

# **TUGAS AKHIR**

## **STABILISASI TANAH DENGAN CAMPURAN KAPUR 0%, 5%, 7,5%, DAN 10% PADA JALAN TOL CISUMDAWU DENGAN PENGUJIAN TRIAXIAL UU**

Diajukan untuk memenuhi syarat akademis dalam menyelesaikan  
Pendidikan Tingkat Sarjana (Strata-1) Prodi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik – Universitas Sangga Buana (USB) - YPKP

Disusun Oleh :

**ALZY HIDAYAT**  
**2112191167**



**PRODI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SANGGA BUANA (USB) - YPKP  
BANDUNG  
2023**

## LEMBAR PENGESAHAN

# STABILISASI TANAH DENGAN CAMPURAN KAPUR 0%, 5%, 7,5%, DAN 10% PADA JALAN TOL CISUMDAWU DENGAN PENGUJIAN TRIAXIAL UU

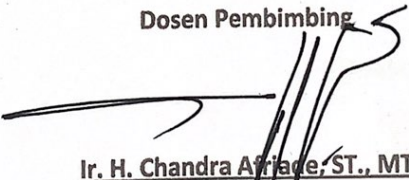
Disusun Oleh :

ALZY HIDAYAT  
2112191167

Naskah Tugas Akhir ini diperiksa dan disetujui sebagai kelengkapan persyaratan kelulusan dan guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik – Universitas Sangga Buana YPKP


Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing

  
Ir. H. Chandra Arjane, ST., MT  
432.200.167

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Sipil

  
Muhammad Syukri, ST., MT  
432.200.200

## SURAT PERNYATAAN KEABSAHAN

Dengan ini penulis menyatakan bahwa dalam Tugas Akhir ini yang berjudul "STABILISASI TANAH DENGAN CAMPURAN KAPUR 0%, 5%, 7,5%, DAN 10% PADA JALAN TOL CISUMDAWU DENGAN PENGUJIAN TRIAXIAL UU" tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepanjang pengetahuan penulis juga tidak terdapat karya atau pendapat yang dituliskan atau diterbitkan orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam Tugas Akhir ini sebagaimana disebutkan dalam Daftar Pustaka. Selain itu penulis menyatakan pula, bahwa Tugas Akhir ini dibuat oleh penulis sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar, maka penulis bersedia dikenai sanksi/resiko sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandung, Januari 2023

Pembuat Pernyataan



Alzy Hidayat

2112191167

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dengan nama lengkap Alzy Hidayat yang saat ini berumur 26 tahun lahir di Bandung tanggal 7 Januari 1997, merupakan anak kedua dari lima bersaudara, dari pasangan Bapak Yayat Hidayat dan Ibu Nani Wijayanti. Kakak pertama bernama Nessy Hildayani, adik perempuan bernama Nessya Amalia Fadilah & Della Aulia, dan adik laki-laki bernama Alka Anugrah. Penulis berjenis Kelamin Laki-laki.

Penulis memulai pendidikan formal di SD Negeri Antapani 1 Bandung, lulus tahun 2009, SMP Karya Pembangunan 10 Bandung lulus tahun 2012, SMK Negeri Pekerjaan Umum jurusan Teknik Survey Pemetaan lulus tahun 2015, dan melanjutkan ke jenjang pendidikan Strata Satu (S1) Di USBYPKP Bandung dengan jurusan Teknik Sipil.

Penulis memiliki pengalaman pendidikan lain, yaitu Lulus ujian level N3 Bahasa Jepang di Gunmaken Jepang tahun 2017, Lulus ujian operator crane di Tadano tahun 2017 dan Lulus ujian level 3 Perakitan kerangka beton gedung bertingkat tahun 2018. Selain itu penulis memiliki pengalaman bekerja, mulai bekerja pada Tahun 2016 sebagai surveyor di beberapa perusahaan yaitu PT Karpa, PT Mitraplan, PT Dinland, PSDA, PT Syapri Zanijar, PT Bumi Prajasa dan PT Spectra. Selain ini penulis memiliki pengalaman bekerja di luar negeri sebagai team leader di PT Asahi Danke tahun 2017-2019. Dan saat ini bekerja sebagai Tenaga Ahli di Badan Keuangan Aset Daerah kota Bandung.

## ABSTRAK

Pembangunan infrastruktur jalan tol Cisumdawu salah satu merupakan Proyek Strategis Nasional (PSN). Pembangunan jalan tol Cisumdawu secara keseluruhan adalah sepanjang 60,27 km yang terdiri dari enam seksi. Pemerintah akan mengerjakan sebanyak dua seksi yaitu seksi I Cileunyi – Rancakalong sepanjang 12,025 km dan seksi II Rancakalong – Sumedang sepanjang 17,35 km. Sedangkan sisanya yaitu Seksi III Sumedang – Cimalaka (3,75 km), Seksi IV Cimalaka – Legok (7,2 km) Seksi V Legok – Ujung Jaya (15,9 km) dan Seksi VI Ujung Jaya – Dawuan (4,048 km) akan dikerjakan oleh investor.

Pembangunan infrastruktur jalan tol tersebut diatas didirikan diatas berbagai jenis tanah sebagai dasar struktur. Jenis tanah pada lokasi jalan tol Cisumdawu selain tanah yang mempunyai daya dukung yang tinggi/baik juga terdapat jenis tanah yang bermasalah seperti tanah lunak dan tanah ekspansif. Sehingga perlu dilakukan perbaikan tanah berupa stabilisasi tanah dengan campuran kapur 5%, 7,5%, dan 10% dalam pengujian Triaxial UU.

Hasil pengujian Triaxial UU pada tanah asli didapat nilai  $c = 0,184 \text{ kg/cm}^2$  dan  $\phi = 11.166^\circ$ . Dan untuk campuran tanah + kapur didapat peningkatan nilai kohesi tanah ( $c$ ) sebesar 173,91% (5%), 218,48% (7,5%), dan 277,72% (10%). Sedangkan peningkatan parameter sudut geser tanah ( $\phi$ ) adalah 126,18% (5%), 131,95% (7,5%), dan 135,09% (10%).

Kata Kunci : stabilisasi tanah, uji triaxial UU, kapur, kohesi tanah, sudut geser tanah

## ABSTRACT

*One of the Cisumdawu toll road infrastructure developments is a National Strategic Project (PSN). The construction of the Cisumdawu toll road as a whole is 60.27 km long, consisting of six sections. The government will work on two sections, namely section I Cileunyi – Rancakalong 12.025 km long and section II Rancakalong – Sumedang 17.35 km long. While the rest, namely Section III Sumedang – Cimalaka (3.75 km), Section IV Cimalaka – Legok (7.2 km), Section V Legok – Ujung Jaya (15.9 km) and Section VI Ujung Jaya – Dawuan (4.048 km) will be done by investors.*

*The construction of the toll road infrastructure mentioned above was built on various types of soil as the basis for the structure. The type of soil at the Cisumdawu toll road location, aside from soil that has a high/good carrying capacity, there are also problematic soil types such as soft soil and expansive soil. So it is necessary to improve the soil in the form of soil stabilization with a mixture of 5%, 7.5% and 10% lime in the Triaxial UU test.*

*The results of Triaxial UU testing on native soil obtained values of  $c = 0.184 \text{ kg/cm}^2$  and  $w = 11.166^\circ$ . And for the soil + lime mixture, the soil cohesion value ( $c$ ) was increased by 173.91% (5%), 218.48% (7.5%), and 277.72% (10%). While the increase in the soil shear angle parameter ( $w$ ) was 126.18% (5%), 131.95% (7.5%), and 135.09% (10%).*

Key Words : soil stabilization, Triaxial UU test, lime, soil cohesion, soil shear angle

## KATA PENGANTAR

*'Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pemurah lagi Maha Penyayang'*

Alhamdulillah, puji serta syukur, terimakasih yang terbesar untuk Yang Maha Segala-Nya Allah SWT. Shalawat serta salam semoga selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, keluarga, para sahabat, dan para pengikutnya.

Penulis telah selesai mengerjakan Tugas Akhir yang berjudul **“STABILISASI TANAH DENGAN CAMPURAN KAPUR 0%, 5%, 7,5%, DAN 10% PADA JALAN TOL CISUMDAWU DENGAN PENGUJIAN TRIAXIAL UU”**. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Sangga Buana YPKP.

Peneliti menyadari bahwa penelitian ini masih terdapat banyak kekurangan dan kelemahan, baik dalam penyajian materi maupun dalam pemberian analisis yang disebabkan keterbatasan pengetahuan dan kemampuan peneliti. Oleh karena itu, peneliti sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun terhadap kesempurnaan usulan penelitian ini.

Dengan selesainya penulis menyusun Tugas Akhir, maka perkenankanlah penulis pada kesempatan ini untuk mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah S.W.T yang telah mencurahkan rahmat dan Hidayah-Nya.
2. Dr. Didin Saepudin, SE., M.Si., selaku Rektor Universitas Sangga Buana YPKP - Bandung.

3. Dr. Teguh Nurhadi Suharsono, ST., MT., selaku Wakil Rektor I Universitas Sangga Buana YPKP - Bandung.
4. Bambang Susanto, SE., M.Si., selaku Wakil Rektor II Universitas Sangga Buana YPKP - Bandung.
5. Dr. Nurhaeni Sikki, S.A.P., M.A.P., selaku Wakil Rektor III Universitas Sangga Buana YPKP - Bandung.
6. Slamet Risnanto, ST., M.Kom., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sangga Buana YPKP – Bandung.
7. Muhammad Syukri, ST., MT selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP - Bandung.
8. Dony Ramdhoni, ST., MT selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP - Bandung.
9. H. Chandra Afriade Siregar, ST., MT selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah banyak membantu dan meluangkan waktunya.
10. Drs Rosadi, MT selaku Ketua Laboratorium Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP - Bandung.
11. Dosen-Dosen dan Staff-Staff di Universitas Sangga Buana YPKP - Bandung yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu, atas segala kebaikan dan bantuannya selama ini.
12. Kedua orang tua dan keluarga tercinta serta semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tulisan ini baik secara langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat penulis abadikan.
13. Dan semua pihak yang telah membantu penyusun dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Akhir kata penyusun berharap agar laporan ini dapat bermanfaat. Penyusun mengharapkan kritik dan saran demi perbaikan dimasa yang akan datang. Atas segala perhatiannya, penyusun mengucapkan terima kasih.

Bandung, Januari 2023

Penulis



## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>i</b>
<b>SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN HAK CIPTA .....</b>	<b>iii</b>
<b>RIWAYAT HIDUP.....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Ruang Lingkup Penelitian .....	4
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>6</b>
2.1 Tanah .....	6
2.1.1 Sistem Klasifikasi AASHTO .....	11
2.1.2 Sitem Klasifikasi USCS.....	13
2.2 Sifat FisikTanah .....	16

2.2.1	Warna Tanah .....	16
2.2.2	Berat Isi Tanah ( $\gamma$ ) .....	16
2.2.3	Kadar Air Tanah (w).....	17
2.2.4	Berat Jenis Tanah (Gs).....	18
2.2.5	Batas-Batas Atterberg .....	20
2.2.6	Analisa Ukuran Butir Tanah .....	22
2.3	Sifat Mekanik Tanah .....	25
2.3.1	Pemadatan Tanah ( <i>Compaction</i> ) .....	25
2.3.2	Kuat Geser Tanah dengan Uji Triaxial UU .....	27
2.4	Stabilisasi Tanah .....	30
2.5	Tanah Ekspansif .....	34
2.6	Kapur ( <i>Limestone</i> ).....	36
2.6.1	Struktur Batu Kapur.....	37
2.6.2	Jenis Kapur.....	37
2.6.3	Manfaat Kapur.....	38
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>41</b>
3.1	Bagan Alir Penelitian .....	41
3.2	Lokasi Penelitian dan Pengambilan Sampel .....	42
3.3	Pengujian Sifat Fisik Tanah.....	43
3.3.1	Pengujian Berat Isi Tanah.....	43
3.3.2	Pengujian Kadar Air Tanah.....	44
3.3.3	Pengujian Berat Jenis Tanah .....	46
3.3.4	Pengujian Batas-Batas Atterberg.....	50
3.3.5	Pengujian Analisa Saringan .....	54

3.3.6 Pengujian Analisa Hidrometer .....	56
3.4 Pengujian Sifat Mekanik Tanah.....	58
3.4.1 Pengujian Pemadatan ( <i>Comoacton</i> ) Standar .....	58
3.4.2 Pengujian Triaxial UU .....	60
<b>BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>63</b>
4.1 Uji Berat Isi Tanah ( <i>Unit Weight</i> ) ( $\gamma$ ).....	63
4.2 Uji Kadar Air Tanah ( <i>Water Content</i> ) ( $w$ ) .....	63
4.3 Uji Berat Jenis Tanah ( <i>Spesific Gravity</i> ) ( $G_s$ ) .....	64
4.4 Uji Atterberg Limit.....	65
4.5 Uji Analisa Distribusi Butiran Tanah.....	66
4.5.1 Uji Analisa Saringan ( <i>Sieve Shaker</i> ).....	66
4.5.2 Uji Analisa Hidrometer ( <i>Hydrometer Analysis</i> ).....	66
4.6 Uji Pemadatan ( <i>Standard Method Proctor A</i> ) .....	68
4.7 Uji Triaxial UU ( <i>Triaxial Unconsolidated Undrained Test</i> ).....	71
4.7.1 Uji Triaxial UU Tanah Asli.....	71
4.7.2 Uji Triaxial UU Tanah Asli + 5% Kapur.....	73
4.7.3 Uji Triaxial UU Tanah Asli + 7,5% Kapur.....	74
4.7.2 Uji Triaxial UU Tanah Asli + 10% Kapur.....	75
4.8 Rekapitulasi Hasil Uji Triaxial UU .....	76
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>78</b>
5.1 Kesimpulan .....	78
5.2 Saran .....	79
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>81</b>

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 2.1 Siklus Batuan.....	7
Gambar 2.2 Batasan Ukuran Golongan Tanah Menurut Beberapa Sistem.....	9
Gambar 2.3 Klasifikasi Berdasarkan Tekstur USDA .....	10
Gambar 2.4 Grafik Klasifikasi Tanah AASHTO untuk Tanah Butir Halus .....	13
Gambar 2.5 Seve Shaker .....	23
Gambar 2.6 Tabung Gelas 1000ml (Hodrometer Jar) .....	24
Gambar 2.7 Peralatan Pemdatan Test .....	27
Gambar 2.8 Peralatan Triaxial Test .....	30
Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian.....	41
Gambar 3.2 Peta Citra Satelit Lokasi Pengambilan Lokasi Sampel Tanah .....	42
Gambar 3.3 Lokasi Pengambilan Sampel Tanah .....	43
Gambar 4.1 Grafik Uji Batas Cair .....	65
Gambar 4.2 Grafik Distribusi Butiran Tanah.....	67
Gambar 4.3 Bahan Uji Pemadatan Standar.....	68
Gambar 4.4 Grafik Uji Pemadatan Standar Proctor Metode A.....	70
Gambar 4.5 Grafik Peningkatan Nilai c (Kohesi Tanah).....	76
Gambar 4.6 Grafik Peningkatan Nilai f (Sudut Geser Dalam Tanah).....	77

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 2.1 Batasan-Batasan Ukuran Golongan Tanah .....	8
Tabel 2.2 Sistem Klasifikasi AASHTO .....	12
Tabel 2.3 Sistem Klasifikasi USCS .....	15
Tabel 2.4 Penentuan Kadar Air Di Laboratorium .....	17
Tabel 2.5 Jenis Tanah dan Nilai Gs .....	20
Tabel 2.6 Batas-Batas Atterberg.....	21
Tabel 2.7 Analisa Tapis .....	23
Tabel 2.8 Spesifikasi Uji Pemadatan ASTM dan AASHTO .....	25
Tabel 2.9 Parameter Kuat Geser yang Didapat dari Hasil Uji Triaxial .....	29
Tabel 2.10 Derajat Pengembangan Tanah Ekspansif Berdasarkan IP .....	35
Tabel 3.1 Berat Benda Uji berdasarkan Uji Kadar Air .....	46
Tabel 3.2 Tipe Tanah dan Nilai Gs.....	46
Tabel 3.3 Nilai .....	49
Tabel 3.4 Uji Pemadatan Standard Proctor Metode A.....	58
Tabel 4.1 Berat Isi Tanah Kondisi Asli .....	63
Tabel 4.2 Pengujian Kadar Air Tanah .....	64
Tabel 4.3 Berat Jenis Tanah ( <i>Specific Gravity/Gs</i> ).....	64
Tabel 4.4 Uji Batas Atterberg.....	65
Tabel 4.5 Uji Saringan .....	66
Tabel 4.6 Uji Hidrometer .....	67

Tabel 4.7 Kadar Air Pengujian Standar Proctor Metode A .....	69
Tabel 4.8 Uji Pemadatan Standar Proctor Metode A.....	69
Tabel 4.9 Pengujian Triaxial UU Tanah Asli.....	72
Tabel 4.10 Pengujian Triaxial UU Tanah Asli + 5% Kapur .....	73
Tabel 4.11 Pengujian Triaxial UU Tanah Asli + 7,5% Kapur .....	74
Tabel 4.12 Pengujian Triaxial UU Tanah Asli + 10% Kapur .....	75
Tabel 4.13 Rekapitulasi Hasil Pengujian Triaxial UU .....	76

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pemerintah Indonesia mendorong percepatan penyelesaian proyek infrastruktur nasional terutama Proyek Strategis Nasional (PSN). Proyek yang bernilai triliunan ditargetkan selesai sebelum 2024 mendatang, atau sudah memenuhi pemenuhan pembiayaan untuk proyek kerjasama pemerintah dan badan usaha (KPBU). Ada ratusan proyek yang dikejar mulai dari konektivitas jalan & jembatan, bendungan, pengolahan sampah hingga pembangunan pipa gas. Termasuk proyek infrastruktur megah dengan ongkos pembangunan yang besar.

Pembangunan infrastruktur jalan tol Cisumdawu salah satu merupakan Proyek Strategis Nasional (PSN). Pembangunan jalan tol Cisumdawu secara keluruhan adalah sepanjang 60,27 km yang terdiri dari enam seksi. Pemerintah akan mengerjakan sebanyak dua seksi yaitu seksi I Cileunyi – Rancakalong sepanjang 12,025 km dan seksi II Rancakalong – Sumedang sepanjang 17,35 km. Sedangkan sisanya yaitu Seksi III Sumedang – Cimalaka (3,75 km), Seksi IV Cimalaka – Legok (7,2 km) Seksi V Legok – Ujung Jaya (15,9 km) dan Seksi VI Ujung Jaya – Dawuan (4,048 km) akan dikerjakan oleh investor.

Pembangunan insfrastruktur jalan tol tersebut diatas didirikan diatas berbagai jenis tanah sebagai dasar struktur. Jenis tanah pada lokasi jalan tol Cisumdawu selain tanah yang mempunyai daya dukung yang tinggi/baik juga terdapat jenis tanah yang bermasalah seperti tanah lunak dan tanah ekspansif.

Untuk jenis tanah yang bermasalah memiliki nilai daya dukung yang rendah atau kondisi yang kurang bagus, maka untuk itu diperlukan stabilisasi dengan suatu tindakan untuk peningkatan beberapa sifat-sifat teknis tanah baik secara fisik, kimiawi, maupun mekanis.

Salah satu upaya stabilisasi tanah adalah dengan penggunaan zat aditif. Zat aditif yang dapat digunakan antara lain adalah semen, kapur, dan polimer. Maka dari itu dalam penelitian ini ingin diketahui pengaruh campuran kapur terhadap stabilisasi tanah lempung dengan pengujian triaxial kondisi tidak terkonsolidasi dan tidak teraliri (*Triaxial Test Unconsolidated Undrained*) untuk mengetahui perubahan parameter kuat geser tanah.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini mengenai adalah :

1. Berapa nilai parameter sifat-sifat fisik tanah asli di lokasi studi ?
2. Berapa nilai parameter kuat geser tanah asli dan tanah yang distabilisasi dengan campuran kapur ?
3. Berapa besar pengaruh stabilisasi tanah dengan campuran kapur terhadap nilai kuat geser tanah dari uji Triaxial UU ?



