tanpa pemeraman pada diameter 1,1 cm adalah  $q_u$  = 0,681 kg/cm<sup>2</sup> dengan selisih dari  $q_u$  tanah asli ke  $q_u$  tertinggi adalah 52,35%. Dan pada pemeraman 3 hari pada diameter 1,1 cm adalah  $q_u$  = 3,414 kg/cm<sup>2</sup> dengan selisih dari  $q_u$  tanah asli ke  $q_u$  tertinggi adalah 663,76% dari tanah asli).

**Kata Kunci:** Tanah Lempung, Semen *Portland*, *Grouting*, Konsolidasi, Kuat Tekan Bebas.

## SUMMARY

**ANALYSIS OF THE EFFECT OF THE USE OF PORTLAND CEMENT GROUTING ON CLAY SOIL ON CONSOLIDATION AND SETTLEMENT,** Windy Maharani, 2022, Civil Engineering Department / Program of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Palangka Raya.

*Soil as a basis in construction must have good soil, but in some places a lot of land does not have good physical or mechanical properties. Clay soil has properties that easily develop in wet conditions and shrink in dry conditions resulting in low strength value and carrying capacity of the soil. This research aims to find out the physical and mechanical properties of clay soil, knowing the value of consolidation and the value of the unconfined compression test of clay soil from Jl. Palangka Raya – Kuala Kurun km.96, Tiwei Baru Village, Sepang Subdistrict, Gunung Mas Regency, Central Kalimantan. An alternative to soil repair used in this study is the grouting method with 3 points using portland cement liquid aimed at reducing or minimizing the settlement in soil consolidation, with variations in diameter of 0.5 cm, 0.8 cm and 1.1 cm that are no ripening and ripening for 3 days.*

*The results of testing the physical properties of clay soil, water content ( $w$ ) = 44.80%, volume weight ( $\gamma$ ) = 1.72 gr/cm<sup>3</sup>, specific gravity ( $G_s$ ) = 2.67, Atterberg Limits, Liquid Limit (LL) = 40.90%, Plastic Limit (PL) = 24.27%, Shrinkage limit (SL) = 12.76%, Plasticity Index (PI) = 16.64%, Sieve Analysis of the percentage of soil passing sieve No.200 = 53.92%. Based on the AASHTO classification soil is classified as clay soil in group A-7-6(6) which belongs to the clay soil with moderate to bad conditions and according to the USCS system the soil belongs to the CL group, inorganic clay with low to moderate plasticity*

*The results of testing the mechanical properties of the soil obtained the consolidated value of the original clay soil,  $S_c = 0.287$  cm. After grouting portland cement with 3 points of diameter variation obtained the best change without ripening at a diameter of 1.1 cm is  $S_c = 0.1$  cm with the difference from  $S_c$  original soil to  $S_c$  highest is 187%. And at 3 days at a diameter of 1.1 cm is  $S_c = 0.075$  with the difference from the original soil  $S_c$  to the highest  $S_c$  is 282,67%. The test results of the unconfined compression test of original clay soil obtained  $q_u = 0.447$  kg/cm<sup>2</sup>. After grouting portland cement with 3 points of diameter variation obtained the best change without ripening at a diameter of 1.1 cm is  $q_u = 0.681$  kg/cm<sup>2</sup> with the difference from the original soil  $q_u$  to the highest  $q_u$  is 52.35%. And at 3 days at a diameter of 1.1 cm is  $q_u = 3,414$  kg/cm<sup>2</sup> with the difference from the original soil  $q_u$  to the highest  $q_u$  is 663.76%.*

**Keywords:** Clay Soil, Portland Cement, Grouting, Consolidation, Unconfined Compression Test.

## KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa oleh karena Kasih Karunia-Nya sehingga Skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Skripsi dengan judul, **“Analisis Pengaruh Penggunaan *Grouting* Semen *Portland* Pada Tanah Lempung Terhadap Konsolidasi Dan Penurunan”** ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi Program Strata-1 Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya (UPR).

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang setulusnya kepada:

1. Bapak **Ir. Waluyo Nuswantoro, M.T.** selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
2. Ibu **Frieda, S.T., M.T.** selaku Wakil Dekan Bidang Akademik Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
3. Bapak **Dr. Sutan P. Silitonga, S.T.P., S.T., M.T.** selaku Wakil Dekan Bidang Umum dan Keuangan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
4. Bapak **Dr. Deddy Nan Setya Putra Tenggara, S.T., M.T.** selaku Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
5. Bapak **Dr. Rudi Waluyo, S.T., M.T.** selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Palangka Raya.
6. Ibu **Veronika Happy P., S.T., M.T.** selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil Universitas Palangka Raya.
7. Bapak **Ir. Suradji Gandi, M.M.** selaku Dosen Pembimbing Utama Skripsi.
8. Bapak **M. Ikhwan Yani, S.T., M.T.** selaku Dosen Pembimbing Pendamping

Skripsi.

9. Ibu **Dr. Fatma Sarie, S.T., M.T.** selaku Dosen Pembahas/Penelaah Skripsi 1.
10. Bapak **Okrobianus, S.T., M.T.** selaku Dosen Pembahas/Penelaah Skripsi 2.
11. Bapak **Raden Haryo Saputra, S.T., M.T.** selaku Moderator Skripsi.
12. Bapak **Apria B.P. Gawei, S.T., M.T.** selaku Dosen Pembimbing Akademik.
13. Seluruh Dosen Jurusan/Program Studi Teknik Sipil beserta Staf Tata Usaha Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
14. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Sipil angkatan 2016 dan semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Skripsi ini.
15. Kedua Orangtua Saya yang telah membatu saya baik secara moril maupun material selama pelaksanaan penyelesaian Skripsi.

Akhir kata dengan segala hormat dan kerendahan hati Penulis menyadari sepenuhnya bahwa pada penulisan Skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan dan kesalahan, oleh sebab itu penulis mohon maaf dan mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak. Terima Kasih.

Palangka raya, April 2022

**WINDY MAHARANI**  
NIM. DAB 116 044

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PERSETUJUAN.....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>BIODATA PENULIS.....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PERSEMBAHAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>SURAT PERNYATAAN.....</b>	<b>vi</b>
<b>RINGKASAN.....</b>	<b>vii</b>
<b><i>SUMMARY</i>.....</b>	<b>viii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xviii</b>
<b>I    PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Lokasi Penelitian.....	4
<b>II   TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Tanah.....	6

2.2	Klasifikasi Tanah.....	6
2.2.1	Sistem Klasifikasi Tanah <i>Unified Soil Classification System</i> (USCS) .....	7
2.3	Tanah Lempung.....	9
2.4	Semen <i>Portland</i> .....	9
2.5	<i>Grouting</i> .....	10
2.6	Konsolidasi .....	10
2.7	Sifat-Sifat Fisik Tanah.....	11
2.7.1	Kadar Air .....	11
2.7.2	Berat Jenis.....	11
2.7.3	Berat Volume/Isi Tanah.....	12
2.7.4	Batas <i>Atterberg</i> .....	12
2.7.5	Analisa Saringan.....	14
2.7.6	Analisa Hidrometer.....	15
2.8	Sifat Mekanik Tanah .....	16
2.8.1	Uji Konsolidasi Satu Dimensi (Terzaghi) .....	16
2.8.2	Uji Kuat Tekan Bebas ( <i>Unconfined Compression Test/UCT</i> )	29

### **III METODE PENELITIAN**

3.1	Pengambilan Sampel Tanah .....	34
3.2	Penelitian Di Laboratorium .....	34
3.3	Perencanaan <i>grouting</i> dan Pengujian Konsolidasi .....	34
3.4	Analisi Data .....	36
3.5	Bagan Alir Penelitian.....	37

<b>IV</b>	<b>HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1	Umum .....	38
4.2	Hasil Penelitian Sifat Fisik Tanah .....	38
4.2.1	Hasil Pemeriksaan Sifat-Sifat Fisik Tanah.....	38
4.2.2	Klasifikasi Tanah.....	39
4.3	Hasil Penelitian Sifat Mekanik Tanah .....	43
4.3.1	Hasil Pengujian Konsolidasi.....	43
4.3.2	Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas .....	56
<b>V</b>	<b>KESIMPULAN .....</b>	<b>60</b>
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem <i>Unified</i> .....	8
Tabel 2.2 Hubungan untuk Indeks Pemadatan $C_c$ (Rendon-Herro,1990) ..	22
Table 2.3 Pemadatan dan Pemuaian Tanah Asli .....	22
Table 2.4 Contoh Tabel Pemeriksaan Konsolidasi .....	29
Tabel 2.5 Contoh Tabel Pemeriksaan Uji Tekan Bebas .....	31
Tabel 2.6 Penelitian Terdahulu .....	32
Tabel 2.7 Lanjutan Penelitian Terdahulu .....	33
Tabel 4.1 Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Pada Tanah Lempung Asli .....	39
Tabel 4.2 Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO .....	41
Tabel 4.3 Pengujian Konsolidasi Pada Sampel Tanah Lempung Asli .....	43
Tabel 4.4 Kadar Air dan Berat Isi Sampel Tanah Lempung Asli .....	44
Tabel 4.5 Angka Pori dan Derajat Kejenuhan Sampel Tanah Lempung Asli	44
Tabel 4.6 Ukuran Ring Sampel Tanh lempung Asli .....	45
Tabel 4.7 Perhitungan Korfisien Konsolidasi ( $C_v$ ) Sampel Tanah Lempung Asli .....	47
Tabel 4.8 Perhitungan Permeabilitas ( $K$ ) Sampel Tanah Lempung Asli ....	48
Tabel 4.9 Hubungan Angka Pori dengan Tegangan Sampel Tanah Lempung Asli diambil dari Tabel 4.7 .....	48
Tabel 4.10 Nilai $C_v(t_{50})$ dan $C_v(t_{90})$ pada Sampel Tanah Lempung Asli diambil dari Tabel 4.7 .....	49
Tabel 4.11 Rekapitulasi Pengujian Konsolidasi dengan Variasi Diameter.	52

Tabel 4.12 Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Lempung Asli.....	56
Tabel 4.13 Rekapitulasi Uji Kuat Tekan Bebas dengan Variasi Diameter .	57

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Lokasi Penelitian .....	5
Gambar 2.1 Lapisan Lempung yang Mengalami Konsolidasi .....	17
Gambar 2.2 Konsolidometer .....	18
Gambar 2.3 Grafik Waktu Pemampatan Selama Konsolidasi Untuk Suatu Penambahan Beban Yang Diberikan .....	18
Gambar 2.4 Perubahan Tinggi Contoh Tanah Pada Uji Konsolidasi Satu Dimensi .....	19
Gambar 2.5 Bentuk Grafik E Vs Log P .....	21
Gambar 2.6 Indeks Pemampatan $C_c$ .....	23
Gambar 2.7 Hubungan Angka Pori dan Tekanan Efektif .....	24
Gambar 2.8 Metode Logaritma Waktu .....	27
Gambar 2.9 Metode Akar Waktu .....	28
Gambar 3.1 Sedotan Stainless .....	35
Gambar 3.2 Suntikan Alat Penginjeksian .....	35
Gambar 3.3 Sketsa Sampel Diameter <i>Grouting</i> Semen <i>Portland</i> untuk Uji Konsolidasi .....	36
Gambar 3.4 Sketsa Sampel Diameter <i>Grouting</i> Semen <i>Portland</i> untuk Uji Kuat Tekan Bebas .....	36
Gambar 3.5 Bagan Alir Penelitian .....	37
Gambar 4.1 Grafik Hubungan Batas Cair dan Indeks Plastisitas AASHTO	40
Gambar 4.2 Grafik Hubungan Batas USCS .....	42

