

# TUGAS AKHIR

PERPUSTAKAAN FTSP UII	
HADIAN/RELE	
TGL. TERIMA :	15 Jun 2006
NO. JUDUL :	001929
NO. INV. :	51200001929001
NO. INDUK :	

NILAI MODULUS GESER TANAH  
DARI HASIL UJI LABORATORIUM BERDASARKAN  
RUMUS HARDIN & BLACK, MENARD, HARDIN & RICHARD  
SERTA HARDIN & DRNEVICH



DIBACA DI TEMPAT  
TIDAK DIBAWA PULANG

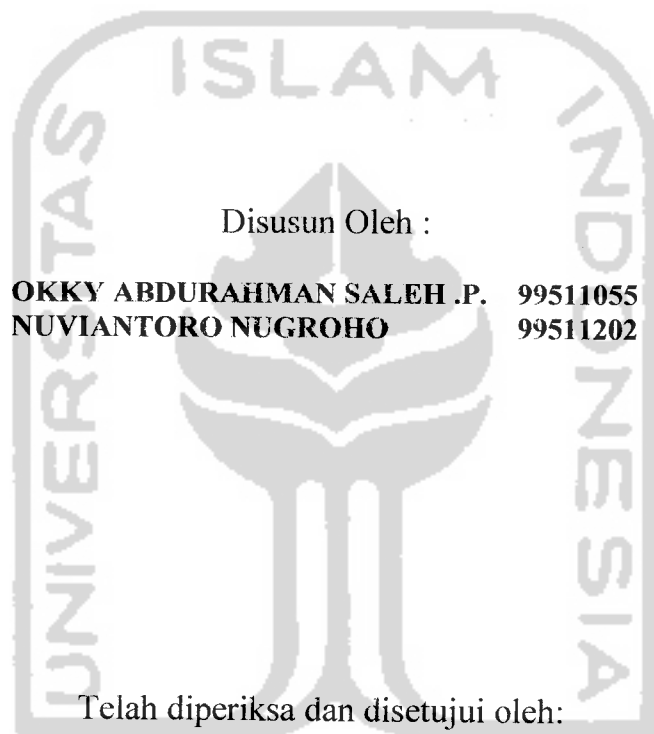
Disusun Oleh :

OKKY ABDURAHMAN SALEH .P. 99511055  
NUVIANTORO NUGROHO 99511202

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2005

# LEMBAR PENGESAHAN

NILAI MODULUS GESER TANAH DARI HASIL UJI  
LABORATORIUM BERDASARKAN RUMUS HARDIN &  
BLACK, MENARD, HARDIN & RICHARD SERTA  
HARDIN & DRNEVICH



Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

**DR. Ir. Edy Purwanto, CES, DEA**

Tanggal : 17 - Nov - 2005 .

**Ir. Akhmad Marzuko, MT**

Tanggal : 18 NOVEMBER '05

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Wr.Wb.*

Puji syukur penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan hidayah dan inayah-Nya sehingga dapat terselesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan judul **“Nilai Modulus Geser Tanah Dari Hasil Uji Laboratorium Berdasarkan Rumus Hardin & Black, Menard, Hardin & Richard serta Hardin & Drnevich “**.

Adapun maksud dan tujuan penyusunan laporan Tugas Akhir ini adalah sebagai salah satu tugas dan persyaratan akademis dalam memperoleh gelar kesarjanaan Strata Satu (S1) pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta disamping juga sebagai sarana penerapan teori dan pengetahuan yang diperoleh selama di bangku kuliah.

Pada kesempatan ini penyusun ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu baik secara langsung maupun tidak langsung sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik, antara lain :

1. Bapak Prof. Ir. Widodo, MSCE, Ph.D., selaku Dekan FTSP jurusan Teknik Sipil UII.
2. Bapak Ir. H. Munadir, MS, selaku Kepala Jurusan Teknik Sipil UII.
3. Bapak DR. Ir. Edy Purwanto, CES, DEA, selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dengan baik sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
4. Bapak Ir. Akhmad Marzuko, MT, selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dengan baik sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xii
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	xiii
<b>INTISARI</b> .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
<b>BAB III LANDASAN TEORI</b> .....	10
3.1 Pendahuluan.....	10
3.2 Sistem Klasifikasi Tanah.....	10
3.2.1 Klasifikasi Tanah Berdasarkan U.S.C.S.....	11
3.3 Penelitian Laboratorium.....	14
3.3.1 Kadar Air Tanah (Water Content).....	14
3.3.2 Berat Volume Tanah.....	14
3.3.3 Berat Jenis Tanah ( <i>Specific Gravity</i> ).....	15
3.3.4 Konsistensi dan Plastisitas ( <i>Consistency and Plasticity</i> ).....	16
3.3.5 Uji Kepadatan Tanah.....	19
3.3.6 Uji Konsolidasi.....	21

3.3.7 Uji Triaksial <i>Unconsolidated Undrained (UU)</i> .....	23
3.4 Rambatan Getaran Tanah.....	26
3.5 Hitungan Modulus Geser Maksimum.....	30
<b>BAB IV METODE PENELITIAN.....</b>	<b>33</b>
4.1 Pekerjaan Persiapan.....	33
4.2 Pekerjaan Lapangan.....	33
4.2.1 Pengambilan Tanah Pasir (Non Kohesif).....	33
4.2.2 Pengambilan Tanah Lempung (Kohesif).....	33
4.3 Pekerjaan Laboratorium.....	34
4.3.1 Benda Uji.....	34
4.3.2 Pemeriksaan Sifat Fisik Tanah Lempung (Kohesif).....	34
1. Pemeriksaan Kadar Air Tanah ( <i>Water Content</i> ).....	34
2. Pemeriksaan Berat Volume Tanah.....	35
3. Pemeriksaan Berat Jenis Tanah ( <i>Spesific Gravity</i> ).....	35
4. Pemeriksaan Batas Cair Tanah ( <i>Atterberg Limits</i> ).....	36
5. Pemeriksaan Batas Plastis Tanah.....	37
6. Pemeriksaan Kepadatan Tanah (Standart Proctor Test).....	37
4.3.3 Pemeriksaan Sifat Fisik Tanah Pasir (Non Kohesif).....	38
1. Pemeriksaan Kadar Air Tanah ( <i>Water Content</i> ).....	38
2. Pemeriksaan Berat Volume Tanah.....	39
3. Pemeriksaan Berat Jenis Tanah ( <i>Spesific Gravity</i> ).....	39
4.3.4 Pemeriksaan Sifat Mekanis Tanah Lempung dan Tanah Pasir.....	40
1. Pelaksanaan Uji Konsolidasi.....	40
2. Pelaksanaan Uji Triaksial <i>Unconsolidated Undrained (UU)</i> .....	41
3. Hitungan Nilai Modulus Geser Maksimum Tanah ( <i>Gmax</i> ).....	42

<b>BAB V</b>	<b>HASIL PENELITIAN</b>	43
5.1	Klasifikasi Tanah	43
5.1.1	Klasifikasi Tanah Mertoyudan / Magelang	43
5.1.2	Klasifikasi Tanah Kampus UII FTSP	47
5.2	Sifat Fisik Tanah	50
5.2.1	Hasil Penelitian Sifat Fisik Tanah Mertoyudan	50
5.2.2	Hasil Penelitian Sifat Fisik Tanah Kampus UII FTSP	51
5.3	Sifat Mekanik Tanah	51
5.3.1	Jenis Tanah	51
5.3.2	Kadar Air Tanah	51
5.3.3	Berat Volume Tanah	52
5.3.4	Tekanan Sel (Pada Uji Triaksial UU)	53
5.3.5	Hasil Uji Konsolidasi	60
5.3.6	Hasil Uji Triaksial UU (Unconsolidated Undrained)	61
5.3.7	Modulus Geser Tanah (G)	65
<b>BAB VI</b>	<b>PEMBAHASAN</b>	69
6.1	Klasifikasi Tanah	69
6.2	Sifat-sifat Tanah	70
6.2.1	Kadar air	70
6.2.2	Berat volume	71
6.2.3	Tekanan sel (pada uji Triaksial UU)	71
6.2.4	Uji Konsolidasi	73
6.2.5	Uji Triaksial UU	74
6.2.6	Modulus Geser Tanah (G)	75
<b>BAB VII</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	77
7.1	Kesimpulan	77
7.2	Saran	77
<b>PENUTUP</b>		78
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		79
<b>LAMPIRAN</b>		82

## DAFTAR TABEL

**Tabel 1.1** Daftar Gempa Besar di Indonesia

**Tabel 3.1** Kasifikasi Tanah Menurut Unified Soil Classification System (USCS).

**Tabel 3.2** Nilai Kadar air tanah

**Tabel 3.3** Nilai Berat Volume.

**Tabel 3.4** Nilai Berat Jenis Tanah (Hary CH).

**Tabel 3.5** Nilai Indeks Plastisitas dan Macam Tanah.

**Tabel 4.1** Jumlah Benda Uji.

**Tabel 5.1.** Analisis Granular Sampel 1 (Lampiran no. 5)

**Tabel 5.2.** Analisis Granular Sampel 2 (Lampiran no. 7)

**Tabel 5.3.** Analisis Hidrometer Sampel 1 (lampiran no. 5)

**Tabel 5.4.** Analisis Hidrometer Sampel 2 (lampiran no. 7)

**Tabel 5.5** Presentase Fraksi Tanah (lampiran no. 6 dan lampiran no. 8)

**Tabel 5.6.** Analisis Granular Sampel 1 (Lampiran no. 37)

**Tabel 5.7.** Analisis Granular Sampel 2 (Lampiran no. 39)

**Tabel 5.8.** Analisis Hidrometer Sampel 1 (lampiran no. 37)

**Tabel 5.9.** Analisis Hidrometer Sampel 2 (lampiran no. 39)

**Tabel 5.10** Presentase Fraksi Tanah (lampiran no. 38 dan lampiran no. 40)

**Tabel 5.11** Data Sifat Fisik Tanah Mertoyudan / Magelang (lampiran no. 1 a, no. 1 b, no. 2, no. 3, dan no. 4)

**Tabel 5.12** Data Sifat Fisik Tanah Kampus UII FTSP (lampiran no. 36 a dan no. 36 b)

**Tabel 5.13** Kadar Air Tanah Desa Mertoyudan / Magelang (lampiran no. 1 a)

**Tabel 5.14** Berat Volume Tanah Desa Mertoyudan / Magelang (lampiran no. 1 a)

**Tabel 5.15** Nilai Modulus Elastisitas Max Tanah Mertoyudan dari hasil uji Triaksial dengan tekanan sel  $0,5 \text{ kg/cm}^2$  (Lampiran no. 21, no. 22, no. 23)

**Tabel 5.16** Nilai Modulus Elastisitas Max Tanah Mertoyudan dari hasil uji Triaksial dengan tekanan sel  $1 \text{ kg/cm}^2$  (Lampiran no. 21, no. 22, no. 23)

**Tabel 5.17** Nilai Modulus Elastisitas Max Tanah Mertoyudan dari hasil uji Triaksial dengan tekanan sel  $2 \text{ kg/cm}^2$  (Lampiran no. 21, no. 22, no. 23)

- Tabel 5.18** Nilai Modulus Elastisitas Max Tanah Mertoyudan dari hasil uji Triaksial dengan tekanan sel  $0,5 \text{ kg/cm}^2$  (Lampiran no. 24, no. 25, no. 26)
- Tabel 5.19** Nilai Modulus Elastisitas Max Tanah Mertoyudan dari hasil uji Triaksial dengan tekanan sel  $1 \text{ kg/cm}^2$  (Lampiran no. 24, no. 25, no. 26)
- Tabel 5.20** Nilai Modulus Elastisitas Max Tanah Mertoyudan dari hasil uji Triaksial dengan tekanan sel  $2 \text{ kg/cm}^2$  (Lampiran no. 24, no. 25, no. 26)
- Tabel 5.21** Nilai Modulus Elastisitas Max Tanah Mertoyudan dari hasil uji Triaksial dengan tekanan sel  $0,5 \text{ kg/cm}^2$  (Lampiran no. 27, no. 28, no. 29)
- Tabel 5.22** Nilai Modulus Elastisitas Max Tanah Mertoyudan dari hasil uji Triaksial dengan tekanan sel  $1 \text{ kg/cm}^2$  (Lampiran no. 27, no. 28, no. 29)
- Tabel 5.23** Nilai Modulus Elastisitas Max Tanah Mertoyudan dari hasil uji Triaksial dengan tekanan sel  $2 \text{ kg/cm}^2$  (Lampiran no. 27, no. 28, no. 29)
- Tabel 5.24** Nilai Modulus Elastisitas Max Tanah Mertoyudan dari hasil uji Triaksial dengan tekanan sel  $0,5 \text{ kg/cm}^2$  (Lampiran no. 33, no. 34, no. 35)
- Tabel 5.25** Nilai Modulus Elastisitas Max Tanah Mertoyudan dari hasil uji Triaksial dengan tekanan sel  $1 \text{ kg/cm}^2$  (Lampiran no. 33, no. 34, no. 35)
- Tabel 5.26** Nilai Modulus Elastisitas Max Tanah Mertoyudan dari hasil uji Triaksial dengan tekanan sel  $2 \text{ kg/cm}^2$  (Lampiran no. 33, no. 34, no. 35)
- Tabel 5.27** Nilai Modulus Elastisitas Max Tanah Mertoyudan dari hasil uji Triaksial dengan tekanan sel  $0,5 \text{ kg/cm}^2$  (Lampiran no. 30, no. 31, no. 32)
- Tabel 5.28** Nilai Modulus Elastisitas Max Tanah Mertoyudan dari hasil uji Triaksial dengan tekanan sel  $1 \text{ kg/cm}^2$  (Lampiran no. 30, no. 31, no. 32)
- Tabel 5.29** Nilai Modulus Elastisitas Max Tanah Mertoyudan dari hasil uji Triaksial dengan tekanan sel  $2 \text{ kg/cm}^2$  (Lampiran no. 30, no. 31, no. 32)
- Tabel 5.30** Nilai Modulus Elastisitas Max Tanah Kampus UII Fakultas Teknik Sipil/Perencanaan dari hasil uji Triaksial dengan tekanan sel  $0,5 \text{ kg/cm}^2$  (Lampiran no. 53, no. 54, no. 55)



**Tabel 5.31** Nilai Modulus Elastisitas Max Tanah Kampus UII Fakultas Teknik Sipil/Perencanaan dari hasil uji Triaksial dengan tekanan sel  $1 \text{ kg/cm}^2$   
(Lampiran no. 53, no. 54, no. 55)

**Tabel 5.32** Nilai Modulus Elastisitas Max Tanah Kampus UII Fakultas Teknik Sipil/Perencanaan dari hasil uji Triaksial dengan tekanan sel  $2 \text{ kg/cm}^2$   
(Lampiran no. 53, no. 54, no. 55)

**Tabel 5.33** Hasil Uji Konsolidasi Tanah Desa Mertoyudan (Lampiran no. 14 dan no. 20)

**Tabel 5.34** Hasil Uji Konsolidasi Tanah Kampus UII FTSP (Lampiran no. 46 dan no. 52)

**Tabel 5.35** Nilai *Over Consolidated Ratio* (OCR) Tanah Desa Mertoyudan (Lampiran no. 14 dan no. 20)

**Tabel 5.36** Hasil uji Triaksial UU Tanah Desa Mertoyudan / Magelang, dengan  $w=w_{lap}$  dan  $T \text{ sel} = 2 \text{ kg/cm}^2$  (Lampiran no. 21, no. 22, no. 23)

**Tabel 5.37** Hasil uji Triaksial UU Tanah Desa Mertoyudan / Magelang, dengan  $w>w_{lap}$  dan  $T \text{ sel} = 2 \text{ kg/cm}^2$  (Lampiran no. 24, no. 25, no. 26)

**Tabel 5.38** Hasil uji Triaksial UU Tanah Desa Mertoyudan / Magelang, dengan  $w<w_{lap}$  dan  $T \text{ sel} = 2 \text{ kg/cm}^2$  (Lampiran no. 27, no. 28, no. 29)

**Tabel 5.39** Hasil uji Triaksial UU Tanah Desa Mertoyudan / Magelang, dengan  $\gamma>\gamma_{lap}$  dan  $T \text{ sel} = 2 \text{ kg/cm}^2$  (Lampiran no. 30, no. 31, no. 32)

**Tabel 5.40** Hasil uji Triaksial UU Tanah Desa Mertoyudan / Magelang, dengan  $\gamma<\gamma_{lap}$  dan  $T \text{ sel} = 2 \text{ kg/cm}^2$  (Lampiran no.33, no. 34, no. 35)