### **1.3 Maksud Dan Tujuan Penelitian**

Maksud dari penelitian ini adalah mengkaji pengaruh campuran kapur dalam proses stabilisasi tanah terhadap nilai parameter kuat geser tanah dengan pengujian Triaxial UU.

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui tentang :

1. Mengetahui nilai parameter sifat-sifat fisik tanah asli di lokasi studi.
2. Mengetahui nilai parameter kuat geser tanah asli dan tanah yang distabilisasi dengan kapur.
3. Mengetahui pengaruh campuran kapur pada proses stabilisasi tanah dengan pengujian Triaxial UU pada parameter kuat geser tanah.

### **1.4 Batasan Masalah**

Pembatasan masalah yang akan dibahas meliputi :

1. Sampel tanah yang di gunakan adalah tanah dasar yang berasal dari rencana lokasi jalan tol Cisumdawu pada seksi 3 Sumedang – Cimalaka, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat.
2. Campuran kapur yang digunakan 0%, 5%, 7,5% dan 10%.
3. Pengujian sifat fisik yang di lakukan di laboratorium antara lain :
  - a. Pengujian kadar air
  - b. Pengujian berat volume
  - c. Pengujian berat jenis
  - d. Pengujian analisis saringan
  - e. Pengujian hidrometer

4. Pengujian Triaxial kondisi tidak terkonsolidasi dan tidak teraliri (*Triaxial Test Unconsolidated Undrained*) untuk sampel tanah asli dan sampel tanah + campuran kapur.

## **1.5 Ruang Lingkup Penelitian**

Penelitian dilakukan di Laboratorium Direktorat Bina Teknik Jalan dan Jembatan, Dirjen Bina Marga. Kementerian PUPR, dengan deskripsi sebagai berikut :

- a. Mempersiapkan pengujian sifat-sifat fisik, seperti : kadar air, berat volume, berat jenis, analisis saringan, hidrometer.
- b. Pengujian Triaxial kondisi tidak terkonsolidasi dan tidak teraliri (*Triaxial Test Unconsolidated Undrained*) untuk tanah asli.
- c. Pengujian Triaxial kondisi tidak terkonsolidasi dan tidak teraliri (*Triaxial Test Unconsolidated Undrained*) untuk tanah dengan campuran kapur (lime stone) 0%, 5%, 7,5%, dan 10 % dari berat tanah sampel.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Tahapan-tahapan penyusunan laporan Tugas Akhir terdiri dari 5 bab, dengan sistematika penulisan sebagai berikut :

### **BAB I       Pendahuluan**

Dalam bab ini memuat tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, maksud dan tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, dan sistematika penulisan.

## **BAB II Tinjauan Pustaka**

Pada bab ini memuat secara sistematis tentang pustaka atau teori tanah dan stabilisasi tanah yang ada hubungannya dengan penelitian ini. Bagian ini akan memberikan dasar landasan yang komprehensif mengenai konsep yang akan digunakan.

## **BAB III Metodologi Penelitian**

Merupakan bab yang menjelaskan lokasi penelitian, bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian serta metode analisisnya secara terperinci. memberikan penjelasan secara umum akan kondisi dan berisi tentang tahapan penulisan meliputi kerangka penulisan yang terdiri dari metode pengumpulan data-data baik primer maupun sekunder yang digunakan, tahapan pelaksanaan pengujian laboratorium, evaluasi data dan perumusan masalah yang timbul.

## **BAB IV Analisa dan Pembahasan**

Pada bab ini menjelaskan tentang hasil dari pengujian, perhitungan, analisis yang dilakukan, serta pembahasan dari penelitian yang dilakukan penulis.

## **BAB V Kesimpulan dan Saran**

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari penulis dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tanah**

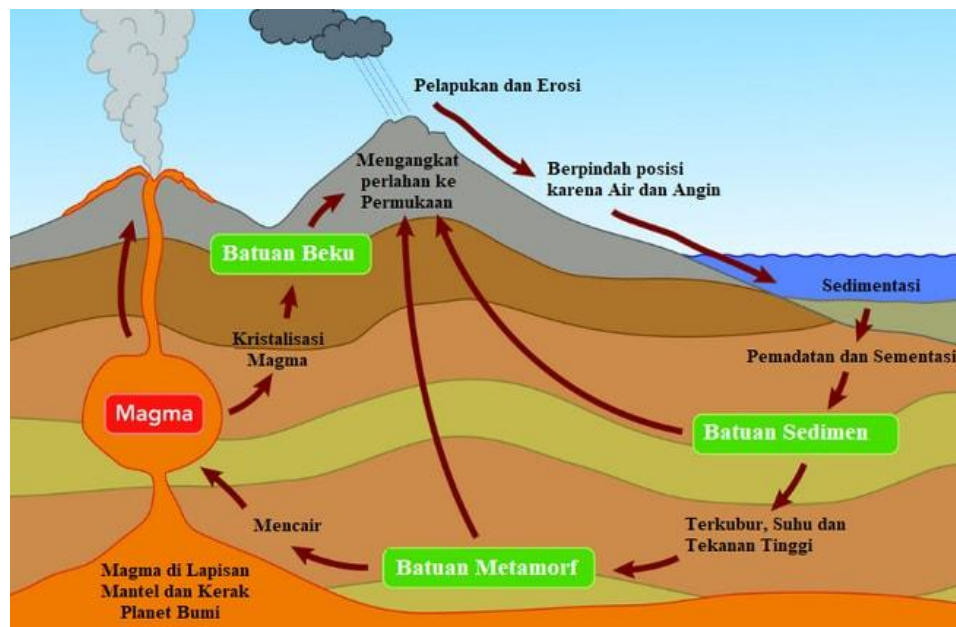
Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpatikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut (Das, 1995). Butiran-butiran mineral yang membentuk bagian padat dari tanah merupakan hasil pelapukan dari batuan. Ukuran setiap butiran padat tersebut sangat bervariasi dan sifat-sifat fisik dari tanah banyak tergantung dari faktor-faktor ukuran, bentuk, dan komposisi kimia dari butiran. Faktor-faktor tersebut dipengaruhi oleh tipe-tipe dasar dari batuan yang membentuk kerak bumi, mineral-mineral yang membentuk batuan dan proses pelapukan.

Sedangkan tanah menurut Bowles (1991) merupakan material yang terdiri dari himpunan butiran mineral-mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas, yang terletak di atas batuan dasar. Tanah adalah campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berikut :

- a. Berangkal (boulders), merupakan potongan batu yang besar, biasanya lebih besar dari 250 mm sampai 300 mm. Untuk kisaran antara 150 mm sampai 250 mm, fragmen batuan ini disebut kerakal (cobbles).
- b. Kerikil (gravel), partikel batuan yang berukuran 5 mm sampai 150 mm.

- c. Pasir (sand), partikel batuan yang berukuran 0,074 mm sampai 5 mm, berkisar dari kasar (3-5 mm) sampai halus (kurang dari 1 mm).
- d. Lanau (silt), partikel batuan berukuran dari 0,002 mm sampai 0,074 mm. Lanau dan lempung dalam jumlah besar ditemukan dalam deposit yang disedimentasikan ke dalam danau atau di dekat garis pantai pada muara sungai.
- e. Lempung (clay), partikel mineral berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. Partikel-partikel ini merupakan sumber utama dari kohesi pada tanah yang kohesif.

Berdasarkan asal usulnya, batuan dapat dibagi menjadi tiga tipe dasar yaitu batuan beku (*igneous rocks*), batuan sedimen (*sedimentary rocks*) dan batuan metamorf (*metamorphic rocks*). Pada gambar 2.1 ditunjukkan diagram dari siklus kejadian beberapa tipe batuan tersebut berikut proses kejadiannya.



Sumber : [www.google.com](http://www.google.com)

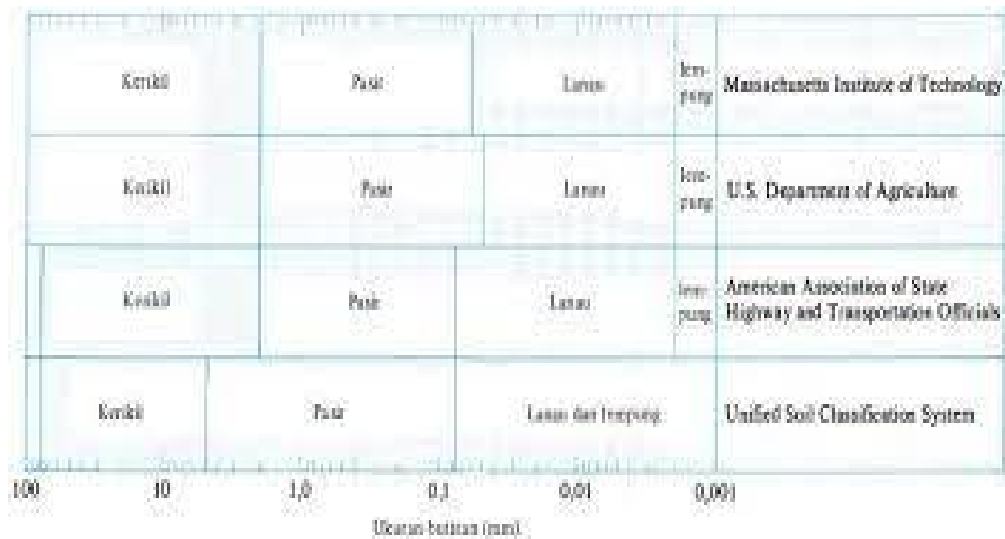
Gambar 2.1 Siklus Batuan

Tanah umumnya dapat terdiri dari campuran atau material sejenis berupa kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), atau lempung (*clay*), tergantung pada ukuran partikel yang paling dominan pada tanah tersebut. Untuk menerangkan tentang tanah berdasarkan ukuran-ukuran partikelnya, beberapa organisasi telah mengembangkan batasan-batasan ukuran golongan jenis tanah yang telah mengembangkan batasan-batasan ukuran golongan tanah (*soil separate size limits*). Pada tabel 2.1 dan gambar 2.2 ditunjukkan batasan-batasan ukuran golongan jenis tanah yang telah dikembangkan oleh *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), *U.S Department of Agriculture* (USDA), *American Association of State Highway and Transportation Official* (AASHTO), dan oleh *U.S Army Corps of Engineers* dan *U.S Bureau of Reclamation System* (USCS). Pada tabel tersebut, sistem MIT diberikan hanya untuk keterangan tambahan saja, Sistem MIT ini penting artinya dalam sejarah perkembangan sistem batasan ukuran golongan jenis tanah. Pada saat sekarang, sistem *Unified Soil Classification System* (USCS) telah diterima di seluruh dunia. Sistem ini sekarang telah dipakai pula oleh *American Society of Testing Materials* (ASTM).

Tabel 2.1 Batasan-Batasan Ukuran Golongan Tanah

Nama Kelompok Organisasi	Ukuran Butiran (mm)			
	Kerikil	Pasir	Lanau	Lempung
Massachusetts Institute of Technology (MIT)	> 2	2 – 0,06	0,06 – 0,002	< 0,002
U.S. Departement of Agriculture (USDA)	> 2	2 – 0,05	0,05 – 0,002	< 0,002
American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)	76,2 - 2	2 – 0,075	0,075–0,002	< 0,002
Unified Soil Classification System (U.S. Army Corps of Engineers, U.S. Bureau of Reclamation)	76,2-4,75	4,75-0,075	Halus (yaitu lanau dan lempung) < 0,0075	

Sumber : Diktat Ajar Mekanika Tanah I, Chandra Afriade, 2018

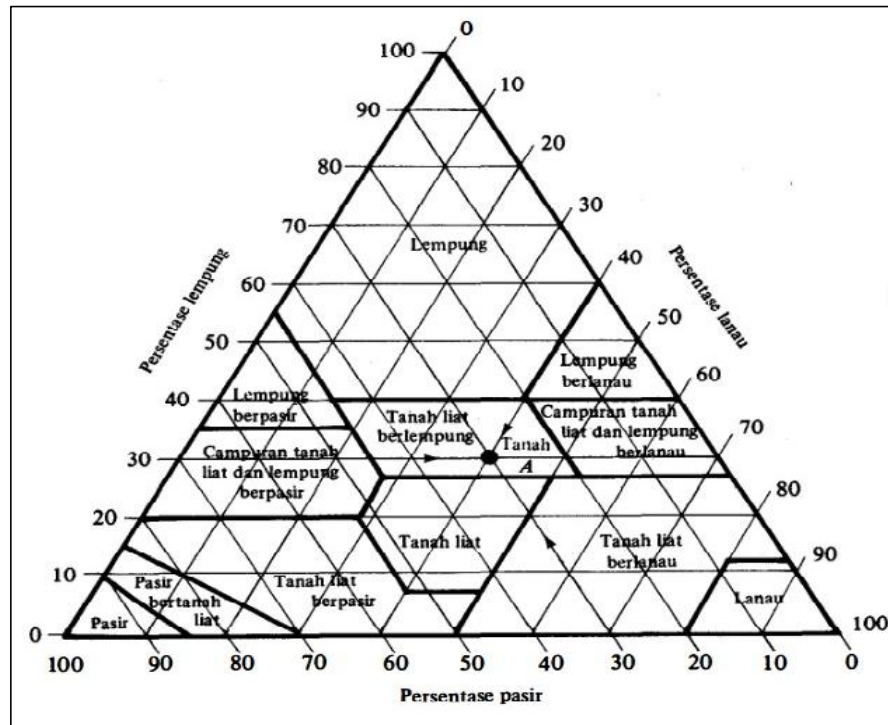


Sumber : Braja M. Das, 1995

Gambar 2.2 Batasan Ukuran Golongan Tanah Menurut Beberapa Sistem

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok-kelompok dan subkelompok-subkelompok berdasarkan pemakaiannya (Das, 1995). Beberapa sistem klasifikasi berdasarakan tekstur tanah telah dikembangkan sejak dulu oleh berbagai organisasi guna memenuhi kebutuhan mereka sendiri. Gambar 2.3 menunjukkan sistem klasifikasi berdasarakan tekstur tanah yang dikembangkan oleh USDA. Sistem ini didasarkan pada ukuran batas butiran tanah seperti yang diterangkan sistem USDA dalam tabel 2.1, yaitu :

- ) Pasir : butiran dengan diameter 2,0 sampai dengan 0,05 mm.
- ) Lanau : butiran dengan diameter 0,05 sampai dengan 0,002 mm.
- ) Lempung : butiran dengan diameter lebih kecil dari 0,002 mm



Sumber : Braja M. Das, 1995

Gambar 2.3 Klasifikasi Berdasarkan Tekstur oleh USDA

Sistem klasifikasi tanah berdasarkan tekstur adalah relatif sederhana karena ia hanya didasarkan pada distribusi ukuran butiran tanah saja. Dalam kenyataannya, jumlah dan jenis dari mineral lempung yang dikandung dalam tanah sangat mempengaruhi sifat fisis tanah yang bersangkutan. Oleh karena itu, kiranya perlu untuk memperhitungkan sifat plastisitas tanah, yang disebabkan adanya kandungan mineral lempung, agar dapat menafsirkan ciri-ciri suatu tanah. Karena sistem klasifikasi tanah berdasarkan tekstur tidak memperhitungkan sifat plastisitas tanah, dan secara keseluruhan tidak menunjukkan sifat-sifat tanah yang penting, maka sistem tersebut dianggap tidak memadai untuk sebagian besar dari keperluan teknik.



Pada saat sekarang ada lagi dua buah sistem klasifikasi tanah yang selalu dipakai oleh para ahli teknik sipil. Kedua sistem memperhitungkan distribusi ukuran butir dan batas-batas *Atterberg*. Sistem-sistem tersebut adalah sistem klasifikasi AASHTO dan sistem klasifikasi USCS. Sistem klasifikasi AASHTO pada umumnya dipakai oleh departemen jalan raya di semua negara bagian di Amerika Serikat. Sedangkan sistem klasifikasi USCS pada umumnya lebih disukai oleh para ahli geoteknik untuk keperluan-keperluan teknik yang lain.

### **2.1.1 Sistem Klasifikasi AASHTO**

Sistem klasifikasi ini dikembangkan dalam tahun 1929 sebagai *Public Road Administration System*. Sistem ini sudah beberapa kali mengalami perbaikan dan versi yang saat ini berlaku adalah yang diajukan *Commitee of The Highway Research Board* di tahun 1945 (*ASTM Standard* no D-3282, AASHTO metode M145).

Sistem klasifikasi AASHTO yang dipakai saat ini diberikan dalam tabel 2.2. Pada sistem ini, tanah diklasifikasikan ke dalam tujuh kelompok besar yaitu, A-1 sampai dengan A-7. Tanah yang diklasifikasikan ke dalam A-1, A-2, dan A-3 adalah tanah berbutir dimana 35% atau kurang dari jumlah butiran tanah tersebut lolos ayakan no. 200. Tanah dimana lebih dari 35% butirannya lolos ayakan no. 200 diklasifikasikan ke dalam kelompok A-4, A-5, A-6, dan A-7. Butiran dalam kelompok A-4 sampai dengan A-7 sebagian besar adalah lanau dan lempung. Sistem klasifikasi ini didasarkan pada kriteria di bawah ini :

1. Ukuran butir

Kerikil : bagian tanah yang lolos ayakan dengan diameter 75 mm (3 in.) dan yang tertahan pada ayakan no. 200 (0,075 mm).

Lanau dan lempung : bagian tanah yang lolos ayakan no. 200.

2. Plastisitas

Nama berlanau dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas (*Plasticity Index, PI*) sebesar 10 atau kurang.

Nama berlempung dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai PI sebesar 11 atau lebih.

3. Apabila batuan (ukuran lebih besar dari 75 mm) ditemukan di dalam contoh tanah yang akan ditentukan klasifikasi tanahnya, maka batuan-batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu.

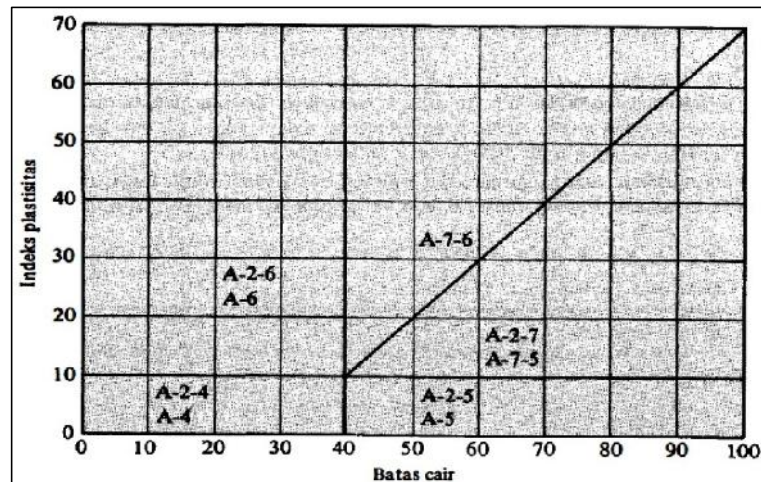
Tabel 2.2 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem AASHTO

Klasifikasi Umum	Tanah berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)						Tanah lanau - lempung (lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Klasifikasi Kelompok	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5*
Analisis ayakan (% lolos)											
No. 10	Maks 50	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
No. 40	Maks 30	Maks 50	Min 51	---	---	---	---	---	---	---	---
No. 200	Maks 15	Maks 25	Maks 10	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Min 36	Min 36	Min 36	Min 36
Sifat fraksi yang lolos ayakan No. 40											
Batas Cair (LL)	---	---	---	Maks 40	Min 41	Maks 40	Min 41	Maks 40	Min 41	Maks 40	Min 41
Indek Plastisitas (PI)	Maks 6	---	NP	Maks 10	Maks 10	Min 11	Min 11	Maks 10	Maks 10	Min 11	Min 11
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung			Tanah berlanau			Tanah berlempung	
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik						Biasa sampai jelek				

Keterangan : \* Untuk A-7-5,  $PI \leq LL - 30$

\*\* Untuk A-7-6,  $PI > LL - 30$

Gambar 2.4 menunjukkan suatu gambar dari senjang batas cair (*liquid limit*, LL) dan indeks plastisitas (PI) untuk tanah yang masuk ke dalam kelompok A-2, A-3, A-4, A-5, A-6, dan A-7.