Gambar 4.3	Grafik Nilai $t_{90}$ pada Beton 1 kg Sampel Tanah Lempung Asli	45
Gambar 4.4	Grafik Nilai $t_{50}$ pada Bebas 1 kg Sampel Tanah Lempung Asli	46
Gambar 4.5	Grafik Penentuan Tekanan Pra Konsolidasi pada Sampel Tanah Lempung Asli .....	49
Gambar 4.6	Grafik Hubungan $C_v$ ( $t_{50}$ ) dengan Tekanan Sampel Tanah Lempung Asli .....	50
Gambar 4.7	Grafik Hubungan $C_v$ ( $t_{90}$ ) dengan Tekanan Sampel Tanah Lempung Asli .....	50
Gambar 4.8	Grafik Hubungan $C_v$ ( $t_{50}$ ) dengan Variasi Diameter .....	52
Gambar 4.9	Grafik Hubungan $C_v$ ( $t_{90}$ ) dengan Variasi Diameter .....	53
Gambar 4.10	Grafik Hubungan index Pemampatan ( $C_c$ ) dengan Variasi Diameter.....	54
Gambar 4.11	Grafik Hubungan Penurunan Konsolidasi ( $S_c$ ) dengan Variasi Diameter .....	55
Gambar 4.12	Grafik Uji Kuat Tekan Bebas Pada Tanah Lempung Asli ..	57
Gambar 4.13	Grafik Hubungan Kuat Tekan Bebas ( $q_u$ ) dengan Variasi Diameter.....	58
Gambar 4.14	Grafik Hubungan Kuat Geser ( $C_u$ ) dengan Variasi Diameter	59

## **DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
LAMPIRAN 1 Dokumentasi Penelitian Di Lapangan .....	67
LAMPIRAN 2 Dokumentasi Penelitian Sifat Fisik Tanah .....	68
LAMPIRAN 3 Dokumentasi Penelitian Sifat Mekanik Tanah .....	71
LAMPIRAN 4 Laporan Hasil Data Penelitian Di Laboratorium.....	74

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Tanah adalah akumulasi partikel mineral yang tidak mempunyai/lemah ikatan antar partikelnya, yang terbentuk karena pelapukan dari batuan (Craig, 1987). Lalu, di dalam pandangan teknik sipil, tanah adalah himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*). (Hardiyatmo, 1992).

Tanah lempung merupakan agregat partikel-partikel berukuran mikroskopik dan sub mikroskopik yang berasal dari pembusukan kimiawi unsur-unsur penyusun batuan, dan bersifat plastis dalam selang kadar air sedang sampai luas. Dalam keadaan kering sangat keras, dan tak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan. Selain itu, permeabilitas lempung sangat rendah (Terzaghi, 1987).

Tanah sebagai dasar dalam pembangunan suatu konstruksi harus mempunyai tanah yang baik. Akan tetapi di beberapa tempat banyak tanah yang tidak memiliki sifat-sifat fisik maupun Mekanis yang baik. Dalam penelitian ini salah satu alternatif yang dilakukan untuk perbaikan tanah agar lebih stabil adalah dengan melakukan metode *grouting* menggunakan cairan semen *portland*. Penambahan cairan semen atau bahan kimia lain bertujuan untuk memperbaiki kekuatan pada lapisan tanah di bawah pondasi. Tanah lempung yang digunakan berasal dari Jl. Palangka Raya – Kuala kurun km. 96, Desa Tiwei Baru, Kecamatan Sepang, Kabupaten Gunung Mas, Kalimantan Tengah. Dengan titik koordinat

lokasi 1°28'25.6"S 113°55'23.3"E. Karena di lokasi tersebut banyak jalan yang mengalami kerusakan seperti jalan berlubang, retak-retak, dan bergelombang.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana sifat fisik dan mekanik tanah lempung asli di Jl. Palangka Raya – Kuala kurun km. 96, Desa Tiwei Baru, Kecamatan Sepang, Kabupaten Gunung Mas, Kalimantan Tengah?
2. Berapa besar penurunan konsolidasi dan nilai kuat tekan bebas terhadap tanah lempung asli?
3. Bagaimana pengaruh penggunaan *grouting* semen *portland* terhadap penurunan konsolidasi dan nilai kuat tekan bebas?
4. Bagaimana pengaruh penggunaan terhadap penambahan *grouting* semen *portland* pada tanah lempung hasil pengujian penurunan konsolidasi dan nilai kuat tekan bebas?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisa sifat fisik dan mekanik tanah lempung asli di Jl. Palangka Raya – Kuala kurun km. 96, Desa Tiwei Baru, Kecamatan Sepang, Kabupaten Gunung Mas, Kalimantan Tengah.
2. Menganalisa besar nilai penurunan konsolidasi dan nilai kuat tekan bebas terhadap tanah lempung asli.
3. Menganalisa pengaruh penggunaan *grouting* semen *portland* terhadap penurunan konsolidasi dan nilai kuat tekan bebas.

4. Menganalisa pengaruh pemeraman terhadap penggunaan *grouting* semen *portland* pada tanah lempung hasil pengujian penurunan konsolidasi dan nilai kuat tekan bebas.

#### 1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini yaitu:

1. Pengujian dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Palangaka Raya.
2. Sample tanah Lempung yang digunakan diambil di Jl. Palangka Raya – Kuala kurun km. 96, Desa Tiwei Baru, Kecamatan Sepang, Kabupaten Gunung Mas, Kalimantan Tengah.
3. Sampel tanah yang diambil pada kedalaman 0,5 m.
4. Semen *portland* yang digunakan adalah semen *portland* tipe 1.
5. Pengujian sifat fisik tanah lempung meliputi:
  - a. Pengujian Kadar Air
  - b. Pengujian Berat Volume
  - c. Pengujian Berat Jenis
  - d. Pengujian Batas-batas *Atterberg*
  - e. Pengujian Analisis Saringan
  - f. Pengujian Analisis Hidrometer
6. Pengujian sifat mekanik tanah lempung meliputi :
  - a. Pengujian Konsolidasi
  - b. Pengujian Kuat Tekan Bebas

7. Perencanaan diameter *grouting* semen *portland* pada sampel tanah dengan metode coba-coba (*trial and error*) adalah  $d_1 = 0,5$  cm,  $d_2 = 0,8$  cm, dan  $d_3 = 1,1$  cm sebanyak 3 titik tanpa pemeraman dan pemeraman selama 3 hari.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini diharapkan:

1. Melalui penelitian ini diharapkan dapat memperoleh pengetahuan mengenai pemanfaatan tanah lempung dan dapat meminimalisir kerusakan pada struktur bangunan di atas tanah lempung.
2. Penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai acuan dalam perancangan stabilisasi dan perkuatan tanah dasar pada daerah tanah lempung.
3. Diharapkan pula penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan informasi juga bahan referensi lebih lanjut dibidang geoteknik terutama pada tanah-tanah yang bermasalah.

### 1.6 Lokasi Penelitian

Lokasi pengambilan sampel tanah dilakukan di Jl. Palangka Raya – Kurun km. 96, Desa Tiwei Baru, Kecamatan Sepang, Kabupaten Gunung Mas, Kalimantan Tengah. Dengan titik koordinat lokasi  $1^{\circ}28'25.6''S$   $113^{\circ}55'23.3''E$ .



Sumber : Google Earth, (2021)

**Gambar 1.1 Lokasi Penelitian**



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tanah

Tanah dapat didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut (Das, 1995).

Tanah (*soil*) menurut teknik sipil dapat didefinisikan sebagai sisa atau produk yang dibawa dari pelapukan batuan dalam proses geologi yang dapat digali tanpa peledakan dan dapat ditembus dengan peralatan pengambilan contoh (*sampling*) pada saat pengeboran (Hendarsin, 2000).

#### 2.2 Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tetapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok-kelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi memberikan suatu bahasa yang mudah untuk menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi tanpa penjelasan yang terinci (Das, 1995).

Tujuan klasifikasi tanah adalah untuk menentukan kesesuaian terhadap pemakaian tertentu, serta untuk menginformasikan tentang keadaan tanah dari suatu daerah kepada daerah lainnya dalam bentuk berupa data dasar. Klasifikasi tanah juga berguna untuk studi yang lebih terinci mengenai keadaan tanah tersebut serta kebutuhan akan pengujian untuk menentukan sifat teknis tanah seperti karakteristik

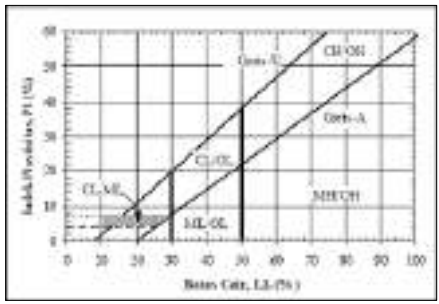
pemadatan, kekuatan tanah, berat isi, dan sebagainya (Bowles, 1989).

### 2.2.1 Sistem Klasifikasi Tanah *Unified Soil Classification System* (USCS)

Sistem klasifikasi tanah *unified* atau *Unified Soil Classification System* (USCS) diajukan pertama kali oleh *Casagrande* dan selanjutnya dikembangkan oleh *United State Bureau of Reclamation* (USBR) dan *United State Army Corps of Engineer* (USACE). Kemudian *American Society for Testing and Materials* (ASTM) memakai USCS sebagai metode standar untuk mengklasifikasikan tanah. Dalam bentuk sekarang, sistem ini banyak digunakan dalam berbagai pekerjaan geoteknik. Sistem klasifikasi USCS mengklasifikasikan tanah ke dalam dua kategori utama yaitu :

- a. Tanah berbutir kasar (*coarse-grained soil*), yaitu tanah kerikil dan pasir yang kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos saringan No. 200. Simbol untuk kelompok ini adalah G untuk tanah berkerikil dan S untuk tanah berpasir. Selain itu juga dinyatakan gradasi tanah dengan simbol W untuk tanah bergradasi baik dan P untuk tanah bergradasi buruk.
- b. Tanah berbutir halus (*fine-grained soil*), yaitu tanah yang lebih dari 50% berat contoh tanahnya lolos dari saringan No. 200. Simbol kelompok ini adalah C untuk lempung (*clay*) anorganik, dan O untuk lanau organik. Simbol PT digunakan untuk tanah gambut (*peat*), dan tanah dengan kandungan organik tinggi. Plastisitas dinyatakan dengan L untuk plastisitas rendah dan H untuk plastisitas tinggi.