**Tabel 5.41** Hasil uji Triaksial UU Tanah Kampus UII FTSP, dengan  $w=w_{lap}$  dan  $T \text{ sel} = 2 \text{ kg/cm}^2$  (Lampiran no. 53, no. 54, no. 55)

**Tabel 5.42** Tabel Gmax Tanah Desa Mertoyudan / Magelang, dengan  $w=w_{lap}$

**Tabel 5.43** Tabel Gmax Tanah Desa Mertoyudan / Magelang, dengan  $w>w_{lap}$

**Tabel 5.44** Tabel Gmax Tanah Desa Mertoyudan / Magelang, dengan  $w<w_{lap}$

**Tabel 5.45** Tabel Gmax Tanah Desa Mertoyudan / Magelang, dengan  $\gamma>\gamma_{lap}$

**Tabel 5.46** Tabel Gmax Tanah Desa Mertoyudan / Magelang, dengan  $\gamma<\gamma_{lap}$

**Tabel 5.47** Tabel Gmax Tanah Kampus UII FTSP, dengan  $w = w_{lap}$

**Tabel 6.1** Presentase fraksi tanah Mertoyudan / Magelang (Lampiran no. 6 dan no. 8)

**Tabel 6.2** Presentase fraksi tanah Kampus UII FTSP (Lampiran no. 38 dan no. 40)

**Tabel 6.3** Hasil Pengujian tes laboratorium tanah Mertoyudan (Lampiran no. 21, no. 24, no. 27)

**Tabel 6.4** Hasil Pengujian tes laboratorium tanah Mertoyudan (Lampiran no. 21, no. 30, no. 33)

**Tabel 6.5** Hasil Pengujian tes laboratorium tanah Mertoyudan sebagai pembuktian (Lampiran no. 21, no. 22, no. 23)

**Tabel 6.6** Hasil Uji Konsolidasi Tanah dari Desa Mertoyudan (Lampiran no. 14 dan no. 20)

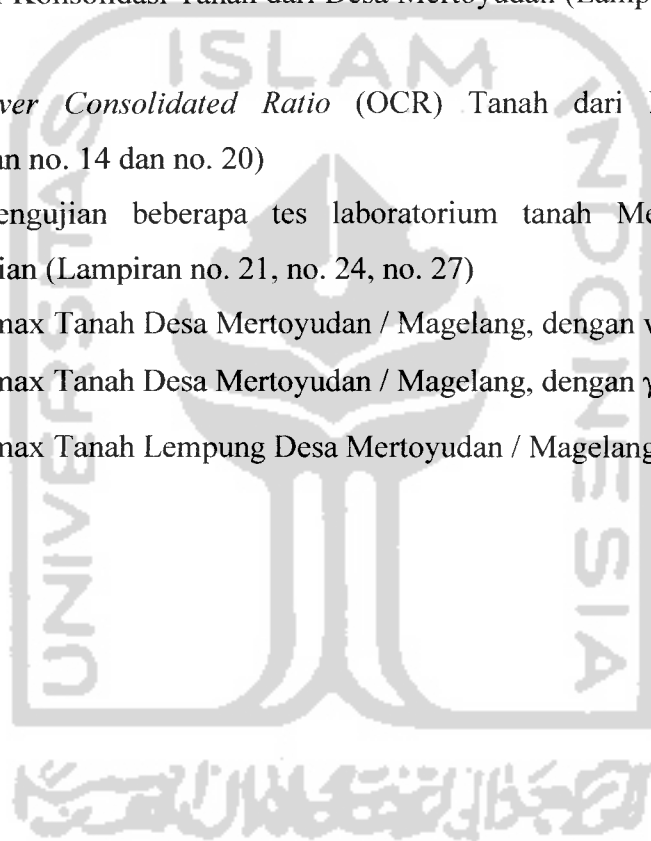
**Tabel 6.7** Nilai *Over Consolidated Ratio* (OCR) Tanah dari Desa Mertoyudan (Lampiran no. 14 dan no. 20)

**Tabel 6.8** Hasil Pengujian beberapa tes laboratorium tanah Mertoyudan sebagai pembuktian (Lampiran no. 21, no. 24, no. 27)

**Tabel 6.9** Tabel Gmax Tanah Desa Mertoyudan / Magelang, dengan  $w = w_{lap}$

**Tabel 6.10** Tabel Gmax Tanah Desa Mertoyudan / Magelang, dengan  $\gamma < \gamma_{lap}$

**Tabel 6.11** Tabel Gmax Tanah Lempung Desa Mertoyudan / Magelang, dengan  $w < w_{lap}$



## DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1** Hubungan antara  $G/G_{max}$  lawan regangan geser
- Gambar 3.1** Grafik antara volume tanah dengan kadar air
- Gambar 3.2** Kurva Pemadatan Standar tanah (ASTM D 698-70)
- Gambar 3.3** Kurva  $e$  versus  $\log p$  (Josep E. Bowles, "Mekanika Tanah")
- Gambar 3.4** Metode Cassagrande untuk mendapatkan tek. Prokonsolidasi
- Gambar 3.5** Selubung keruntuhan Mohr-Coulomb (Josep E. Bowles, Mektan )
- Gambar 4.1** Kurva hubungan kadar air dengan jumlah pukulan
- Gambar 4.2** Bentuk tanah ukuran 3 mm
- Gambar 4.3** Grafik hubungan  $\gamma_k$  dengan kadar air ( $w$ )
- Gambar 5.1** Diagram Distribusi Ukuran Butir Sampel 1 (lampiran no. 6)
- Gambar 5.2** Diagram Distribusi Ukuran Butir Sampel 2 (lampiran no. 8)
- Gambar 5.3** Klasifikasi Tanah Mertoyudan Menurut USCS
- Gambar 5.4** Diagram Cassagrande Tanah Mertoyudan
- Gambar 5.5** Diagram Distribusi Ukuran Butir Sampel 1 (lampiran no. 38)
- Gambar 5.6** Diagram Distribusi Ukuran Butir Sampel 2 (lampiran no. 40)
- Gambar 5.7** Klasifikasi Tanah Kampus UII Menurut USCS
- Gambar 6.1** Grafik Hubungan Tegangan dengan Regangan (Lampiran no. 21)
- Gambar 6.2** Grafik Hubungan Beban ( $P$ ) dengan angka pori ( $e$ ) (lamp. no. 20)
- Gambar 6.3** Hasil pengujian triaksial UU tanah Mertoyudan/Magelang (Lampiran no 21)

## DAFTAR NOTASI

$D_{30}$ : Di	
dis	
$D_{10}$ : D	$\phi$ : Sudut Gesek Dalam ( $^{\circ}$ ).
dis	$e$ : Void Ratio.
PI : PI	$G$ : Modulus Geser (kPa).
LL : Li	$E$ : Modulus Elastisitas ( $kg/cm^2$ ).
PL : PL	$D$ : Dumping Ratio (Rasio Redaman).
SL : Sh	$\tau$ : Kuat Geser Tanah ( $kg/cm^2$ ).
OCR : O	$\sigma_n$ : Tegangan Normal pada bidang runtuh ( $kg/cm^2$ ).
Pc : Te	$c$ : Kohesi Tanah ( $kg/cm^2$ ).
Po : Te	DR : Relatif Density (Kerapatan Relatif).
Ht : Ti	$w$ : Water Content (Kadar Air) (%).
A : Lu	$W_w$ : Weight Of Water (Berat Air) (gr).
$e_o$ : Ar	$W_s$ : Weight Of Soil (Berat Butiran Tanah) (gr).
Ho : Ti	$W$ : Berat Total Tanah (gr).
$\Delta e$ : Pe	$V$ : Volume Total Tanah ( $cm^3$ ).
$\Delta L$ : Pe	$V_o$ : Volume Sampel Tanah Mula-mula ( $cm^3$ ).
$\Delta L_c$ : Pe	$\Delta V_c$ : Perubahan Volume akibat Konsolidasi ( $cm^3$ ).
Sr : De	$\gamma_b$ : Berat Volume Tanah Basah ( $kg/cm^3$ ).
$\varepsilon$ : Re	$\gamma_d$ : Berat Volume Tanah Kering ( $kg/cm^3$ ).
Lo : Pa	$\gamma_s$ : Berat Volume Butiran Tanah Padat ( $kg/cm^3$ ).
$\Delta \sigma_d$ : Te	$\gamma_w$ : Berat Volume Air ( $kg/cm^3$ ).
P : Be	Gs : Specific Gravity (Berat Jenis Tanah).
$\sigma_0$ : Eff	$C_u$ : Koefisien Keseragaman.
K : Ko	$C_c$ : Koefisien Gradasi.
Ko : Ko	
$\mu$ : Poi	$D_{60}$ : Diameter yang disesuaikan dengan 60 % lolos ayakan yang ditentukan dari kurva distribusi ukuran butir.

## INTISARI

Pada saat terjadi gempa, tanah akan bergetar sebagai efek dari menjalarnya gelombang energi yang memancar dari pusat gempa (*focus*). Energi tersebut menyebar kesegala arah pada media tanah, maka dari itu faktor tanah sebagai penghantar energi tersebut mempunyai peranan yang sangat penting. Dilihat dari kondisi seismologi, sebagian besar wilayah Indonesia merupakan wilayah yang mempunyai resiko gempa yang cukup tinggi karena posisinya yang berada pada tapal batas empat sistem tektonik aktif, yakni tapal batas lempeng Eurasia, lempeng Australia, lempeng Filipina, dan lempeng Pasifik (Widodo, (1991). "Teknik Gempa 1")

Terutama dalam penelitian ini bagaimana perilaku tanah terhadap beban dinamis dan beban statis, dengan kadar air dan berat volume yang berbeda-beda. Sehubungan dengan itu perlu dilakukan penelitian di laboratorium dengan suatu judul : "Nilai Modulus Geser Tanah Dari Hasil Uji Laboratorium Dari Rumus Hardin & Black, Menard, Hardin & Richard serta Hardin & Drnevich".

Dari hasil penelitian berdasarkan variasi yang dibuat diperoleh data untuk tanah desa Mertoyudan pada kondisi kadar air ( $w$ ) lapangan mempunyai nilai modulus geser maksimum sebesar 6,369 kPa (Hardin & Black), 16,065 kPa (Hardin & Richart), 16,724 kPa (Hardin & Drnevich), dan 11,168 kPa (Menard). Pada kondisi tanah dengan  $w > 5\%$  dari  $w$  lapangan, tanah desa Mertoyudan mempunyai nilai modulus geser maksimum sebesar 6,481 kPa (Hardin & Black), 16,050 kPa (Hardin & Richart), 17,020 kPa (Hardin & Drnevich), dan 4,310 kPa (Menard). Pada kondisi tanah dengan  $w < 5\%$  dari  $w$  lapangan, tanah desa Mertoyudan mempunyai nilai modulus geser maksimum sebesar 5,986 kPa (Hardin & Black), 15,101 kPa (Hardin & Richart), 15,720 kPa (Hardin & Drnevich), dan 31,458 kPa (Menard). Pada kondisi tanah dengan  $\gamma > 5\%$  dari  $\gamma$  lapangan, tanah desa Mertoyudan mempunyai nilai modulus geser maksimum sebesar 6,430 kPa (Hardin & Black), 16,220 kPa (Hardin & Richart), 16,885 kPa (Hardin & Drnevich), dan 14,915 kPa (Menard). Pada kondisi tanah dengan  $\gamma < 5\%$  dari  $\gamma$  lapangan, tanah desa Mertoyudan mempunyai nilai modulus geser maksimum sebesar 6,246 kPa (Hardin & Black), 15,755 kPa (Hardin & Richart), 16,402 kPa (Hardin & Drnevich), dan 12,613 kPa (Menard). Sedangkan untuk tanah pasir UII mempunyai nilai modulus geser maksimum sebesar 13,343 kPa (Hardin & Richart) dan 90,010 kPa (Menard).

- $D_{30}$  :Diameter yang disesuaikan dengan 30 % lolos ayakan yang ditentukan dari kurva distribusi ukuran butir.
- $D_{10}$  : Diameter yang disesuaikan dengan 10 % lolos ayakan yang ditentukan dari kurva distribusi ukuran butir.
- PI : Plasticity Index (Indeks Plastisitas) (%).
- LL : Liquid Limits (Batas Cair) (%).
- PL : Plasticity Limits (Batas Plastis) (%).
- SL : Shrinkage Limits (Batas Susut) (%).
- OCR : Over Consolidated Ratio.
- $P_c$  : Tekanan Prakonsolidasi ( $kg/cm^2$ ).
- $P_o$  : Tekanan Efektif Lapangan ( $kg/cm^2$ ).
- Ht : Tinggi Effektif (cm).
- A : Luas Tampang Benda Uji ( $cm^2$ ).
- $e_o$  : Angka Pori Mula-mula.
- $H_o$  : Tinggi Sampel Tanah Mula-mula (cm).
- $\Delta e$  : Perubahan Angka Pori.
- $\Delta L$  : Perubahan Panjang Sampel Tanah (cm).
- $\Delta L_c$  : Perubahan Panjang Sampel Tanah akibat Konsolidasi (cm).
- $S_r$  : Derajat Kejenuhan.
- $\varepsilon$  : Regangan Tanah (%).
- $L_o$  : Panjang Sampel Tanah Mula-mula.
- $\Delta \sigma_d$  : Tegangan Deviator ( $kg/cm^2$ ).
- P : Beban yang Bekerja (kg).
- $\sigma_o$  : Effektive Confining Preassure (Tekanan Pengekangan Tanah).
- K : Koefisien tanah yang nilainya tergantung pada Indeks Plastisitas Tanah.
- $K_o$  : Koefisien Tekanan Tanah saat Diam.
- $\mu$  : Poison Ratio.

# BAB I PENDAHULUAN

## I.1 Latar Belakang

Tanah mempunyai peranan yang sangat penting dalam mendukung suatu struktur bangunan, sehingga dalam pelaksanaan pekerjaan teknik sipil, penguasaan masalah mekanika tanah merupakan suatu hal yang sangat penting, baik analisis perilaku tanah terhadap sifat fisik maupun terhadap sifat mekaniknya.

Begitu pentingnya peranan tanah dalam mendukung suatu struktur bangunan maka diperlukan penyelidikan tanah. Penyelidikan tanah merupakan langkah awal untuk merencanakan suatu pondasi. Tujuannya adalah untuk mengetahui perilaku tanah jika terdapat beban statis atau beban dinamis yang bekerja pada tanah tersebut. Penyelidikan tanah dapat dilakukan dilaboratorium maupun pengujian langsung dilapangan (*in-situ test*). Data yang diperoleh sebagai parameter tanah, digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam menganalisis sifat-sifat tanah seperti kekuatan geser dan *settlement* tanah, daya dukung, dan lain-lain.

Tanah juga dapat bergerak. Pergerakan ini disebabkan oleh gempa bumi. Gempa bumi itu sendiri merupakan getaran permukaan tanah akibat pecahnya/ patahnya/ rusaknya struktur tanah/ batuan secara tiba-tiba. (Widodo, 1991, Pengantar Teknik Gempa).

Dilihat dari kondisi seismologi, sebagian besar wilayah Indonesia merupakan wilayah yang mempunyai resiko gempa yang cukup tinggi karena posisinya yang berada pada tapal batas empat sistem tektonik aktif, yakni tapal batas lempeng Eurasia, lempeng Australia, lempeng Filipina, dan lempeng Pasifik. Disamping itu wilayah Indonesia terletak pada pertemuan dua sistem pegunungan, yaitu sistem pegunungan Mediterania yang terbentang di Pulau Sumatera, Jawa, Bali, Nusa Tenggara, serta sistem pegunungan Pasifik yang terbentang di Pulau Halmahera dan Sulawesi. Dari pencatatan yang ada selama satu abad ini rata-rata sepuluh gempa terjadi setiap tahunnya di Indonesia (Lab. Geoteknik ITB). Gempa besar tersebut (dengan skala 7 atau lebih) sering terjadi pada daerah-daerah di atas, diantaranya :

**Tabel 1.1** Daftar Gempa Besar di Indonesia

Nama Tempat	Tanggal Terjadi	Kekuatan (Skala Richter)	Korban dan Kerusakan
Bengkulu	4 Juni 2000	7,3 SR	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ 94 korban jiwa dan ratusan luka-luka.</li><li>▪ Memporak-porandakan bangunan dan fasilitas umum.</li><li>▪ Kerugian materi mencapai ± 400 miliar rupiah.</li></ul>
Aceh	27 Des 2004	8,1 SR	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ 4725 orang di Indonesia tewas.</li><li>▪ 150 orang di Srilangka tewas.</li><li>▪ 40 orang di India tewas.</li><li>▪ Thailand, 10 orang tewas dan 100 orang luka-luka.</li></ul>
Palu dan Kab. Danggala	10 Juli 2005	5,7 SR	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ 3 korban luka-luka.</li><li>▪ 50 rumah penduduk mengalami kerusakan berat.</li></ul>
Kupang	18 Juli 2005	5,6 SR	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Sejumlah gedung SD dan beberapa kantor kecamatan rubuh dan retak.</li></ul>

(sumber : Badan Meteorologi & Geofisika (BMG) Indonesia)

Untuk tujuan antisipasi kejadian dan akibat gempa yang akan terjadi maka studi/kajian dan penelitian-penelitian yang bersangkutan dengan gempa besar sangat gencar dilakukan di beberapa negara. Penelitian-penelitian tersebut banyak dilakukan pada negara-negara yang memang secara geografis rawan terhadap bahaya gempa, misalnya Jepang, USA, China, New Zealand, Mexico, Chile, Turki, Yunani, Rusia, Yugoslavia, Canada, dan negara-negara yang lain.