Sumber : Braja M. Das, 1995

Gambar 2.4 Grafik Klasifikasi Tanah AASHTO untuk Tanah Butir Halus

### 2.1.2 Sistem Klasifikasi USCS

Sistem ini pada mulanya diperkenalkan oleh Casagrande pada tahun 1942 untuk dipergunakan dalam pekerjaan pembuatan lapangan terbang yang dilaksanakan oleh *The Army Corps of Engineer* selama perang dunia II. Dalam rangka kerjasama dengan *United State of Bureau of Reclamation* tahun 1952, sistem ini disempurnakan. Pada masa kini, sistem klasifikasi tersebut digunakan secara luas oleh para ahli teknik. Sistem klasifikasi USCS diberikan pada tabel 2.3. Sistem ini mengelompokkan tanah ke dalam dua kelompok besar, yaitu :

1. Tanah berbutir kasar (*course grained soil*), yaitu tanah kerikil dan pasir dimana kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan no. 200.

Simbol dari kelompok ini dimulai dari huruf awal G atau S. G adalah kerikil (*gravel*) stsu tanah berkerikil, dan S adalah pasir (*sand*) atau tanah berpasir.

2. Tanah berbutir halus (*fine grained soil*), yaitu tanah dimana lebih dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan no. 200. Simbol dari kelompok ini dimulai dari huruf awal M untuk lanau (*silt*) anorganik, C untuk lempung (*clay*) anorganik, dan O untuk lanau organik dan lempung organik. Simbol PT digunakan untuk tanah gambut (*peat*), *muck*, dan tanah-tanah lain dengan kadar organik yang tinggi.

Simbol-simbol lain yang digunakan untuk klasifikasi USCS adalah :

1. W = *well graded* (tanah dengan gradasi baik).
2. P = *poorly graded* (tanah dengan gradasi buruk).
3. L = *low plasticity* (plastisitas rendah,  $LL < 50$ ).
4. H = *high plasticity* (plastisitas tinggi,  $LL > 50$ ).

Tanah berbutir kasar ditandai dengan simbol kelompok seperti GW, GP, GM, GC, SW, SM, dan SC. Untuk klasifikasi yang benar, faktor-faktor berikut ini perlu diperhatikan :

1. Persentase butiran yang lolos ayakan no. 200 (ini adalah fraksi halus).
2. Persentase fraksi kasar yang lolos ayakan no. 40.
3. Koefisien keseragaman (*uniformity coefficient*,  $C_u$ ) dan koefisien gradasi (*gradation coefficient*,  $C_c$ ) untuk tanah dimana 0% - 12% lolos ayakan no. 200.
4. Batas cair (LL) dan indeks plastisitas (PI) bagian tanah yang lolos ayakan no. 40 (untuk tanah dimana 5% atau lebih lolos ayakan no. 200).

Tabel 2.3 Sistem Klasifikasi USCS

Divisi Utama	Simbol Kelompok	Nama Jenis	Nama Jenis			
Tanah berbutir kasar 50% butiran tertahan saringan no. 200 (0.075 mm)	Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar ter-tahan saringan no. 4 (4.75 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ , $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW	
		Kerikil banyak kandungan butiran halus	GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil atau tidak mengandung butiran halus		
		Kerikil banyak kandungan butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lempung	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $P_I < 4$	Bila batas Atterberg berada di daerah arir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol
			GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung	Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $P_I > 7$	
	Pasir lebih dari 50% fraksi kasar lolos saringan no. 4 (4.75 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	SW	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ , $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW
			Pasir gradasi buruk, pasir kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	SP	Pasir gradasi buruk, pasir kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	
		Kerikil banyak kandungan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $P_I < 4$	Bila batas Atterberg berada di daerah arir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung	Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $P_I > 7$	
	Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos saringan no. 200 (0.075 mm)	Lanau dan lempung batas cair 50% atau kurang	ML	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung		
			CL	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus ('lean clay')		
			OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah		
		Lanau dan lempung batas cair > 50%	MH	Lanau tak organik atau pasir halus diatmae, lanau elastis		
CH			Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemak ('fat clays')			
OH			Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi			
Tanah dengan kadar organik tinggi	$P_t$	Gambut ('peat') dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488			

Sumber :Braja M. Das (1995)

## **2.2 Sifat Fisik Tanah**

### **2.2.1 Warna Tanah**

Tanah dapat dilihat secara visual warnanya untuk dapat menentukan antara lain :

- a. Keadaanya (basah/kering)
- b. Warna dan butir butir mineralnya
- c. Jumlah kandungan organisnya
- d. Jumlah persenyawaan yang teroksidasi

Kesimpulan sementara jika tanah dilihat dari warnanya, antara lain :

- a. Persenyawaan besi di bawah pengaruh keadaan basah, adioksidasi dan dehidras warna kuning, dan merah.
- b. Kandungan bahan organis yang tinggi atau adanya persenyawaan ruangan akan menghasilkan warna hitam.
- c. Warna hijau dan biru jarang dijumpai pada tanah. Kalau ada disebabkan adanya persenyawaan besi.
- d. Warna abu-abu ditimbulkan karena adanya kuarsa, kaolinit, atau sedikit bahan organis.

### **2.2.2 Berat Isi Tanah ( $\gamma$ ) - (SNI 03-3637-1994 dan ASTM D-2937)**

Berat isi tanah atau berat volume tanah adalah perbandingan antara berat tanah total dengan volume tanah total, dinyatakan dalam satuan berat dibagi satuan volume biasanya dalam gram/cm<sup>3</sup> .

Untuk mengetahui berat isi dari tanah, harus dilakukan uji di laboratorium, biasanya dilakukan bersamaan dengan percobaan konsolidasi atau triaxial. Tujuan

dari pengujian ini adalah untuk menentukan berat volume tanah basah. Yang dimaksud dengan berat volume tanah adalah perbandingan antara berat tanah termasuk air yang terkandung didalamnya dengan volume tanah total.

$$\gamma = \frac{\text{Berat tanah dalam ring (silinder)}}{\text{Volume ring}} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

$$\text{Volume ring} = \frac{1}{4} \pi^2$$

**2.2.3 Kadar Air Tanah (w) - (SNI 1965:2008 dan ASTM D-2216)**

Kadar air tanah adalah kandungan air pada tanah yang ditentukan dari perbandingan dari berat air yang dikandung tanah dengan berat bagian padat (solid) dari tanah. Kadar air tanah yang ditentukan adalah berat air tanah asli dan kadar air tanah untuk penentuan sifat mekanis tanah seperti pemadatan tanah, CBR laboratorium, batas cair, batas plastis, batas susut tanah.

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan kadar air tanah. Yang dimaksudkan dengan kadar air tanah adalah perbandingan antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat tanah tersebut, dinyatakan dalam persen.

Tabel 2.4 Penentuan Kadar Air Di Laboratorium

<b>Ukuran butir maksimum saringan no.</b>	<b>Berat contoh minimum yang disarankan (gram)</b>	<b>Ketelitian timbangan</b>
#1/4	1000	1 gram
Lolos # No.10	100	0.1 Gram
Lolos # No. 40	10	0.01 gram

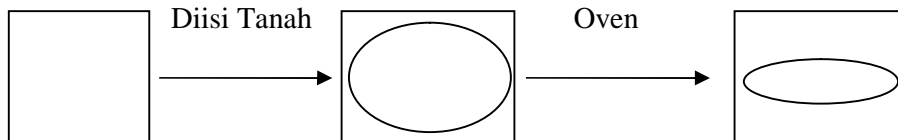
Perhitunganya :

Berat Cawan + Tanah Basah	= w1	Gram
Berat Cawan + Tanah kering	= w2	Gram
Berat Cawan kosong	= w3	Gram
Berat air (Ww/Ba)	= w1 – w2	Gram
Berat Butir (Ws/Bb)	= w2 – w3	Gram

$$w = \frac{W}{W} \times 100\% = \frac{B}{B} \times 100\% = \frac{w1 - w2}{w2 - w3} \times 100\% \dots \dots \dots (2.2)$$

Pengeringan dilakukan dalam oven selama minimum 4 jam atau sampai beratnya tidak berubah.dari oven contoh tanah dimasukan kedalam desicator untuk pendinginan.

Temperatur oven untuk tanah anorganis = 100°C dan tanah organis 60°C



Berat Cawan                      Berat cawan + Tanah Basah                      Berat Cawan + Tanah Kering

#### 2.2.4 Berat Jenis Tanah (Gs) - (SNI 1964:2008 dan ASTM D854)

Berat Jenis (Gs) didefinisikan sebagai perbandingan antar berat butir tanah dengan berat air suling dengan volume yang sama pada suhu tertentu. Berat butir tanah adalah perbandingan antara berat butir dan isi butir.Penggunaan nilai berat jenis butir antara lain untuk :

- ) Menghitung kadar pori contoh tanah
- ) Memperkirakan berat volume tanah



) Mengklasifikasikan mineral pembentuk tanah

Sedangkan berat isi air adalah perbandingan antara berat air dan isi air.

Beat jenis tanah dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$G = \frac{B - G}{B + B1 - B2} \dots \dots \dots (2.3)$$

$$G = \frac{\gamma}{\gamma_{4^{\circ}C}} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana :

Bb = berat contoh tanah kering

B1 = berat piknometer/ botol ukur + air, pada T°C

B2 = berat piknometer / botol ukur + air + contoh tanah kering pada T°C

G = berat jenis air pada suhuT°C

Untuk mendapatkan harga specific gravity (Gs) dari butiran tanah, yaitu perbandingan berat isi butir tanah dan berat isi air pada suhu 20~. Sehingga dengan mengetahui nilai Gs-nya dapat diketahui suatu contoh tanah apakah tanah tersebut organik atau anorganik. Jadi untuk tanah yang terdiri dari campuran bahan organik maupun bahan anorganik tentu mempunyai nilai Gs yang tergantung dari komposisi campuran bahan-bahan tersebut. Untuk perencanaan bangunan, pengetahuan tentang adanya bahan organik sangat penting, karena tanah organic berbahaya untuk tanah bangunan.

Tabel 2.5 Tipe Tanah dan Nilai Gs

Tipe Tanah	Nilai Gs
1. An organic soil	
- Sand	2,63 – 2,67
- Silt	2,65 – 2,67
- Clay and Silt Clay	2,67 – 2,69
2. Organic Soil	< 2,00

### 2.2.5 Batas-Batas Atterberg (*Atterberg Limit*) - (SNI 1966, 1667, 3422 : 2008 dan ASTM D-423)

Batas Atterberg dikenalkan oleh Albert Atterberg pada tahun 1911 dengan maksud untuk mengklasifikasikan tanah berbutir halus serta memastikan karakter indeks property tanah. Batas Atterberg mencakup batas cair, batas plastis, serta batas susut.

Tanah yang berbutir halus umumnya mempunyai karakter plastis. Karakter plastis itu adalah kekuatan tanah sesuaikan pergantian bentuk tanah sesudah bercampur dengan air pada volume yang tetaplah. Tanah itu bakal berupa cair, plastis, semi padat atau padat bergantung jumlah air yang bercampur pada tanah itu.

Batas Atterberg memperlihatkan terjadinya bentuk tanah dari benda padat sampai jadi cairan kental sesuai sama kadar airnya. Dari test batas Atterberg bakal diperoleh parameter batas cair, batas plastis, batas lengket serta batas kohesi yang disebut kondisi ketekunan tanah. Batas-batas Atterberg bisa diliat pada gambar tersebut :

Tabel 2.6 Batas-Batas Atterberg

<b>PL (%)</b>	<b>Sifat</b>	<b>Macam Tanah</b>	<b>Kohesi</b>
0	Non Plastis	Pasir	Non Kohesi
< 7	Plastisitas Rendah	Lanau	Kohesi Sebagian
7 – 17	Plastisitas Sedang	Lempung Berlanau	Kohesi
>17	Plastisitas Tinggi	Lempung	Kohesi

Terdapat tiga macam batas susut atau yang biasa dikenal dengan nama Atterberg Limits. Tiga macam Atterberg Limits tersebut yaitu:

**1. Liquid Limit (LL) (SNI 1967:2008)**

Liquid Limit/ Batas Cair (LL) adalah kadar air tanah yang untuk nilai-nilai di atasnya, tanah akan berperilaku sebagai cairan kental (batas antara keadaan cair dan keadaan plastis), yaitu batas atas dari daerah plastis. Liquid limit dapat ditentukan menggunakan alat Casagrande.

Tujuan pengujian batas cair adalah untuk menentukan kadar air tanah pada batas cair dengan cara Cassagrande yang akan digunakan untuk menentukan sifat dan klasifikasi tanah.

**2. Plastic Limit (PL) (SNI 1966:2008)**

Batas plastis (PL) adalah kadar air yang untuk nilai-nilai dibawahnya, tanah tidak lagi berpengaruh sebagai bahan yang plastis. Tanah ada pada keadaan plastis, apabila tanah digiling-giling menjadi batang-batang berdiameter 3 mm mulai menjadi retak-retak. Indeks plastis suatu tanah adalah bilangan (%) yang merupakan selisih antara batas cair dan plastisnya.

Tujuan pengujian batas plastis adalah untuk menentukan batas plastis suatu tanah. Batas plastis tanah adalah kadar air (dinyatakan dalam %) bagi tanah tersebut yang masih dalam keadaan plastis.

Dengan rumus sebagai berikut :

$$PI = LL - PL \dots\dots\dots(2.5)$$

### 3. Shrinkage Limit (SL) (SNI 3422-2008)

Suatu tanah akan menyusut apabila air yang dikandungnya secara perlahan-lahan hilang dalam tanah. Dengan hilangnya air secara terus menerus, tanah akan mencapai suatu tingkat keseimbangan penambahan kehilangan air tidak akan menyebabkan perubahan volume.

#### 2.2.6 Analisa Ukuran Butir Tanah (*Grainsize Analysis*) – (SNI 03-1968-1990 dan SNI 03-3423-1994)

Analisa ukuran butir (*grainsize analysis*) antara lain berguna untuk membantu mengidentifikasi suatu tanah apakah :

- a) Dapat mudah menyerap air
- b) Dapat dipergunakan untuk bahan timbunan jalan dan bendungan
- c) Kapilaritas tanah cukup tinggi
- d) Dapat dipergunakan untuk campuran aspal atau beton
- e) Dapat dipergunakan untuk filter bendungan – bendungan.

Untuk mendapatkan distribusi butiran tanah dilakukan pemeriksaan gradasi ukuran butir dilakukan dengan menggunakan analisa Sieve Analysis. Dalam analisa ukuran butir tanah ada 2 pengujian yang dilakukan yaitu analisa tapis untuk agregat kasar dan analisa hidrometer untuk agregat halus.

#### 1. Analisa Tapis (*Sieve Analysis*) - (SNI 03-1968-1990, ASTM D-421)

Mempergunakan satu set tapis/saringan dengan bukaan yang berbeda-beda. tapis dengan bukaan besar terletak diatas dan terakhir adalah pan. Analisa

tapis dipergunakan untuk tanah berbutir kasar, yaitu tanah yang butir – butiranya lebih besar dari tapis no . 200 atau 0.074 mm. Tujuan dari percobaan sieve analisis adalah untuk mengetahui suatu tanah yang akan diuji, apakah tanah tersebut bergradasi buruk, bergradasi seragam ataupun bergadasi baik, sekaligus untuk mengetahui ukuran butir tanah.

Tabel 2.7 Analisa Tapis

<b>Tapis (saringan ) nomor (#No.)</b>	<b>Bukaan (diameter ) Tapis (mm)</b>
3	6.35
4	4.76
6	3.36
8	2.38
10	2.00
20	0.84
30	0.59
40	0.42
60	0.25
100	0.149
200	0.074



Gambar 2.5 Sieve Shaker

## 2. Pengujian Hidrometer (*Hydrometer Analysis*) – (SNI 03-3423-1994. ASTM D-422-63)

Hidrometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur berat jenis atau kepadatan relatif dari suatu cairan, yaitu rasio kepadatan cairan dengan densitas air. Hidrometer biasanya terbuat dari kaca dan terdiri dari sebuah batang silinder dan bola. Pembobotan dengan merkuri (raksa) untuk membuatnya mengapung tegak. Cara kerja *hydrometer* didasarkan pada prinsip Archimedes dimana benda padat yang tersuspensi pada fluida (dalam praktikum ini, benda padat yang dimaksud adalah tanah) akan terkena gaya ke atas sebesar gaya berat fluida yang dipindahkan. Dengan demikian, semakin rendah kerapatan zat tersebut, semakin jauh *hydrometer* tenggelam. Seberapa jauh *hydrometer* tersebut tenggelam dapat dilihat dari skala pembacaan yang terdapat dalam *hydrometer* itu sendiri.

Dasar tes ini adalah hukum Stokes untuk jatuhnya bola dalam cairan kental dimana kecepatan terminal jatuh tergantung dari diameter butir dan kepadatan tanah dalam suspensi cairan sehingga diameter butir dapat dihitung dari data tentang jarak dan waktu jatuh. Pengujian ini didasarkan pada hubungan antara kecepatan jatuh dari suatu butiran di dalam suatu larutan, diameter butiran, berat jenis butiran, berat jenis larutan, dan kepekatan larutan tersebut.



Gambar 2.6 Tabung Gelas 1000 ml (Hidrometer Jar)

## 2.3 Sifat Mekanik Tanah

Sifat mekanik tanah adalah sifat-sifat tanah yang mengalami perubahan setelah diberikan gaya-gaya tambahan atau pembebanan dengan tujuan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah.

### 2.3.1 Pemadatan Tanah (*Compaction*) (SNI 1742, 1743 : 2008)

Pemadatan merupakan suatu usaha untuk mempertinggi kerapatan tanah dengan pemakaian energi mekanis untuk menghasilkan pemampatan partikel atau suatu proses ketika udara pada pori-pori tanah dikeluarkan dengan cara mekanis.

Dilapangan biasanya digunakan mesin gilas, alat-alat pemadat dengan getaran dan alat tekan static yang menggunakan piston dan mesin tekanan. Ada dua macam percobaan pemadatan yang dilakukan dilaboratorium (Wesley, 1977).

- Percobaan Pemadatan Standar (Standard Compaction Test) (SNI 1742:2008)

Dalam percobaan ini, tanah dipadatkan dalam cetakan berdiameter 102 mm dan tinggi 115 mm, menggunakan alat tumbuk dengan diameter 50,8 mm, berat 2,5 kg, dengan tinggi jatuh 30 cm. Tanah ini dipadatkan dalam 3 lapis dimana tiap lapis dipadatkan 25 kali pukulan.

Tabel 2.8 Spesifikasi Uji Pemadatan ASTM dan AASHTO

Deskripsi	Unit	Standar proctor (D 698 , T-99)		Modified proctor (D1557, T-180)	
		Metode A	Metode B	Metode A	Metode B
Mold :	Ft <sup>3</sup>	1/30	1/13,33	1/30	1/13,33
Volume	Cm <sup>3</sup>	943,90	2124,30	943,90	2124,30
Tinggi	Inch	4,58	4,58	4,58	4,58
	Mm	116,33	116,33	116,33	116,33

Diameter	Inch	4	6	4	6
	mm	101,60	152,40	101,60	152,40
Berat palu	Lbs	5,50	5,50	10	10
	Kg	2,5	2,5	4,54	4,5
Tinggi Jatuh Palu	Inch	12	12	18	18
	mm	304,80	304,80	457,20	457,20
Jumlah lapis tanah		3	3	5	5
Jumlah pukulan tiap lapis		25	56	25	56
Tanah lolos saringan		No.4	No.4	No.4	No.4

Tujuan dari pengujian pemadatan adalah Untuk mendapatkan hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah, sehingga dapat diperoleh kadar air optimum (*Optimum Moisture Content/OMC*) pada saat kepadatan kering maksimum (*Maximum Dry Density/MDD*).