Tabel 2.1 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem *Unified*

Divisi Utama		Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi		
Tanah berbutir kasar $\geq 50\%$ butiran tertahan saringan No. 200	Kerikil 50% $\geq$ fraksi kasar tertahan saringan No. 4	Kerikil bersih (hanya kerikil)	GW	Krikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$C_u = \frac{D_{60} > 4}{D_{10}}$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} - \text{Antara 1 dan 3}$ <p>Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW</p>	
			GP	Krikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		
		Kerikil dengan Butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau		
			GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung		
	Pasir $\geq 50\%$ fraksi kasar lolos saringan No. 4	Pasir bersih (hanya pasir)	SW	Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$C_u = \frac{D_{60} > 6}{D_{10}}$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} - \text{Antara 1 dan 3}$ <p>Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW</p>	
			SP	Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		
		Pa sir dengan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau		<p>Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau <math>PI &lt; 4</math></p> <p>Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau <math>PI &gt; 7</math></p> <p>Bila batas <i>Atterberg</i> berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol</p>
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung		
	Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200	Lanau dan lempung batas cair $\leq 50\%$	ML	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung	<p>Klasifikasi berdasarkan prosentase butiran halus ; Kurang dari 5% lolos saringan no. 200: GM, GP, SW, SP. Lebih dari 12% lolos saringan no. 200 : GM, GC, SM, SC. 5% - 12% lolos saringan No. 200 : Batasan klasifikasi yang mempunyai simbol doblel</p> <p>Diagram Plastisitas:</p> <p>Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar. Batas <i>Atterberg</i> yang termasuk dalam daerah yang di arsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.</p>  <p>Garis A : <math>PI = 0.73 (LL-20)</math></p>	
			CL	Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" ( <i>lean clays</i> )		
			OL	Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah		
		Lanau dan lempung batas cair $\geq 50\%$	MH	Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis		
CH			Lanau anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" ( <i>fat clays</i> )			
OH			Lempung organic dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi			
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi			PT	<i>Peat</i> (gambut), <i>muck</i> , dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi		Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM <i>Designation</i> D-2488

Sumber : Hary Christady, 1996

### 2.3 Tanah Lempung

Sifat-sifat yang dimiliki oleh tanah lempung yaitu memiliki butiran halus yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm, permeabilitas rendah, kenaikan air kapiler tinggi, bersifat sangat kohesif, kadar kembang susut yang tinggi, proses konsolidasi lambat (Hardiyatmo, 1992).

Tanah butiran halus khususnya tanah lempung akan banyak dipengaruhi oleh air. Sifat pengembangan tanah lempung yang dipadatkan akan lebih besar pada lempung yang dipadatkan pada kering optimum dari pada yang dipadatkan pada basah optimum. Lempung yang dipadatkan pada kering optimum relative kekurangan air oleh karena itu lempung ini mempunyai kecenderungan yang lebih besar untuk meresap air sebagai hasilnya adalah sifat mudah mengembang (Hardiyatmo, 2001).

### 2.4 Semen *Portland*

Semen *Portland* ialah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara mengiling terak semen *Portland* terutama yang terdiri atas kalsium silikat ( $x\text{CaO}.\text{SiO}_2$ ) yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk Kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain (SNI 15-2049-2004).

Semen *Portland* tipe I dipergunakan untuk pengerasan jalan, gedung, jembatan, dan jenis konstruksi beton lainnya. Jenis semen *Portland* tipe I ini termasuk semen umum yang banyak digunakan masyarakat. Dan semen *Portland* tipe I yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Toko Bangunan yang terletak di Kota Palangka Raya.

## 2.5 *Grouting*

Menurut *Bowles*, dalam bukunya yang berjudul “*Geotechnical Analysis*” (hal. 78), yang dimaksud dengan *Grouting* (sementasi) adalah proses dimana material-material cair, baik dalam bentuk suspensi ataupun larutan yang dimasukkan ke bawah permukaan tanah ataupun batu yang bertujuan untuk mengurangi permeabilitas (penyebaran), meningkatkan kekuatan geser, dan mengurangi kompresibilitas (penekanan).

Maksud dan tujuan *Grouting* adalah untuk menyuntikkan bahan berupa campuran semen atau bahan kimia lain dan air ke dalam lapisan tanah dengan tujuan untuk memperbaiki kekuatan dan daya dukung lapisan tanah di bawah pondasi, juga untuk menurunkan koefisien permeabilitas tanah sehingga pergerakan tanah dapat diatasi. Bahan suspensi *grouting* umumnya menggunakan material berupa : betonit, semen, kapur, aspal, serta bahan larutan lain berupa bahan kimiawi.

## 2.6 **Konsolidasi**

Menurut *Bowles* (1986) selang waktu timbulnya penurunan konsolidasi ditentukan oleh kecepatan hilangnya kadar pori yang disebabkan oleh beban statis dalam waktu yang cukup lama, sehingga butiran tanah semakin rapat dan semakin erat dan menyebabkan air dan udara yang terkandung di dalamnya terusir menuju tempat lain yang memiliki tekanan lebih rendah. Konsolidasi merupakan proses yang terjadi pada lempung dan lanau yang jenuh air. Pada lempung, Keadaannya berbeda dari pasir, dan lebih rumit. (*wesley*, 2010).

Umumnya konsolidasi akan berlangsung secara vertikal. Karena lapisan yang terkena beban itu tidak dapat bergerak dalam horizontal (ditahan oleh tanah

sekelilingnya). Hal yang perlu diketahui mengenai konsolidasi ialah besarnya penurunan yang akan terjadi dan kecepatan penurunan.

## 2.7 Sifat-Sifat Fisik Tanah

Sifat fisik tanah merupakan sifat tanah yang berhubungan dengan bentuk/kondisi tanah asli, yang termasuk diantaranya adalah tekstur, struktur, porositas, stabilitas, konsistensi warna maupun suhu tanah.

Untuk mendapatkan sifat-sifat fisik tanah, ada beberapa ketentuan yang harus diketahui terlebih dahulu, diantaranya adalah sebagai berikut :

### 2.7.1 Kadar Air

Kadar air suatu tanah adalah perbandingan antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat kering tanah yang dinyatakan dalam persen (ASTM D 2216-71).

$$W = \frac{w_w}{w_s} \times 100\% \quad (2-14)$$

Dimana :

- $W$  : kadar air (%)
- $w_w$  : Berat air (gram)
- $w_s$  : Berat tanah kering (gram)

### 2.7.2 Berat Jenis

Sifat fisik tanah dapat ditentukan dengan mengetahui berat jenis tanahnya dengan cara menentukan berat jenis yang lolos saringan No. 200 menggunakan labu ukur (ASTM D 854-58).

Berat spesifik atau berat jenis (*specific gravity*) tanah ( $G_s$ ) adalah perbandingan antara berat volume butiran padat dengan berat volume air pada temperatur 4<sup>0</sup>C. Seperti terlihat pada persamaan di bawah ini :

$$G_s = \frac{(W_2 - W_1)}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)} \quad (2-15)$$

Dimana :  $G_s$  : berat jenis

$W_1$  : berat picnometer (gram)

$W_2$  : berat picnometer dan bahan kering (gram)

$W_3$  : berat picnometer bahan dan air (gram)

$W_4$  : berat picnometer dan air (gram)

### 2.7.3 Berat Volume/Isi Tanah

Berat isi tanah adalah berat suatu volume tanah dalam keadaan utuh, dinyatakan dalam  $\text{gram/cm}^3$ . Kalau dalam berat jenis tanah yang dimaksud dalam volume tanah, hanya volume padatan tanah saja, sedangkan untuk berat isi volume tanah dalam hal ini termasuk dalam bahan padat dan ruang pori (ASTM D-2216-71).

Berat volume kering ( $\gamma_d$ ) adalah perbandingan antar berat butiran dengan berat total yaitu :

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} (\text{gr/cm}^3) \quad (2-16)$$

Berat volume basah ( $\gamma_b$ ) adalah perbandingan antara butiran tanah termasuk air dan udara dengan volume total yaitu :

$$\gamma_b = \frac{W_w + W_s}{V} (\text{gr/cm}^3) \quad (2-17)$$

### 2.7.4 Batas Atterberg

Batas Atterberg adalah batas konsistensi dimana keadaan tanah melewati keadaan lainnya dan terdiri atas batas cair, batas plastis dan indek plastisitas.

**a. Batas Cair (*liquid limit*)**

Batas cair adalah kadar air minimum dimana tanah tidak mendapat gangguan dari luar. (Scott. C. R, 1994). Sifat fisik tanah dapat ditentukan dengan mengetahui batas cair suatu tanah, tujuannya adalah untuk menentukan kadar air suatu jenis tanah pada batas antara keadaan plastis dan keadaan cair. Batas cair ditentukan dari alat uji Casagrande. (ASTM D 43-66).

$$LL = \frac{W_1 - W_2}{PI \log \left( \frac{N_2}{N_1} \right)} \quad (2-18)$$

Dimana :     W     : Kadar air (%)  
               N     : jumlah pukulan

**b. Batas Plastis (*Plastic Limit*)**

Batas plastis adalah kadar air minimum dimana tanah dapat dibentuk secara plastis. Tujuannya adalah untuk menentukan kadar air suatu jenis tanah pada keadaan batas antara keadaan plastis dan keadaan semi padat. (ASTM D 424-74).

$$LI = \frac{\omega - PL}{PI} \quad (2-19)$$

Dimana :     LI     : *Liquidity Index*  
               PL     : Batas Plastis  
               PI     : *Plastic Index*  
                $\omega$      : Kadar Air (%)

**c. Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*)**

Indeks plastisitas adalah selisih batas cair dan batas plastis. Seperti pada persamaan berikut :

$$PI = LL - PL \quad (2-20)$$

Dengan :     PI     : Plastic index

LL : Liquid limit

PL : Plastic limit

Indeks plastisitas (PI) merupakan interval kadar air di mana tanah bersifat plastis. Karena itu, indeks plastisitas menunjukkan sifat keplastisan tanah.