Pada saat terjadi gempa, tanah akan bergetar sebagai efek dari menjalarnya gelombang energi yang memancar dari pusat gempa (*focus*). Energi yang memancar dari *focus* adalah akibat peristiwa mekanik (tumbukan, gesekan, tarikan) ataupun akibat dari peristiwa khemis (ledakan akibat reaksi kimia). Energi yang terjadi akibat peristiwa-



peristiwa tersebut menyebar ke segala arah pada media tanah, maka dari itu faktor tanah sebagai penghantar energi tersebut mempunyai peranan yang sangat penting. (Widodo, 1991, Pengantar Teknik Gempa)

Perbedaan keadaan geologi dan kondisi tanah akan menyebabkan respon tanah akibat gempa menjadi berlainan. Dengan keadaan seperti itu, maka respon bangunan akibat gempa di beberapa tempat juga akan berbeda antara satu dengan yang lain. (Widodo, 1991, Pengantar Teknik Gempa)

Untuk mengetahui sifat teknis tanah dan respon tanah akibat beban statis dan dinamis lebih lanjut perlu dilakukan penelitian terhadap perilaku tanah. Terutama dalam penelitian ini bagaimana perilaku tanah terhadap beban dinamis dan beban statis, dengan kadar air dan berat volume yang berbeda, dan pengaruhnya terhadap parameter-parameter yang dihasilkan.

Sehubungan dengan itu perlu dilakukan penelitian di laboratorium dengan suatu judul : “Nilai Modulus Geser Tanah Dari Hasil Uji Laboratorium Berdasarkan Rumus Hardin & Black, Menard, Hardin & Richard serta Hardin & Drnevich”.

## **I.2 Rumusan Masalah**

Perumusan masalah dalam Penelitian ini adalah :

1. Mencari besaran nilai Modulus Geser tanah (G) dalam kondisi kadar air dan berat volume tanah yang berbeda.
2. Bagaimana pengaruh parameter tanah terhadap nilai Modulus Geser tanah.

## **I.3 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai Modulus Geser tanah (G) melalui pengujian Konsolidasi dan pengujian Triaksial *Unconsolidated Undrained* (UU) dengan menggunakan rumus Hardin dan Black (1968), Menard (1965), Hardin dan Richard (1963), serta Hardin dan Drnevich (1972).

## **I.4 Batasan Masalah**

Penelitian ini menitik beratkan pada 2 sampel tanah dari tempat yang berbeda, dengan dibatasi sebagai berikut :

1. Tanah dari Kampus UII Fakultas Teknik Sipil/Perencanaan.
2. Tanah dari Desa Mertoyudan Magelang.
3. Digunakan tanah terganggu dan tidak terganggu.
4. Sampel tanah diambil pada kedalaman 2 meter.
5. Digunakan uji Triaksial *Unconsolidated Undrained (UU)*, dan uji Konsolidasi.
6. Variasi kadar air ( $w$ ), yaitu :
  1. Kadar air = kadar air lapangan.
  2. Kadar air 5% > kadar air lapangan.
  3. Kadar air 5% < kadar air lapangan.
7. Variasi berat volume ( $\gamma$ ), yaitu :
  1. Berat volume = berat volume lapangan.
  2. Berat volume 5% > berat volume lapangan.
  3. Berat volume 5% < berat volume lapangan.
8. Variasi tekanan sel (pada uji Triaksial UU), yaitu :
  1. Untuk tanah dari Desa Mertoyudan Magelang, yaitu :
    - Tekanan sel 0,5  $kg/cm^2$ .
    - Tekanan sel 1  $kg/cm^2$ .
    - Tekanan sel 2  $kg/cm^2$ .
  2. Untuk tanah dari Kampus UII Fakultas Teknik Sipil/Perencanaan hanya menggunakan tekanan sel 2  $kg/cm^2$ .

#### **I.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Pemahaman tentang perilaku sifat fisik tanah dan mekanik tanah sebagai dasar perencanaan dan perancangan bangunan.
2. Pengembangan Ilmu Mekanika Tanah pada bidang Teknik Sipil.

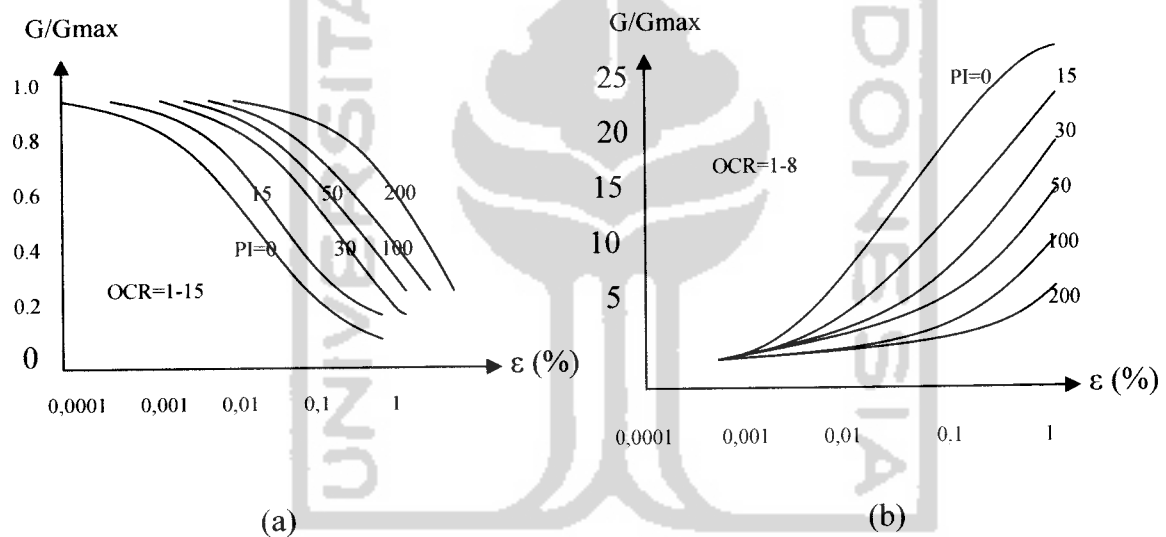
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Nilai Modulus Geser Tanah pada dasarnya merupakan rasio antara tegangan geser ( $\tau$ ) dan regangan geser tanah ( $\epsilon$ ).

Selama ini telah banyak peneliti yang telah meneliti tentang Modulus Geser, diantaranya adalah :

Vuceuc dan Dobry (1991), meneliti tentang efek Indeks Plastisitas (PI) terhadap perilaku dinamik atau perilaku statik tanah lempung. Besarnya nilai modulus geser untuk setiap regangan geser kemudian dinormalisasikan terhadap modulus geser maksimum atau dinyatakan dalam notasi  $G/G_{max}$ . Plot hubungan antara rasio redaman lawan regangan geser untuk setiap nilai indeks plastisitas (PI) disampaikan secara sistematis pada gambar grafik 2.1.a dan gambar 2.1.b dibawah ini.



**Gambar 2.1** Hubungan antara  $G/G_{max}$  lawan regangan geser  
(Sumber : Joseph E. Bowles (Analisis dan Desain Pondasi Jilid 1))

Notasi OCR yang ada pada gambar tersebut adalah singkatan dari *Over Consolidated Ratio*. Suatu hal yang sangat penting untuk diperhatikan pada gambar 2.1.a tersebut adalah bahwa tanah yang mempunyai Indeks Plastisitas Tinggi (tanah lempung jenuh air) mempunyai nilai normalisasi modulus geser yang masih relatif tinggi pada

suatu regangan geser tertentu dibanding dengan tanah dengan Indeks Plastisitas yang relatif rendah. Dengan demikian tanah lempung dengan PI yang sangat tinggi cenderung masih berperilaku elastik ( $G/G_{max}$  masih cukup besar) pada regangan geser yang relatif besar. Sebaliknya tanah dengan Indeks Plastisitas rendah seperti pasir maka kekuatannya akan cepat sekali menurun ( $G/G_{max}$  menurun drastis) pada regangan geser yang semakin besar.

Kemudian pada gambar 2.1.b dapat dilihat pengaruh Indeks Plastisitas (PI) terhadap rasio redaman pada suatu regangan geser tertentu, dari hasil penelitian diperoleh kesimpulan bahwa rasio redaman akan meningkat pada regangan geser yang semakin besar. Pada gambar grafik tersebut juga dapat dilihat bahwa untuk nilai regangan geser tertentu, rasio redaman besar pada tanah dengan Indeks Plastisitas (PI) yang semakin kecil.

Anderson bersama kawan-kawan (1978) mengadakan penelitian untuk memperoleh nilai modulus geser tanah. Dalam penelitiannya dikatakan bahwa modulus geser dapat ditentukan dengan mendapatkan pengukuran-pengukuran lapangan dari kecepatan gelombang geser. Adapun metode penelitiannya adalah sebagai berikut :

Didalam tanah homogen elastik yang ditekan pada sebuah titik dekat permukaan, maka tiga gelombang melintas kearah luar dengan laju yang berbeda-beda. Dua dari gelombang tersebut adalah gelombang primer (gelombang – P) atau gelombang kompresi, dan gelombang sekunder (gelombang – S) atau gelombang geser (*Shear Wave*), sedangkan gelombang ketiga adalah gelombang permukaan (*Reyleigh*) didekat dan pada permukaan tanah. Kecepatan gelombang *Reyleigh* kira-kira 10% kurang dari kecepatan gelombang geser (Griffiths dan King (1965)), dan seringkali digunakan sebagai pengganti gelombang geser, untuk pengukuran-pengukuran permukaan karena bentuk gelombang kompleks yang diperhatikan pada unit pengambil (*pick up unit*). Gelombang kompresi dan gelombang geser dihubungkan pada konstanta-konstanta elastik dari tanah sebagai berikut :

$$v_c = \sqrt{\frac{E(1-\mu)}{\rho(1+\mu)(1-2\mu)}} \dots\dots\dots 2.1$$

Keterangan:

$v_c$  : Kecepatan gelombang primer (km/jam)

$E$  : Modulus Tegangan-Regangan (kg/cm<sup>2</sup>)

$\rho$  : *mass density*

$\mu$  : *Poition Ratio*

$$v_s = \sqrt{\frac{G}{\rho}} \dots\dots\dots 2.2$$

Keterangan :

$v_s$  : Kecepatan gelombang sekunder (km/jam)

$G$  : Modulus Geser tanah (kg/cm<sup>2</sup>)

$\rho$  : *mass density*

Dari hubungan antara modulus geser (G) dan modulus tegangan-regangan (E) didapat

$$E = 2(1 + \mu)G \dots\dots\dots 2.3$$

Dan juga diperoleh

$$\left(\frac{v_c}{v_s}\right)^2 = \frac{2(1-\mu)}{1-2\mu} \dots\dots\dots 2.4$$

Kemudian nilai modulus geser (G) dapat ditentukan dengan mendapatkan pengukuran-pengukuran lapangan dari kecepatan gelombang geser. Dengan menggunakan persamaan 2.3 untuk mendapatkan

$$G = \rho v_s^2 \dots\dots\dots 2.5$$

Kecepatan gelombang geser didapat dilapangan dengan menggunakan teknik lobang silang (*cross-hole technique*) yang diterangkan dengan cukup terperinci oleh Woods

(1978 dengan referensi). Pada dasarnya metode tersebut terdiri dari pemboran dua lubang bor sampai suatu kedalaman tertentu misalnya,  $B$  sampai  $1,5B$  dibawah dasar pondasi yang diusulkan. Sebuah alat pengambil (*transduser kecepatan*) ditempatkan dibawah salah satu lubang dan sebuah batang disisipkan kedasar lubang yang lain. Sebuah rangkaian listrik dibuat diantara batang dan palu (keduanya logam) sehingga sebuah osiloskop “penyimpan” dipicu (*triggered*) untuk memulai pencatatan bila palu memukul batang, yang menyebabkan sebuah gelombang kejut (*shock wave*) seperti halnya ketika menutup rangkaian picu (*triggering circuit*). Runut (*trace*) osiloskop menunjukkan datangnya gelombang kompresi dan gelombang kejut tersebut. Dengan memperbolehkan waktu bagi gelombang kejut melintasi batang logam kebawah akan mambiarkan waktu bagi gelombang kejut melintasi logam kebawah akan mambiarkan waktu bagi gelombang geser melintas ke unit pengambil. Dengan mengukur jarak diantara kedua lobang sebagai ( $d$ ), kecepatan gelombang geser dihitung sebagai :

$$v_s = \frac{d}{t} \dots\dots\dots 2.6$$

Keterangan :

- d : Jarak antara dua lobang
- t : Waktu yang ditempuh gelombang, untuk melintasi 2 batang logam

Pengujian tersebut dapat dilakukan beberapa kali dan pada beberapa penambahan kedalaman, serta dengan menggunakan sebuah *osiloskop* penyimpan, maka gambar bentuk dari gelombang dapat dibuat, sehingga saat tibanya gelombang geser dapat dihasilkan dengan baik.

Sebelum ini telah ada peneliti yang sudah melakukan penelitian tentang besarnya nilai modulus geser tanah dari desa Mertuyodan, sehingga pada penelitian ini diambil tanah dari titik sample yang lain, untuk mendapatkan gambaran secara menyeluruh tentang karakteristik lempung dari desa tersebut. Hasil penelitian ini dapat digunakan masyarakat Mertoyudan khususnya dan sebagai pustaka bagi peneliti lainnya tentang Modulus Geser. Berikut ini peneliti yang membahas masalah Modulus Geser tanah dari desa Mertoyudan / Magelang :

Edi Nugroho dan Siti Khomariyah (2005) dalam laporan pengujiannya dengan judul **“Studi Eksperimental di Laboratorium Tentang Nilai Modulus Geser Berdasarkan Rumus Hardin dan Black serta Menard”** menjelaskan bahwa:

Penambahan kadar air sebesar 5% dari kadar air lapangan akan mengakibatkan bertambahnya nilai Modulus Geser Max dari 19,457 MPa menjadi 19,87 MPa (menurut rumus Hardin dan Black), dan pengurangan kadar air 5% dari kadar air lapangan akan mengakibatkan menurunnya nilai Modulus Geser Max dari 19,457 Mpa menjadi 19,236 MPa (menurut rumus Hardin dan Black), sedangkan penambahan berat volume 5% dari berat volume lapangan akan mengakibatkan menurunnya nilai Modulus geser Max dari 19,457 MPa menjadi 15,056 MPa (menurut rumus Hardin dan Black), dan pengurangan berat volume 5% dari berat volume lapangan akan mengakibatkan tetap menurunnya nilai Modulus Geser Max dari 19,457 MPa menjadi 18,433 MPa (menurut rumus Hardin dan Black). Dengan memakai rumus Menard diperoleh bahwa penurunan kadar air 5% dari kadar air lapangan akan mengakibatkan bertambahnya nilai Modulus Geser Max dari 10,17 MPa menjadi 16,13 MPa, dan pengurangan kadar air 5% dari kadar air lapangan akan mengakibatkan tetap bertambahnya nilai Modulus Geser Max dari 10,17 MPa menjadi 16,72 MPa, sedangkan untuk penambahan berat volume 5% dari berat volume lapangan akan mengakibatkan bertambahnya nilai Modulus Geser Max dari 10,17 MPa menjadi 27,03 MPa, dan pengurangan berat volume 5% dari berat volume lapangan akan mengakibatkan tetap bertambahnya nilai Modulus Geser Max dari 10,17 MPa menjadi 11,83 MPa.

Pada tanah pasir diperoleh data bahwa nilai Modulus Geser Max pada kondisi kadar air dan berat volume lapangan adalah sebagai berikut

1. Rumus Hardin dan Black : 16,736 MPa.
2. Rumus Menard : 62,14 MPa.

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1 Pendahuluan

Penyelidikan tanah merupakan pekerjaan pendahuluan yang sangat penting untuk perencanaan sebuah proyek teknik sipil, sehingga data yang diperoleh dapat digunakan untuk merencanakan desain yang aman dan ekonomis serta tidak terjadi kesulitan pada saat pelaksanaan konstruksi.