Tingkat pemadatan tanah diukur dari berat volume kering tanah yang dipadatkan. Bila air ditambahkan kepada suatu tanah yang sedang dipadatkan, air tersebut akan berfungsi sebagai unsur pembasah (pelumas) pada partikel-partikel tanah. Karena adanya air, partikel-partikel tanah tersebut akan lebih mudah bergerak dan bergeseran satu sama lain dan membentuk kedudukan yang lebih rapat/padat.

Adapun tujuan dari Pemadatan adalah sebagai berikut :

- a. Meningkatkan *shear strength*
- b. Meningkatkan *swell potential*
- c. Meningkatkan kepadatan/ kerapatan butir tanah
- d. Memperkecil *shrinkage*



e. Memperkecil *compressibility*

Faktor-faktor yang mempengaruhi kepadatan adalah sebagai berikut :

- a. Kadar air
- b. Energi pemadatan dan volume pemadatan
- c. Jenis dan sifat tanah



Gambar 2.7 Peralatan Pemadatan Test

### 2.3.2 Kuat Geser Tanah dengan Pengujian Triaxial UU (*Triaxial Test Unconsolidated Undrained*) – (SNI 03-4813-1998 dan ASTM D-2850)

Kuat geser tanah adalah kemampuan daya dukung tanah dalam memikul beban, dimana parameter kuat geser tanah berupa kohesi tanah ( $c$ ) dan sudut geser dalam ( $\phi$ ). Parameter kuat geser tanah dapat ditentukan dari pengujian laboratorium seperti uji Triaxial, uji kuat tekan bebas (UCS), dan uji geser langsung (*Direct Shear*).

Tujuan pengujian Triaxial adalah sebagai berikut :

- Untuk mencari kohesi ( $c$ )

- Untuk mencari sudut geser dalam ( )

Dimana  $c$  dan  $\phi$  diperlukan untuk menghitung besarnya daya dukung tanah, tegangan tanah, dan kestabilan lereng.

Dalam uji Triaxial ada 3 (tiga) jenis, yaitu :

a. *Undrained Test (Unconsolidated – Undrained Test) (UU Test)*

Pada pengujian ini tidak diperbolehkan adanya aliran air dari contoh tanah selama pengujian berlangsung.

Tegangan air pori biasanya tidak diukur pada pengujian jenis ini data tanah yang dipakai tidak dikonsolidasikan.

b. *Consolidated – Undrained Test (CU Test)*

Pada pengujian ini mula-mula diberikan tegangan normal dan air diperbolehkan mengalir dari contoh tanah sampai konsolidasi sesuai.

Setelah itu jalan aliran air ditutup dan contoh tanah diberi tegangan geser sampai contoh tanah runtuh, biasanya tegangan air pori diukur selama tegangan geser diberikan.

c. *Consolidated – Drained Test (CD Test)*

Pada pengujian ini aliran air diperbolehkan mengalir selama pengujian, mula-mula diberikan tegangan normal sampai konsolidasi selesai, kemudian diberikan tegangan geser sampai terjadi keruntuhan dengan aliran air tetap terbuka. Pemberian tegangan harus dilakukan secara perlahan-lahan, supaya tegangan air pori tetap nol tidak berubah.

Tabel 2.9 Parameter Kuat Geser yang Didapat dari Hasil Uji Triaxial

TIPE PENGUJIAN	PARAMETER YANG DIDAPAT
Uncosolidated Undrained (UU)	$c_u$ ;
Consolidated Undrained (CU)	$c$ ; $\phi$ ; $u$ ; $c'$ ; $\phi'$
Consolidated Drained (CD)	$c$ ; $\phi$ ; $u$ ; $c'$ ; $\phi'$

Dimana :  $c$  ( $c'$ ) = kohesi (efektif) ;  $\phi$  ( $\phi'$ ) = sudut geser dalam ;  $u$  = tekanan air pori

❖ *Regangan vertikal :*

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

dimana :

$L$  = Perubahan panjang

$L_0$  = Panjang contoh tanah awal

❖ *Luas penampang koreksi :*

$$A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon}$$

dimana :

$A_0$  = Luas penampang mula – mula ( $\text{cm}^2$ )

$A$  = Luas penampang setelah dikoreksi ( $\text{cm}^2$ )

❖ *Gaya aksial yang bekerja :*

Gaya aksial ( $P$ ) = bacaan dial x kalibrasi (kg)

❖ *Tegangan Deviator ( ) :*

$$\text{Tegangan Deviator ( )} = \frac{P}{A} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

dimana :  $A$  = luas sample

❖ *Tegangan keliling ( $\sigma_3$ ):*

$$\sigma_3 = k_0 \cdot \gamma \cdot H \quad (\text{kg/cm}^2)$$

Dimana :  $k_0$  = koefisien tegangan tanah (keadaan strain = 0)  
= 0,4 – 0,8

H = kedalaman/tinggi contoh tanah (cm)



Gambar 2.8 Peralatan Triaxial Test

## 2.4 Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah merupakan usaha untuk memperbaiki sifat tanah secara teknis dengan menggunakan bahan-bahan tertentu. Pekerjaan ini umumnya

dilakukan dengan mencampur tanah dengan jenis tanah lain sehingga gradasi yang diinginkan bisa didapatkan. Selain itu, pencampuran tanah juga dapat dilakukan dengan menggunakan bahan-bahan buatan pabrik agar sifat-sifat teknis dari tanah bisa lebih baik.

Stabilisasi tanah biasanya memiliki tujuan utama untuk mengubah sifat teknis tanah itu sendiri, seperti sifat kompresibilitas, kapasitas dukung, kemudahannya untuk dikerjakan, permeabilitas, sensitifitasnya terhadap kadar air yang berubah, serta potensi pengembangannya.

Untuk mencapai tujuan tersebut, proses stabilisasi ini dapat dilakukan dengan cara paling sederhana seperti pemadatan, hingga menggunakan teknik yang lebih efektif dan juga memerlukan dana yang cukup besar, yakni dengan mencampur tanah dengan pasir atau semen, grouting atau injeksi semen, abu terbang, pemanasan dan lain sebagainya.

Proses pembangunan berupa perkerasan jalan merupakan salah satu bentuk stabilisasi tanah yang umum dilakukan dalam masyarakat. Pekerjaan ini bertujuan untuk memperbaiki material pada jalan lokal dengan menggunakan metode stabilisasi mekanis atau menambahkan bahan tambahan ke dalam tanah.

Tentunya, rencana perkerasan jalan juga harus melalui proses perancangan terlebih dahulu. Setiap lapisan bahan yang akan digunakan dalam perkerasan jalan juga harus memenuhi syarat kualitas yang baik. Pastinya, setiap komponen dalam lapisan perkerasan jalan harus cukup kuat menahan lendutan berlebih yang dapat menyebabkan lapisan atas retak, pergeseran tanah, serta mencegah deformasi berlebihan yang permanen karena material penyusun yang memadat.

Dengan dilakukannya stabilisasi tanah, kualitas tanah akan semakin meningkat. Lapisan tanah yang lebih stabil membuatnya dapat mendistribusikan beban lebih jauh lagi dengan lebih baik. Selain itu, tebal lapisan tanah yang harus dibuat juga berkurang sehingga juga mengurangi biaya pembangunan.

Stabilisasi ini juga sangat diperlukan di lokasi-lokasi proyek. Karena alat-alat berat yang bekerja di dalam proyek tentu membutuhkan landasan kerja dan jalan yang cukup kuat dan memenuhi syarat sebagai landasan. Sehingga, pelaksanaan kerja di dalam proyek bisa menjadi lebih cepat, efisien dan hasil kerjanya dapat lebih berkualitas.

Salah satu bagian dari proses stabilisasi tanah adalah mempertimbangkan apakah kondisi tanah sudah cukup memenuhi syarat sebagai lokasi pelaksanaan konstruksi. Apabila belum memenuhi syarat, maka hal-hal yang diperlukan antara lain :

- Pembongkaran tanah atau material yang ada di lokasi serta kemudian menggantinya dengan yang lebih sesuai.
- Meningkatkan sifat tanah yang ada di lokasi sehingga dapat lebih baik dan memenuhi syarat untuk dilaksanakannya konstruksi.

Stabilisasi tanah secara prinsip adalah suatu tindakan atau usaha yang dilakukan guna menaikkan kekuatan tanah dan mempertahankan kekuatan gesernya. Beberapa tindakan yang dilakukan untuk menstabilisasikan tanah adalah sebagai berikut :

- Menambah bahan yang menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi atau fisis pada tanah.

- Mengganti tanah yang buruk
- Meningkatkan kerapatan tanah.
- Menurunkan muka air tanah.
- Menambah material yang tidak aktif sehingga meningkatkan kohesi dan kekuatan geser yang timbul.

Cara yang digunakan untuk menstabilisasi tanah terdiri dari salah satu atau kombinasi dari cara berikut (Bowles, 1989) :

1. Stabilisasi Tanah dengan Cara Mekanis

Stabilisasi tanah dengan cara mekanis dapat didefinisikan sebagai upaya pengaturan gradasi tanah secara proporsional yang diikuti dengan proses pemadatan, untuk mendapatkan kepadatan maksimum. Pemadatan merupakan suatu usaha mempertinggi kerapatan tanah, dengan pemakaian energi mekanis untuk menghasilkan pemadatan partikel. Sebelum dilakukan pemadatan, tanah pada mulanya dilakukan dengan pengeringan, penambahan air, agregat-agregat (butir-butir) atau dengan bahan-bahan pencampur seperti semen, kapur, garam, abu batu bara, dan bahan tambahan lainnya. Tujuan dari pemadatan tanah adalah untuk memperbaiki sifat-sifat mekanik massa tanah. Beberapa keuntungan yang diperoleh dari pemadatan tanah adalah (Fourman, 1996) :

- Berkurangnya penurunan permukaan tanah, yaitu gerakan vertikal di dalam massa tanah itu sendiri akibat berkurangnya angka pori.
- Bertambahnya kekuatan tanah.
- Berkurangnya penyusutan volume akibat berkurangnya kadar air dari nilai patokan pada saat pengeringan.

## 2. Stabilisasi Tanah dengan Bahan Pencampur

Cara yang sering digunakan untuk menstabilisasi tanah berbutir halus adalah dengan mencampur tanah tersebut dengan bahan pencampur (semen, semen dan pasir, semen dan garam, abu batu bara, gamping, gamping, kapur dan abu batu bara) dan diberi air secukupnya kemudian dipadatkan dengan mesin gilas dan menghasilkan suatu beton bergradasi rendah. Sedangkan stabilisasi dengan bahan pencampur kimiawi dapat mengubah sifat-sifat kurang menguntungkan dari tanah. Biasanya digunakan untuk tanah berbutir halus. Bahan yang digunakan untuk stabilisasi tanah disebut stabilizing agent. Sedangkan dalam penelitian ini digunakan bahan campuran kapur.

### **2.5 Tanah Ekspansif**

Tanah ekspansif merupakan tanah yang memiliki ciri-ciri kembang susut yang besar akibat peristiwa kapiler atau perubahan kadar airnya (Muntohar, 2014). Besarnya pengembangan atau penyusutan tidak merata dari suatu titik ke titik lainnya sehingga menimbulkan perbedaan penurunan pada permukaan tanah. Seed et al. (1962) menyebutkan faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya pengembangan tanah ekspansif antara lain jenis dan jumlah lempung, struktur tanah, kepadatan, perubahan kadar air, metode pemadatan, konsentrasi elektrolit dalam air dan tekanan di permukaan tanah (surcharge pressure). Hasil pengujian sifat-sifat indeks tanah dapat dijadikan dasar dalam mengidentifikasi dan mengklasifikasi tanah lempung ekspansif.



Beberapa peneliti seperti van der Werve (1964), Daksanamurthy dan Raman (1973), Sridharan (2000) memanfaatkan grafik plastisitas tanah untuk menentukan derajat pengembangan suatu tanah lempung.

Indeks plastisitas dan perubahan volume tanah berhubungan erat dengan jumlah partikel yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. Menurut Seed et al. (1962), indeks plastisitas tanah dapat digunakan sebagai indikator awal untuk mengetahui potensi pengembangan tanah lempung seperti disajikan pada Tabel 2.9.

Tabel 2.10 Derajat Pengembangan Tanah Ekspansif Berdasarkan IP

<b>Derajat Pengembangan</b>	<b>Indeks Plastisitas</b>
Sangat Tinggi (Very High)	>55
Tinggi (High)	20 – 50
Sedang (medium)	10 – 35
Rendah (Low)	0 – 5

Sumber : Seed et al., 1962

Penelitian yang dilakukan oleh Basma et al. (1995) berdasarkan eksperimental di laboratorium dan pengamatan di lapangan.

Pengembangan tanah ekspansif juga sangat dipengaruhi oleh kadar air awal (initial water content), kepadatan (dry density) dan jenis tanah. Perubahan kadar air hanya 1% atau 2% cukup untuk menyebabkan pengembangan yang mengakibatkan kerusakan. El-Sohby dan Rabba (1981) menyebutkan bahwa kadar air awal tanah juga sangat mempengaruhi persentase pengembangan untuk tanah yang dipadatkan kembali (remoulded). Kadar air tanah secara langsung akan mempengaruhi kepadatan tanah yang dinyatakan dengan berat volume kering tanah. Sehingga derajat pengembangan tanah ekspansif dapat pula dinyatakan

sebagai fungsi dari berat volume kering. Chen (1983) menyebutkan bahwa tanah lempung yang memiliki berat volume kering lebih besar dari 17,3 kN/m<sup>3</sup> pada umumnya menunjukkan potensi pengembangan yang tinggi.

Bila dijumpai di lapangan, tanah lempung yang berada dalam kondisi kering, dan cenderung keras seperti batuan, maka diperkirakan akan memiliki potensi pengembangan yang tinggi. Beberapa peneliti mengkaji pengembangan dan sifat-sifat mekanis tanah ekspansif yang dipadatkan. Tanah lempung yang dipadatkan cenderung meningkat tekanan pengembangannya seiring dengan bertambahnya nilai berat volume kering tanah.

Pemilihan kadar air untuk menghasilkan kepadatan rencana dan metode pemadatan sangat mempengaruhi besaran dan kecepatan pengembangan akibat proses pembasahan (Seed et al., 1954; Holtz dan Gibbs, 1956; Daniel dan Benson, 1990; Attom, 1997).

## **2.6 Kapur (*Limestone*)**

Batu Kapur atau calcium carbonate (CaCO<sub>3</sub>) terbentuk lebih dari dari 30 sampai 500 Juta Tahun yang lalu, yang berasal dari kerang, karang, ikan purba dan kalsium yang mengendap dari dasar laut membentuk lapisan dari batuan kapur. Tekanan dan panas dari Bumi selama Jutaan Tahun dapat memadatkan dan mengkristalkan hal diatas menjadi batuan kapur, dimana tekanan yang lebih ekstrim akan membuat marmer.

Batuan kapur (*Limestone*) dapat berubah menjadi “kapur reaktif” apabila mendapatkan pemanasan sampai 900°C, yang apabila dicampur dengan air

membentuk reaksi kimia menjadi *Calcium Hidroksida* ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) dan apabila mengering akan kembali ke bentuk batu aslinya.

Batu kapur (Gamping) merupakan salah satu mineral industri yang banyak digunakan oleh sektor industri ataupun konstruksi dan pertanian, antara lain untuk bahan bangunan, batu bangunan bahan penstabil jalan raya, pengapuran untuk pertanian dll. Batu kapur (Gamping) dapat terjadi dengan beberapa cara, yaitu secara organik, secara mekanik, atau secara kimia.

### **2.6.1 Struktur Batu Kapur**

Batu kapur memiliki struktur yang berbeda-beda. Menurut Siti Nurhayati (2005:30) struktur batuan gamping sangatlah berbeda-beda, ada yang menyerupai tanah liat, ada pula yang terdiri dari butiran-butiran bundar kecil yang disebut Oolit dan yang berbutir bundar besar ialah Pisolit.

Endapan biomekanik terbentuk dari fosil binatang atau tumbuhan yang mengandung bahan kapur.

### **2.6.2 Jenis Kapur**

Batu kapur terdiri dari berbagai jenis. Menurut *Geologinesia* (2016) jenis-jenis ini didasarkan pada bagaimana batu gamping terbentuk, penampilannya (tekstur), komposisi mineral penyusunnya, dan beberapa faktor lainnya. Berikut ini adalah beberapa jenis batu gamping yang namanya lebih umum digunakan, yaitu :

1. *Chalk*, merupakan sebuah batu gamping lembut dengan tekstur yang sangat halus, biasanya berwarna putih atau abu-abu. Batuan ini terbentuk terutama

dari cangkang berkapur organisme laut mikroskopis seperti foraminifera atau dari berbagai jenis ganggang laut.

2. *Coquina*, merupakan sebuah batugamping kasar yang tersemenkan, yang tersusun oleh sisa-sisa cangkang organisme. Batuan ini sering terbentuk pada daerah pantai dimana terjadi pemisahaan fragmen cangkang dengan ukuran yang sama oleh gelombang laut.
3. *Fossiliferous Limestone*, merupakan sebuah batu gamping yang mengandung banyak fosil. Batuan ini dominan tersusun atas cangkang dan skeleton fosil suatu organisme.
4. *Lithographic Limestone*, merupakan sebuah batu gamping padat dengan ukuran butir sangat halus dan sangat seragam, yang terjadi di dalam sebuah lapisan tipis membentuk permukaan sangat halus.