**d. Batas Susut (*Shrinkage Limit*)**

Batas Susut (*Shrinkage Limit*),  $w_s$  adalah batas kadar air dimana tanah dengan kadar air di bawah nilai tersebut tidak menyusut lagi (tidak berubah volume). (ASTM D 39-74).

$$S_L = \omega - \frac{V - V_o}{W_o} \times 100 \quad (2-21)$$

Dimana :

- $S_L$  : Batas Susut (%)
- $\omega$  : Kadar Air (%)
- $V$  : Volume Contoh Tanah Basah (ml)
- $V_o$  : Volume Contoh Tanah Kering (ml)
- $W_o$  : Massa Contoh Tanah Kering (g)

**2.7.5 Analisa Saringan**

Analisa saringan tanah adalah penentuan persentase berat butiran pada satu unit saringan, dengan ukuran diameter lubang tertentu (Hardiyatmo, 1992). Tujuan akhir dari analisa saringan adalah untuk memberikan nama dan mengklasifikasikan, sehingga dapat diketahui sifat-sifat fisik tanah. (ASTM D 422-63)

$$Pi = \frac{W_{bi} - W_{ci}}{W_{tot}} \times 100\% \quad (2-22)$$

Dimana :

- Pi : Berat tanah yang tertahan disaringan (%)
- W<sub>bi</sub> : Berat saringan dan sample (gram)

$W_{ci}$  : Berat saringan (gram)

$W_{tot}$  : Berat total sample (gram)

### 2.7.6 Analisa Hidrometer

Analisa hidrometer adalah metode untuk menghitung distribusi ukuran butir tanah berdasarkan sedimentasi tanah dalam air, kadang disebut juga uji sedimentasi. Tujuan pengujian analisis hidrometer adalah untuk mengetahui persentasi butiran tanah dan susunan butiran tanah (gradasi) dari suatu jenis tanah yang lolos saringan No. 200 ( $\varnothing$  0,075 mm). Manfaatnya adalah untuk perbandingan dengan sifat tanah yang ditentukan dari uji batas-batas Atterberg dan untuk mengetahui aktivitas tanah. (ASTM D 442-63)

$$v = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{18\eta} \times D^2 \quad (2-23)$$

$$D = \sqrt{\frac{30\eta}{(G_s - 1)\gamma_w}} \times \sqrt{\frac{L \text{ (cm)}}{t \text{ (menit)}}$$

- Dimana :
- $v$  : Kecepatan mengendap
  - $\gamma_s$  : Berat volume partikel tanah
  - $\gamma_w$  : Berat volume air
  - $\eta$  : Kekentalan air
  - $D$  : Diameter partikel tanah (mm)
  - $G_s$  : Berat jenis
  - $K$  : Fungsi dari  $G_s$  yang tergantung temperatur uji
  - $L$  : Kedalaman Effektif (cm)
  - $t$  : Waktu pengendapan (menit)

## 2.8 Sifat Mekanik Tanah

Sifat mekanik tanah merupakan sifat perilaku dari struktur massa tanah pada suatu gaya atau tekanan yang dijelaskan secara teknis Mekanis.

### 2.8.1 Uji Konsolidasi Satu Dimensi (Terzaghi)

Berdasarkan teori Terzaghi apabila penekanan suatu lapisan tanah tergantung pada waktu, pengaruhnya disebut penurunan konsolidasi atau lebih biasa disebut konsolidasi. Teori umum yang mencakup tekan pori dan tegangan efektif adalah salah satu hal yang dikembangkan pada awalnya oleh Terzaghi selama tahun 1920-1924 (Joseph E. Bowles, 1995).

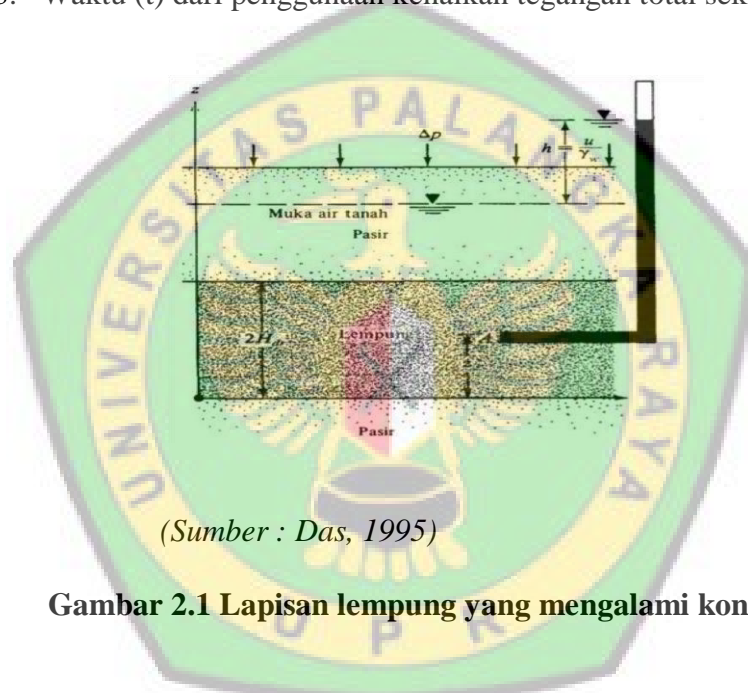
Teori konsolidasi Terzaghi membuat asumsi-asumsi berikut (Craig R.F, 1989) :

1. Tanah adalah homogen
2. Tanah adalah jenuh sempurna
3. Partikel padat tanah dan partikel air tidak kompresibel
4. Kompresi dan aliran adalah satu dimensi (vertikal)
5. Regangan kecil
6. Hukum Darcy berlaku untuk semua gradien hidrolis
7. Koefisien permeabilitas dan koefisien kompresibilitas volume tetap konstan selama proses berlangsung
8. Terdapat hubungan khusus (unik), tidak tergantung waktu, antara angka pori dengan tegangan efektif.

Pembatasan yang paling utama dari teori Terzaghi adalah asumsi 8. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa hubungan antara angka pori dan tegangan efektif tergantung terhadap waktu.

Teori ini berhubungan dengan besaran-besaran dibawah ini:

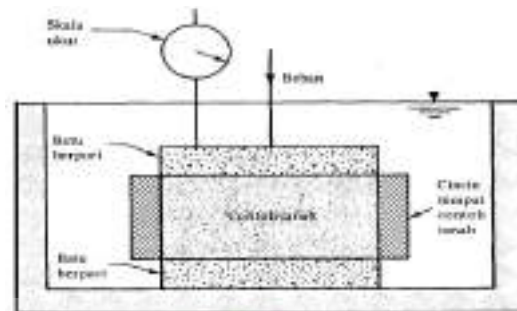
1. Tekanan air pori berlebihan ( $u$ ).
2. Kedalaman ( $z$ ) dibawah lapisan lempung teratas.
3. Waktu ( $t$ ) dari penggunaan kenaikan tegangan total seketika.



**Gambar 2.1 Lapisan lempung yang mengalami konsolidasi**

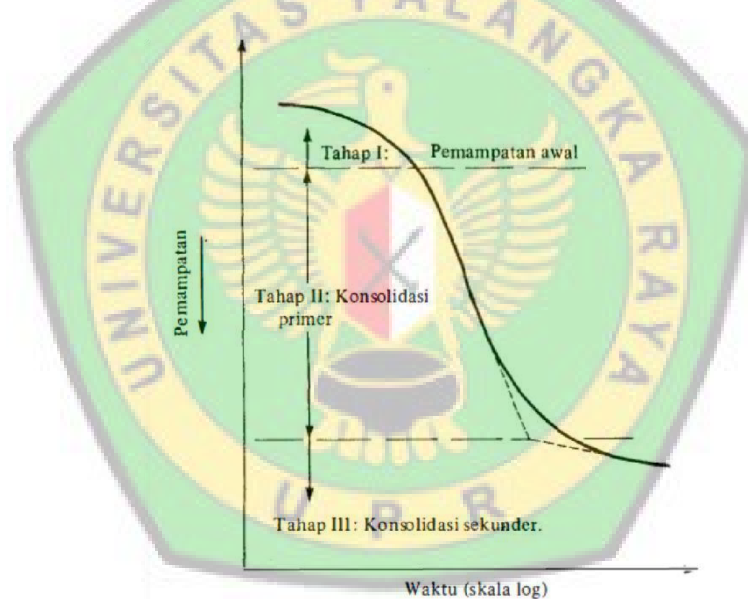
Prosedur untuk melakukan uji konsolidasi satu-dimensi pertama-tama diperkenalkan oleh Terzaghi. Uji tersebut dilakukan di dalam sebuah konsolidometer atau oedometer. Skema konsolidometer ditunjukkan dalam Gambar 2.1. Pada umumnya, bentuk grafik yang menunjukkan hubungan antara pemampatan dan waktu adalah seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.2. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa ada tiga tahapan yang berbeda yang dapat dijalankan sebagai berikut:

Tahap I : Pemampatan awal (*initial compression*), yang pada umumnya adalah disebabkan oleh pembebanan awal (*preloading*).



( Sumber : Das, 1995 )

**Gambar 2.2 Konsolidometer**



( Sumber : Das, 1995 )

**Gambar 2.3 Grafik waktu-pemampatan selama konsolidasi untuk suatu penambahan beban yang diberikan**

Tahap II : Konsolidasi primer (*primary consolidation*), yaitu periode selama tekanan air pori secara lambat laun dipindahkan kedalam tegangan efektif, sebagai akibat dari keluarnya air dari pori-pori tanah.

Tahap III : Konsolidasi sekunder (*secondary consolidation*), yang terjadi setelah tekanan air pori hilang seluruhnya. Pemampatan yang terjadi disini adalah disebabkan oleh penyesuaian yang bersifat plastis dari butir-butir tanah.

### 1. Grafik Angka Pori – Tekanan

Setelah mendapatkan data yang langsung diperoleh dari suatu uji konsolidasi disajikan dalam bentuk penurunan (pembacaan alat ukur) terhadap waktu. Berikut ini adalah tahapan dalam perhitungan untuk membuat grafik angka pori-tegangan (Braja M.Das, 1995) :

1. Hitung tinggi butiran padat,  $H_s$  pada contoh tanah :

$$H_s = \frac{W_s}{A G_s \gamma_w} \quad (2-24)$$

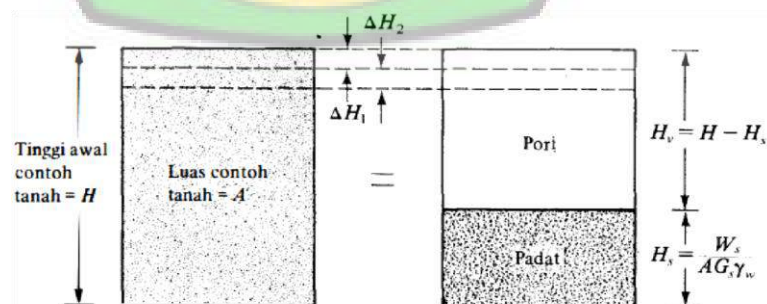
Dimana :  $W_s$  : Berat kering contoh tanah

$A$  : Luas penampang contoh tanah

$G_s$  : Berat spesifik contoh tanah

$\gamma_w$  : Berat volume air

2. Hitung tinggi awal dari ruang pori  $H_v$  :



(Sumber : Das, 1995)

**Gambar 2.4** Perubahan tinggi contoh tanah pada uji konsolidasi satu dimensi

$$H_v = H - H_s \quad (2-25)$$

Dimana :  $H$  = Tinggi awal contoh tanah

3. Hitung angka pori awal  $e_o$  dari contoh tanah :

$$e_o = \frac{V_v}{V_s} = \frac{H_v A}{H_s A} = \frac{H_v}{H_s} \quad (2-26)$$

Untuk penambahan beban pertama  $p_1$  (beban total / luas penampang contoh tanah yang menyebabkan penurunan  $\Delta H_1$ , hitung perubahan angka pori  $\Delta e_1$  :

$$\Delta e_1 = \frac{\Delta H_1}{H_s} \quad (2-27)$$

Dimana :  $\Delta H_1$  didapatkan dari pembacaan awal dan akhir pada skala ukur untuk beban sebesar  $p_1$