Tujuan penyelidikan tanah adalah :

1. menganalisa kuat/daya dukung tanah,
2. menentukan tipe pondasi,
3. menentukan elevasi muka tanah,
4. menganalisa penurunan pondasi,
5. menganalisa struktur bawah dari bangunan teknik sipil.

Contohnya dalam penelitian ini, penelitian tanah ini dilakukan untuk mendapatkan data tanah, yang nantinya data-data tanah tersebut kita masukkan ke dalam sebuah formula untuk mendapatkan nilai Modulus Geser tanah ( $G$ ) tersebut. Yang pada akhirnya secara langsung maupun tidak langsung kita bisa mengetahui perilaku tanah tersebut apabila terjadi beban dinamik atau beban statik yang bekerja pada tanah tersebut.

Tahapan pekerjaan penyelidikan tanah adalah :

1. pengeboran atau penggalian lobang cobaan (*trial-pit*),
  2. pengambilan contoh tanah (*sampling*),
  3. pengujian contoh tanahnya yang dapat dilakukan dilaboratorium atau lapangan.
- (Hary Christady Hardiyatmo)

#### 3.2 Sistem Klasifikasi Tanah

Di alam, jenis dan sifat tanah sangat bervariasi, ditentukan oleh :

1. Perbandingan banyaknya fraksi-fraksi (kerikil, pasir, lanau, dan lempung) serta gradasinya.
2. Sifat plastisitas butir halus.



Klasifikasi bertujuan membagi tanah dalam beberapa golongan tanah dengan kondisi dan sifat yang mirip diberi simbol nama yang sama.

Ada 2 cara klasifikasi yang umum digunakan :

1. Cara UNIFIED (umum).
2. Cara AASHTO.

Pada penelitian ini digunakan cara klasifikasi UNIFIED classification.

### **3.2.1 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Unified Soil Classification System (USCS)**

Sistem ini diperkenalkan oleh Cassagrande (1942) yang kemudian direvisi oleh kelompok teknisi dari United States Bureau of Reclamation (USBR) tahun 1952. Pada sistem ini setiap tanah diberi simbol dua huruf. Dari simbol dapat diketahui jenisnya dan sifatnya.

**Sifat Indeks** (sifat pengenal) yang digunakan untuk mengklasifikasikan adalah :

1. Perbandingan banyaknya butir kasar dan butir halus, banaknya fraksi kerikil dan pasir.
2. Gradasi tanah (Cu dan Co).
3. Batas konsistensi tanah butir halus (WL dan IP).
4. Sifat organik tanah.

Cara pengklasifikasian dilakukan dalam 3 (tiga) tahap, yaitu:

#### 1. Tahap 1

Tanah dibagi atas 3 kelompok besar, yaitu:

1. Tanah ORGANIK, jika tampak organik  
misal : humus, gambut  
langsung diberi simbol Pt (Plat).

#### 2. Tanah BUTIR HALUS

Jika butir halusnya lebih banyak daripada butir kasarnya (dari diagram gradasi atau dilihat dilapangan ).

#### 3. Tanah BUTIR KASAR

Jika butir kasarnya lebih banyak daripada butir halusnya.

#### 2. Tahap 2

Tanah butir halus dibagi 2 kelompok :

1. Bersifat plastik rendah, jika  $WL < 50\%$ .

2. Bersifat plastik tinggi, jika  $WL > 50\%$ .

Tanah butir kasar dibagi 2 kelompok :

1. Kelompok kerikil, jika dari butir kasarnya fraksi kerikilnya  $>$  fraksi pasirnya, maka diberi simbol G.
2. Kelompok pasir, jika fraksi pasirnya  $>$  fraksi kerikilnya, maka diberi simbol S.

3. Tahap 3

1. Simbol tanah butir halus ditetapkan dengan menggunakan diagram plastisitas casagrande, didapat : CH, MH, OH, CL, ML, OL. Diperoleh :

- dengan data WL dan IP diplotkan pada diagram,
- atau dilihat secara analitis :
  - WL-nya  $< 50\%$  atau  $> 50\%$ ,
  - dihitung IP batas =  $0,73 (WL-20)$   
dilihat jika  $IP > IP$  batas, maka diatas garis A  
jika  $IP < IP$  batas, maka dibawah garis A.

2. Untuk tanah butir kasar, ada tiga kemungkinan :

a. bersih, jika kadar fraksi halus  $< 5\%$ ,

dilihat nilai Cu dan Cc dari diagram gradasi butirnya

- disebut Well graded (simbol W), jika dipenuhi :
  - untuk kerikil :  $Cu > 4$   
 $1 < Cc < 3$
  - untuk pasir :  $Cu > 6$   
 $1 < Cc < 3$

- disebut Poorly graded (simbol P), jika tidak dipenuhi satu atau kedua kriteria Well graded

b. dianggap campuran, jika fraksi halus  $> 12\%$ ,

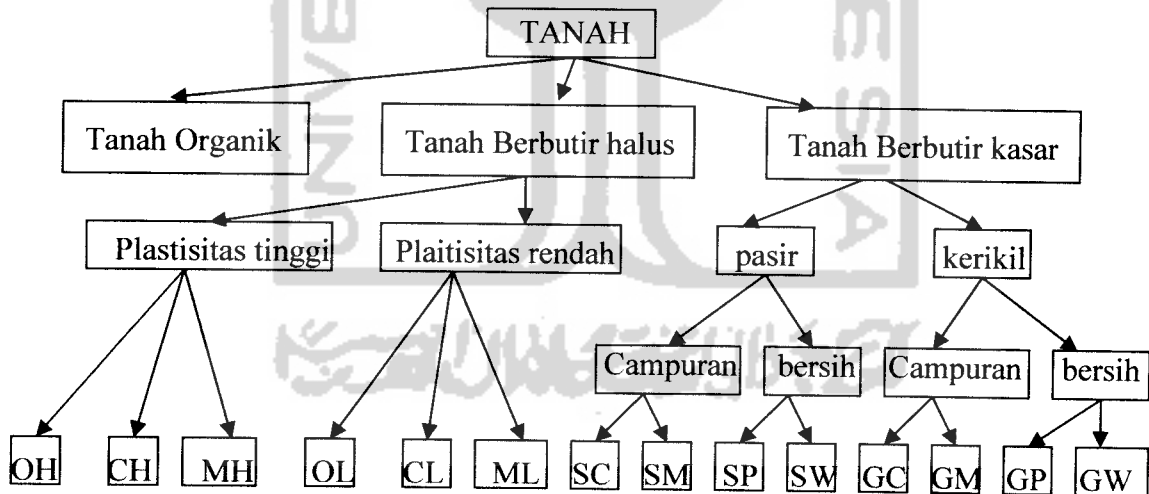
- tidak perlu dicari Cu dan Cc,
- fraksi halus dipisahkan dan dicari batas-batas konsistensinya (WL dan IP),
- dari WL dan IP dilihat pada diagram casagrande atau dihitung,
- jika diatas garis A, berarti fraksi halusnya lempung, diperoleh :
  - kerikil = GC
  - pasir = SC

- jika dibawah garis A, maka fraksi halusnya lanau, diperoleh
  - kerikil = GM
  - pasir = SM
- c. peralihan, jika 5 - 12% (diberi simbol ganda).  
tanah diberi simbol ganda
  - dilihat Cu dan Cc untuk menetapkan apakah Well graded (W) atau Poorly graded (P)
  - diperiksa WL dan IP untuk menetapkan apakah fraksi keluarga Clay (lempung) atau Lanau (M)

maka beberapa kemungkinan simbol :

GW – GC	SW – SC
GW – GM	SW – SM
GP – GC	SP – SC
GP – GM	SP – SM

Tanah berbutir halus juga dapat diberi simbol CL – ML, jika pada diagram Casagrande, terletak diatas garis A dan nilai IP antara 4 – 7.



**Tabel 3.1** Kasifikasi Tanah Menurut Unified Soil Classification System (USCS)

### 3.3 Penelitian Laboratorium

Pada Penelitian ini tanah ditinjau terhadap dua sampel tanah. Pertama tanah yang diambil dari Desa Mertoyudan/ Magelang. Yang kedua adalah tanah yang diambil dari Kampus UII Fakultas Teknik Sipil/ Perencanaan, Daerah Istimewa Yogyakarta.

Penelitian yang dilaksanakan dilaboratorium meliputi hal-hal sebagai berikut :

#### 3.3.1 Kadar Air Tanah (*Water Content*) : ASTM D 2216-71

Kadar air mempengaruhi jenis tanah:

1. Kadar air tinggi maka jenis tanah lunak.
2. Kadar air rendah maka jenis tanah padat.

Nilai-nilai kadar air dari berbagai jenis tanah dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 3.2** Nilai Kadar air tanah

No	Macam Tanah	w (%)
1	Pasir seragam, tidak padat	32
2	Pasir seragam, padat	19
3	Pasir berbutir campuran, tidak padat	25
4	Pasir berbutir campuran, padat	16
5	Lempung lunak, sedikit organik	70
6	Lempung lunak, sangat organik	110

(Hary Christiady, Mekanika Tanah I ; tabel 1.3, hal. 6)

#### 3.3.2 Berat Volume Tanah

Berat Volume tanah adalah perbandingan antara berat dengan volume tanah seluruhnya. Penelitian ini hanya menggunakan berat volume tanah basah saja.

Berat volume tanah basah ( $\gamma_b$ ) adalah perbandingan antara berat butiran tanah termasuk air dan udara (w) gram dengan volume tanah (v) cm<sup>3</sup>.

$$\gamma_b = \frac{W}{V} \text{ (gr/cm}^3\text{)} \dots\dots\dots 3.1$$

Nilai-nilai kadar air dari berbagai jenis tanah dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 3.3** Nilai Berat Volume

No	Macam Tanah	$\gamma_b$ (gr/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )
1	Pasir seragam, tidak padat	1,89	1.43
2	Pasir seragam, padat	2.09	1.75
3	Pasir berbutir campuran, tidak padat	1.99	1.59
4	Pasir berbutir campuran, padat	2.16	1.86
5	Lempung lunak, sedikit organik	1.58	-
6	Lempung lunak, sangat organik	1.43	-

(Hary Christiady, Mekanika Tanah I ; tabel 1.3, hal. 6)

### 3.3.3 Berat Jenis Tanah (*Specific Gravity*) : ASTM D 854-72

Berat jenis tidak berdimensi, berat jenis dari berbagai jenis tanah berkisar antara 2,65 – 2,75. Nilai berat jenis tanah sebesar 2,67 biasanya digunakan untuk tanah-tanah berkoheesi, sedangkan untuk tanah tak kohesif tak organik berkisar antara 2,68 – 2,72 (Hary Christady Hardiyatmo, 1992). Nilai-nilai berat jenis dari berbagai jenis tanah dapat dilihat pada tabel berikut ini:

**Tabel 3.4** Nilai Berat Jenis Tanah (Hary CH)

Macam Tanah	Berat Jenis Tanah (Gs)
Kerikil	2,65 – 2,68
Pasir	2,65 – 2,68
Lanau tak organik	2,62 – 2,68
Lempung organik	2,58 – 2,65
Lempung tak organik	2,68 – 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 – 1,80

### 3.3.4 Konsistensi dan Plastisitas (*Consistency and Plasticity*) : ASTM D 423-66 dan ASTM D 424-74

Semakin banyak airnya maka yang berubah adalah :

- Kekerasan.
- Konsistensi.
- Volume
- Plastisitas.

Lempung dapat mengikat air, maka tergantung pada kandungan airnya, konsistensinya dapat berubah-ubah ;

1. Pada kadar air yang tinggi, konsistensinya “cair”, dapat mengalir pada bidang miring.
2. Bila kadar air berkurang, menjadi “plastis”, dapat diubah bentuknya tanpa retak-retak.
3. Air berkurang lagi, konsistensinya “semi solid”, dapat dirubah bentuknya tetapi retak-retak.
4. Bila air dikurangi lagi, konsistensinya “solid” bersifat keras-keras getas.

Atterberg (1991) memberikan cara menggambarkan batas-batas konsistensi dari tanah berbutir halus dengan mempertimbangkan kandungan kadar airnya. Kadar air pada kondisi transisi antara masing-masing konsistensi disebut sebagai batas-batas Atterberg. Ada 3 batas konsistensi, yaitu :

1. Liquid Limit = LL = WL

kadar air transisi dari konsistensi cair dan padat, didefinisikan sebagai kadar air pada jumlah ketukan 25 kali pada pengujian Cassagrande.

2. Plastic Limit = PL = WP

kadar air transisi antara plastis dan semi solid, didefinisikan sebagai kadar air dimana tanah dengan diameter silinder 3,2 mm mulai retak-retak ketika digulung.

3. Shrinkage Limit = SL = WS

kadar air transisi antara semi solid dan solid, yaitu prosentase kadar air dimana pengurangan kadar air selanjutnya tidak mengakibatkan perubahan volume tanah. Dan batas susut dinyatakan dalam persamaan dibawah ini :

$$SL = \left[ \left\{ \frac{m_1 - m_2}{m_2} \right\} - \left\{ \frac{(v_1 - v_2)\gamma_w}{m_2} \right\} \right] \times 100\% \dots\dots\dots 3.2$$

Keterangan :

SL : Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

$m_1$  : Berat tanah basah dalam cawan percobaan (gr)

$m_2$  : Berat tanah kering oven (gr)

$v_1$  : Volume tanah basah dalam cawan (cm<sup>3</sup>)

$v_2$  : Volume tanah kering oven (cm<sup>3</sup>)

$\gamma_w$  : Berat volume air .

Panjang daerah interval kadar air tanah pada kondisi plastis disebut Indeks Plastis (IP).

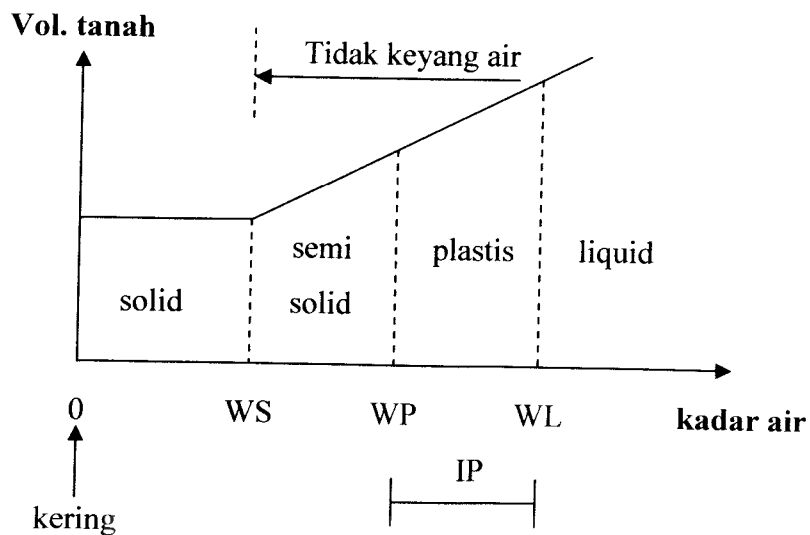
$$IP = WL - WP = \text{selisih batas cair dan batas plastis} \dots\dots\dots 3.3$$

Setiap tanah mempunyai = WL, WP, WS, IP yang tidak sama, satu dengan yang lainnya. Atau dikatakan plastisitas masing-masing tanah tidak sama.

- Plastisitas rendah (low, L) : LL < 35%.
- Plastisitas sedang (intermediate, I) : LL 35% - 50%
- Plastisitas tinggi (high, H) : LL > 50%

Akibat perubahan kadar air, selain konsistensinya berubah, juga volume tanah berubah mengembang, bila kadar airnya naik, dan menyusut bila kadar airnya berkurang. Dengan kata lain, lempung bersifat kembang susut akibat basah dan kering.

Skema hubungan antara kadar air, volume tanah, konsistensi dan batas-batas konsistensinya sebagai berikut :



**Gambar 3.1** Grafik antara volume tanah dengan kadar air

Index Plastisitas (IP) merupakan interval kadar air dimana tanah masih bersifat plastis. Karena itu plastisitas menunjukkan sifat keplastisan tanah. Jika tanah mempunyai IP tinggi maka tanah banyak mengandung butiran lempung, tetapi jika tanah mempunyai IP rendah berarti tanah sedikit mengandung butiran lempung, seperti lanau, dan dengan sedikit pengurangan kadar air, maka tanah akan menjadi kering. Mengenai batasan indeks plastisitas, sifat, macam tanah, dan kohesi diberikan oleh Atterberg dalam tabel dibawah ini :

**Tabel 3.5** Nilai Indeks Plastisitas dan Macam Tanah

IP	Sifat	Macam Tanah	Kohesif
0	Non Plastis	Pasir	Non Kohesif
< 7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesif sebagian
7 – 17	Plastisitas sedang	Lempung Berlanau	Kohesif
> 17	Plastisitas tinggi	Lempung	Kohesif

(Sumber : Hary Christady, Mekanika Tanah I dan II, 1992)



### 3.3.5 Uji Kepadatan Tanah : ASTM D 698-70

Pemadatan merupakan usaha untuk mempertinggi kerapatan tanah dengan pemakaian energi mekanis untuk menghasilkan pemampatan partikel. Tujuan pemadatan untuk memperbaiki sifat-sifat teknis massa tanah.