### **2.6.3 Manfaat Kapur**

Beberapa manfaat kapur dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Sebagai bahan bangunan: Kapur sering dipotong menjadi blok dan lempengan dimensi tertentu untuk digunakan dalam konstruksi dan arsitektur. Hal ini digunakan untuk pemolesan batu, ubin lantai, tapak tangga, kusen jendela, dan sebagainya. Sebagai bahan lapisan atap agar tahan akan cuaca dan tahan panas. Sebagai batu hancur untuk dasar jalan dan kereta api pemberat. Hal ini digunakan sebagai agregat dalam beton. Sebagai bahan baku proses dalam kiln dengan shale hancur untuk membuat semen.
2. Dalam bidang pertanian: Kapur memiliki peran sebagai AgLime berfungsi sebagai penetralisis unsur tanah yang mengandung asam. Apabila kalsium

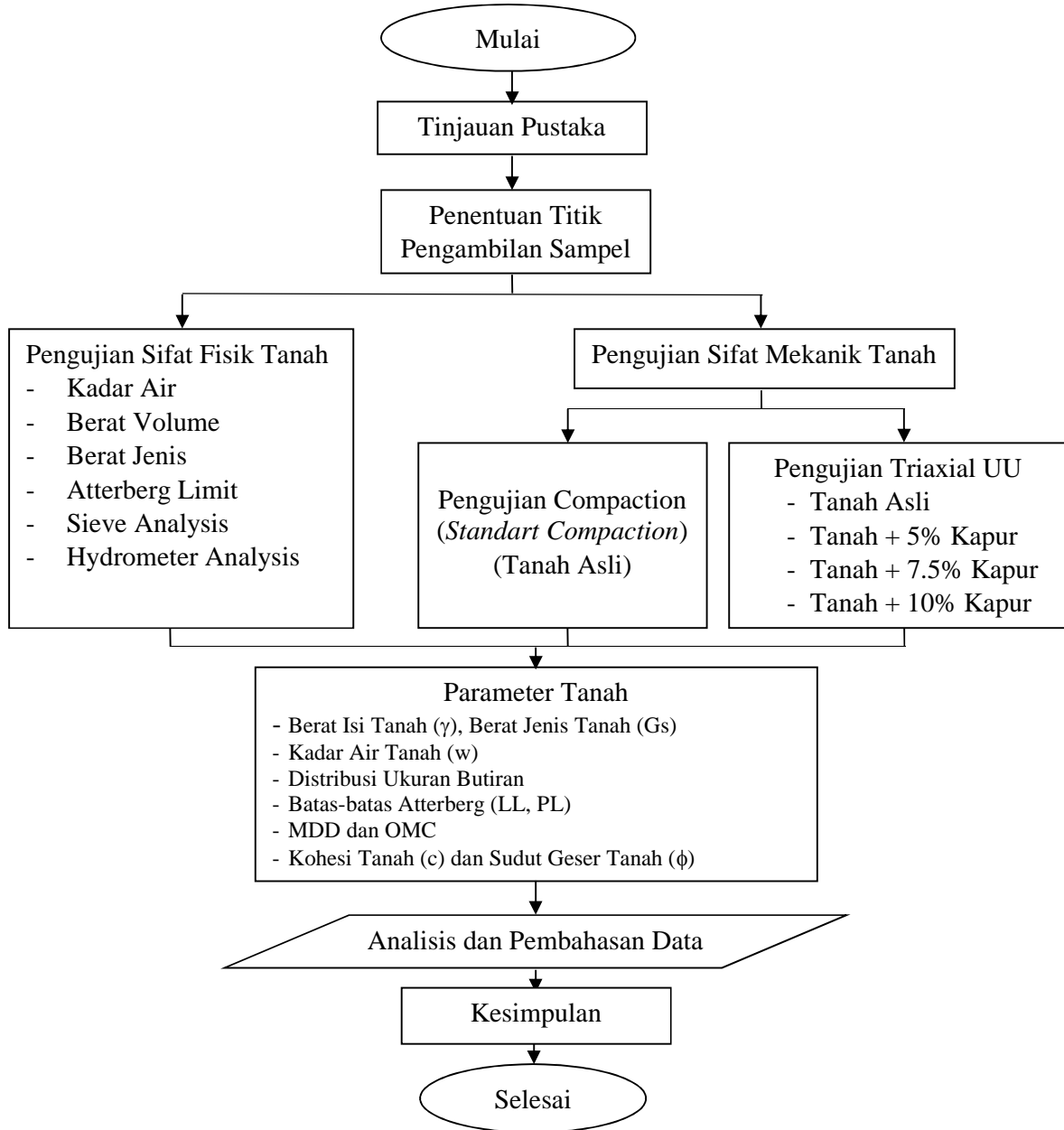
karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) dipanaskan dengan suhu tinggi dalam kiln, produk akan menjadi pelepasan gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan kalsium oksida ( $\text{CaO}$ ). Kalsium oksida adalah agen asamnetralisasi kuat. Hal ini banyak digunakan sebagai agen pengobatan tanah (lebih cepat bertindak daripada aglime) di bidang pertanian dan sebagai agen asam-netralisasi oleh industri kimia.

3. Dalam bidang peternakan : Ayam membutuhkan kalsium karbonat untuk menghasilkan kulit telur yang kuat, sehingga kalsium karbonat sering ditawarkan kepada mereka sebagai suplemen makanan dalam bentuk "bubur jagung ayam." Hal ini juga ditambahkan ke pakan dari beberapa sapi perah yang harus mengganti sejumlah besar kalsium hilang saat hewan tersebut diperah. Kapur juga digunakan untuk menghilangkan bau dan bakteri pada kandang ternak,
4. Mine Safety: Juga dikenal sebagai "debu batu." Tumbuk kapur adalah bubuk putih yang bisa disemprotkan ke permukaan batubara terbuka di tambang bawah tanah. Lapisan ini meningkatkan pencahayaan dan mengurangi jumlah debu batubara rilis ke udara. Hal ini dapat meningkatkan udara pada pernafasan, dan juga mengurangi bahaya ledakan yang dihasilkan oleh partikel debu batubara yang mudah terbakar di udara.
5. Dalam bidang lingkungan yaitu sebagai penetral limbah hasil industry, Alat apart, melancarkan dan pembersih saluran pipa produk rumah tangga, Membantu menghilangkan karat dan kotoran pada besi, Digunakan untuk remineralisasi dan meningkatkan alkalinitas air dimurnikan untuk mencegah korosi pipa dan mengembalikan tingkat nutrisi penting.

6. Sebagai bahan energi alternatif yaitu Sebagai bahan baku alternatif energi dengan mengandalkan energi eksoterm hasil reaksi dengan air ataupun HCl, Kapur dapat dijadikan bahan bakar transportasi maupun pembangkit listrik tenaga uap. Dalam hal ini perlu adanya pengembangan kembali.

**BAB III**  
**METODOLOGI PENELITIAN**

**3.1 Flowchart Penelitian**



Gambar 3.1 Flowchart Penelitian.

Metode penelitian ini bersifat eksperimen (research) yang dilakukan di Laboratorium Direktorat Bina Teknik Jalan dan Jembatan, Dirjen Bina Marga. Kementerian PUPR. Eksperimental ini dilakukan dengan menggunakan sampel tanah, lalu dilakukan pengujian awal untuk mendapatkan sifat-sifat tanah asli.

Pengujian pemadatan selanjutnya dilakukan terhadap sampel tersebut dengan menggunakan bahan campuran berupa kapur, pengujian pemadatan dilakukan menurut standard compaction proctor (SNI 1742:2008). Penambahan kapur dilakukan dengan komposisi 5%, 7,5%, dan 10 % dari sampel yang digunakan. Setelah uji pemadatan selanjutnya dilakukan pengujian Triaxial UU terhadap tanah asli dan tanah dengan campuran komposisi kapur.

### **3.2 Lokasi Penelitian dan Pengambilan Sampel**

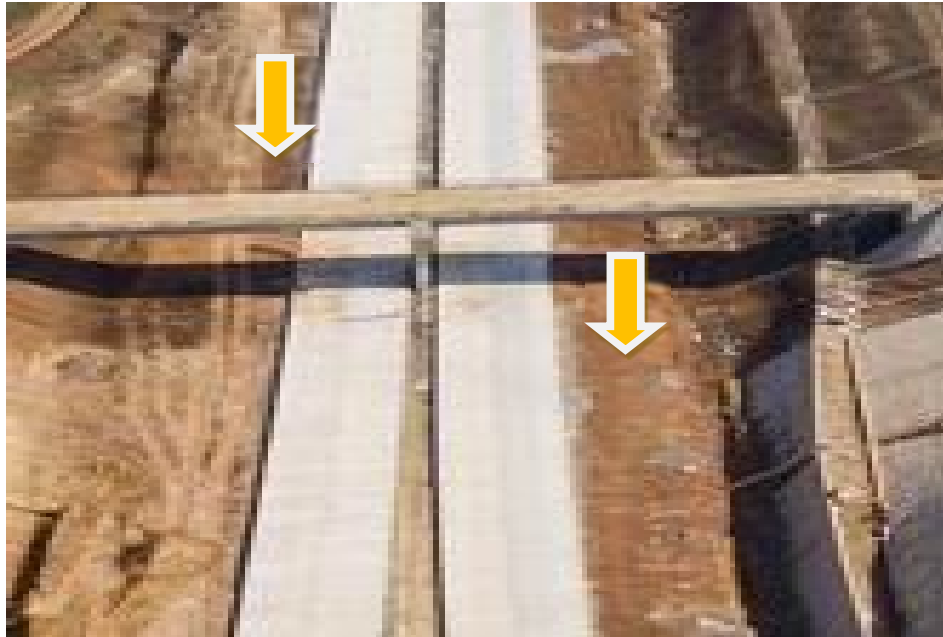
Lokasi pengambilan sampel tanah yang digunakan adalah tanah dasar yang berasal dari jalan tol Cisumdawu pada seksi 3 Sumedang – Cimalaka, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat.



Sumber :Drone PUPR

Gambar 3.2 Drone Lokasi Pengambilan Lokasi Sampel Tanah





Gambar 3.3 Titik Pengambilan Sampel Tanah

### **3.3 Pengujian Sifat Fisik Tanah**

#### **3.3.1 Pengujian Berat Isi Tanah (SNI 03-3637-1994)**

Pengujian berat isi tanah bertujuan untuk menentukan berat volume tanah dengan keadaan asli (undisturbed sampel), yaitu perbandingan berat tanah dengan volume tanah.

1. Alat Yang Di Gunakan
  - a. Ring Contoh.
  - b. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.
2. Prosedur Pengujian
  - a. Membersihkan ring contoh dengan oli agar tanah tidak melekat pada ring kemudian menimbang ring contoh.
  - b. Mengukur diameter dan tinggi permukaan samping ring contoh

- c. Mengolesi oli pada permukaan ring dan alat pendorong sampel secara merata agar tanah tidak melekat pada ring.
- d. Mengambil sampel tanah dari tabung contoh yang telah dipersiapkan.
- e. Memasukkan sampel tersebut pada ring dengan cara menekan ring ke sampel, hingga tanah tertekan padat pada ring.
- f. Meratakan permukaan tanah dengan pisau.
- g. Menimbang ring dan sampel pada timbangan dengan ketelitian 0,01 gram, kemudian mencatatnya.

3. Perhitungan

$$\gamma = \frac{W}{V} \dots \dots \dots (3.1)$$

Keterangan :

W : Berat Tanah dalam Ring (Silinder)

V : Volume Ring ( $\frac{1}{4} d^2$ )

**3.3.2 Pengujian Kadar Air Tanah (*Water Content*) (SNI 1965:2008)**

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan kadar air tanah yang dimaksudkan dengan kadar air tanah adalah perbandingan antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat tanah tersebut, dinyatakan dalam persen (%).

1. Alat yang Di Gunakan

- a. Oven yang di lengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai  $110 \pm 5^\circ$  celcius.
- b. Cawan kedap udara dan tidak berkarat, dengan ukuran yang memadai.  
Cawan dibuat dari glas atau logam anti karat.

- c. Neraca (timbangan dengan ketelitian 0,01 gram, neraca dengan ketelitian 0,10 gram dan neraca dengan ketelitian 1,00 gram)
- d. Desikator

2. Prosedur Pengujian

- a. Tentukan berat cawan bersama dengan tutupnya (W1) dan catat nomer dari cawan yang di gunakan.
- b. Masukkan benda uji kedalam cawan. Kemudian cawan ditutup untuk menghindari penguapan dari benda uji.
- c. Tentukan berat cawan + benda uji (W2)
- d. Letakan cawan + benda uji kedalam oven selama sekitar 24 jam atau sampai beratnya tetap.
- e. Tentukan berat tanah kering + cawan ( W3)
- f. Benda uji minimal dua buah.

3. Perhitungan

Kadar air tanah dapat di tentukan sebagai berikut :

$$W = \frac{W1 - W2}{W2 - W3} \times 100\% \dots \dots \dots (3.2)$$

- W = Kadar air (%)
- W1 = Berat Cawan + Tanah Basah (g)
- W2 = Berat Cawan + Tanah Kering (g)
- W3 = Berat Cawan Kosong (g)

Dari kedua benda uji dapat ditentukan kadar air rata – rata tanah yang merupakan kadar air tanah dari tanah yang diuji

#### 4. Benda Uji

Berat benda uji yang digunakan untuk penentuan kadar air tanah adalah:

Tabel 3.1 Berat Benda Uji Berdasarkan Uji Kadar Air

Ukuran butir maksimum	Berat benda uji	Ketelitian neraca
$\frac{3}{4}$	1000 gram	1 gram
Lolos saringan No.10	100 gram	0,1 gram
Lolos saringan No.40	10 gram	0,01 gram

#### 3.3.3 Pengujian Berat Jenis Butir Tanah (*Specific Gravity*) (SNI 1964:2008)

Untuk mendapatkan harga specific gravity (Gs) dari butiran tanah, yaitu perbandingan berat isi butir tanah dan berat isi air pada suhu 20°. Sehingga dengan mengetahui nilai Gs-nya dapat diketahui suatu contoh tanah apakah tanah tersebut organik atau anorganik.

Tabel 3.2 Tipe Tanah dan Nilai Gs

Tipe Tanah	Nilai Gs
1. Anorganic soil	
-sand	2,63 – 2,67
-silt	2,65 – 2,67
-clay and silt clay	2,67 – 2,69
2. Organic Soil	<2,00

#### 1. Alat Yang Digunakan

- a. Piknometer dengan volume 500 ml
- b. Timbangan dengan ketelitian 0,001 gr

- c. Saringan no.40 ASTM
  - d. Oven
  - e. Kompor listrik
  - f. Thermometer
  - g. Alat pembersih
  - h. Cawan
2. Bahan Yang Digunakan
- a. Aquades
  - b. Sampel tanah lolos saringan no.40 sebanyak 500 gr kering oven.
3. Prosedur Pengujian
- A. Persiapan Pengujian
- 1) Disiapkan 5 buah piknometer yang telah dibersihkan dan dikeringkan
  - 2) Untuk bahan uji digunakan sampel tanah sebanyak 500 gram yang lolos saringan no.40 dan sudah dikeringkan dalam oven selama  $\pm$  24 jam.
- B. Pelaksanaan Pengujian
- 1) Piknometer kosong dan kering dibersihkan dengan kain bersih.
  - 2) Piknometer diisi dengan aquades sampai tanda 500ml kemudian dibersihkan lalu ditimbang ( $W_1$ ) gr.
  - 3) Temperatur aquades dalam piknometer diukur dengan menggunakan thermometer, misalkan T.
  - 4) Masukkan contoh tanah dalam piknometer.
    - Untuk tanah pasir/ non *kohesif*Tanah dapat langsung dimasukkan kedalam piknometer

- Untuk tanah kohesif

Tanah terlebih dahulu diaduk dengan aquades sampai menyerupai pasta, kemudian rendam dengan tambahan aquades selama  $\frac{1}{2}$  sampai 1 jam, dan masukan kedalam piknometer.

- 5) Piknometer berisi pasta tanah atau tanah kering tersebut diberi aquades sampai dibawah leher piknometer, udara yang dipanaskan sambil digoyang – goyang selama  $\pm 15$  menit. Sampai gelembung udara tidak ada dan air diatas tanah bersih, kemudian diisi aquades sampai tanda 500 nl dan ditimbang ( $W_2$ ) gr. Temperature aquades dalam piknometer diukur digunakan nilai koreksi temperature ( $\alpha$ ).
- 6) Tuangkan campuran tanah dan aquades dari dalam piknometer kedalam cawan sampai semua butir – butir tanah benar – benar bersih dari piknometer dengan cara membilasnya.
- 7) Masukan awan berisi campuran tanah dan aquades tersebut kedalam oven selama  $\pm 24$  jam atau sampai beratnya konstan.
- 8) Timbang berat tanah kering ( $W_3$ ) gr.
- 9) Menentukan besarnya specific gravity ( $G_s$ )

4. Perhitungan

$$G(P, T^{\circ}C) = \frac{W_3}{(W_1+W_3)-W_2} \dots \dots \dots (3.3)$$

$$G(P, 20^{\circ}C) = G(P, T^{\circ}C) \left\{ \frac{\gamma(p, T^{\circ}C)}{\gamma(p, 20^{\circ}C)} \right\} \dots \dots \dots (3.4)$$

dimana :

$\gamma_w$  = berat jenis air

Catatan :

Sebaiknya paling sedikit dilakukan 2 sampai 3 kali pengujian dan kemudian diambil rata – ratanya.

Tabel 3.3 Nilai  $\alpha$

Temperatur , T(°C)	$\alpha$
18	1,004
19	1,002
20	1,000
22	0,9996
24	0,9991
26	0,9986
28	0,9980

$$G(P \ T^{\circ}C) = \frac{W3}{(W1+W3)-W2} \dots \dots \dots (3.5)$$

$$G(P \ 20^{\circ}C) = G(P \ T^{\circ}C) \left\{ \frac{\gamma(p \ T^{\circ}C)}{\gamma(p \ 20^{\circ}C)} \right\}$$

$$= G(P \ T^{\circ}C) \dots \dots \dots (3.6)$$

Dimana :

$$\alpha = \left\{ \frac{\gamma(p \ T^{\circ}C)}{\gamma(p \ 20^{\circ}C)} \right\} \dots \dots \dots (3.7)$$

Keterangan :

- W1 = berat piknometer + aquades
- W2 = berat piknometer + aquades + tanah
- W3 = berat tanah kering
- $\alpha$  = koreksi temperature
- Yw = berat jenis air

### **3.3.4 Pengujian Batas-Batas Atterberg (*Atterberg Limit*)**

Pengujian ini bertujuan mencari sifat batas-batas dari tanah terdapat tiga sifat-sifat dari tanah yaitu batas cair, batas plastis, dan batas susut yang prosedur pengujiannya berbeda-beda. Pengujian ini mengacu pada AASHTO T-89 dan ASTM D-423.

#### **1. Uji Batas Cair (*Liquid Limit / LL*) (SNI 1967:2008)**

Uji batas Atterberg bertujuan untuk menentukan kadar air suatu tanah pada keadaan batas cair.

##### **1) Alat Yang Digunakan**

- a. Alat pembuat alur (*grooving tool*)
- b. Sendok alat batas cair standard
- c. Dempul
- d. Plat kaca 45x45 x 0,9
- e. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
- f. Cawan kadar air minimal 4 buah
- g. Spatula dengan panjang 12,5 cm
- h. Botol tempat air suling
- i. Air suling
- j. Oven yang dilengkapi dengan pengukuran suhu untuk memanasi sampai
- k.  $(110 \pm 5) \text{ C}$ .

##### **2) Prosedur Pengujian**

###### **A. Persiapan pengujian**

- 1) Siapkan tanah lolos saringan no.40 (kering udara)



- 2) Alat alat dibersihkan
- 3) Mengkalibrasi timbangan yangn akan digunakan
- 4) Menyiapkan botol penyemprot dan air suling
- 5) Cawan yang diperlukan disiapkan ditimbang.

#### B. Pelaksanaan Pengujian

- 1) Letakan 100 gr benda uji lolos saringan no.40 yang sudah dipersiapkan di dalam pelat kaca pengaduk
- 2) Dengan menggunakan spatula. Aduklah benda uji tersebut dengan menambah air suling sedikit demi sedikit, sampai homogen.
- 3) Setelah contoh menjadi campuran yang merata ambil sebagian benda uji dan letakkan diatas mangkok alat batas cair, ratakan permukaan sedemikian sehingga sejajar dengan dasar alat, bagian yang paling tebal harus  $\pm 1$  cm.
- 4) Buatlah alur dengan membagi dua benda uji dalam mangkok itu dengan menggunakan alat pembuat alur (grooving tool ) harus tegak lurus permukaan mangkok.
- 5) Putarlah alat sedemikian sehingga mangkok naik/jatuh dengan kecepatan 2 putaran perdetik pemutaran ini dilakukan terus sampai dasar alur benda uji bersinggungan sepanjang kira – kira 1,25 cm dan catat jumlah retaknya pada waktu bersinggungan.
- 6) Ulangi pekerjaan (3) dan (5) bebarapa kali sampai diperoleh jumlah ketukan yang sama, hal ini dimaksudkan untuk meyakinkan apakah pengadukan contoh sudah betul - betul merata kadar airnya.

7) Kembalikan benda uji ke atas pengaduk. Dam mangkok alat batas cair di bersihkan . benda uji diaduk kembali dengan merubah kadar airnya. Kemudian ulangi langkah (2) sampai (6) minimal 3 kali berturut turut dengan variasi kadar air yang berbeda, sehingga akan diperoleh perbedaan jumlah pukulan ( ketukan ) sebesar 8 – 10 pukulan.