4. Hitung angka pori yang baru,  $e_1$  setelah konsolidasi yang disebabkan oleh penambahan tekanan  $p_1$  :

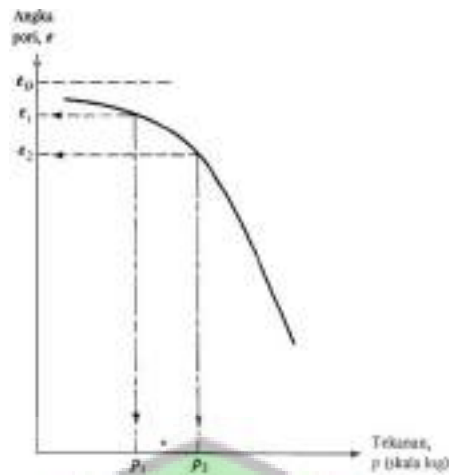
$$e_1 = e_o - \Delta e_1 \quad (2-28)$$

Dimana : Untuk beban berikutnya, yaitu  $p_2$  yang menyebabkan penambahan pemampatan sebesar  $\Delta H_2$ , angka pori  $e_2$  pada saat akhir konsolidasi dapat dihitung:

$$e_2 = e_1 - \frac{\Delta H_2}{H_s} \quad (2-29)$$

Dengan melakukan cara yang sama, angka pori pada saat akhir konsolidasi untuk semua penambahan beban dapat diperoleh.

Tekanan total ( $p$ ) dan angka pori yang bersangkutan ( $e$ ) pada akhir konsolidasi digambar pada grafik logaritma.



( Sumber : Das, 1995)

**Gambar 2.5 Bentuk Grafik E Vs Log P**

## 2. Indeks Pemampatan (*Compression Index, Cc*)

Indeks pemampatan  $C_c$  adalah kemiringan dari bagian lurus grafik  $e - \log \sigma'$ . Untuk dua titik yang terletak pada bagian lurus dari grafik dalam gambar 2.5. nilai  $C_c$  dapat dinyatakan dalam rumus :

$$C_c = \frac{e_0 - e_2}{\log \sigma'_1 - \log \sigma'_2} = \frac{\Delta e}{\log(\sigma'_1/\sigma'_2)} \quad (2-30)$$

Terzaghi dan Peck (1967) memberikan hubungan angka kompresi  $C_c$  yaitu:

Untuk tanah lempung yang strukturnya tanahnya tak terganggu/belum rusak (*undisturbed*):

$$C_c = 0,009 (LL-10) \quad (2-31)$$

Dimana, LL adalah batas cair (*liquid limit*). Untuk tanah lempung yang terbentuk kembali (*remolded*)

$$C_c = 0,007 (LL-10) \quad (2-32)$$

**Tabel 2.2 Hubungan untuk Indeks Pemampatan  $C_c$  (Rendon-Herro, 1980)**

Persamaan		Acuan	Daerah Pemakaian
$C_c =$	0,007 (LL-7)	Skempton	Lempung yang terbentuk kembali (remolded)
$C_c =$	0,01 (WN)		Lempung Chicago
$C_c =$	1,15 ( $e_o - 0,27$ )	Nishida	Semua lempung
$C_c =$	0,30 ( $e_o - 0,27$ )	Hough	Tanah kohesif anorganik : lanau, lempung berlanau, lempung
$C_c =$	0,0115 WN		Tanah organik, gambut, lanau organik, dan lempung
$C_c =$	0,0046 (LL-9)		Lempung Brazilia
$C_c =$	0,75 ( $e_o - 0,5$ )		Tanah dengan plastisitas rendah
$C_c =$	$0,208e_o + 0,0083$		Lempung Chicago
$C_c =$	$0,156e_o + 0,0107$		Semua lempung

( Sumber : Das, 1995)

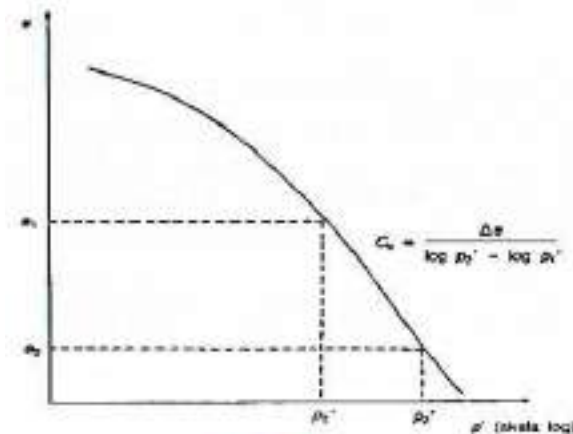
Catatan  $e_o$  : angka pori tanah di lapangan

WN : kadar air tanah di lapangan

**Tabel 2.3 Pemampatan dan Pemuaian Tanah Asli**

Tanah	Batas cair	Batas plastis	Indeks Pemampatan $C_c$	Indeks pemuaian $C_f$
Lempung Boston Blue	41	20	0,35	0,07
Lempung Chicago	60	20	0,4	0,07
Lempung Ft. Gordon Georgia	51	26	0,12	
Lempung New Orleans	80	25	0,3	0,05
Lempung Montana	60	28	0,21	0,05

(Sumber : Das, 1995)



(Sumber : Das, 1995)

**Gambar 2.6 Indeks pemampatan  $C_c$**

### 3. Tekanan Pra-Konsolidasi ( $\sigma'_c$ )

Tanah dalam sebuah luasan tertentu dan pada kedalaman tertentu telah mengalami tekanan edektif akibat berat tanah di atasnya (*maximum effective overburden pressure*) dalam sejarah geologinya. Tekanan efektif *overburden* maksimal ini mungkin sama dengan atau lebih kecil dari tekanan *overburden* yang ada pada saat pengambilan sampel tanah. Berkurangnya tekanan dilapangan (*insitu*) tersebut mungkin disebabkan makhluk hidup yang ada di atasnya. Pada saat diambil, sampel tanah tersebut terlepas dari tekanan *overburden* yang membebaninya selama ini, sehingga sampel tanah tersebut akan mengembang (*swelling*). Pada saat dilakukan pengujian pada sampel tanah tersebut, perubahan angka pori akan terjadi dalam skala yang kecil bila pembebanan saat pengujian lebih kecil dari tegangan *overburden* yang pernah terjadi pada sampel tanah tersebut. Begitu pula sebaliknya, sehingga hubungan antara  $e$ - $\log \sigma'$  menjadi *linear* dan memiliki gradien yang besar.



3. Tanah terkonsolidasi berlebih (*over consolidated*), dimana tekanan efektif *overburden* pada saat ini lebih kecil dari tekanan yang pernah dialami oleh tanah itu sebelumnya,  $\sigma_c' > \sigma_o'$ ,  $OCR > 1$

Tekanan efektif *overburden* yang pernah dialami sebelumnya dinamakan tekanan pra-konsolidasi ( $\sigma_c$ ). Sedangkan tekanan vertikal efektif pada saat tanah tersebut diteliti dinyatakan  $\sigma$ .

OCR menyatakan perbandingan antara tekanan yang pernah dialami tanah pada waktu sebelumnya dengan tekanan tanah pada waktu sekarang.

$$OCR = \frac{\sigma_c'}{\sigma_o'} \quad (2-33)$$

Cassagrande (1936) menyarankan suatu cara mudah untuk besarnya tekanan prakonsolidasi ( $\sigma_c'$ ) dari kurva  $e - \log \sigma'$  yang didapat dari hasil percobaan konsolidasi dilaboratorium.

#### 4. Koefisien Kompresibilitas Volume ( $m_v$ )

Koefisien kompresibilitas volume didefinisikan sebagai perubahan volume persatuan kenaikan tegangan efektif. Satuan  $m_v$  adalah kebalikan dari tekanan ( $\text{cm}^2/\text{kg}$ ). Perubahan volume dapat dinyatakan dalam angka pori maupun tegangan sampel tanah. Bila, untuk kenaikan tegangan efektif dari  $\sigma'_0$  ke  $\sigma'_1$  angka pori menurun dari  $e_0$  ke  $e_1$ , maka:

$$m_v = \frac{1}{1+e_0} \left( \frac{e_0 - e_1}{\sigma'_1 - \sigma'_0} \right) \quad (2-34)$$

## 5. Penentuan Koefisien Konsolidasi ( $C_v$ )

Koefisien konsolidasi menyatakan kecepatan waktu terjadinya konsolidasi. Koefisien ini merupakan bagian dari solusi persamaan konsolidasi yang dipengaruhi oleh sifat fisik tanah. Koefisien konsolidasi ditentukan dari hubungan deformasi-waktu yang diperoleh pada uji konsolidasi.

Kurva deformasi terhadap waktu untuk setiap penambahan beban hampir sama bentuknya dengan kurva teoritis  $U - T$ . Berdasarkan hal tersebut diatas, penentuan  $C_v$  dengan “*Curve-Fitting Methods*” dikemukakan oleh Casagrande dan Taylor

## 6. Metode Logaritma Waktu (Menurut Casagrande)

Metode logaritma waktu didasarkan pada waktu yang diperlukan untuk mencapai 100% konsolidasi primer dimana harga  $C_v$  dihitung berdasarkan waktu untuk derajat konsolidasi 50%.

Berikut ini adalah cara untuk menentukan  $C_v$  yang diperlukan (Braja M. Das, 1995) :

1. Perpanjangan bagian kurva yang merupakan garis lurus dari konsolidasi primer dan sekunder hingga berpotongan di titik A. Ordinat A adalah  $d_{100}$  - yaitu deformasi akhir pada konsolidasi primer 100%
2. Bagian awal dari kurva deformasi vs  $\log t$  adalah hampir menyerupai suatu parabola pada skala biasa. Pilih waktu  $t_1$  dan  $t_2$  pada bagian kurva sehingga  $t_2 = 4 t_1$ . Dan perbedaan deformasi contoh tanah selama waktu  $(t_2 - t_1)$  adalah  $x$ .