Beberapa keuntungan yang didapatkan dengan adanya pemadatan adalah :

1. Pengurangan penurunan tanah (subsidence) akibat gerakan-gerakan vertikal di dalam massa tanah sendiri, akibat berkurangnya angka pori.
2. Bertambahnya kekuatan tanah.
3. Pengurangan penyusutan-berkurangnya volume akibat berkurangnya kadar air dari nilai patokan pada saat pengeringan.

Kerugian utama adalah tingkat pengembangan (penambahan kadar air dari nilai patokannya) dan pembekuan tanah itu yang mungkin akan membesar.

Kontrol spesifikasi untuk pemadatan tanah kohesif telah dikembangkan oleh R.R. Proctor ketika sedang membangun bendungan-bendungan untuk Los Angeles Water District pada akhir tahun 1920-an.

Proctor mendefinisikan empat variabel pemadatan tanah, yaitu :

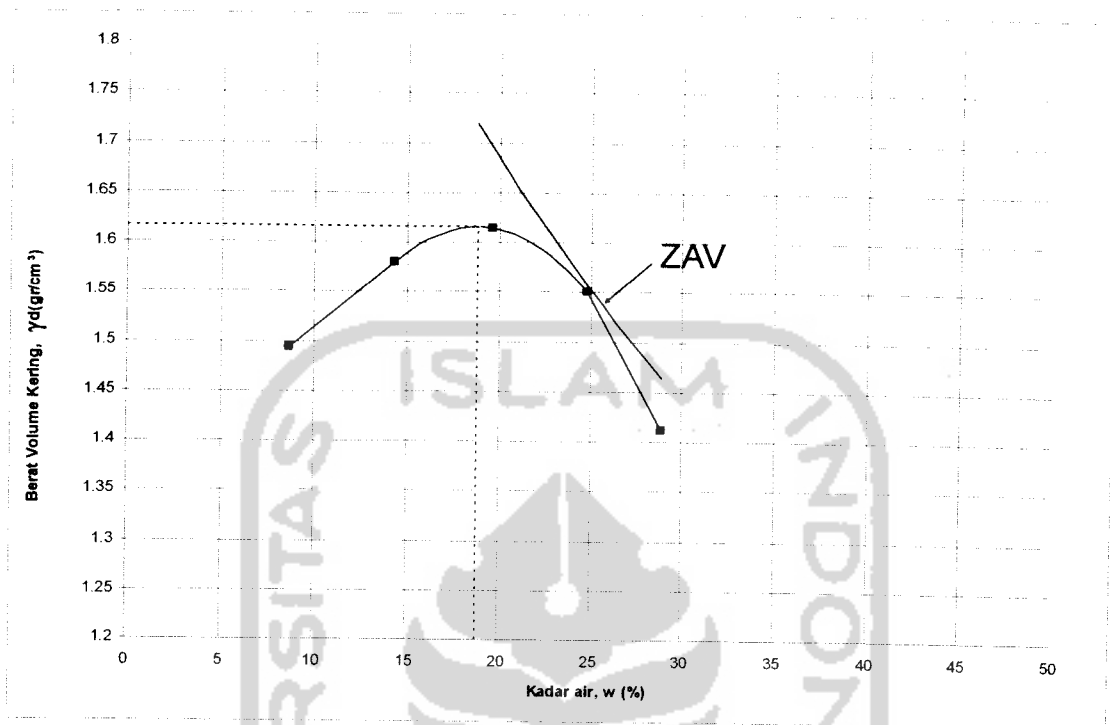
1. Usaha pemadatan (atau energi).
2. Jenis tanah (gradasi, kohesif, atau tidak kohesif, ukuran partikel, dan sebagainya).
3. Kadar air.
4. Berat satuan kering (Proctor mempergunakan angka pori).

Derajat kejenuhan tanah diukur dari berat volume keringnya. Selanjutnya terdapat satu nilai kadar air optimum tertentu untuk mencapai nilai berat volume kering maksimumnya. Hubungan berat volume kering ( $\gamma_d$ ) dan kadar air ( $w$ ), dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1 + w} \text{ (gr/cm}^3\text{) } \dots\dots\dots 3.4$$

Karakteristik kepadatan tanah dapat diketahui dari pengujian standar Laboratorium yang disebut dengan Pengujian Proctor. Dalam pengujian

pemadatan, percobaan diulang paling sedikit 5 kali dengan kadar air yang berbeda. Selanjutnya digambarkan sebuah grafik hubungan kadar air dan berat volume keringnya.



**Gambar 3.2** Kurva Pemadatan Standar tanah (ASTM D 698-70)

Kurva yang dihasilkan dari pengujian memperlihatkan nilai kadar air dan berat volume kering yang terbaik untuk tercapainya kepadatan maksimum. Dan kadar air pada keadaan ini disebut dengan kadar air optimum. Pada keadaan air yang rendah tanah cenderung bersifat kaku dan sulit dipadatkan. Jika kadar air ditambahkan, tanah menjadi lebih lunak. Pada kadar air yang tinggi, berat volume keringnya berkurang.

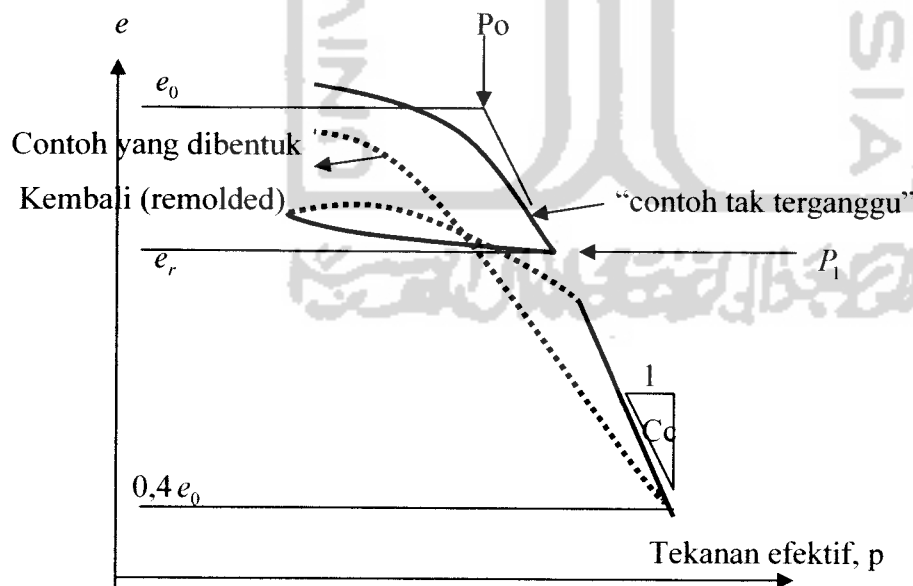
Pengujian di Laboratorium untuk mendapatkan energi pemadatan dengan cara tumbukan. Energi pemadatan dengan cara tumbukan diperoleh dengan cara menjatuhkan palu dari ketinggian tertentu sebanyak 25 kali jatuhan (pukulan) pada 3 lapisan dalam satu cetakan (mold).

### 3.3.6 Uji Konsolidasi : ASTM D 2435

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan angka pori ( $e$ ), koefisien konsolidasi ( $C_v$ ), serta sifat pemampatan tanah atau indeks kompresi ( $C_c$ ), yaitu sifat-sifat perubahan isi dan proses keluarnya air dari dalam tanah karena adanya perubahan tekanan vertical pada tanah tersebut guna meramal kecepatan dan besar penurunan suatu konstruksi yang dibangun diatas lapisan tanah lempung pada khususnya.

Karakteristik-karakteristik konsolidasi suatu tanah adalah indeks tekanan /compression index ( $C_c$ ) dan koefisien konsolidasi ( $C_v$ ). Indeks tekanan berhubungan dengan berapa besarnya konsolidasi atau penurunan yang akan terjadi. Koefisien konsolidasi berhubungan dengan berapa lama suatu konsolidasi tertentu akan terjadi.

Data yang langsung diperoleh dari suatu percobaan konsolidasi dicantumkan dalam bentuk penurunan (atau pembacaan ukuran) versus waktu. Kurva-kurva ini dipergunakan untuk memperoleh tingkat konsolidasi. Pembacaan penurunan dikonversikan dengan perhitungan menjadi angka pori ataupun regangan dan dengan mempergunakan luas contoh dan penambahan beban untuk menghitung tegangan ( $p$ =beban/luas), serta penggambaran  $e / \varepsilon$  versus  $p/\log p$  dibuat.



**Gambar 3.3** Kurva  $e$  versus  $\log p$  (Josep E. Bowles, "Mekanika Tanah")

Dari pengujian ini kita kenal dua istilah konsolidasi, yaitu *Over Consolidated*, yaitu suatu keadaan tanah yang telah terkonsolidasi lebih yang telah pernah menderita beban tekanan efektif yang lebih besar daripada tegangan yang ada sekarang, sedangkan istilah kedua dikenal *Normally Consolidated* yaitu tanah yang tidak pernah menderita beban tekanan yang lebih besar dari tegangan yang ada sekarang.

Rasio tegangan efektif maksimum masa lalu terhadap tegangan efektif yang ada sekarang disebut rasio konsolidasi, yang mana untuk tanah lempung nilainya harus lebih besar sama dengan satu.

$$OCR = \frac{P_c}{P_o} > 1 \text{ dan } P_o = h \cdot \gamma_{lap} \dots\dots\dots 3.5$$

Keterangan :

OCR : (Over Consolidated Ratio)

$P_c$  : Tekanan Prakonsolidasi

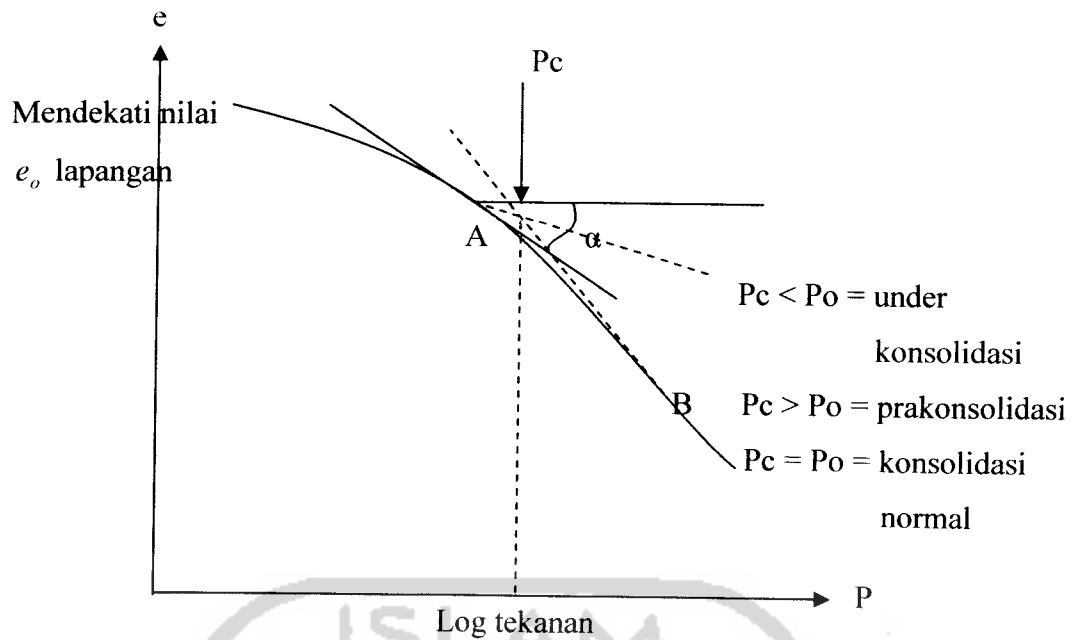
$P_o$  : Tekanan efektif lapangan

h : kedalaman pengambilan sampel tanah

$\gamma_{lap}$  : Berat Volume tanah asli lapangan

Pada pembacaan grafik/kurva konsolidasi untuk mendapatkan nilai  $P_c$ , kita dapat memakai metode yang diusulkan oleh Cassagrande (1936), yaitu :

1. Dengan mata, perkirakan titik di mana kurva melengkung palaing tajam, dan gambarkan di situ garis singgungnya.
2. Melalui titik tersebut gambarkan garis horisontal yang membentuk sudut  $\alpha$  seperti terlihat pada gambar 3.4.
3. Sudut  $\alpha$  dibagi dua (dengan mata sudah cukup teliti).
4. Proyeksikan bagian lurus dari cabang akhir sampai memotong garis bagi sudut  $\alpha$ .
5. Proyeksikan perpotongan yang didapat pada langkah 4 ke sumbu tekanan, dan dapatkan  $P_c$ .



**Gambar 3.4** Metode Cassagrande untuk mendapatkan tek. Prakonsolidasi

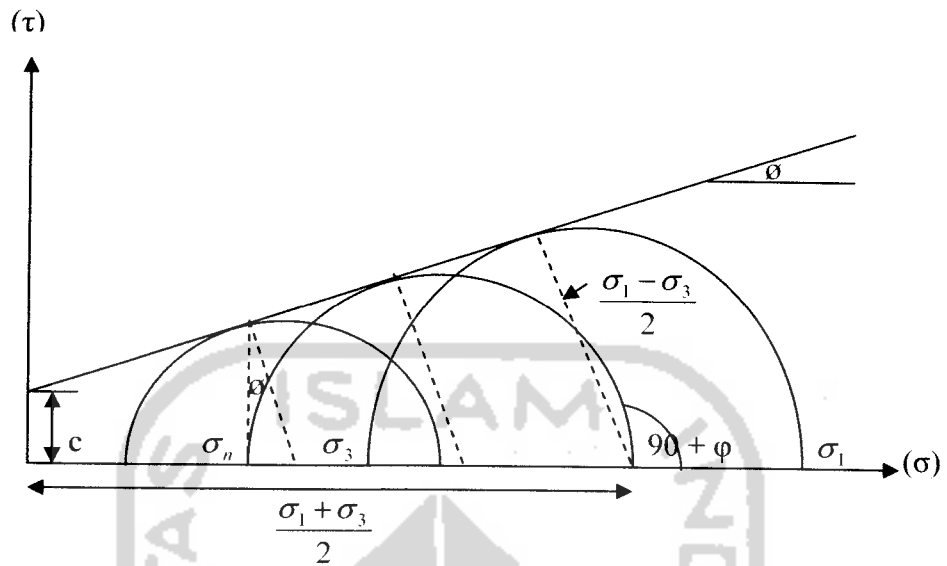
### 3.3.7 Uji Triaksial *Unconsolidated Undrained (UU)* : ASTM D 2850

Pengujian triaksial adalah pengujian sampel tanah dengan tiga dimensi tekanan. Pada pengujian ini disamping dapat diketahui tegangan geser ( $\tau$ ) juga diperoleh tegangan normal ( $\sigma$ ). Kegunaan dari pengujian ini adalah untuk mendapatkan nilai kohesi ( $c$ ) dan sudut geser dalam ( $\phi$ ) dari suatu sampel tanah.

Pengujian triaksial unconsolidated undrained merupakan pengujian triaksial tidak berkonsolidasi-tidak berdrainase. Di sini contoh diuji tanpa adanya kontrol terhadap drainase air pori. Kontrol drainase dapat diperoleh dari pemakaian suatu sistem tertutup ataupun dari tingkat regangan yang tinggi, sehingga keruntuhan akan terjadi lebih cepat daripada drainase.

Peneliti-peneliti mekanika tanah pada tahap-tahap awal telah menunjukkan bahwa percobaan tekan triaksial dengan memakai tekanan sel  $\sigma_c = \sigma_3$  akan menghasilkan tekanan maksimum (pada saat runtuh)  $\sigma_1$  yang akan cukup untuk memplotkan sebuah lingkaran Mohr. Percobaan kedua untuk tekanan sel yang lebih besar  $\sigma_3$  akan menghasilkan  $\sigma_1$  yang lebih besar dan lingkaran Mohr baru di sebelah kanan lingkaran yang pertama dan begitu pula halnya untuk nilai-nilai tekanan sel yang lainnya. Sudah tentu akan dapat digambarkan banyak

lingkaran Mohr pada tingkat-tingkat tegangan yang berkisar dari  $\sigma_3 < \sigma_1 \leq \sigma_1(f)$ , tetapi apabila kita pakai hanya yang “runtuh” saja, kita aka dapatkan kasus batas.