3) Perhitungan

$$W = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100 \dots \dots \dots (3.8)$$

Dimana :

W = kadar air

W1 = berat cawan susut

W2 = berat cawan + tanah basah

W3 = berat cawan + tanah kering

**2. Uji Batas Plastis (Plastic Limit / PL) (SNI 1966:2008)**

1) Alat yang digunakan dalam penentuan batas plastis ini yaitu :

- a. Plat kaca 45x45x0,9 cm
- b. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram ‘
- c. Cawan kadar air minimal 2 buah
- d. Spatula dengan panjang 12,5 cm
- e. Botol tempat air suling
- f. Air suling
- g. Oven yang dilengkapi dengan pengukuran suhu untuk memanasi sampai k. (110 ± 5) C

- h. Batas pembanding dengan diameter 3mm panjang 10 cm
- i. Saringan no. 40

2) Prosedur pengujian

- a. Siapkan tanah lolos saringan no. 40 (kering udara)
- b. Alat-alat dibersihkan
- c. Cawan yang diperlukan disiapkan ditimbang
- d. Ambil sample tanah  $\pm 20$  gram yang lolos saringan no.40, letakkan benda uji di atas pelat kaca, kemudian diaduk sehingga kadar airnya merata.
- e. Buatlah bola-bola tanah dari benda uji itu seberat 8 gram, kemudian bola-bola tersebut dirolong di atas pelat kaca dilakukan dengan menggerakkan telapak tangan, dengan maju mundur kecepatan 80 – 90 roling per menit
- f. Roling dilakukan terus sampai benda uji membentuk batang silinder dengan diameter 3 mm. jika dalam waktu rolling itu ternyata sebelum benda uji mencapai 3 mm sudah retak maka benda uji disatukan kembali ditambah air sedikit dan diaduk sampai rata.
- g. Pengadukan di rolong diulangi terus sampai retakan-retakan itu terjadi tepat pada saat gelengan mempunyai diameter 3mm h. Periksa kadar air tanah

3) Perhitungan

$$PI = LL - PL \dots\dots\dots(3.9)$$

Dimana :

PI = Indeks Plastisitas

LL = Batas Cair

PL = Batas Plastis

### 3.3.5 Pengujian Analisa Saringan (*Sieve Analysis*) (SNI 03-1968-1990)

Penentuan ukuran butir suatu contoh tanah sebagai dasar untuk mengklasifikasikan macam – macam tanah.

#### 1. Alat Yang Digunakan

- a. Nomor saringan standard yang digunakan adalah nomor saringan 4,10,20,40,60,100,200 dan pan.
- b. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram.
- c. Oven.
- d. Mesin pengguncang saringan.
- e. Talam , kuas , sikat kuningan, sendok.

#### 2. Prosedur Pengujian

##### A. Persiapan pengujian :

- 1) Ambil contoh tanah secukupnya , kemudian ditimbang beratnya.
- 2) Contoh tanah yang sudah ditimbang, direndam selama  $\pm 24$  jam.
- 3) Contoh tanah yang sudah direndam, kemudian dicuci dan disaring dengan saringan nomor 200, agar bersih dari butiran clay ,silt dan koloid.
- 4) Contoh tanah yang tertinggal diatas saringan , dioven sampai kering , kemudian dilakukan pengujian analisa saringan.

## B. Pelaksanaan pengujian

- 1) Contoh tanah yang sudah di oven, disaring dengan saringan nomor 4 dengan diameter 4,75 mm ditempatkan paling atas, dilanjutkan dengan saringan – saringan nomor 10, 20,40,60,100, 200 dan pan.
- 2) Contoh tanah disaringkan diguncang dengan tangan ( manual ) atau dengan mesin pengguncang selama  $\pm 15$  menit.\
- 3) Contoh tanah yang tertinggal pada masing – masing saringan ditimbang.
- 4) Kemudian dihitung :
  - Jumlah butir tanah yang tertinggal dalam masing – masing saringan
  - Presentase komulatif tanah yang tertinggal pada masing – masing saringan.
  - Presentase komulatif tanah yang lolos pada masing – masing saringan.

### 3. Perhitungan

- a. Jumlah butir tanah tertinggal dalam saringan dibagi berat mula – mula seluruhnya dikalikan 100%.

$$\text{Presentase tanah tertahan (\% tertahan)} = \frac{W}{W} \times 100\%$$

- b.  $W \text{ tertahan} = W \text{ tanah} - W \text{ tanah total sesudah penyaringan}$

- c.  $\text{Presentase tanah lolos (\% lolos)} = 100\% - \% \text{ tertahan}$

- d. Kesalahan penimbangan contoh tanah sebelum dan sesudah penyaringan

$$\text{tidak boleh melebihi } 2\% = \frac{W - W}{W} \times 100\%$$

Dimana :  $W_d$  = berat butiran tanah sebelum lewat saringan

$W_t$  = berat butiran tanah total setelah disaring.

- e. Hasil perhitungan dimasukkan kedalam table yang terlampir dibawah.

### **3.3.6 Pengujian Analisa Hidrometer (*Hydrometer Analysis*) (SNI 03-3423-1994)**

Menentukan persentase kadar lumpur dalam tanah.

1. Peralatan yang Digunakan
  - a. Hidrometer tipe 152 H
  - b. Gelas Ukur Dengan Kapasitas 1000ml
  - c. Pengaduk dan Cawan
  - d. Stopwatch
  - e. Timbangan Dengan Ketelitian 0,1 gram
2. Bahan yang Digunakan
  - a. Contoh tanah yang lolos saringan no.200.
  - b. Untuk tanah yang bersifat alkali/basa diberi sodium metafosfat (NaPO) dengan nama dagang Calgon.
  - c. Untuk tanah yang bersifat asam dipakai sodium silikat dengan nama dagang water glass.
3. Prosedur Pengujian
  - A. Persiapan Pengujian
    - 1) Ambil contoh tanah secukupnya, kemudian beratnya ditimbang.
    - 2) Contoh tanah yang sudah ditimbang, direndam selama 24 jam.
    - 3) Contoh tanah yang sudah direndam, kemudian dicuci dengan saringan nomor 200.
    - 4) Contoh tanah yang lolos saringan no.200 kemudian dilakukan analisis hidrometer.

## B. Pelaksanaan Pengujian

- 1) Contoh tanah yang lolos saringan no.200 kita biarkan hingga mengendap
- 2) Endapan yang tersebut diatas dimasukan ke dalam gelas, kemudian dikocok ke arah horizontal selama satu menit.
- 3) Sejalan dengan langkah kedua, siapkan alat hydrometer dan stopwatch
- 4) Segera setelah tabung diletakkan, hydrometer dimasukkan tepat satu menit pertama hydrometer dibaca, lalu menit kedua dibaca kembali kemudian hydrometer diangkat dan pada menit ke 2,5 hidrometer kembali dan dibaca kembali hingga menit ke 4.
- 5) Pembacaan dihentikan dan tabung dikocok kembali.
- 6) Dilakukan pembacaan kembali berulang-ulang hingga dicapai harga yang sama ( umumnya diulang 3 kali berturut-turut) jika hal ini telah dicapai maka larutan dapat dianggap homogen.
- 7) Usahakan air agak tenang sehingga pembacaan agak jelas kemudian pembacaan berturut turut dengan interval waktu pada 0 menit, 2, 5, 8, 16, 30, 60 menit kemudian 2, 4, 8, 16, 32, 96 jam .

### 4. Perhitungan

a.  $Z = a - b$

b.  $D = (106 \times 10^{-7} \times \frac{Z}{t})$

Dimana :

a = tinggi alat hydrometer yang diukur dari titik berat ujung hydrometer sampai permukaan ujung hydrometer yang tidak terendam oleh air.

b = strip yang terbaca

t = interval waktu pembacaan

n = prosentase kadar lumpur

D = diameter butiran

### 3.4 Pengujian Sifat Mekanik Tanah

#### 3.4.1 Pengujian Pematatan (*Compaction Test*) Standar Proctor A (SNI 1742:2008)

Bertujuan Untuk mendapatkan hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah, sehingga dapat di peroleh kadar air optimum (*Optimum moisture content / OMC*) pada saat kepadatan kering maksimum (*maximum dry desity / MDD*).

Tabel 3.4 Uji Pematatan Standard Proctor Metode A

Deskripsi	Unit	Standar Proctor (D 698,T-99)
Volume Mold	cm <sup>3</sup>	943,90
Tinggi Mold	mm	116,33
Diameter Mold	mm	101,60
Berat Palu	kg	2,5
Tinggi Jatuh Palu	mm	304,80
Jumlah Lapis Tanah	-	3 lapis
Jumlah Pukulan Tiap Lapis	-	25 pukulan
Tanah Lolos Saringan	-	No. 4

Sumber : Mekanika Tanah II, Chandra Afriade



1. Peralatan Yang Di Gunakan
  - a. Alat pemadatan standard sesuai dengan spesifikasi pemadatan yang dilakukan berupa tabung cetakan (*Mold*) lengkap dengan silinder penyambung (*collar*) serta alat penumbuk (*hammer*).
  - b. Saringan ASTM no.4 (4,75 mm)
  - c. Alat untuk mengeluarkan contoh tanah (dongkrak) dari tabung cetakan. alat perata tanah dari besi sepanjang 25 cm, dengan salah satu sisi memanjang tajam dan sisi yang lain datar, pisau.
  - d. Wadah tempat mencampur tanah dengan air (can)
  - e. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram dan 0,1 gram
  - f. Oven dengan suhu 105 ° - 110 ° C
  - g. Wadah tempat penyimpanan sampel tanah( *desicator*).
  - h. Palu karet, kantung pelastik.
  - i. Penyemprot air (*sprayer*), oli, kuas.
2. Bahan Yang Digunakan
  - a. Tanah yang lolos saringan No.4 ( 4,75 mm)
  - b. Air suling untuk menambah kadar air.
3. Prosedur Pengujian
  - a. Siapkan contoh tanah terganggu yang telah dikeringkan, kemudian ditumbuk dengan menggunakan palu karet sehingga lolos saringan No.4 sebanyak 20 kg.
  - b. Membagi tanah yang lolos saringan No.4 menjadi 6 bagian
  - c. Tiap-tiap bagian dicampur dengan air dan campuran kapur

- d. Siapkan mold dan alasnya. Timbang beratnya ( $W_1$ ) dan ukur volumenya ( $V$ )
- e. Setiap contoh tanah yang ada dalam satu kantong pelastik dibagi menjadi 3 bagian. Setiap bagian menjadi satu lapis dalam mold dan ditumbuk sebanyak 25 kali

### **3.4.2 Pengujian Uji Triaxial UU (*Triaxial Test Unconsolidated Undrained*) (SNI 03-4813-1998)**

Kuat geser tanah adalah kemampuan daya dukung tanah dalam memikul beban, dimana parameter kuat geser tanah berupa kohesi tanah ( $c$ ) dan sudut geser dalam ( $\phi$ ). Parameter kuat geser tanah dapat ditentukan dari pengujian laboratorium yaitu uji Triaxial UU.

Pada pengujian ini tidak diperbolehkan adanya aliran air dari contoh tanah selama pengujian berlangsung. Tegangan air pori biasanya tidak diukur pada pengujian jenis ini data tanah yang dipakai tidak dikonsolidasikan.

1. Peralatan yang Digunakan
  - a. *Compression Machine (Strain Controlled)*
  - b. *Triaxial Cell*
  - c. *Specimen Mold* (silinder untuk cetakan contoh tanah)
  - d. *Rubber membrane* (membran karet/kondom)
  - e. *Membrane Stretcher*
  - f. *Rubber Binding Strips* (karet pengikat)
  - g. Batu pori
  - h. *Vacuum pump*

- i. *Compressor*
  - j. *Trimmer* untuk tanah kohesif
  - k. *Loading Frame*
  - l. *Sample Extruder*
  - m. Timbangan
  - n. Alat pemotong (gergaji kawat)
  - o. Oven
  - p. Air bercampur Gliserin
  - q. *Stopwatch*
2. Bahan yang Digunakan
- a. Contoh tanah kohesif dengan syarat  $2 < L/d < 3$ , kedua permukaan diratakan.
    - L = panjang contoh tanah
    - d = diameter contoh tanah
  - b. Kapur
3. Pelaksanaan Pengujian
- 1) Keluarkan contoh tanah dari tabung dengan menekan cetakan silinder berukuran tinggi 3" dan diameter 1,5" sampai tanah terisi penuh oleh tanah dengan menggunakan ekstruder.
  - 2) Ratakan kedua permukaan dan keluarkan contoh tanah dari cetakan kemudian timbang beratnya.
  - 3) Dengan bantuan stretcher contoh tanah diselubungi membran karet.
  - 4) Pasang batu pori di bagian bawah.
  - 5) Membran bagian bawah atas diikat dengan karet membran.

- 6) Letakkan contoh tanah pada alat triaxial, percobaan dilakukan dengan cara UU.
- 7) Sel triaxial diisi air distilasi hingga penuh dan meluap, tegangan air pori dinaikkan hingga  $0,5 \text{ kg/cm}^2$  ( $\sigma_3$ ).
- 8) Tegangan vertikal diberikan dengan cara menekan tangkai beban di bagian atas contoh tanah yang dijalankan oleh mesin dengan kecepatan tertentu. Untuk mengukur tekanan air pori, kran penghubung batu pori dengan alat pengukur tekanan air pori dibuka dan tekanan air pori di baca pada pipa U. Pembacaan tekanan air pori tersebut harus di lakukan tanpa terjadi aliran air dari contoh tanah (undrined), yaitu dengan mengatur screw control. Pembacaan tekanan air pori dilakukan bersama dengan pembacaan proving ring dial, pada setiap strain dial bergerak 20 devisi.
- 9) Pembacaan di lanjutkan sampai pembacaan proving ring dial memperlihatkan penurunan sebanyak tiga kali atau sampai strain mencapai  $\pm 15\%$ .
- 10) Keluarkan contoh tanah dari sel triaxial kemudian digambar bidang runtuhnya.
- 11) Kemudian contoh tanah di bagi menjadi tiga bagian untuk di periksa kadar airnya.
- 12) Lakukan lagi pengujian ini dengan tegangan sel  $1 \text{ kg/cm}^2$ , dan  $2 \text{ kg/cm}^2$  seperti prosedur diatas.

## BAB IV

### ANALISA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Uji Berat Isi Tanah (*Unit Weught*) ( $x$ )

Pengujian berat volume bertujuan untuk menentukan berat volume tanah dengan keadaan asli (*undisturbed sample*), pengujian berat volume tanah dilakukan dengan 2 sampel tanah dengan kondisi tanah asli, berat volume tanah yang diperoleh untuk kondisi tanah asli yaitu 1,421 gram/cm<sup>3</sup>.

Tabel 4.1 Berat Isi Tanah Kondisi Asli

Keadaan Tanah	Undisturb			
	1	2		
Nomor Ring	1	2		
Diameter Ring (d) cm	4.00	4.00		
Tinggi Ring (t) cm	2.00	2.00		
Volume Ring (V) cm <sup>3</sup>	25.12	25.12		
Berat Ring (W <sub>1</sub> ) gram	189.14	187.76		
Berat Ring + tanah (W <sub>2</sub> ) gram	225.32	222.95		
Berat Tanah (W <sub>3</sub> = W <sub>2</sub> - W <sub>1</sub> ) gram	36.18	35.19		
Berat Volume Tanah ( $\gamma = W_3/V$ ) gram/cm <sup>3</sup>	1.44	1.40		
<b>Berat Volume Rata-rata</b> gram/cm <sup>3</sup>	<b>1.421</b>			

#### 4.2 Uji Kadar Air Tanah (*Water Content*) ( $w$ )

Uji kadar air dilakukan untuk mengetahui kadar air tanah yang diambil di lokasi pengambilan sampel. Pengujian ini dilakukan setelah sampel tanah uji dikeringkan dalam oven selama minimum 12 jam.

Pengujian kadar air yang dilakukan yaitu terhadap 2 sampel tanah, kadar air yang diperoleh saat pengujian yaitu sebesar 31,42 %.

Tabel 4.2 Pengujian Kadar Air Tanah

Keadaan Tanah	Undisturb			
	1	2		
Nomor cawan				
Berat tanah basah+cawan (gr) 1	40.74	41.57		
Berat tanah kering+cawan (gr) 2	33.71	34.23		
Berat air (gr) (3) 1 - 2	7.03	7.34		
Berat cawan (gr) 4	11.21	11.00		
Berat tanah kering (gr) (5) 2 - 4	22.50	23.23		
Kadar air (w) (%) 3 / 5	31.24	31.60		
<b>Kadar Air (w) (%)</b>	<b>31.42</b>			

#### 4.3 Uji Berat Jenis Tanah (*Spesific Gravity*) (Gs)

Selain kadar air tanah, hasil dari uji indeks properties adalah berat jenis tanah (*specific gravity*/Gs). Penelitian ini berguna untuk mengetahui berat jenis tanah asli. Setelah dilakukan penelitian, berat jenis tanah untuk sampel tanah yaitu sebesar 2,404.

Tabel 4.3 Berat Jenis Tanah (*Spesific Gravity*/Gs)

Keadaan Tanah	Undisturb			
	1	2		
Nomor piknometer				
Temperatur °C	27	27		
Berat piknometer + tanah gr	60.07	59.93		
Berat piknometer gr	51.11	52.10		
Berat tanah gr	8.96	7.83		
Berat piknometer + air gr	157.91	156.77		
Berat total gr	166.87	164.60		
Berat piknometer + air + tanah gr	163.16	161.35		
Volume air ml	3.71	3.25		
Koreksi temperatur K	0.9965	0.9965		
Spesific Gravity	2.407	2.401		
<b>Spesific Gravity rata-rata</b>	<b>2.404</b>			

#### 4.4 Uji Atterberg Limit

Uji Atterberg Limit ini mencakup penentuan batas-batas Atterberg yang meliputi : batas cair (*liquid limit/LL*) dan batas plastis (*plastic limit/PL*). Sehingga bias didapat indeks plastisitas (*plasticity index/PI*).

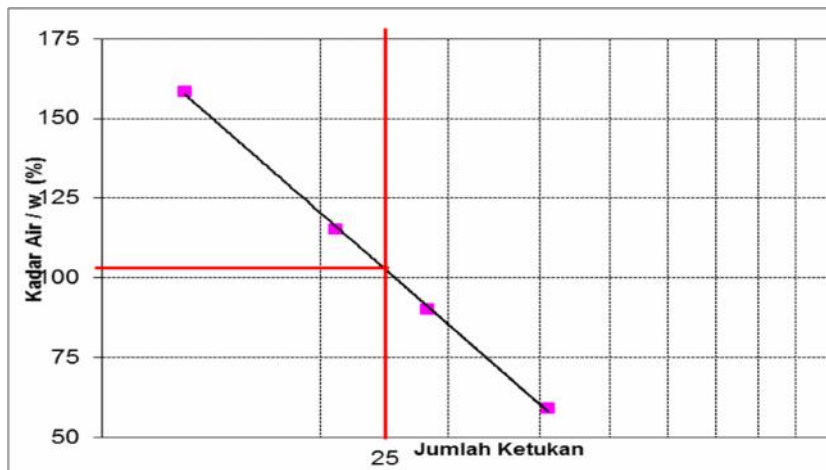
Dari hasil pengujian didapat hasil sebagai berikut :

- Batas Cair (LL) = 105,00%,
- Batas Plastis (PL) = 28,71%,
- Indeks Plastisitas (IP) = 76,29%.

Berikut merupakan hasil uji batas Atterberg :

Tabel 4.4 Uji Batas Atterberg

1. No. Cawan	LIQUID LIMIT (LL)				PLASTIC LIMIT (PL)	
	1	2	3	4	5	6
2. Jumlah Ketukan	41	28	21	13		
3. Berat Cawan + Berat Tanah Basah (gr)	37.80	38.52	38.92	39.08	37.55	37.58
4. Berat Cawan + Berat Tanah Kering (gr)	29.40	27.51	26.16	24.43	32.64	32.57
5. Berat Air (gr)	8.40	11.01	12.76	14.65	4.91	5.01
6. Berat Cawan (gr)	15.21	15.32	15.09	15.18	15.22	15.43
7. Berat Contoh Tanah Kering (gr)	14.19	12.19	11.07	9.25	17.42	17.14
8. Kadar Air (%)	59.20	90.32	115.27	158.38	28.19	29.23
					28.71	



Gambar 4.1 Grafik Uji Batas Cair

#### 4.5 Uji Analisa Distribusi Butiran Tanah

##### 4.5.1 Uji Analisa Saringan (*Sieve Shaker*)

Uji ini dipergunakan untuk tanah berbutir kasar, yaitu tanah yang butir – butirnya lebih besar dari tapis no. 200 atau 0,074 mm.