## 7. Metode Akar Waktu (Menurut Taylor)

Metode akar waktu didasarkan pada waktu untuk mencapai derajat konsolidasi 90%. Cara untuk menentukan harga  $C_v$  yang diperlukan adalah sebagai berikut :

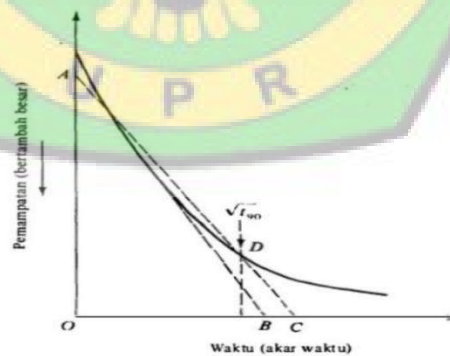
1. Gambar suatu garis AB melalui bagian awal dari kurva
2. Gambar suatu garis AC sehingga  $OC = 1,15 OB$ . Absis titik D, yang merupakan perpotongan antara garis AC dan kurva konsolidasi, memberikan harga akar waktu untuk tercapainya konsolidasi 90%

( $\sqrt{t_{90}}$ )

3. Untuk konsolidasi 90%  $t_{90} = 0,848$ , jadi

$$C_v = \frac{0.848 H_d^2}{t_{90}} \quad (2-36)$$

Keuntungan dari metode ini adalah bahwa  $t_{90}$  dapat ditentukan tanpa harus mencapai nilai  $t_{100}$ .



(Sumber : Das, 1995)

**Gambar 2.9 Metode Akar Waktu**

**Tabel 2.4 Contoh Tabel Pemeriksaan Konsolidasi**

Beban (Kg)	1	2	4	8	16	8
Tegangan (kg/cm <sup>2</sup> )	0,32	0,63	1,27	2,53	5,07	2,53
0 detik						
9,6 detik						
21,4 detik						
38,4 detik						
1 menit						
2,25 menit						
4 menit						
9 menit						
25 menit						
36 menit						
49 menit						
60 menit						
120 menit						
24 jam						

### 2.8.2 Uji Kuat Tekan Bebas (*Unconfined Compression Test/UCT*)

Uji kuat tekan bebas (*Unconfined Compression Test*) merupakan cara yang dilakukan di laboratorium untuk menghitung kekuatan geser tanah. Uji kuat ini mengukur seberapa kuat tanah menerima kuat tekan yang diberikan sampai tanah tersebut terpisah dari butiran - butirannya juga mengukur regangan tanah akibat tekanan tersebut.

Uji kuat tekan bebas ini dilakukan untuk mengetahui *unconfined compression strength* (UCS). Dalam percobaan ini sudut internal friction ( $\phi = 0$ ) dan lateral support ( $\sigma_3 = 0$ ), jadi hanya ada beban vertical ( $\sigma_1 = 0$ ) dengan memberikan deformasi. Beban vertical yang menyebabkan contoh tanah menjadi retak di bagi dengan satuan luas yang di koreksi (A) di sebut *compression strength* ( $q_u$ ).

$$q_u = \frac{k \times R}{A} \quad (2-37)$$

Untuk kohesi tanah *undrained* ( $c_u$ ) adalah :

$$c_u = \frac{q_u}{2} \quad (2-38)$$

Dimana:  $q_u$  : kuat tekan bebas  
 $c_u$  : kohesi tanah *undrained*  
 $k$  : kalibrasi *proving* ring  
 $R$  : pembacaan maksimum  
 $A$  : luas

Rumus-rumus yang digunakan untuk pengujian kuat tekan bebas adalah sebagai berikut :

1. Regangan aksial ( $\epsilon$ )

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (2-39)$$

2. Tegangan normal rata-rata ( $\sigma_r$ )

$$\sigma_r = \frac{P}{A_r} \quad (2-40)$$

3. Luas penampang benda uji rata - rata / terkoreksi ( $A_r$ )

$$A_r = \frac{A_0}{1-\epsilon} \quad (2-41)$$

Dengan :  $\epsilon$  = regangan aksial (%)  
 $\sigma_r$  = tegangan normal rata-rata ( kg/cm<sup>2</sup> )  
 $\Delta L$  = deformasi ( cm )  
 $A_r$  = luas penampang rata-rata ( cm<sup>2</sup> )  
 $P$  = beban ( kg )  
 $L_0$  = tinggi benda uji semula (cm)  
 $A_0$  = luas penampang semula ( cm<sup>2</sup> )

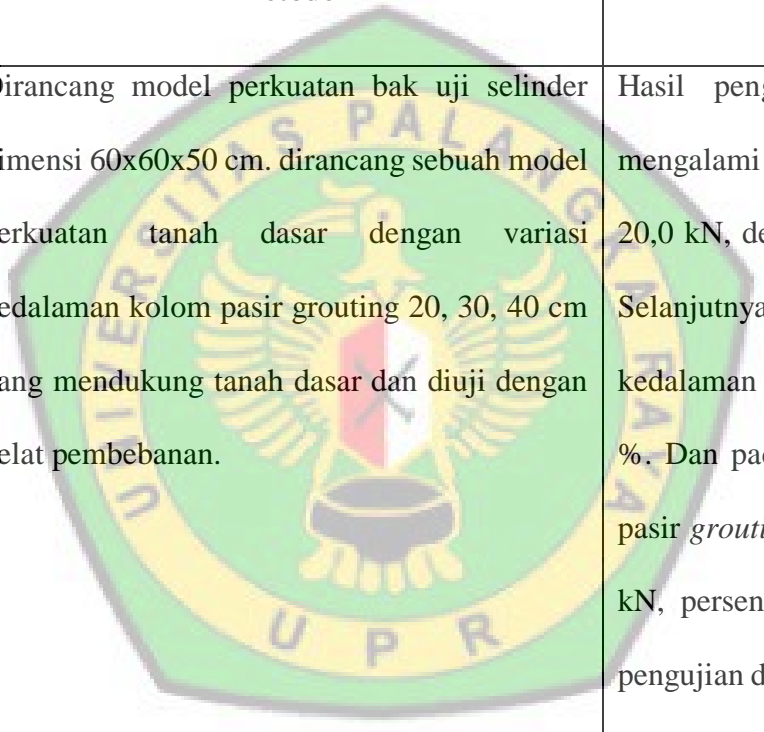
$P_a$  = beban normal (kg)

$N$  = pembacaan dial beban (div)

**Tabel 2.5 Contoh Tabel Pemeriksaan Uji Kuat Tekan Bebas**

<b>Pemb. Arloji (Penurunan) (mm)</b>	<b>Pemb. Arloji (Tegangan) (div.)</b>	<b>Regangan <math>\epsilon</math> (%)</b>	<b>Beban (kg)</b>	<b>Luas Terkoreksi <math>A' = A_0 / (1-\epsilon)</math> (cm)</b>	<b>Tegangan <math>\sigma</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
0.00					
0.50					
1.00					
1.50					
2.00					
2.50					
3.00					
3.50					
4.00					

**Tabel 2.6 Penelitian Terdahulu**

No	Nama	Judul	Metode	Hasil
1	Nooh Dhani (2013)	Karakteristik Kolom Pasir Grouting Sebagai Metode Perkuatan Tanah Lempung Kepasiran	 <p>Dirancang model perkuatan bak uji selinder dimensi 60x60x50 cm. dirancang sebuah model perkuatan tanah dasar dengan variasi kedalaman kolom pasir grouting 20, 30, 40 cm yang mendukung tanah dasar dan diuji dengan pelat pembebanan.</p>	<p>Hasil pengujian yang dilakukan tanpa perkuatan mengalami penurunan yang lebih besar pada beban ultimit 20,0 kN, dengan persentase penurunan sebesar 11,62 %. Selanjutnya dengan perkuatan kolom pasir <i>grouting</i> kedalaman 20 pada beban ultimit 47,5 kN, persentase 9,44 %. Dan pada pengujian menggunakan perkuatan kolom pasir <i>grouting</i> kedalaman 30 cm pada beban ultimit 60,0 kN, persentase penurunan sebesar 5,02 %. Serta pada pengujian dengan kedalaman 40 cm pada beban ultimit 65 kN, persentase penurunan 1,99 % dari tinggi total tanah dasar.</p>

**Tabel 2.7 Lanjutan Penelitian Terdahulu**

No	Nama	Judul	Metode	Hasil
2	I Made Udiana (2013)	Desain Campuran Semen dan Air Pada Pekerjaan <i>Grouting</i> Proyek Bendungan/Waduk Nipah Madura– Jawa Timur	Pelaksanaan pekerjaan sementasi menggunakan metode sementasi bertingkat ( <i>stage grouting</i> ). Menetapkan harga lugeon test = 1-5 lugeon, 5-15 lugeon dan > 15 lugeon berdasarkan hasil uji tekanan air ( <i>water pressure test</i> ). Dan menetapkan campuran dengan perbandingan semen : air, dimana dipakai campuran 1:10 ; 1:8 ; 1:6 berdasarkan kekentalan dengan melakukan pengujian dari paling encer sampai kekentalan yang sesuai, maka berhasil mencapai kedalaman 5,00 m panjang dengan tekanan 10 kg/cm <sup>3</sup>	Hasil perhitungan pada lubang P.1 <i>stage</i> pertama Lv = 31.534 lt/menit/m', pada P.2 <i>stage</i> kedua Lv = 31.822 lt/menit/m', pada S.1 <i>stage</i> pertama Lv = 31.373 lt/menit/m', pada S.2 <i>stage</i> kedua Lv = 31.525 lt/menit/m', pada T.1 <i>stage</i> pertama Lv = 53.644 lt/menit/m', dan pada T.2 <i>stage</i> Lv = 51.955 lt/menit/m'. dengan demikian, besar rata-rata angka lugeon (Lv) untuk semua lubang (P1, P2, S1, S2, T1 dan T2) dan <i>stage</i> (pertama dan kedua) > 15,000 lugeon, maka dapat ditentukan bahwa besarnya desain perbandingan campuran semen dan air (bubur sementasi) adalah 1:6

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Pengambilan Sampel Tanah**

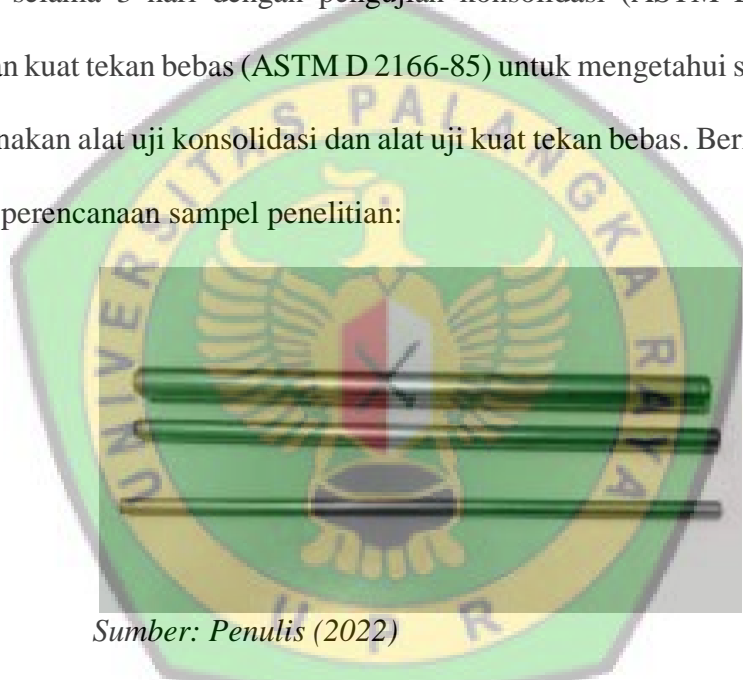
Lokasi pengambilan sampel tanah dilakukan di Jl. Palangka Raya – Kurun km. 96, Desa Tiwei Baru, Kecamatan Sepang, Kabupaten Gunung Mas, Kalimantan Tengah. Sampel tanah yang diambil adalah tanah tidak terganggu (*undisturbed*) atau tanah asli dan tanah terganggu dan yang terganggu. Untuk tanah asli sampel diambil dengan tabung pada kedalaman tertentu, setelah itu tabung yang berisi tanah asli ditutup rapat atau diberi lilin, yang bertujuan untuk mencegah pengaruh luar. Kemudian sampel tanah tersebut dibawa ke Laboratorium untuk dilakukan penelitian selanjutnya.