**Gambar 3.5** Selubung garis keruntuhan Mohr-Coulomb (Josep E. Bowles, Mektan )

Dari selubung garis keruntuhan Mohr-Coulomb diatas mendapatkan parameter tanah pembatas c (cohesi) dan sudut geser dalam ( $\varphi$ ).

Mengenai analisis perhitungan tentang uji Triaksial UU adalah sebagai berikut :

1. Hitung perubahan panjang sample tanah

$$\Delta L = a - b \dots\dots\dots 3.6$$

Keterangan :

a : k (kalibrasi) x jumlah putaran

b : Pembacaan cincin pengukuran akhir – pembacaan cincin pengukuran awal

2. Hitung Regangan yang terjadi dengan persamaan dibawah ini :

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_1} \dots\dots\dots 3.7$$

Keterangan :

$$L_1 = L_0 - \Delta L_c$$

$L_0$  : Panjang contoh tanah mula-mula

$\Delta L_c$  : Perubahan panjang contoh tanah akibat konsolidasi

3. Hitung tegangan deviator

$$\Delta\sigma_d = \frac{P}{A} \dots\dots\dots 3.8$$

Keterangan :

P : Beban kerja = factor kalibrasi cincin x ( pembacaan cincin pengukur –  
pembacaan cincin pengukur awal )

A : Luas penampang contoh tanah

$$A = \frac{A_c}{1 - \varepsilon} \dots\dots\dots 3.9$$

$$A_c = \frac{V_0 - \Delta V_c}{L_0 - \Delta L_c} \dots\dots\dots 3.10$$

Keterangan :

$V_0$  : Volume contoh tanah mula-mula

$\Delta V_c$  : Perubahan volume akibat konsolidasi

4. Hitung perbandingan tegangan utama mayor dengan tegangan utama minor antar butir dengan persamaan :

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{(P/A) + \sigma_3}{\sigma_3} = \frac{(P/A) + \sigma_{ch}}{\sigma_{ch}} \dots\dots\dots 3.11$$

Keterangan :

$\sigma_{ch}$  : Tekanan ruang (character pressure)

## 5. Hitung Sudut Gesek Dalam tanah

$$\phi = \text{Sin}^{-1} \frac{(\sigma_1 / \sigma_3) - 1}{(\sigma_1 / \sigma_3) + 1} \dots\dots\dots 3.12$$

Keterangan :  $\phi$  : Sudut Gesek dalam

### 3.4 Rambatan Getaran Tanah

Didalam tanah homogen elastik yang ditekan pada sebuah titik dekat permukaan, maka tiga gelombang melintas kearah luar dengan laju yang berbeda-beda. Dua dari gelombang tersebut adalah gelombang primer (gelombang – P) atau gelombang kompresi, dan gelombang sekunder (gelombang – S) atau gelombang geser (*Shear Wave*). Sedangkan gelombang ketiga adalah gelombang permukaan (*Reyleigh*) didekat dan pada permukaan tanah. Kecepatan gelombang *Reyleigh* kira-kira 10% kurang dari kecepatan gelombang geser (Griffiths dan King (1965)), dan seringkali digunakan sebagai pengganti gelombang geser, untuk pengukuran-pengukuran permukaan karena bentuk gelombang kompleks yang diperhatikan pada unit pengambil (*pick up unit*). Gelombang kompresi dan gelombang geser dihubungkan pada konstanta-konstanta elastik dari tanah sebagai berikut :

$$v_c = \sqrt{\frac{E(1-\mu)}{\rho(1+\mu)(1-2\mu)}} \dots\dots\dots 3.13$$

Keterangan:

$v_c$  : Kecepatan gelombang primer (km/jam)

E : Modulus Elastisitas (kg/cm<sup>2</sup>)

$\rho$  : *mass density*

$\mu$  : *Poision Ratio*

$$v_s = \sqrt{\frac{G}{\rho}} \dots\dots\dots 3.14$$



Keterangan :

$v_s$  : Kecepatan gelombang sekunder (km/jam)

$G$  : Modulus Geser tanah (kg/cm<sup>2</sup>)

$\rho$  : *mass density*

Dari hubungan antara modulus geser (G) dan modulus elastisitas (E) didapat

$$E = 2(1 + \mu)G \dots\dots\dots 3.15$$

Dan juga diperoleh

$$\left(\frac{v_c}{v_s}\right)^2 = \frac{2(1 - \mu)}{1 - 2\mu} \dots\dots\dots 3.16$$

Kemudian nilai modulus geser (G) dapat ditentukan dengan mendapatkan pengukuran-pengukuran lapangan dari kecepatan gelombang geser. Dengan menggunakan persamaan 2.3 untuk mendapatkan

$$G = \rho v_s^2 \dots\dots\dots 3.17$$

Kecepatan gelombang geser didapat dilapangan dengan menggunakan teknik lobang silang (*cross-hole technique*) yang diterangkan dengan cukup terperinci oleh Woods (1978 dengan referensi). Pada dasarnya metode tersebut terdiri dari pemboran dua lubang bor sampai suatu kedalaman tertentu misalnya,  $B$  sampai  $1,5B$  dibawah dasar pondasi yang diusulkan. Sebuah alat pengambil (*transduser kecepatan*) ditempatkan dibawah salah satu lubang dan sebuah batang disisipkan kedaras lubang yang lain. Sebuah rangkaian listrik dibuat diantara batang dan palu (keduanya logam) sehingga sebuah osiloskop “penyimpan” dipicu (*triggered*) untuk memulai pencatatan bila palu memukul batang, yang menyebabkan sebuah gelombang kejut (*shock wave*) seperti halnya ketika menutup rangkaian picu (*triggering circuit*). Runut (*trace*) osiloskop menunjukkan datangnya gelombang kompresi dan gelombang kejut tersebut. Dengan memperbolehkan

waktu bagi gelombang kejut melintasi batang logam kebawah akan mambiarkan waktu bagi gelombang kejut melintasi batang logam kebawah akan membiarkan waktu bagi gelombang geser melintas ke unit pengambil. Dengan mengukur jarak diantara kedua lobang sebagai ( $d$ ), kecepatan gelombang geser dihitung sebagai

$$v_s = \frac{d}{t} \dots\dots\dots 3.18$$

Keterangan :

- d : Jarak antara dua lobang
- t : Waktu yang ditempuh gelombang, untuk melintasi 2 batang logam

Pengujian tersebut dapat dilakukan beberapa kali dan pada beberapa penambahan kedalaman, serta dengan menggunakan sebuah *osiloskop* penyimpan, maka gambar bentuk dari gelombang dapat dibuat, sehingga saat tibanya gelombang geser dapat dihasilkan dengan baik.

Faktor yang mempengaruhi rambatan getaran pada tanah yaitu :

1. Modulus Elastisitas Tanah

Besarnya nilai Modulus Elastisitas tanah akan diperoleh pada pengujian Triaksial UU. Modulus Elastisitas merupakan rasio antara tegangan dengan regangan. Semakin besar tekanan sel yang berarti semakin dalam kedalam suatu tanah menunjukkan kecenderungan tegangan (stress) semakin besar sehingga Modulus Elastisitas tanah tersebut akan semakin besar pula (Braja M. Das, Soil Dynamic).

2. Modulus Geser Tanah

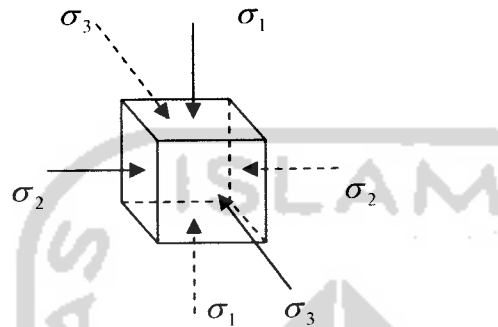
Modulus Geser merupakan rasio antara tegangan geser dengan regangan geser. Faktor yang mempengaruhi besarnya Modulus Geser adalah :

- Nilai OCR.

Besarnya nilai OCR akan diperoleh pada pengujian Konsolidasi. OCR (*Over Consolidated Ratio*), yaitu suatu keadaan tanah yang telah terkonsolidasi lebih yang telah pernah menderita beban tekanan efektif yang lebih besar daripada tegangan yang ada sekarang. Semakin besar nilai OCR suatu tanah akan

mengakibatkan semakin besar nilai Modulus Geser tanah tersebut (Braja M. Das, Soil Dynamic).

- $k$  = koefisien yang nilainya tergantung besar nilai Indeks Plastisitas. Semakin besar nilai Indeks Plastisitas suatu tanah maka semakin besar pula nilai koefisien tersebut sehingga akan mengakibatkan semakin besar pula nilai Modulus Geser tanah tersebut (Braja M. Das, Soil Dynamic).
- $\sigma_0$  : *Effective Confining Pressure*



*Effective Confining Pressure* diperoleh dari

$$\sigma_0 = \frac{(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)}{3}$$

dimana  $\sigma_1$  merupakan tekanan efektif vertical tanah yang merupakan perkalian antara kedalaman sampel tanah ( $h$ ) dengan berat volume tanah tersebut ( $\gamma$ ), sedangkan  $\sigma_2$  dan  $\sigma_3$  merupakan tekanan efektif horizontal tanah pada kedalaman sampel tersebut yang merupakan perkalian antara koefisien tanah saat diam ( $K_0$ ) dengan tekanan efektif vertical tanah ( $\sigma_1$ ).

Semakin dalam sampel suatu tanah maka akan mengakibatkan semakin besar nilai tekanan efektif vertical tanah ( $\sigma_1$ ), sehingga mengakibatkan semakin besar pula nilai  $\sigma_0$  yang berarti semakin besar nilai Modulus Geser tanah tersebut (Braja M. Das, Soil Dynamic).

- Koefisien tanah saat diam ( $K_0$ )  
Besarnya nilai  $K_0$  tergantung dari besarnya nilai sudut geser dalam tanah ( $\phi$ ). Semakin besar nilai sudut geser tanah akan mengakibatkan semakin kecil nilai  $K_0$  yang berarti semakin kecilnya nilai  $\sigma_2$  dan  $\sigma_3$ . Dengan semakin kecilnya nilai

$\sigma_2$  dan  $\sigma_3$  maka akan mengakibatkan semakin kecil nilai  $\sigma_0$  yang berarti nilai Modulus Geser tanah akan semakin kecil (Braja M. Das, Soil Dynamic). Besarnya nilai sudut geser dalam tanah ( $\phi$ ) akan diperoleh pada pengujian Triaksial UU.

- *Void Ratio (e)*

Besarnya nilai *Void Ratio (e)* akan diperoleh pada pengujian Konsolidasi. Semakin besar nilai *Void Ratio (e)* akan mengakibatkan nilai Modulus Geser tanah akan semakin kecil (Braja M. Das, Soil Dynamic).

### 3.5 Hitungan Modulus Geser Maksimum (Gmax)

Modulus geser adalah salah satu karakteristik dinamis yang umumnya dinyatakan dengan notasi ( $G$ ). Nilai modulus geser ini merupakan perbandingan antara tegangan geser ( $\tau$ ) dengan regangan geser ( $\epsilon$ ).

Terdapat banyak peneliti yang melakukan studi tentang besarnya nilai modulus geser maksimum ( $G_{max}$ ). Dan banyak parameter yang akan mempengaruhi besarnya nilai modulus geser maksimum ( $G_{max}$ ), yang paling utama adalah jenis tanah (lempung atau pasir), effective confining pressure, void ratio ( $e$ ), dan derajat konsolidasi. Diantara peneliti-peneliti itu adalah :

1. **Hardin dan Black (1968)** mengusulkan suatu rumus yang dipakai untuk menghitung nilai Modulus Geser ( $G_{max}$ ) adalah sebagai berikut :

$$G_{max} = \frac{1230(2,97 - e)^2}{1 + e} OCR^k \sigma_o^{0,5} \dots\dots\dots 3.19$$

2. **Hardin dan Drnevich (1972)** mengusulkan rumus Modulus Geser adalah sebagai berikut :

$$G_{max} = \frac{3230(2,97 - e)^2}{1 + e} OCR^k \sigma_o^{0,5} \dots\dots\dots 3.20$$

3. **Hardin and Richard (1963)** mengusulkan suatu rumus yang dipakai untuk menghitung nilai Modulus Geser ( $G_{max}$ ) adalah sebagai berikut:

$$G_{\max} = \frac{3230(2,97 - e)^2}{1 + e} \sigma_0^{0,5} \dots\dots\dots 3.21$$

Keterangan :

$G_{\max}$  : Modulus Geser Maksimum (*Psi*)

OCR : (*Over Consolidated Ratio*)

$e$  : Angka Pori

$\sigma_0$  : *Effective Confining Pressure*

$k$  : Koefisien yang nilainya bergantung dari nilai Indeks Plastisitas yang mana untuk tanah dengan PI sama dengan 0, 20, 40, 60, 80, dan > 100, maka nilai  $k$  pada persamaan tersebut berturut-turut adalah 0; 0,18; 0,30; 0,41; 0,48; 0,50.

**4. Menard (1965)** mengusulkan rumus Modulus Geser adalah sebagai berikut :

$$G_{\max} = \frac{E_{\max}}{2x(1 + \mu)} \dots\dots\dots 3.22$$

Keterangan :

$E_{\max}$  : Modulus Elastisitas Max

$\mu$  : Poison Ratio

Kemudian variable-variabel seperti  $E_{\max}$  dan  $\mu$  diperoleh dengan persamaan di bawah ini :

$$E_{\max} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} \dots\dots\dots 3.23$$

$$\mu = \frac{\varepsilon_h}{\varepsilon_v} \dots\dots\dots 3.24$$

$$\varepsilon = \frac{\delta}{L} \dots\dots\dots 3.25$$

Keterangan :

$\Delta\sigma$  : Perubahan Tegangan

$\Delta\varepsilon$  : Perubahan Regangan

$\varepsilon_h$  : Regangan horizontal

$\varepsilon_v$  : Regangan Vertikal

$\delta$  : Deformasi

L : Panjang

Kemudian variable-variabel seperti ( $\sigma$ ) diperoleh dengan persamaan dibawah ini :

$$\sigma_0 = \frac{(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)}{3} \dots\dots\dots 3.26$$

Keterangan :  $\sigma_1$  adalah *effective vertical stress*

Kemudian variable-variabel pendukung lain seperti  $\sigma_2$  ,  $\sigma_3$  , dan  $K_0$  dapat diperoleh melalui persamaan-persamaan dibawah ini :

$$\sigma_2 = \sigma_3 = K_0 \times \sigma_1 \dots\dots\dots 3.27$$

$$K_0 = 1 - \text{Sin}\phi \dots\dots\dots 3.28$$

Keterangan :

$K_0$  : Koefisien tekanan tanah saat diam

$\phi$  : Sudut gesek dalam tanah

## **BAB IV**

### **METODE PENELITIAN**

#### **4.1 Pekerjaan Persiapan**

Pekerjaan persiapan merupakan pekerjaan awal sebagai rangkaian pelaksanaan penelitian. Pekerjaan persiapan awal meliputi pembuatan proposal, persiapan untuk pengambilan sampel tanah di lapangan dan persiapan untuk pengujian tanah di laboratorium.

#### **4.2 Pekerjaan Lapangan**

Dalam penelitian ini pekerjaan lapangan yang dilakukan adalah pengambilan sampel tanah yang terganggu (*Disturb Soil*) dan tanah tidak terganggu (*Undisturb Soil*).

Pengambilan sampel tanah tidak terganggu dimaksudkan untuk mendapatkan kadar air dan susunan tanah yang tetap sama dengan kondisi asli lapangan sehingga menunjukkan sifat-sifat aslinya. Sedangkan sampel tanah terganggu memiliki distribusi susunan partikel yang sama dengan kondisi lapangan, tetapi struktur tanahnya telah rusak atau hancur. Biasanya kadar air sampel tanah terganggu berbeda dengan kadar air asli lapangan.

##### **4.2.1 Pengambilan Tanah Pasir (*Non Kohesif*)**

Sampel tanah pasir merupakan sampel tanah yang terganggu. Pengambilan sampel tanah pasir berasal dari Kampus UII Fakultas Teknik Sipil / Perencanaan, Daerah Istimewa Jogjakarta. Adapun cara pengambilan sampel tanah pasir adalah sebagai berikut :

1. Menentukan lokasi tanah yang akan diambil sebagai sampel.
2. Permukaan tanah dibersihkan dari tanaman dan kotoran sampai terlihat tanah pasir saja.
3. Tanah pasir digali dan langsung dimasukkan kedalam karung atau plastik.