Tabel 4.5 Uji Saringan

Nomor Saringan (Ukuran Saringan)	Berat Tertahan (gram)	Jumlah berat Tertahan (gram)	Jumlah persen (%)	
			Tertahan	Lolos
4.76 mm No.4	0.310	0.310	0.19	99.81
2.00 mm No.10	0.194	0.504	0.31	99.69
1.19 mm No.20	0.627	1.131	0.70	99.30
0.59 mm No.40	1.909	3.040	1.89	98.11
0.177 mm No.80	1.328	4.368	2.71	97.29
0.149 mm No.100	2.888	7.256	4.50	95.50
0.074 mm No.200	2.872	10.128	6.28	93.72
P a n	151.112	161.240	100.00	

##### 4.5.2 Uji Analisa Hidrometer (*Hydrometer Analysis*)

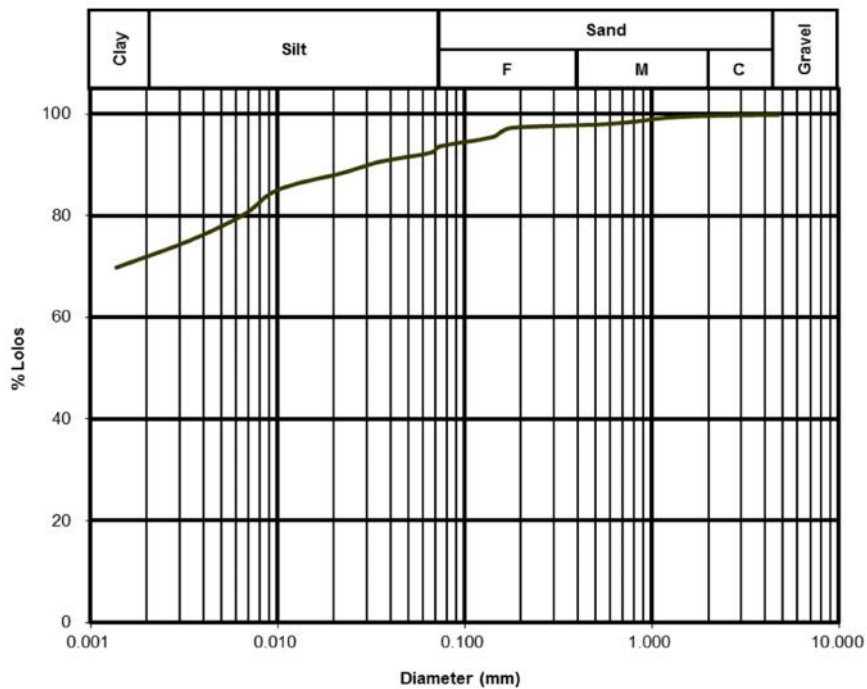
Uji hidrometer ini bertujuan untuk mengetahui pembagian ukuran butir tanah yang berbutir halus yaitu tanah yang butir – butirnya lebih kecil dari tapis no. 200 atau 0,074 mm. Berikut merupakan hasil uji hidrometer :



Tabel 4.6 Uji Hidrometer

t	T	Ra	Rc	N	R	L	L/t	K	D	%
0										
0.5	25	92.0	90.00	98.659	90.5	13.30	26.600	0.01306	0.0674	92.462
1	25	91.0	89.00	97.562	89.5	13.50	13.500	0.01306	0.0480	91.434
2	25	90.0	88.00	96.466	88.5	13.70	6.850	0.01306	0.0342	90.407
5	25	88.0	86.00	94.274	86.5	13.90	2.780	0.01306	0.0218	88.352
15	25	86.0	84.00	92.081	84.5	14.20	0.947	0.01306	0.0127	86.297
30	25	84.0	82.00	89.889	82.5	14.60	0.487	0.01306	0.0091	84.243
60	25	80.0	78.00	85.504	78.5	15.00	0.250	0.01306	0.0065	80.133
240	25	75.0	73.00	80.023	73.5	15.50	0.065	0.01306	0.0033	74.997
1440	25	70.0	68.00	74.542	68.5	16.00	0.011	0.01306	0.0014	69.860

Pada uji analisa saringan dan uji analisa hidrometer dihasilkan sebuah kurva analisis butiran tanah.



Gambar 4.2 Grafik Distribusi Butiran Tanah

Dari hasil grafik distribusi butiran tanah didapat persentasi masing-masing fraksi yang ada dalam tanah sebagai berikut :

Fraksi Kerikil	: 0,192 %
Fraksi Pasir	: 6,089 %
Fraksi Lanau	: 21,290 %
Fraksi Lempung	: 72,428 %
Material Lolos #200	: 93,719 %

Dari hasil pengujian maka karekteristik tanah yaitu **Lempung Lanauan**.

#### 4.6 Uji Compaction (*Standar Method Proctor A*)

Tujuan dari uji kompaksi adalah untuk mendapatkan kadar air optimum dan berat isi kering maksimum pada suatu proses pemadatan. Dengan cara memadatkan 3 lapisan, dimana setiap lapisan 25 kali pukulan. Pengujian *compaction* yang digunakan yaitu Standar Method Proctor A .

Pengujian dilakukan dengan terhadap tanah asli untuk mendapatkan MDD dan OMC tanah asli.



Gambar 4.3 Bahan Uji Pemadatan Standar

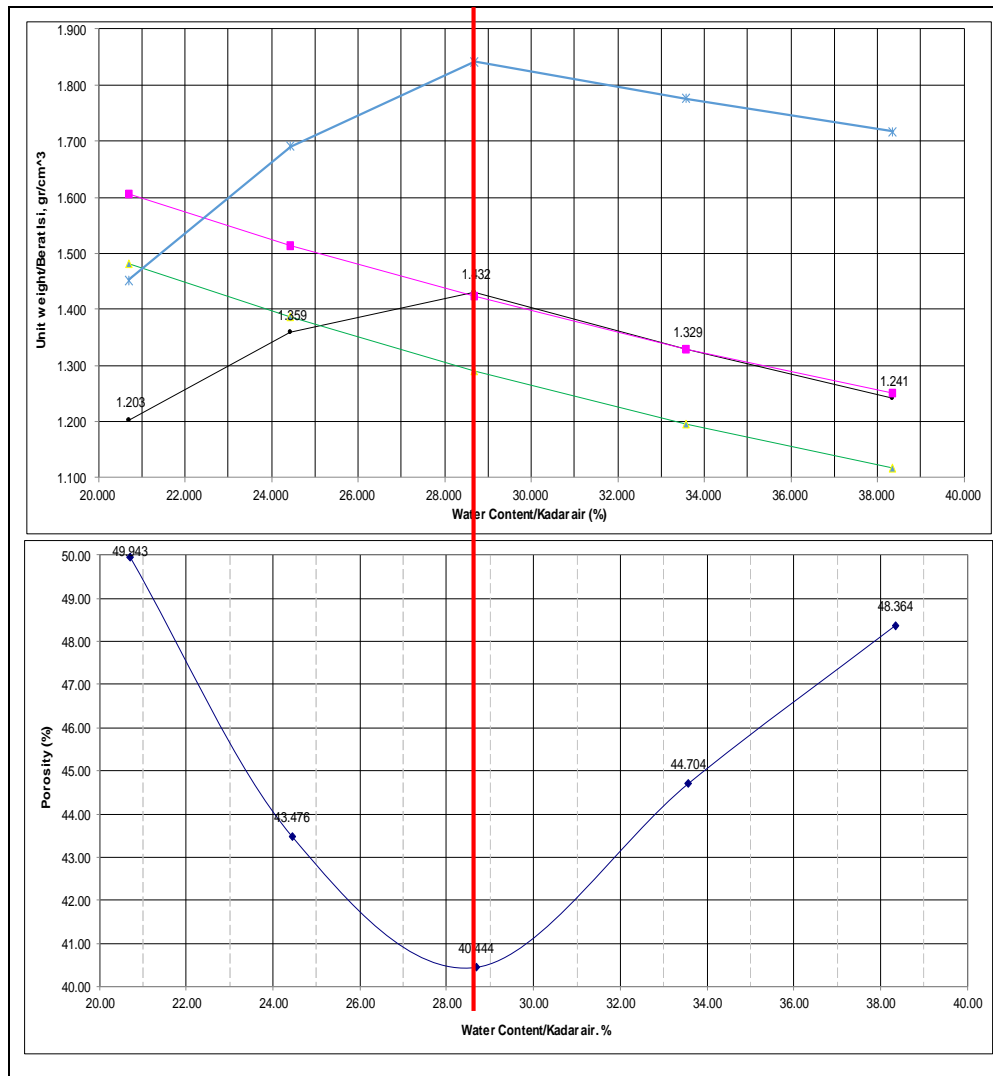
Tabel 4.7 Kadar Air Pengujian Standar Proctor Metode A

Test Number/No. Uji		1		2		3	
		A	B	C	D	E	F
Container Number/No. Cawan							
Weight of Wet Soil + Container/Berat Tanah Basah + Cawan	(gr)	34.300	34.000	33.700	32.700	35.500	35.200
Weight of Dry Soil + Container/Berat Tanah Kering + Cawan	(gr)	30.000	29.300	28.700	27.900	29.500	29.100
Weight of Water/Berat Air	(gr)	4.300	4.700	5.000	4.800	6.000	6.100
Weight of Container/Berat Cawan	(gr)	8.000	7.800	8.400	8.100	8.100	8.300
Weight of Dry Soil/Berat Tanah Kering	(gr)	22.000	21.500	20.300	19.800	21.400	20.800
Moisture Content/Kadar Air	(%)	19.545	21.860	24.631	24.242	28.037	29.327
Average of Moisture Content/Kadar Air Rata-rata	(%)	<b>20.703</b>		<b>24.436</b>		<b>28.682</b>	

Test Number/No. Uji		4		5			
		H	I	J	K		
Container Number/No. Cawan							
Weight of Wet Soil + Container/Berat Tanah Basah + Cawan	(gr)	34.900	35.100	38.800	37.100		
Weight of Dry Soil + Container/Berat Tanah Kering + Cawan	(gr)	28.200	28.100	29.000	29.100		
Weight of Water/Berat Air	(gr)	6.700	7.000	7.800	8.000		
Weight of Container/Berat Cawan	(gr)	7.900	7.800	8.500	8.400		
Weight of Dry Soil/Berat Tanah Kering	(gr)	20.300	20.500	20.500	20.700		
Moisture Content/Kadar Air	(%)	33.005	34.146	38.049	38.647		
Average of Moisture Content/Kadar Air Rata-rata	(%)	<b>33.576</b>		<b>38.348</b>			

Tabel 4.8 Uji Pemadatan Standar Proctor Metode A

Test number/No.Uji		1	2	3	4	5
Increase of water used/Penambahan atau Penggunaan Air	%	10	15	25	30	35
Weight of mould + base + wet soil/Berat Cetakan+Alas+Tanah basah	gr	6140	6363	6509	6445	6389
Weight of mould + base/Berat Cetakan+Alas	gr	4769	4767	4770	4769	4768
Weight of wet soil/Berat Tanah Basah	gr	1371	1596	1739	1676	1621
Volume of wet soil/Volume Tanah Basah	cm <sup>3</sup>	944	944	944	944	944
Bulk density/Berat Isi	gr/cm <sup>3</sup>	1.452	1.691	1.842	1.775	1.717
Moisture content/Kadar Air	%	20.703	24.436	28.682	33.576	38.348
Dry density/Berat Isi Kering	gr/cm <sup>3</sup>	<b>1.203</b>	<b>1.359</b>	<b>1.432</b>	<b>1.329</b>	<b>1.241</b>
Weight of dry soil/Berat Tanah Kering	gr	1135.846	1282.582	1351.392	1254.720	1171.682
Volume of dry soil/Volume Tanah Kering	cm <sup>3</sup>	472.537	533.582	562.208	521.991	487.445
Volume of voids/Volume Pori	cm <sup>3</sup>	471.463	410.418	381.792	422.009	456.555
Void ratio/Rasio Pori (e)	-	0.998	0.769	0.679	0.808	0.937
Porosity (n)	%	49.943	43.476	40.444	44.704	48.364
A.V.C (Sr = 80%)	gr/cm <sup>3</sup>	1.482	1.386	1.291	1.197	1.117
Z.A.V.C	gr/cm <sup>3</sup>	1.605	1.514	1.423	1.330	1.251



Gambar 4.4 Grafik Hasil Pemadatan Standar Proctor Metode A

Maka didapat hasil pemadatan standar untuk tanah asli adalah sebagai berikut :

- Berat Isi Maksimum (*Maximum Density*) = 1,842 gr/cm<sup>3</sup>
- Berat Isi Kering Maksimum (*Maximum Dry Density/MDD*) = 1,432 gr/cm<sup>3</sup>
- Kadar Air Optimu (*Optimum Moisture Content/OMC*) = 28,682%

#### **4.7 Uji Triaxial UU (*Triaxial Unconsolidated Undrained Test*)**

Pengujian Triaxial UU bertujuan untuk mengetahui daya dukung atau kuat geser tanah melalui parameter kuat geser tanah berupa kohesi tanah ( $c$ ) dan sudut geser dalam tanah ( $\phi$ ). Nilai  $c$  dan  $\phi$  yang didapat merupakan nilai parameter kuat geser tanah yang diuji.

Pada pengujian *Triaxial Unconsolidated Undrained* (Triaxial UU), sampel tanah yang digunakan adalah tanah *disturbed* (terganggu). Adapun sampel yang diambil adalah tanah asli, tanah dengan campuran kapur sebesar 5%, 7,5%, dan 10%. Sehingga jumlah sampel uji Triaxial UU sebanyak 4 benda uji.

##### **4.7.1 Uji Triaxial UU Tanah Asli**

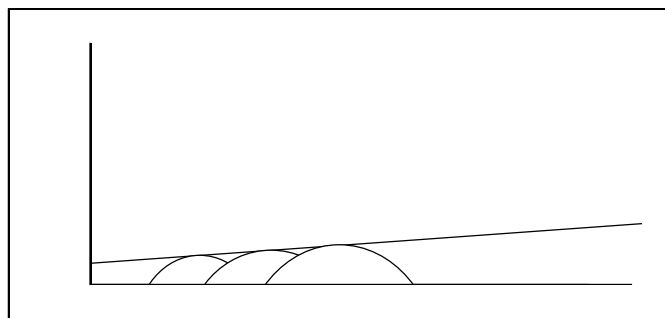
Dari hasil pengujian Triaxial tanah asli untuk kondisi tidak terkonsolidasi dan tidak teraliri adalah sebagai berikut :

Tabel 4.9 Pengujian Triaxial UU Tanah Asli

Berat Tanah (W)			105.700 gr			108.000 gr			110.800 gr		
Regangan Keliling ( $\sigma_3$ )			0.500 kg/cm <sup>2</sup>			1.000 kg/cm <sup>2</sup>			2.000 kg/cm <sup>2</sup>		
Deformasi Contoh Tanah	Regangan Vertikal	Luas Koreksi	Bacaan Dial	Beban Piston	Tegangan Deviator	Bacaan Dial	Beban Piston	Tegangan Deviator	Bacaan Dial	Beban Piston	Tegangan Deviator
$\Delta L$ (mm)	$\epsilon$ (%)	A (cm <sup>2</sup> )	(div)	P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kg/cm <sup>2</sup> )	(div)	P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kg/cm <sup>2</sup> )	(div)	P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kg/cm <sup>2</sup> )
0.0	0.00	11.335	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000
0.2	0.26	11.365	2.30	0.474	0.042	3.90	0.803	0.071	4.20	0.865	0.076
0.4	0.53	11.395	4.20	0.865	0.076	6.80	1.401	0.122	7.20	1.483	0.129
0.6	0.79	11.426	7.40	1.524	0.132	9.20	1.895	0.165	10.30	2.122	0.184
0.8	1.05	11.456	9.50	1.957	0.169	11.90	2.451	0.212	13.10	2.699	0.233
1.0	1.32	11.487	12.20	2.513	0.216	14.40	2.966	0.255	15.60	3.214	0.276
1.2	1.58	11.517	14.60	3.008	0.257	16.70	3.440	0.294	18.10	3.729	0.319
1.4	1.84	11.548	15.10	3.111	0.264	17.30	3.564	0.303	19.10	3.935	0.334
1.6	2.11	11.579	16.60	3.420	0.289	18.00	3.708	0.313	20.00	4.120	0.348
1.8	2.37	11.610	15.90	3.275	0.275	18.30	3.770	0.317	18.40	3.790	0.319
2.0	2.63	11.642				17.70	3.646	0.305			
2.2	2.89	11.673									
2.4	3.16	11.705									
2.6	3.42	11.737									
2.8	3.68	11.769									
3.0	3.95	11.801									
3.2	4.21	11.834									
3.4	4.47	11.866									
3.6	4.74	11.899									
3.8	5.00	11.932									
4.0	5.26	11.965									

$\sigma_3$	$\sigma_1 - \sigma_3$	$\sigma_1$
0.500	0.289	0.789
1.000	0.317	1.317
2.000	0.348	2.348

c (kg/cm <sup>2</sup> )	0.184
$\phi$ (°)	11.166



Dari uji triaxial UU untuk tanah asli didapat :

$$c = 0,184 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi = 11,166^\circ$$

#### 4.7.2 Uji Triaxial UU Tanah Asli + 5% Kapur

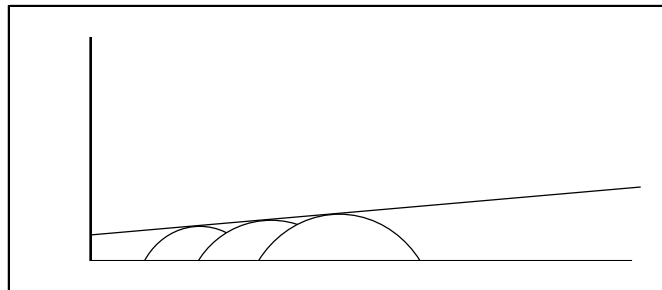
Dari hasil pengujian Triaxial tanah asli + 5% kapur untuk kondisi tidak terkonsolidasi dan tidak teraliri adalah sebagai berikut :

Tabel 4.10 Pengujian Triaxial UU Tanah Asli + 5% Kapur

Berat Tanah (W)			104.300 gr			107.500 gr			110.900 gr		
Regangan Keliling ( $\sigma_3$ )			0.500 kg/cm <sup>2</sup>			1.000 kg/cm <sup>2</sup>			2.000 kg/cm <sup>2</sup>		
Deformasi Contoh Tanah	Regangan Vertikal	Luas Koreksi	Bacaan Dial	Beban Piston	Tegangan Deviator	Bacaan Dial	Beban Piston	Tegangan Deviator	Bacaan Dial	Beban Piston	Tegangan Deviator
$\Delta L$ (mm)	$\epsilon$ (%)	A (cm <sup>2</sup> )	(div)	P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kg/cm <sup>2</sup> )	(div)	P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kg/cm <sup>2</sup> )	(div)	P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kg/cm <sup>2</sup> )
0.0	0.00	11.335	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000
0.2	0.26	11.365	2.90	0.597	0.052	4.20	0.865	0.076	5.00	1.030	0.090
0.4	0.53	11.395	5.10	1.051	0.092	7.00	1.442	0.126	9.30	1.916	0.167
0.6	0.79	11.426	8.60	1.772	0.154	9.20	1.895	0.165	11.70	2.410	0.209
0.8	1.05	11.456	12.60	2.596	0.224	13.40	2.760	0.238	15.20	3.131	0.270
1.0	1.32	11.487	16.20	3.337	0.287	17.50	3.605	0.310	18.90	3.893	0.334
1.2	1.58	11.517	19.30	3.976	0.340	20.10	4.141	0.354	21.10	4.347	0.371
1.4	1.84	11.548	22.70	4.676	0.397	23.40	4.820	0.410	24.00	4.944	0.420
1.6	2.11	11.579	24.00	4.944	0.418	26.00	5.356	0.453	27.20	5.603	0.474
1.8	2.37	11.610	25.10	5.171	0.435	27.10	5.583	0.469	29.40	6.056	0.509
2.0	2.63	11.642	26.20	5.397	0.451	27.80	5.727	0.479	30.60	6.304	0.527
2.2	2.89	11.673	24.50	5.047	0.420	28.90	5.953	0.495	31.50	6.489	0.540
2.4	3.16	11.705				26.80	5.521	0.457	30.60	6.304	0.522
2.6	3.42	11.737									
2.8	3.68	11.769									
3.0	3.95	11.801									
3.2	4.21	11.834									
3.4	4.47	11.866									
3.6	4.74	11.899									
3.8	5.00	11.932									
4.0	5.26	11.965									