#### **3.2 Penelitian Di Laboratorium**

Penelitian laboratorium dilakukan setelah sampel tanah diambil dari lokasi penelitian. Selanjutnya sampel tanah tidak terganggu dan tanah terganggu dilakukan uji fisik terlebih dahulu untuk mendapatkan kadar air, berat volume, berat isi, berat jenis, batas atterberg, analisa saringan dan analisis hidrometer. Dan dilakukan uji mekanik tanah yang meliputi pengujian konsolidasi dan pengujian kuat tekan bebas dengan menggunakan sampel tanah asli, dan sampel tanah yang telah di-*grouting* semen *portland* tanpa pemeraman dan pemeraman 3 hari. untuk mengetahui apakah teknik ini dapat memperbaiki sifat mekanik pada tanah lempung di lokasi tersebut.

### 1.3 Perencanaan *Grouting*, Pengujian Konsolidasi dan Pengujian Kuat Tekan Bebas

Perencanaan *grouting* direncanakan berdasarkan metode coba-coba (*trial and error*). Tanah lempung yang selesai dicetak kemudian diberi lubang dengan diameter 0,5 cm, 0,8 cm dan 1,1 cm sebanyak 3 titik dan diinjeksikan dengan larutan semen *portland*, lalu dilakukan pengujian pada sampel yang tidak diperam dan yang diperam selama 3 hari dengan pengujian konsolidasi (ASTM D 2435-70) dan pengujian kuat tekan bebas (ASTM D 2166-85) untuk mengetahui sifat mekaniknya menggunakan alat uji konsolidasi dan alat uji kuat tekan bebas. Berikut gambar dari alat dan perencanaan sampel penelitian:



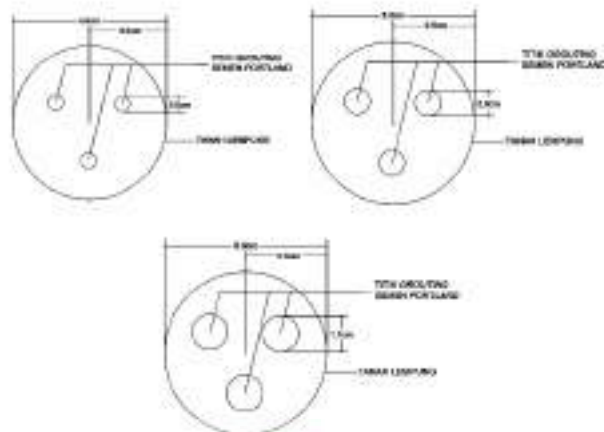
Sumber: Penulis (2022)

**Gambar 3.1 Sedotan Stainless**



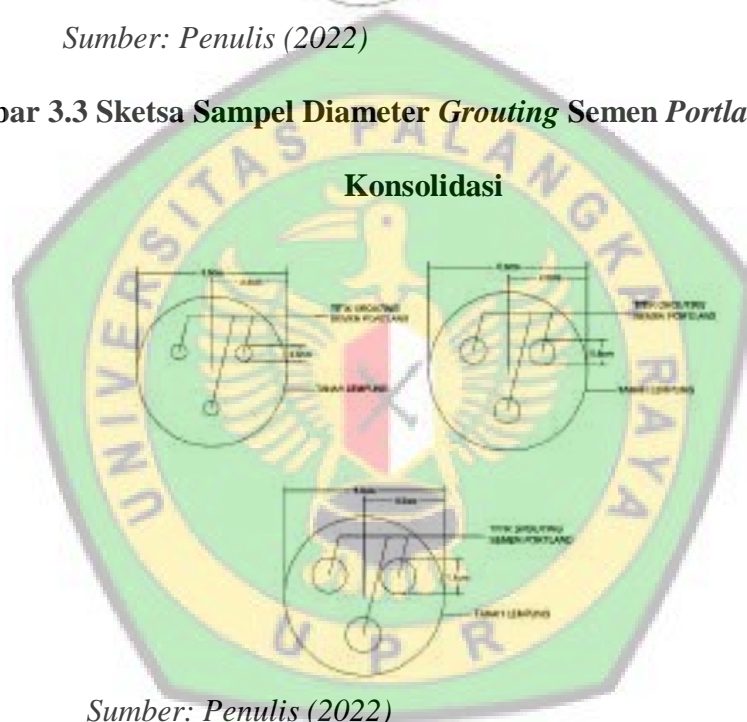
Sumber: Penulis (2022)

**Gambar 3.2 Suntikan Alat Penginjeksian**



*Sumber: Penulis (2022)*

**Gambar 3.3 Sketsa Sampel Diameter Grouting Semen Portland untuk Uji Konsolidasi**



*Sumber: Penulis (2022)*

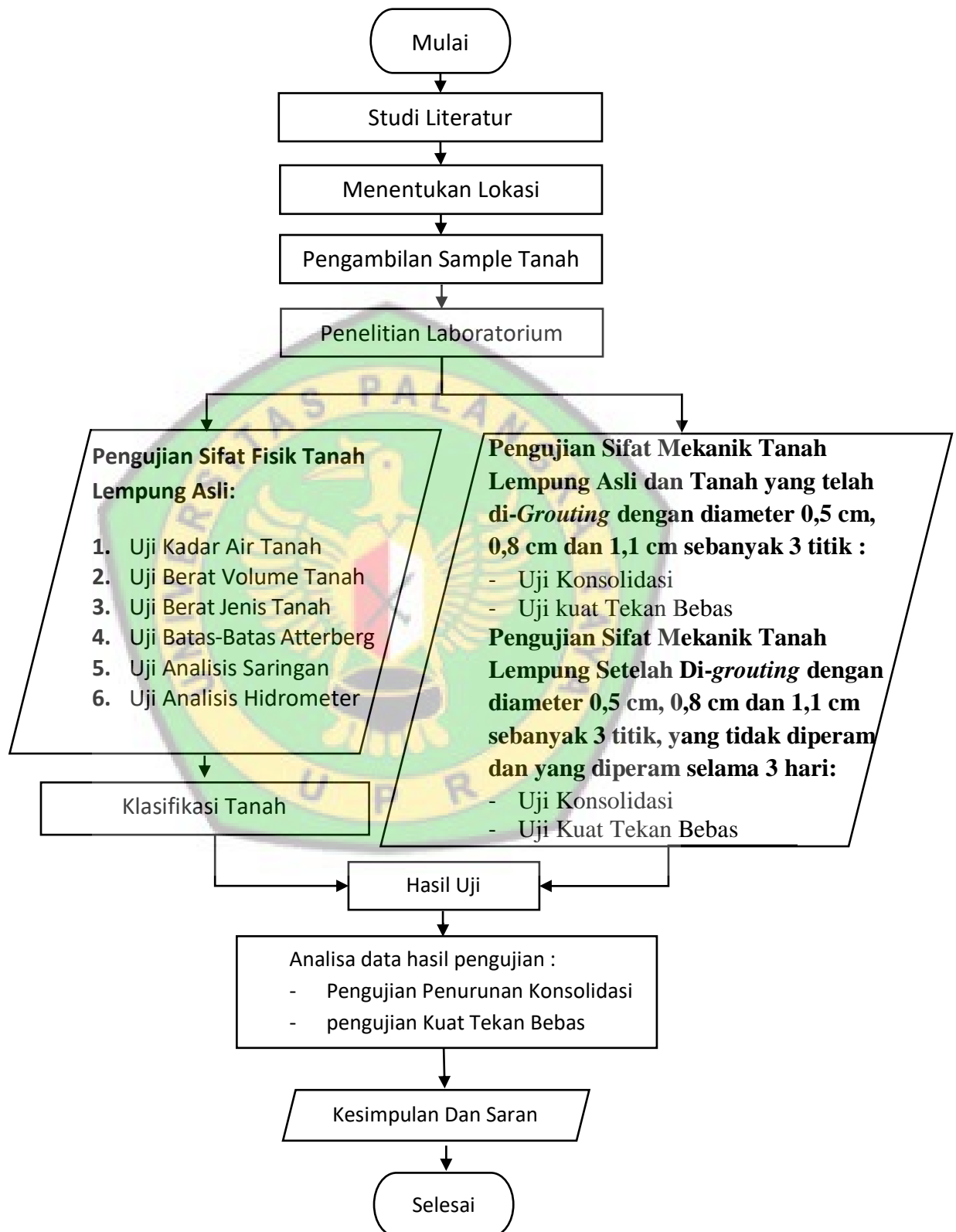
**Gambar 3.4 Sketsa Sampel Diameter Grouting Semen Portland untuk Uji Kuat Tekan Bebas**

### 3.4 Analisis Data

Hasil data yang diperoleh dan didapatkan dari pengujian diolah dalam bentuk tabel dan grafik yang menampilkan perbandingan antara masing-masing sampel. Untuk melihat pengaruh dari tiap masing-masing sampel yang telah diuji.



### 3.5 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian

## BAB V

### KESIMPULAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Hasil pengujian sifat fisik tanah asli didapat nilai, yaitu: kadar air ( $w$ ) = 44,28%, berat isi tanah ( $\gamma$ ) = 1,72 gr/cm<sup>3</sup>, berat jenis ( $G_s$ ) = 2,67, batas-batas *Atterberg*, yaitu: Batas Cair (LL) = 40,90%, Batas Plastis (PL) = 24,27%, Batas Susut (SL) = 12,76%, Indeks Plastisitas (PI) = 16,64%, Analisis saringan persentase tanah lolos saringan No.200 = 53,92%. Menurut AASHTO tanah diklasifikasikan sebagai tanah berlempung dalam kelompok A-7-6 (6) yang termasuk ke dalam tanah berlempung dengan kondisi sedang sampai buruk, menurut sistem USCS tanah termasuk kelompok CL, lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang. Dari hasil pengujian sifat mekanik tanah asli didapat nilai, yaitu: pengujian konsolidasi  $S_c = 0,287$  cm, pengujian kuat tekan bebas  $q_u = 0,447$  kg/cm<sup>2</sup>.
2. Berdasarkan pengujian konsolidasi dan pengujian kuat tekan bebas di Laboratorium didapat nilai penurunan konsolidasi dan nilai kuat tekan bebas terhadap tanah lempung asli, yaitu:
  - a. Nilai penurunan konsolidasi tanah asli =  $S_c = 0,287$  cm.
  - b. Nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) tanah asli adalah  $q_u = 0,447$  kg/cm<sup>2</sup>.