##### **4.2.2 Pengambilan Tanah Lempung (*Kohesif*)**

Sampel tanah lempung diambil dari Desa Mertoyudan / Magelang. Sampel tanah terdiri dari tanah terganggu dan tak terganggu. Pada penelitian ini pengambilan sampel

tanah tidak terganggu menggunakan tabung dengan diameter 6,83 cm dan panjang 45 cm.

Adapun cara pengambilan tanah tak terganggu adalah sebagai berikut :

1. Menentukan lokasi tanah yang akan diambil
2. Disekeliling tanah yang akan diambil digali sedalam 2-3 meter.
3. Tabung dipersiapkan terlebih dahulu.
4. Tabung ditekan kedalam tanah sampai atas tabung rata dengan permukaan tanah.
5. Tanah disekitar tabung digali untuk memudahkan pengambilan tabung.
6. Tabung diangkat dan permukaan mulut tabung diratakan dengan pisau.
7. Permukaan mulut tabung dilapisi dengan lilin, kemudian tabung ditutup rapat.

Adapun cara pengambilan sample tanah terganggu adalah dengan mengambil tanah dalam bentuk bongkahan yang langsung dimasukkan kedalam karung atau plastik.

### 4.3 Pekerjaan laboratorium

#### 4.3.1 Benda Uji

Tabel 4.1 Jumlah Benda Uji

Tanah	Parameter yang diuji								
	w	$\gamma$	$G_s$	Triaksi al	konsolidasi	SL	PL	WL	$w_{opt}$
<b>-Lempung</b>									
<b>Desa Mertoyudan</b>	4	4	4	48	3	4	4	4	5
<b>-Pasir</b>	4	4	4	9	3	-	-	-	-
<b>Jumlah</b>	8	8	8	57	6	4	4	4	5

#### 4.3.2 Pemeriksaan sifat fisik tanah lempung (*Kohesif*)

Pekerjaan laboratorium pada pemeriksaan sifat fisik tanah lempung meliputi hal sebagai berikut :

##### 1. Pemeriksaan Kadar Air Tanah (*Water Content*)

Kadar air ( $w$ ) adalah perbandingan antara berat air ( $W_w$ ) dengan berat butiran ( $W_s$ ) yang diselidiki. Untuk menentukan besarnya kadar air, sejumlah tanah



ditempatkan dalam cawan, yang mana berat cawan kita simbolkan sebagai ( $W_1$ ) gram, kemudian dilakukan penimbangan cawan berisi tanah basah ( $W_2$ ) gram, dikeringkan dalam oven dengan temperatur 105 ° C selama kurang lebih 24 jam, yang selanjutnya ditimbang beratnya ( $W_3$ ) gram. Kemudian dari data-data yang diperoleh diatas didapt nilai kadar air tanahnya dengan rumus sebagai berikut :

$$w = \frac{W_w}{W_s} * 100\% \dots\dots\dots 4.1$$

$$w = \frac{W_2 - W_1}{W_3 - W_1} * 100\% \dots\dots\dots 4.2$$

**2. Pemeriksaan Berat Volume Tanah**

Berat volume tanah adalah perbandingan antara berat dengan volume tanah seluruhnya. Penelitian ini hanya menggunakan berat volume tanah basah saja.

Berat volume tanah basah ( $\gamma_b$ ) adalah perbandingan antara berat butiran tanah termasuk air dan udara ( $w$ ) gram dengan volume tanah ( $v$ )  $cm^3$ .

$$\gamma_b = \frac{W}{V} \text{ (gr/cm}^3\text{)} \dots\dots\dots 4.3$$

Keterangan :

W = berat cont. + tanah ( $W_2$ ) gram dikurangi berat cont. ( $W_1$ )

V = volume cont.

**3. Pemeriksaan Berat Jenis Tanah (*Spesific Gravity*)**

Berat jenis pada suhu t°C,

$$G_s = \frac{W_s}{W_w} = \frac{(W_2 - W_1)}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)} \dots\dots\dots 4.4$$

Keterangan :

$W_2$  = berat picnometer + berat sampel tanah sebanyak 0,25 volume picnometer

$W_1$  = berat picnometer

$W_4$  = berat picnometer + berat air seluruh volume picnometer

$W_3$  = berat picnometer + berat tanah (0,25 volume picnometer) + berat air

Berat Jenis tanah pada temperatur 27,5°C adalah

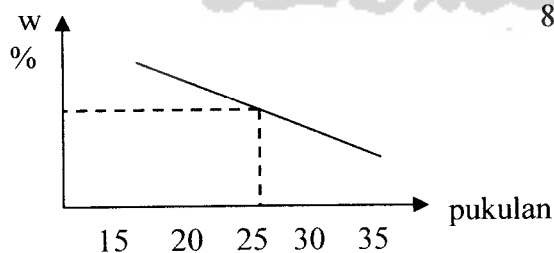
$$G_s(27,5^\circ C) = G_s(t^\circ C) \times \frac{G_s \text{ water}(t^\circ C)}{G_s \text{ water}(27,5^\circ C)} \dots\dots\dots 4.5$$

Berat jenis air pada suhu t°C dan 27,5°C diperoleh dari pembacaan tabel Properties of Distilled Water.

#### 4. Pemeriksaan Batas Cair Tanah (Atterberg Limits)

Batas cair untuk mengetahui jenis dan sifat-sifat tanah dari bagian yang mempunyai ukuran butir lolos saringan no. 40. Caranya :

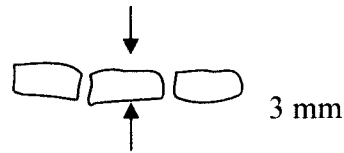
1. Sampel diaduk rata dengan air ditaruh dalam mangkuk.
2. Dibarut dengan colet, sehingga terpisah menjadi 2 bagian dengan alur selebar 2 mm.
3. Engkol diputar, maka mangkuk terangkat 1 cm dan jatuh bebas pada landasan.
4. Pemutaran dilakukan beberapa kali sehingga kedua bagian tanah dalam mangkuk bertaut.
5. Makin kurang “cair” tanah akan makin memerlukan pukulan makin banyak.
6. Setelah kedua bagian tanah dalam mangkuk bertaut, dicatat jumlah pukulan dan periksa kadar airnya.
7. Buat kurva hubungan kadar air dengan jumlah pukulan.
8. Disepakati batas cair pada 25 pukulan



**Gambar 4.1** Kurva hubungan kadar air dengan jumlah pukulan

## 5. Pemeriksaan Batas Plastis Tanah

Disepakati jika tanah digulung menjadi bentuk diameter 3 mm mulai timbul retak-retak, maka kondisinya dianggap pada batas plastis.



**Gambar 4.2** Bentuk tanah ukuran 3 mm

Kadar air pada kondisi ini merupakan kadar air pada kondisi batas plastis.

## 6. Pemeriksaan Kepadatan Tanah (Standart Proctor Test)

1. Prosedur pelaksanaan adalah :

1. Memasang collar dengan memasang penjepitnya serta diletakkan pada tempat yang kokoh.
2. Sampel  $\pm 3$  kg kering ruangan, digemburkan dan dibasahi dengan prosentase penambahan air masing-masing 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, yaitu sebanyak 0cc, 100cc, 200cc, 300cc, 400cc.  
Masukkan tanah ke mold bertahap, masing-masing 1/3 vol. Tumbuk 25 kali secara merata. Ulangi sampai 3 kali sehingga mold penuh.
3. Collar dilepas, tanah tersisa dipotong rata dengan pisau. Menimbang mold dan tanah yang telah dipadatkan ( $W_1$ ) kg.

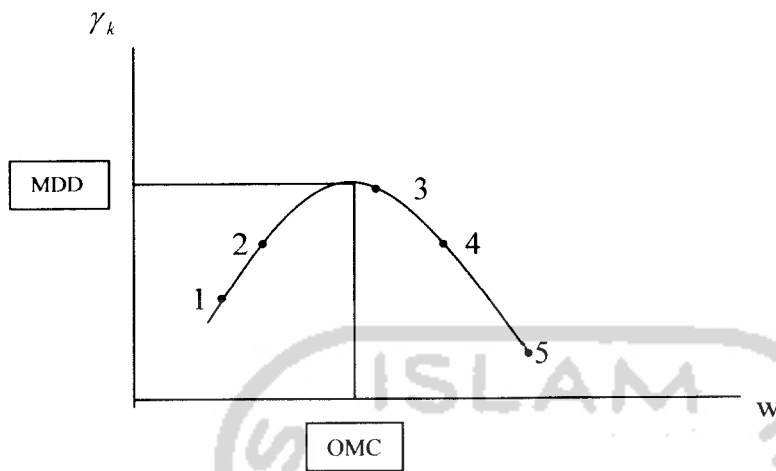
Ambil sedikit tanah dan periksa kadar air. Hitung :

$$\gamma_{b1} = \frac{W_1}{V} \dots\dots\dots 4.6$$

$$\gamma_{k1} = \frac{\gamma_{b1}}{1 + w_1} \dots\dots\dots 4.7$$

4. Sampel dibongkar, tanah digemburkan kembali sesuai prosentase penambahan air. Lakukan seperti tahap 2 dan 3. Diperoleh  $W_2$ ,  $w_2$ ,  $\gamma_{b2}$ ,  $\gamma_{k2}$ , dan seterusnya.

5. Ulangi tahap 4 dan 6, dan stop bila  $\gamma_b$  tidak naik lagi (tetap).
6. Cari grafik hubungan  $w$  dengan  $\gamma_k$ , dapatkan OMC (kadar air optimum) dan MDD ( $\gamma_k$  maksimum).



**Gambar 4.3** Grafik hubungan  $\gamma_k$  dengan kadar air ( $w$ )

#### 4.3.3 Pemeriksaan sifat fisik tanah pasir (Non Kohesif)

Pekerjaan laboratorium pada pemeriksaan sifat fisik tanah pasir meliputi hal sebagai berikut :

##### 1. Pemeriksaan Kadar Air Tanah (*Water Content*)

Kadar air ( $w$ ) adalah perbandingan antara berat air ( $W_w$ ) dengan berat butiran ( $W_s$ ) yang diselidiki. Untuk menentukan besarnya kadar air, sejumlah tanah ditempatkan dalam cawan, yang mana berat cawan kita simbolkan sebagai ( $W_1$ ) gram, kemudian dilakukan penimbangan cawan berisi tanah basah ( $W_2$ ) gram, dikeringkan dalam oven dengan temperatur  $105^\circ\text{C}$  selama kurang lebih 24 jam, yang selanjutnya ditimbang beratnya ( $W_3$ ) gram. Kemudian dari data-data yang diperoleh diatas didapat nilai kadar air tanahnya dengan rumus sebagai berikut :

$$w = \frac{W_w}{W_s} * 100\% \dots\dots\dots 4.1$$

$$w = \frac{W_2 - W_1}{W_3 - W_1} * 100\% \dots\dots\dots 4.2$$

**2. Pemeriksaan Berat Volume Tanah**

Berat volume tanah adalah perbandingan antara berat dengan volume tanah seluruhnya. Penelitian ini hanya menggunakan berat volume tanah basah saja.

Berat volume tanah basah ( $\gamma_b$ ) adalah perbandingan antara berat butiran tanah termasuk air dan udara (w) gram dengan volume tanah (v) cm<sup>3</sup>.

$$\gamma_b = \frac{W}{V} \text{ (gr/cm}^3\text{)} \dots\dots\dots 4.3$$

Keterangan :

W = berat cont. + tanah ( $W_2$ ) gram dikurangi berat cont. ( $W_1$ )

V = volume cont.

**3. Pemeriksaan Berat Jenis Tanah (*Spesific Gravity*)**

Berat jenis pada suhu t<sup>o</sup>c,

$$G_s = \frac{W_s}{W_w} = \frac{(W_2 - W_1)}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)} \dots\dots\dots 4.4$$

Keterangan :

$W_2$  = berat picnometer + berat sampel tanah sebanyak 0,25 volume picnometer

$W_1$  = berat picnometer

$W_4$  = berat picnometer + berat air seluruh volume picnometer

$W_3$  = berat picnometer + berat tanah (0,25 volume picnometer) + berat air

Berat Jenis tanah pada temperatur 27,5<sup>o</sup>C adalah

$$G_s(27,5^{\circ}C) = G_s(t^{\circ}C) \times \frac{G_s \text{ water}(t^{\circ}C)}{G_s \text{ water}(27,5^{\circ}C)} \dots\dots\dots 4.5$$

Berat jenis air pada suhu  $t^{\circ}\text{C}$  dan  $27,5^{\circ}\text{C}$  diperoleh dari pembacaan tabel Properties of Distilled Water.

#### 4.3.4 Pemeriksaan sifat mekanis tanah lempung dan tanah pasir

Pekerjaan laboratorium pada pemeriksaan sifat mekanis tanah lempung dan tanah pasir meliputi hal-hal sebagai berikut :

##### 1. Pelaksanaan Uji Konsolidasi

- Persiapan
  1. Cincin (bagian sel konsolidasi) dibersihkan dan dikeringkan, kemudian ditimbang beratnya dengan ketelitian 0,10 gram.
  2. Contoh dikeluarkan dari tabung dan langsung dimasukkan ke dalam cincin dan ujungnya diratakan. Perataan harus dilakukan hati-hati sehingga tidak menekan benda uji.
- Pelaksanaan
  1. Benda uji dan cincin ditimbang beratnya dengan ketelitian 0,01 gram.
  2. Sel konsolidasi yang sudah berisi benda uji diletakkan pada alat konsolidasi, sehingga bagian yang runcing plat penumpu menyentuh tepat pada alat pembebanan.
  3. Kedudukan arloji pengukur diatur, kemudian dibaca dan dicatat.
  4. Beban pertama dipasang sehingga tekanan pada benda uji sebesar  $0,25\text{kg}/\text{cm}^2$ , kemudian arloji ukur dibaca dan dicatat pada waktu 9,60; 15; 21,60; 38,40 detik, 1; 2,25; 4; 9; 16; 25; 36; 49 menit dan 24 jam. Sesudah 1 menit pembacaan sel konsolidasi diisi dengan air.
  5. Setelah pembacaan menunjukkan angka yang tetap atau setelah 24 jam, catatlah pembacaan arloji pengukur yang terakhir.
  6. Kemudian pasang beban yang kedua sebesar beban yang pertama, sehingga tekanan menjadi dua kali tekanan pertama yaitu  $0,50\text{ kg}/\text{cm}^2$ . Baca dan catat arloji pengukur dengan interval waktu seperti diatas.
  7. Untuk selanjutnya penambahan beban dilakukan dengan cara yang sama. Beban-beban tersebut berturut-turut sebesar 0,25; 0,50; 1,00; 2,00; 4,00; dan  $8,00\text{ kg}/\text{cm}^2$ .

8. Besar beban maksimum ini biasanya tergantung dari kebutuhan, sesuai dengan beban yang akan bekerja terhadap lapisan tanah tersebut. Setelah pembebanan maksimum, dan sesudah menunjukkan pembebanan yang tetap, kurangilah beban dua langkah sampai mencapai beban yang pertama. Misal : Jika dipakai harga-harga tekanan dari 0,25 sampai 8,00  $\text{kg/cm}^2$ , maka sebaliknya beban dikurangi dari 8,00 menjadi 2,00  $\text{kg/cm}^2$ , dan sesudah itu dari 2,00 menjadi 0,25  $\text{kg/cm}^2$ . Pada waktu beban dikurangi, setiap pembebanan harus dibiarkan bekerja sekurang-kurangnya selama 5 jam, yaitu sesaat sebelum beban dikurangi lagi.
9. Segera setelah pembacaan terakhir, keluarkanlah cincin dan benda uji dari sel konsolidasi. Keluarkan benda uji dari cincin kemudian timbang beratnya dan masukkan kedalam oven untuk dihitung berat keringnya dan kadar airnya.

## 2. Pelaksanaan Uji Triaksial *Unconsolidated Undrained (UU)*

1. Mengambil membran karet dengan ukuran hampir sama dengan ukuran contoh tanah.
2. Menaruh membran karet pada tabung kecil yang dilengkapi dengan tempat penyedot udara. Letakkan membran karet dalam tabung kemudian dihisap dengan pompa penghisap sehingga membran menempel dengan baik pada bagian dalam tabung pengencang.
3. Memasukkan contoh tanah yang sudah diletakkan diatas plat dasar sel triaksial ke dalam tabung pengencang membran. Membran dilepas dari tabung pengencang sehingga menyelubungi sampel sampai plat dasar sel triaksial.
4. Setelah itu plat dasar sel triaksial diikat dengan karet supaya air tidak masuk ke sampel.
5. Memasang kertas saring diatas sampel dan pasang pula plat atas triaksial di dalam membran tersebut.
6. Mengikat dengan karet plat atas triaksial tadi.
7. Memasang tabung sel triaksial dan keraskan baut pengencangnya.