$\sigma_3$	$\sigma_1 - \sigma_3$	$\sigma_1$
0.500	0.451	0.951
1.000	0.495	1.495
2.000	0.540	2.540

c (kg/cm <sup>2</sup> )	0.320
$\phi$ (°)	14.089



Dari uji triaxial UU untuk tanah tanah + 5% kapur didapat :

$$c = 0,320 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi = 14,089^0$$

### 4.7.3 Uji Triaxial UU Tanah Asli + 7,5% Kapur

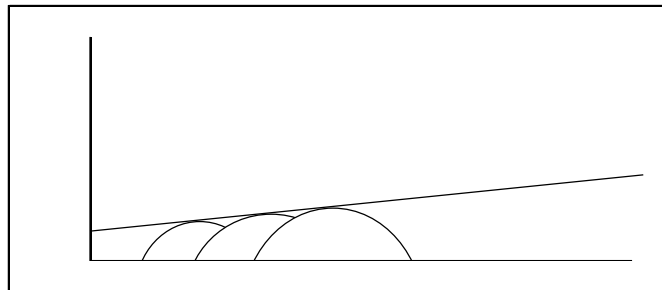
Dari hasil pengujian Triaxial tanah asli + 7,5% kapur untuk kondisi tidak terkonsolidasi dan tidak teraliri adalah sebagai berikut :

Tabel 4.11 Pengujian Triaxial UU Tanah Asli + 7,5% Kapur

Berat Tanah (W) =			102.600 gr			105.100 gr			108.400 gr		
Regangan Keliling ( $\sigma_3$ ) =			0.500 kg/cm <sup>2</sup>			1.000 kg/cm <sup>2</sup>			2.000 kg/cm <sup>2</sup>		
Deformasi Contoh Tanah	Regangan Vertikal	Luas Koreksi	Bacaan Dial	Beban Piston	Tegangan Deviator	Bacaan Dial	Beban Piston	Tegangan Deviator	Bacaan Dial	Beban Piston	Tegangan Deviator
$\Delta L$ (mm)	$\epsilon$ (%)	A (cm <sup>2</sup> )	(div)	P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kg/cm <sup>2</sup> )	(div)	P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kg/cm <sup>2</sup> )	(div)	P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kg/cm <sup>2</sup> )
0.0	0.00	11.335	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000
0.2	0.26	11.365	3.40	0.700	0.061	4.90	1.009	0.089	5.50	1.133	0.099
0.4	0.53	11.395	7.30	1.504	0.131	8.40	1.730	0.151	9.10	1.875	0.164
0.6	0.79	11.426	11.80	2.431	0.211	12.90	2.657	0.231	13.60	2.802	0.243
0.8	1.05	11.456	16.60	3.420	0.295	17.50	3.605	0.311	18.90	3.893	0.336
1.0	1.32	11.487	20.10	4.141	0.356	22.00	4.532	0.389	23.10	4.759	0.409
1.2	1.58	11.517	23.70	4.882	0.417	26.10	5.377	0.459	27.30	5.624	0.481
1.4	1.84	11.548	26.80	5.521	0.469	29.80	6.139	0.522	30.50	6.283	0.534
1.6	2.11	11.579	29.80	6.139	0.519	32.50	6.695	0.566	33.70	6.942	0.587
1.8	2.37	11.610	31.20	6.427	0.540	34.40	7.086	0.596	35.60	7.334	0.617
2.0	2.63	11.642	32.40	6.674	0.558	35.20	7.251	0.606	37.40	7.704	0.644
2.2	2.89	11.673	33.00	6.798	0.565	34.90	7.189	0.598	36.70	7.560	0.629
2.4	3.16	11.705	33.60	6.922	0.573						
2.6	3.42	11.737	31.90	6.571	0.541						
2.8	3.68	11.769									
3.0	3.95	11.801									
3.2	4.21	11.834									
3.4	4.47	11.866									
3.6	4.74	11.899									
3.8	5.00	11.932									
4.0	5.26	11.965									

$\sigma_3$	$\sigma_1 - \sigma_3$	$\sigma_1$
0.500	0.573	1.073
1.000	0.606	1.606
2.000	0.644	2.644

c (kg/cm <sup>2</sup> )	0.402
$\phi$ (°)	14.733



Dari uji triaxial UU untuk tanah asli + 7,5% kapur didapat :

$$c = 0,402 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi = 14,733^\circ$$



#### 4.7.4 Uji Triaxial UU Tanah Asli + 10% Kapur

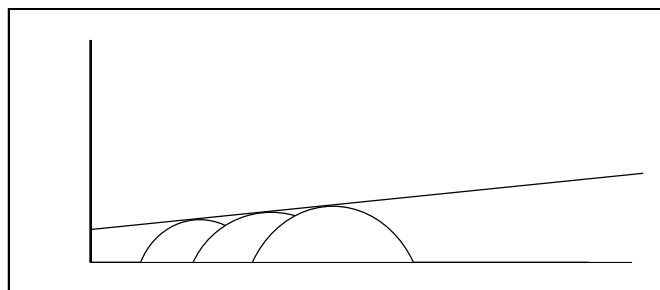
Dari hasil pengujian Triaxial tanah asli + 10% kapur untuk kondisi tidak terkonsolidasi dan tidak teraliri adalah sebagai berikut :

Tabel 4.12 Pengujian Triaxial UU Tanah Asli + 10% Kapur

Berat Tanah (W)			102.600 gr			105.100 gr			108.400 gr		
Regangan Keliling ( $\sigma_3$ )			0.500 kg/cm <sup>2</sup>			1.000 kg/cm <sup>2</sup>			2.000 kg/cm <sup>2</sup>		
Deformasi Contoh Tanah	Regangan Vertikal	Luas Koreksi	Bacaan Dial	Beban Piston	Tegangan Deviator	Bacaan Dial	Beban Piston	Tegangan Deviator	Bacaan Dial	Beban Piston	Tegangan Deviator
$\Delta L$ (mm)	$\epsilon$ (%)	A (cm <sup>2</sup> )	(div)	P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kg/cm <sup>2</sup> )	(div)	P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kg/cm <sup>2</sup> )	(div)	P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kg/cm <sup>2</sup> )
0.0	0.00	11.335	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000
0.2	0.26	11.365	4.00	0.824	0.072	5.10	1.051	0.092	5.60	1.154	0.101
0.4	0.53	11.395	7.80	1.607	0.140	8.60	1.772	0.155	9.60	1.978	0.173
0.6	0.79	11.426	12.10	2.493	0.216	12.90	2.657	0.231	13.80	2.843	0.247
0.8	1.05	11.456	16.80	3.461	0.299	17.60	3.626	0.313	19.20	3.955	0.342
1.0	1.32	11.487	20.50	4.223	0.363	21.90	4.511	0.388	23.70	4.882	0.419
1.2	1.58	11.517	24.50	5.047	0.431	25.60	5.274	0.451	27.60	5.686	0.486
1.4	1.84	11.548	28.10	5.789	0.492	28.10	5.789	0.492	31.20	6.427	0.546
1.6	2.11	11.579	31.90	6.571	0.556	32.70	6.736	0.570	34.50	7.107	0.601
1.8	2.37	11.610	33.40	6.880	0.579	34.80	7.169	0.603	37.60	7.746	0.651
2.0	2.63	11.642	34.80	7.169	0.600	36.20	7.457	0.624	39.10	8.055	0.674
2.2	2.89	11.673	34.10	7.025	0.584	37.70	7.766	0.646	38.10	7.849	0.653
2.4	3.16	11.705				38.00	7.828	0.648			
2.6	3.42	11.737				37.40	7.704	0.634			
2.8	3.68	11.769									
3.0	3.95	11.801									
3.2	4.21	11.834									
3.4	4.47	11.866									
3.6	4.74	11.899									
3.8	5.00	11.932									
4.0	5.26	11.965									

$\sigma_3$	$\sigma_1 - \sigma_3$	$\sigma_1$
0.500	0.600	1.100
1.000	0.648	1.648
2.000	0.674	2.674

c (kg/cm <sup>2</sup> )	0.511
$\phi$ °	15.084



Dari uji triaxial UU untuk tanah asli + 10% kapur didapat :

$$c = 0,511 \text{ kg/cm}^2$$

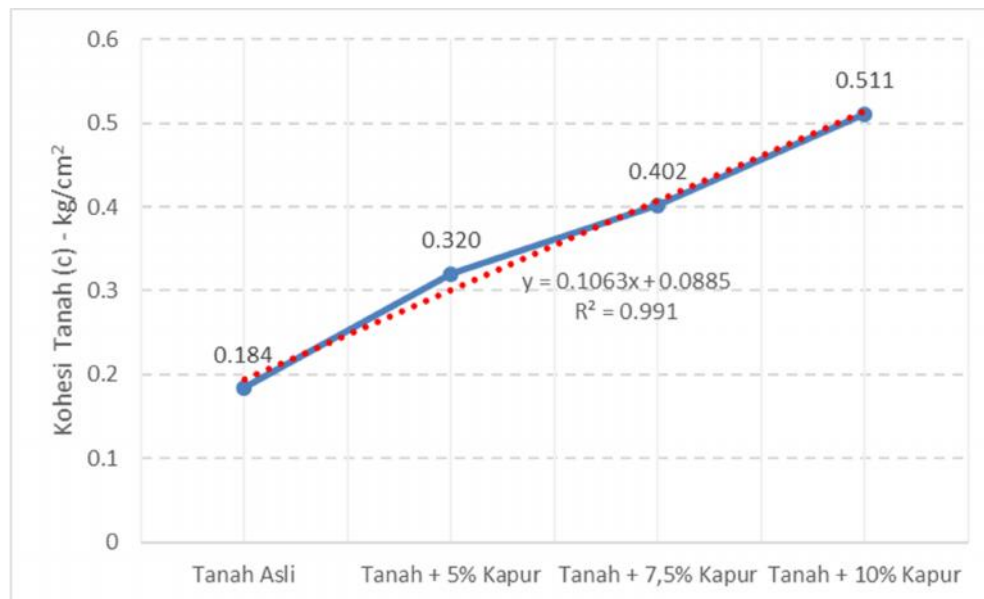
$$\phi = 15,084^\circ$$

#### 4.8 Rekapitulasi Hasil Uji Triaxial UU

Dalam hasil pengujian Triaxial UU yang telah dilakukan maka didapat nilai dari  $c$  dan  $\phi$  pada setiap tanah dalam kondisi tidak terkonsolidasi dan tidak teraliri. Hasil pengujian Triaxial UU dapat direkapitulasi sebagai berikut :

Tabel 4.13 Rekapitulasi Hasil Pengujian Triaxial UU

Campuran Tanah	Uji Triaxial UU		Peningkatan Nilai dari Tanah Asli	
	$c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\phi$ (Derajat)	$c$ (%)	$\phi$ (%)
Tanah Asli	0.184	11.166	-	-
Tanah + 5% Kapur	0.320	14.089	173.91%	126.18%
Tanah + 7,5% Kapur	0.402	14.733	218.48%	131.95%
Tanah + 10% Kapur	0.511	15.084	277.72%	135.09%



Gambar 4.5 Grafik Peningkatan Nilai  $c$  (Koehesi Tanah)



Gambar 4.6 Grafik Peningkatan Nilai  $\phi$  (Sudut Geser Dalam Tanah)

Untuk tanah asli + 5% kapur terjadi peningkatan nilai c sebesar 173,91% dan  $\phi$  sebesar 126,18%.

Untuk tanah asli + 7.5% kapur terjadi peningkatan nilai c sebesar 218,48% dan  $\phi$  sebesar 131,95%.

Untuk tanah asli + 10% kapur terjadi peningkatan nilai c sebesar 277,72% dan  $\phi$  sebesar 135,09%.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan pada tanah di lokasi jalan tol Cisumdawu pada seksi 3 Sumedang – Cimalaka, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat, dengan stabilisasi dengan kapur 5%, 7,5% dan 10% maka didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Parameter sifat fisik tanah sebagai berikut :

- Berat Isi Tanah ( $\gamma_t$ ) = 1,421 gram/cm<sup>3</sup>.
- Berat Jenis Tanah (Gs) = 2,404.
- Kadar Air (w) = 31,42 %.
- Batas Atterberg, Batas Cair (LL) = 105,00%,  
Batas Plastis (PL) = 28,71%,  
Indek Plastisitas (IP) = 76,29%
- Tanah adalah jenis lanau lempungan dengan persentasi fraksi butiran sebagai berikut :

Fraksi Kerikil	: 0,192 %
Fraksi Pasir	: 6,089 %
Fraksi Lanau	: 21,290 %
Fraksi Lempung	: 72,428 %
Material Lolos #200	: 93,719 %

2. Dari pengujian pemadatan standar didapat MD = 1,842 gr/cm<sup>3</sup>, MDD = 1,432 gr/cm<sup>3</sup> dan OMC = 28,682%.
3. Dari pengujian Triaxial untuk tanah asli didapat nilai parameter kuat geser dalam kondisi tidak terkonsolidasi dan tidak teraliri sebagai berikut : c = 0,184 kg/cm<sup>2</sup> dan  $\phi = 11,166^{\circ}$ .
4. Dari pengujian Triaxial untuk tanah asli + 5% kapur didapat nilai parameter kuat geser dalam kondisi tidak terkonsolidasi dan tidak teraliri sebagai berikut : c = 0,320 kg/cm<sup>2</sup> dan  $\phi = 14,089^{\circ}$ . Dan terjadi peningkatan nilai c sebesar 173,91% dan  $\phi$  sebesar 126,18% dari parameter kuat geser tanah asli.
5. Dari pengujian Triaxial untuk tanah asli + 7,5% kapur didapat nilai parameter kuat geser dalam kondisi tidak terkonsolidasi dan tidak teraliri sebagai berikut : c = 0,402 kg/cm<sup>2</sup> dan  $\phi = 14,733^{\circ}$ . Dan terjadi peningkatan nilai c sebesar 218,48% dan  $\phi$  sebesar 131,95% dari parameter kuat geser tanah asli.
6. Dari pengujian Triaxial untuk tanah + 10% kapur didapat nilai parameter kuat geser dalam kondisi tidak terkonsolidasi dan tidak teraliri sebagai berikut : c = 0,511 kg/cm<sup>2</sup> dan  $\phi = 15,084^{\circ}$ . Dan terjadi peningkatan nilai c sebesar 277,72% dan  $\phi$  sebesar 135,09% dari parameter kuat geser tanah asli.

## 5.2 Saran

Berdasarkan analisis dan data hasil pengujian selama penelitian yang dilakukan maka dapat disampaikan beberapa saran sebagai berikut :

1. Dapat dilakukan pengujian lanjutan dengan penambahan kadar kapur untuk mendapatkan nilai optimum campuran kadar kapur dalam peningkatan parameter kuat geser yaitu kohesi tanah ( $c$ ) dan sudut geser dalam tanah ( $\phi$ ).
2. Perlu dilakukan metode pengujian kuat geser lain seperti pengujian kuat tekan bebas (*unconfined compressive strength (UCS)*) dan pengujian geser langsung (*direct shear*) untuk dapat membandingkan peningkatan parameter kuat geser ( $c$  dan  $\phi$ ).
3. Perlu dilakukan pengujian mineralogi tanah yang dipakai sebagai benda uji dan pengujian kandungan kimia terhadap kapur yang digunakan untuk mengetahui reaksi kimianya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Annual Book of ASTM Standards. Vol.4. ASTM International. West Conshohocken. PA
- Bowles, J. E. (1993). Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah. Jakarta: Erlangga.
- Das, B. M. (1988). Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1. Jakarta: Erlangga.
- Girsang R. P dan Siregar C.A (2021). Studi Pengaruh Stabilisasi Tanah – Semen Terhadap Nilai Kuat Geser Tanah Dengan Uji *Triaxial Unconsolidated Undrained* (Studi Kasus : Tanah Kabupaten Purwakarta). Bandung: Universitas Sangga Buana YPKP.
- Robani Ahmad dan Siregar C.A (2021). Studi Pengaruh Stabilisasi Tanah – Semen Terhadap Nilai Kuat Geser Tanah Dengan Uji *Unconfined Compressive Strength* (Studi Kasus : Tanah Kabupaten Purwakarta). Bandung: Universitas Sangga Buana YPKP.
- Siregar, C. A. (2018). Mekanika Tanah I (Soil Mechanic I). Bandung: Universitas Sangga Buana YPKP.
- Siregar, C. A. (2017). Mekanika Tanah II (Soil Mechanic II). Bandung: Universitas Sangga Buana YPKP.
- Siregar, C. A. (2018). Buku Modul Praktikum Mekanika Tanah. Bandung: Universitas Sangga Buana YPKP.
- Siregar, C. A. (2003). Pengaruh Campuran Pilmer Silikon Pada Stabilisasi Tanah Ekspansif Cikampek Purwakarta Terhadap Nilai Pengembangan Bebas (Free Swell), Jurnal Itenas, Vol.7 No.3, Bandung.
- Siregar, C. A. (2003). Pengaruh Campuran Polimer Silikon Pada Stabilisasi Tanah Ekspansif Cikampek Purwakarta Terhadap Nilai CBR Rendaman, Jurnal Teknik Sipil – Universitas Tarumanagara, Vol.IX No.3, Jakarta.
- Siregar, C. A. (2003). Stabilisasi Tanah Ekspansif Cikampek-Purwakarta dengan Campuran Polimer Silikon Terhadap Kuat Tekan Bebas, Prosiding Konferensi Internasional Geoteknik VI, Jakarta.
- Terzaghi. (1948). Soil Mechanics In engineering Practice.

Terzaghi, K. P. (1987). Mekanika Tanah I & Mekanika Tanah II. Jakarta:  
Pekerjaan Umum.

Terzaghi. (1948). Soil Mechanics In Engineering Practice.





UNIVERSITAS  
SANGGA  
BUANA  
YPKP

**FORMULIR BIMBINGAN TUGAS AKHIR**

**STABILISASI TANAH  
DENGAN CAMPURAN KAPUR 0%, 5%, 7,5%, DAN 10%  
PADA JALAN TOL CISUMDAWU  
DENGAN PENGUJIAN TRIAXIAL UU**



PROGRAM  
STUDI  
TEKNIK  
SIPIL

Mahasiswa :  
**Raden Andri Yogaswara**  
2112191119

Dosen Pembimbing :  
**Chandra Afriade Siregar, ST., MT.**  
NIK. 432.200.167

TA  
2022-2023

No.	Tanggal Pertemuan	Uraian Kegiatan - Catatan Perbaikan	Paraf Pembimbing
	14 Nop 22	Pengambilan sample tanah sesuai standar yang ada ! Laboratorium di Bina Teknik, asistensikan hasil uji bisa diwakilkan !	
	30 Nop 22	Hasil uji sifat fisik ok... Lanjutkan uji compaction dan Triaxial..! % kapur diperhatikan...!	
	20 Des 22	Uji Compaction dan Triaxial UU oke.. Perhatikan susunan ujinya.. Analisis hasil dan buat tabel dan grafiknya..!	
	12 Jan 23	Cek kembali penulisan...! Buat rekapitulasi hasil analisis.. Kesimpulan dan saran revisi...	
	23 Jan 23	Laporan TA selesai..! Belajar.. Siap Sidang !  NB. Semua sistensi dilakukan daring dan via zoom (ybs lagi bekerja di luar pulau)	

Bandung, 26 Januari 2023

Pembimbing,

H. Chandra Afriade Siregar, ST., MT.