3. a. Pengaruh dari pengujian konsolidasi terhadap penggunaan 3 titik variasi diameter *grouting* semen *portland* pada tanah lempung mendapatkan hasil, yaitu:

- 1) Tanah lempung asli,  $C_c = 0,349$ ,  $S_c = 0,287$  cm.
- 2) *Grouting* semen *portland* 3 x 0,5 cm 0 hari,  $C_c = 0,268$ ,  $S_c = 0,15$  cm (Lebih kecil 91,33% dari tanah asli).
- 3) *Grouting* semen *portland* 3 x 0,8 cm 0 hari,  $C_c = 0,262$ ,  $S_c = 0,122$  cm (Lebih kecil 135,25% dari tanah asli).
- 4) *Grouting* semen *portland* 3 x 1,1 cm 0 hari,  $C_c = 0,148$ ,  $S_c = 0,1$  cm (Lebih kecil 187% dari tanah asli).

Dari hasil diatas, selisih dari tanah asli ke *grouting* diameter 0,5 cm adalah 91,33%, selisih dari *grouting* diameter 0,5 cm ke *grouting* diameter 0,8 cm adalah 43,92% dan selisih dari *grouting* diameter 0,8 cm ke *grouting* diameter 1,1 cm adalah 51,75%. Maka dapat disimpulkan bahwa pengujian konsolidasi terhadap penggunaan 3 titik variasi diameter *grouting* semen *portland* pada tanah lempung dapat memperkecil penurunan.

b. Pengaruh dari pengujian kuat tekan bebas terhadap penggunaan 3 titik variasi diameter *grouting* semen *portland* pada tanah lempung mendapatkan hasil, yaitu:

- 1) Tanah lempung asli,  $C_u = 0,224$  kg/cm<sup>2</sup>,  $q_u = 0,447$  kg/cm<sup>2</sup>.
- 2) *Grouting* semen *portland* 3 x 0,5 cm 0 hari,  $C_u = 0,242$  kg/cm<sup>2</sup>,  $q_u = 0,484$  kg/cm<sup>2</sup> (Meningkat sebesar 8,28% dari tanah asli).

- 3) *Grouting* semen *portland* 3 x 0,8 cm 0 hari,  $C_u = 0,259 \text{ kg/cm}^2$   
 $q_u = 0,518 \text{ kg/cm}^2$  (Meningkat sebesar 15,88% dari tanah asli).
- 4) *Grouting* semen *portland* 3 x 1,1 cm 0 hari,  $C_u = 0,341 \text{ kg/cm}^2$ ,  
 $q_u = 0,681 \text{ kg/cm}^2$  (Meningkat sebesar 52,35% dari tanah asli).

Dari data diatas, selisih dari tanah asli ke *Grouting* diameter 0,5 cm adalah 8,28%, selisih dari *grouting* diameter 0,5 cm ke *grouting* diameter 0,8 cm adalah 7,6% dan selisih dari *grouting* diameter 0,8 cm ke *grouting* diameter 1,1 cm adalah 36,47%. Maka dapat disimpulkan bahwa Pengujian kuat tekan bebas terhadap penggunaan 3 titik variasi diameter *grouting* semen *portland* pada tanah lempung dapat membuat tanah lebih kuat.

4. a. Pengujian konsolidasi terhadap penggunaan 3 titik variasi diameter *grouting* semen *portland* pada tanah lempung dilakukan pemeraman selama 3 hari. Dari waktu pemeraman tersebut didapat nilai dan pengaruh, yaitu:
  - 1) Tanah lempung asli,  $C_c = 0,349$ ,  $S_c = 0,287 \text{ cm}$ .
  - 2) *Grouting* semen *portland* 3 x 0,5 cm 3 hari,  $C_c = 0,130$ ,  
 $S_c = 0,104 \text{ cm}$  (Lebih kecil 175,96% dari tanah asli).
  - 3) *Grouting* semen *portland* 3 x 0,8 cm 3 hari,  $C_c = 0,126$ ,  
 $S_c = 0,092 \text{ cm}$  (Lebih kecil 211,96% dari tanah asli).
  - 4) *Grouting* semen *portland* 3 x 1,1 cm 3 hari,  $C_c = 0,081$ ,  
 $S_c = 0,075 \text{ cm}$  (Lebih kecil 282,67% dari tanah asli).

Dari data diatas, selisih dari tanah asli ke *Grouting* diameter 0,5 cm yang diperam adalah 175,96%, selisih dari *grouting* diameter 0,5 cm yang diperam ke *grouting* diameter 0,8 cm yang diperam adalah 36% dan selisih dari *grouting* diameter 0,8 cm yang diperam ke *grouting* diameter 1,1 cm yang diperam adalah 70,71%. Maka semakin besar diameter *grouting* dan adanya pemeraman dapat memperkecil penurunan konsolidasi.

b. Pengujian kuat tekan bebas terhadap penambahan 3 titik variasi diameter *grouting* semen *portland* pada tanah lempung dilakukan pemeraman 3 hari. Dari waktu pemeraman tersebut didapat nilai dan pengaruh, yaitu:

- 1) Tanah lempung asli,  $C_u = 0,224 \text{ kg/cm}^2$ ,  $q_u = 0,447 \text{ kg/cm}^2$ .
- 2) *Grouting* semen *portland* 3 x 0,5 cm 3 hari,  $C_u = 0,436 \text{ kg/cm}^2$ ,  $q_u = 0,872 \text{ kg/cm}^2$  (Meningkat sebesar 95,08% dari tanah asli).
- 3) *Grouting* semen *portland* 3 x 0,8 cm 3 hari,  $C_u = 0,783 \text{ kg/cm}^2$ ,  $q_u = 1,565 \text{ kg/cm}^2$  (Meningkat sebesar 250,11% dari tanah asli).
- 4) *Grouting* semen *portland* 3 x 1,1 cm 3 hari,  $C_u = 1,707 \text{ kg/cm}^2$ ,  $q_u = 3,414 \text{ kg/cm}^2$  (Meningkat sebesar 663,76% dari tanah asli).

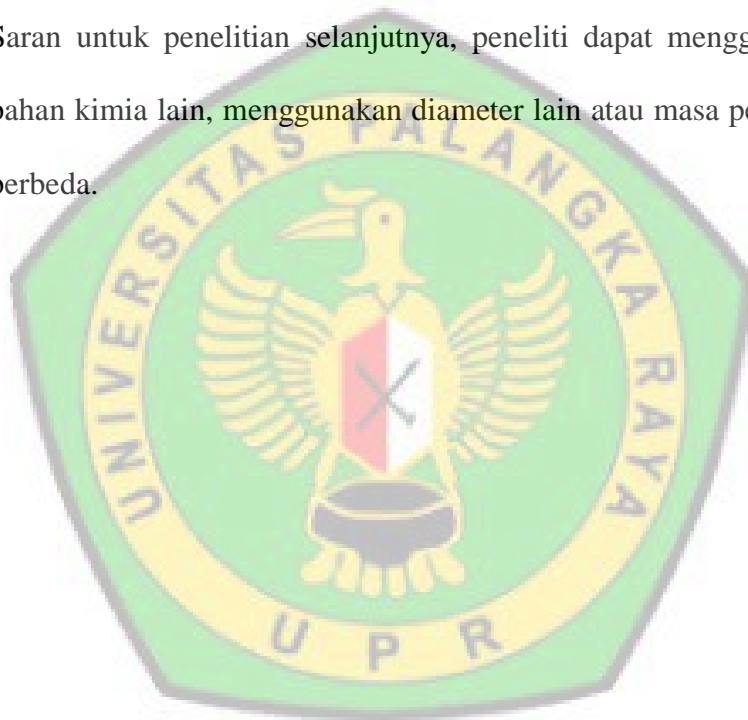
Dari hasil diatas, selisih dari tanah asli ke *grouting* diameter 0,5 cm yang diperam adalah 95,08%, selisih dari *grouting* diameter 0,5 cm yang diperam ke *grouting* diameter 0,8 cm yang diperam adalah 155,03% dan selisih dari *grouting* diameter 0,8 cm yang diperam ke *grouting* diameter 1,1 cm yang diperam adalah 413,65%. Maka

semakin besar diameter *grouting* dan adanya pemeraman dapat membuat tanah semakin kuat.

## 5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah:

1. Dalam pengolahan data ketelitian sangat dibutuhkan terutama pada penginputan data dan pemahaman grafik.
2. Saran untuk penelitian selanjutnya, peneliti dapat menggunakan larutan bahan kimia lain, menggunakan diameter lain atau masa pemeraman yang berbeda.



## DAFTAR PUSTAKA

- ASTM (*American Society for Testing and Material*) D 2216. Amerika: ASTM International
- ASTM (*American Society for Testing and Material*) D 2166. Amerika: ASTM International
- ASTM (*American Society for Testing and Material*) D 2435. Amerika: ASTM International
- ASTM (*American Society for Testing and Material*) D 422. Amerika: ASTM International
- ASTM (*American Society for Testing and Material*) D 4318 . Amerika: ASTM International
- ASTM (*American Society for Testing and Material*) D 854. Amerika: ASTM International
- Bowles, J. E. 1986. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis*. (J. K. Hainim, Trans). Jakarta: Erlangga.
- Bowles, J.E. 1989. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Erlangga. Jakarta.
- Craig, R.F. 1987. *Mekanika Tanah*, Edisi Keempat, Terjemahan Budi Susilo Soepandji., Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Craig, R. F., 1989. *Mekanika Tanah*. Jakarta: PT. Erlangga.
- Das, B. M., 1995. *Mekanika Tanah Jilid I (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jakarta: Erlangga.
- Dhani, N., 2013. *Karakteristik Kolom Pasir Grouting Sebagai Metode Perkuatan Tanah Lempung Kepasiran*. Tesis. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Hardiyatmo, H. C. 1992. *Mekanika Tanah I*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Hardiyatmo, H. C. 1996. *Teknik Pondasi I*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Hardiyatmo, H. C. 2001. *Prinsip-prinsip Mekanika Tanah dan Soal Penyelesaian I (1st ed)*. Yogyakarta : Beta Offset.
- Hendarsin, Shirley L. 2000. *Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya*. Bandung: Politeknik Negeri Bandung.
- SNI 15-2049-2004, 2004. *Semen portland*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Terzaghi, K. & Peck, R. B., 1987. *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa*.  
Jakarta: Erlangga.

Udiana, I. M., 2013. *Desain Campuran Semen dan Air Pada Pekerjaan Grouting  
Proyek Bendungan/ Waduk Nipah Madura-Jawa Timur. Jurnal Teknik Sipil,*  
Vol. 2 No. 2. 93-104.

Wesley, Laurence D., 2010. *Mekanika Tanah*, Penerbit Andi, Yogyakarta.