8. Mengisi ruang triaksial dengan air, dengan cara memutar regulator pengatur tekanan sel sehingga tekanan menunjukkan  $0,20 \text{ kg/cm}^2$ , kemudian buka kran yang menghubungkan tangki air dengan sel triaksial, sehingga air mengalir masuk memenuhi ruang sel triaksial.
9. Memberikan tekanan sel ( $\sigma_3$ ) sesuai dengan harga yang diinginkan.
10. Mengatur piston beban dengan pemutar tangan sehingga hampir menyentuh benda uji sampai menempel pada benda uji.
11. Mengatur arloji cincin beban pada pembacaan nol.
12. Mengatur arloji regangan (pemendekan) benda uji pada pembacaan nol.
13. Menjalankan mesin beban dan baca serta catat arloji cincin beban dan arloji pemendekan benda uji sampai sampel tanah pecah.
14. Setelah pembebanan selesai hentikan mesin serta keluarkan air dalam sel, kemudian buka tabung sel dan keluarkan benda uji.
15. Membuka membran karet dan catat atau gambar bentuk pecahnya tanah.
16. Menimbang dan catat berat benda uji.
17. Mencari kadar air benda uji tersebut.
18. Mengerjakan sampel kedua dan seterusnya dengan menaikkan tekanan selnya.

### 3. Hitungan Nilai Modulus Geser Maksimum Tanah ( $G_{max}$ )

Untuk menghitung nilai modulus geser maksimum sesuai dengan rumus 3.19 sampai 3.28, maka dibutuhkan data-data dari pengujian sample tanah yaitu :

#### 1. Konsolidasi

Dari pengujian konsolidasi akan didapatkan data berupa nilai Over Consolidated Ratio (OCR) dan nilai angka pori ( $e$ )

#### 2. Triaksial *Unconsolidated Undrained* (UU)

Dari uji Triaksial UU ini akan diperoleh data berupa nilai sudut geser dalam ( $\phi$ ) dan nilai kohesi (C). Pada penelitian ini terdapat variasi kadar air, variasi berat volume dan variasi tekanan sel (khusus untuk pengujian Triaksial UU), sehingga akan menghasilkan variasi nilai sudut gesek dalam ( $\phi$ ) dan variasi nilai kohesi (C) yang nantinya akan menghasilkan nilai Modulus Geser Max yang berbeda-beda.



## BAB V HASIL PENELITIAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah, didapatkan hasil pengujian berupa sifat-sifat fisik dan sifat-sifat mekanik dari tanah lempung (*kohesif*) dan tanah pasir (*non kohesif*) yang diteliti pada kondisi terganggu (*disturb*).

Sifat fisik tanah meliputi kadar air ( $w$ ), berat volume ( $\gamma$ ), berat jenis tanah ( $G_s$ ), analisis granular, serta batas-batas Atterberg.

Sifat mekanik tanah diperoleh dari pengujian Triaksial *UU* (*Unconsolidated Undrained*) yang akan menghasilkan data tentang sudut gesek dalam ( $\phi$ ), Kohesi ( $C$ ), dan Modulus Tegangan-Regangan ( $E$ ), serta pengujian yang lain adalah pengujian Konsolidasi yang akan menghasilkan data tentang angka pori ( $e$ ) dan nilai OCR.

Semua hasil dari penelitian akan ditampilkan dalam bentuk tabel maupun grafik baik sifat fisik maupun sifat mekanik dari tanah yang diteliti.

### 5.1 Klasifikasi Tanah

#### 5.1.1 Klasifikasi Tanah Mertoyudan / Magelang

Pengujian klasifikasi tanah Mertoyudan dilakukan terhadap 2 sampel. Hasil penelitian Analisis Granular dari 2 sampel dapat dilihat pada tabel 5.1 dan 5.2.

**Tabel 5.1.** Analisis Granular Sampel 1 (Lampiran no. 5)

Nomor Saringan	Bukaan (mm)	Berat Tertahan (gr)	Berat Lolos (gr)	% berat yang lolos $e/W \times 100\%$
4	4.750	d1 = 0.00	e1 = 60.00	100.00
10	2.000	d2 = 1.90	e2 = 58.10	96.83
20	0.850	d3 = 0.82	e3 = 57.28	95.47
40	0.425	d4 = 0.93	e4 = 56.35	93.92
60	0.250	d5 = 1.15	e5 = 55.20	92.00
140	0.106	d6 = 10.35	e6 = 44.85	74.75
200	0.075	d7 = 1.10	e7 = 43.75	72.92
		Sd = 16.25		

**Tabel 5.2.** Analisis Granular Sampel 2 (Lampiran no. 7)

Nomor Saringan	Bukaan (mm)	Berat Tertahan (gr)	Berat Lolos (gr)	%berat yang lolos $e/W \times 100\%$
4	4.750	d1 = 0.00	e1 = 60.00	100.00
10	2.000	d2 = 2.10	e2 = 57.90	96.50
20	0.850	d3 = 0.86	e3 = 57.04	95.07
40	0.425	d4 = 1.10	e4 = 55.94	93.23
60	0.250	d5 = 1.40	e5 = 54.54	90.90
140	0.106	d6 = 10.10	e6 = 44.44	74.07
200	0.075	d7 = 2.42	e7 = 42.02	70.03
		Sd = 17.98		

Hasil penelitian Analisis Hidrometer dari 2 sampel dapat dilihat pada tabel 5.3 dan 5.4.

**Tabel 5.3.** Analisis Hidrometer Sampel 1 (lampiran no. 5)

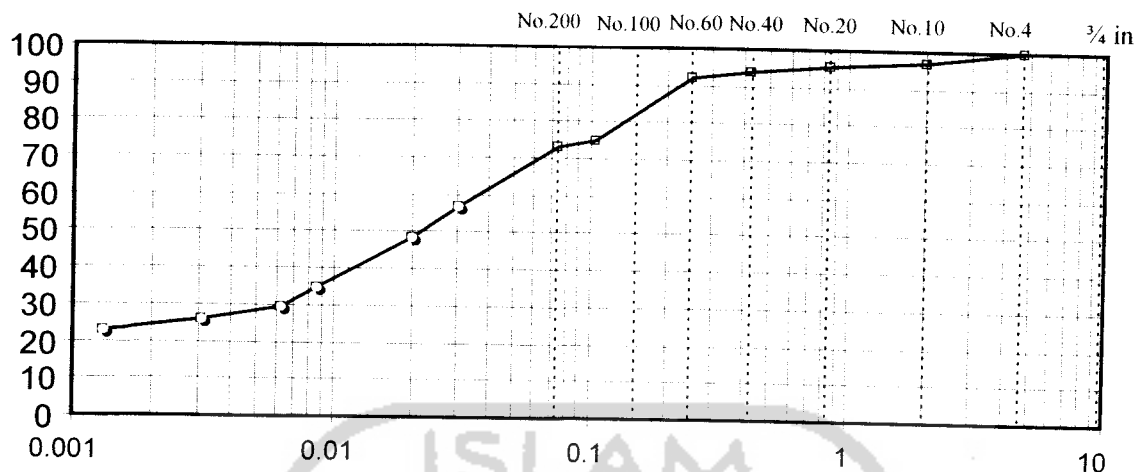
Time	elapsed time min. T	R1	R2	t	R' R1 + m	L	K	D (mm)	Rc= R1- R2+Cr	P K2 x R (%)
9.29										
9.31	2	30	-2.0	27	31	11.219	0.0129	0.03053605	33.3	57.03
9.34	5	25	-2.0	27	26	12.038	0.0129	0.0200049	28.3	48.46
9.59	30	17	-2.0	27	18	13.348	0.0129	0.00859982	20.3	34.76
10.29	60	14	-2.0	26	15	13.839	0.0131	0.00629467	17.3	29.63
13.39	250	12	-2.0	26	13	14.166	0.0131	0.00312002	15.3	26.20
9.29	1440	10	-2.0	25	11	14.494	0.0131	0.00131495	13.3	22.78

**Tabel 5.4.** Analisis Hidrometer Sampel 2 (lampiran no. 7)

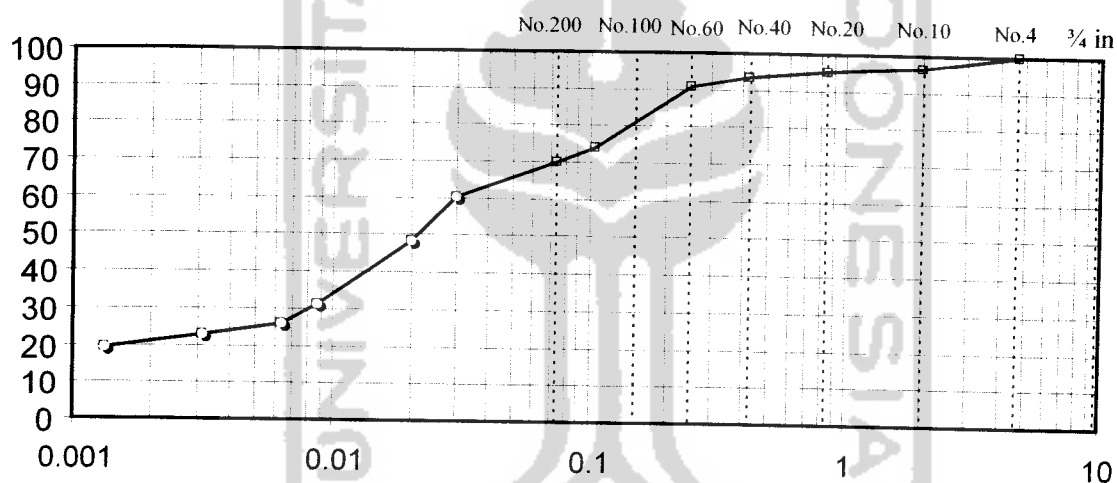
Time	elapsed time min. T	R1	R2	t	R' R1 + m	L	K	D (mm)	Rc= R1- R2+Cr	P K2 x R (%)
9.29										
9.31	2	32	-2.0	27	33	10.892	0.0129	0.03008711	35.3	60.45
9.34	5	25	-2.0	27	26	12.038	0.0129	0.0200049	28.3	48.46
9.59	30	15	-2.0	27	16	13.675	0.0129	0.00870468	18.3	31.34
10.29	60	12	-2.0	26	13	14.166	0.0131	0.00636871	15.3	26.20
13.39	250	10	-2.0	26	11	14.494	0.0131	0.00315587	13.3	22.78
9.29	1440	8	-2.0	25	9	14.821	0.0131	0.00132972	11.3	19.35



Dari kedua hasil pengujian diatas dibuat Diagram distribusi ukuran butir tanah seperti gambar dibawah ini:



**Gambar 5.1** Diagram Distribusi Ukuran Butir Sampel 1 (lampiran no. 6)



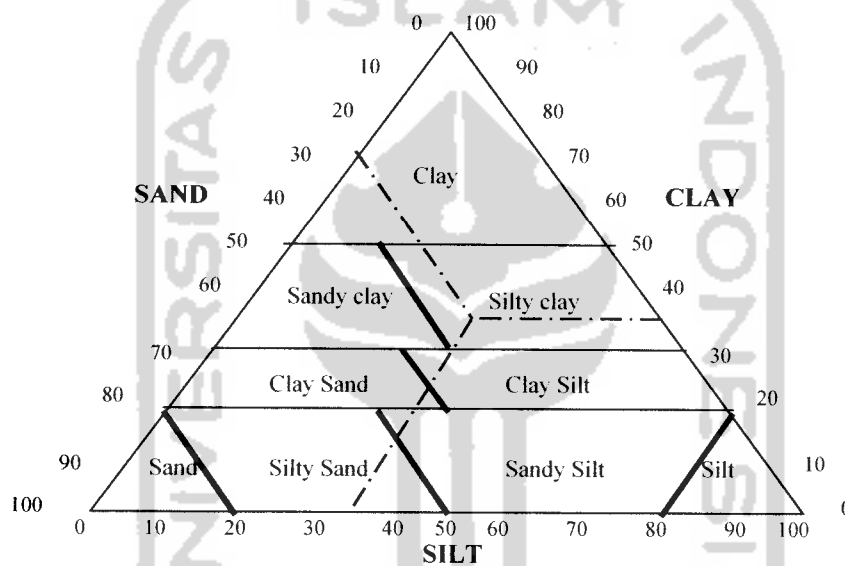
**Gambar 5.2** Diagram Distribusi Ukuran Butir Sampel 2 (lampiran no. 8)

Pembacaan grafik memberikan hasil presentase fraksi tanah seperti pada tabel 5.5.

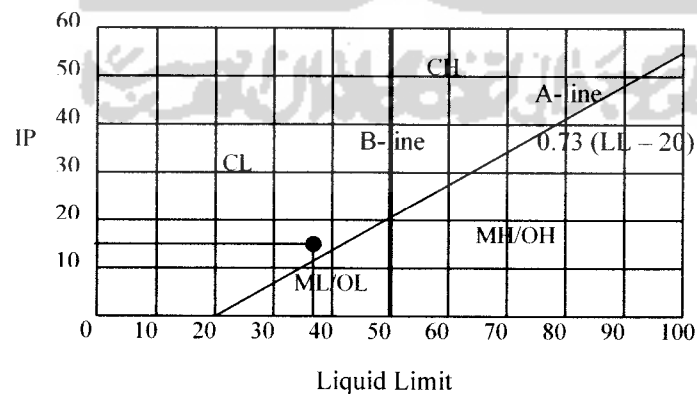
**Tabel 5.5** Presentase Fraksi Tanah (lampiran no. 6 dan lampiran no. 8)

	SAMPEL 1		SAMPEL 2		RATA-RATA		KOREKSI	
Finer # 200 :	72.92	%	70.03	%	71.48	%	<b>71.48</b>	%
Gravel :	0.00	%	0.00	%	0.00	%	<b>0.00</b>	%
Sand :	27.08	%	29.97	%	28.53	%	<b>28.53</b>	%
Silt :	35.24	%	35.79	%	35.52	%	<b>35.52</b>	%
Clay :	12.46	%	16.44	%	14.45	%	<b>35.95</b>	%
Coloid :	25.22	%	17.80	%	21.50	%	<b>0</b>	%

Dengan menggunakan klasifikasi USCS (Unified Soil Classification System) di dapatkan bahwa tanah Mertoyudan digolongkan dalam jenis tanah Lempung Berlanau.



**Gambar 5.3** Klasifikasi Tanah Mertoyudan Menurut USCS



**Gambar 5.4** Diagram Cassagrande Tanah Mertoyudan

### 5.1.2 Klasifikasi Tanah Kampus UII Fak. Teknik Sipil / Perencanaan

Pengujian klasifikasi tanah Kampus UII Fak. Teknik Sipil / Perencanaan dilakukan terhadap 2 sampel. Hasil penelitian Analisis Granular dari 2 sampel dapat dilihat pada tabel 5.6 dan 5.7.

**Tabel 5.6.** Analisis Granular Sampel 1 (Lampiran no. 37)

Nomor Saringan	Bukaan (mm)	Berat Tertahan (gr)	Berat Lolos (gr)	% berat yang lolos $e/W \times 100\%$
4	4.750	d1 = 0.00	e1 = 60.00	100.00
10	2.000	d2 = 8.60	e2 = 51.40	85.67
20	0.850	d3 = 12.00	e3 = 39.40	65.67
40	0.425	d4 = 13.00	e4 = 26.40	44.00
60	0.250	d5 = 2.20	e5 = 24.20	40.33
140	0.106	d6 = 1.00	e6 = 23.20	38.67
200	0.075	d7 = 0.48	e7 = 22.72	37.87
		Sd = 37.28		

**Tabel 5.7.** Analisis Granular Sampel 2 (Lampiran no. 39)

Nomor Saringan	Bukaan (mm)	Berat Tertahan (gr)	Berat Lolos (gr)	%berat yang lolos $e/W \times 100\%$
4	4.750	d1 = 0.00	e1 = 60.00	100.00
10	2.000	d2 = 8.43	e2 = 51.57	85.95
20	0.850	d3 = 11.80	e3 = 39.77	66.28
40	0.425	d4 = 12.98	e4 = 26.79	44.65
60	0.250	d5 = 1.90	e5 = 24.89	41.48
140	0.106	d6 = 1.20	e6 = 23.69	39.48
200	0.075	d7 = 0.23	e7 = 23.46	39.10
		Sd = 36.54		

Hasil penelitian Analisis Hidrometer dari 2 sampel dapat dilihat pada tabel 5.8 dan 5.9.

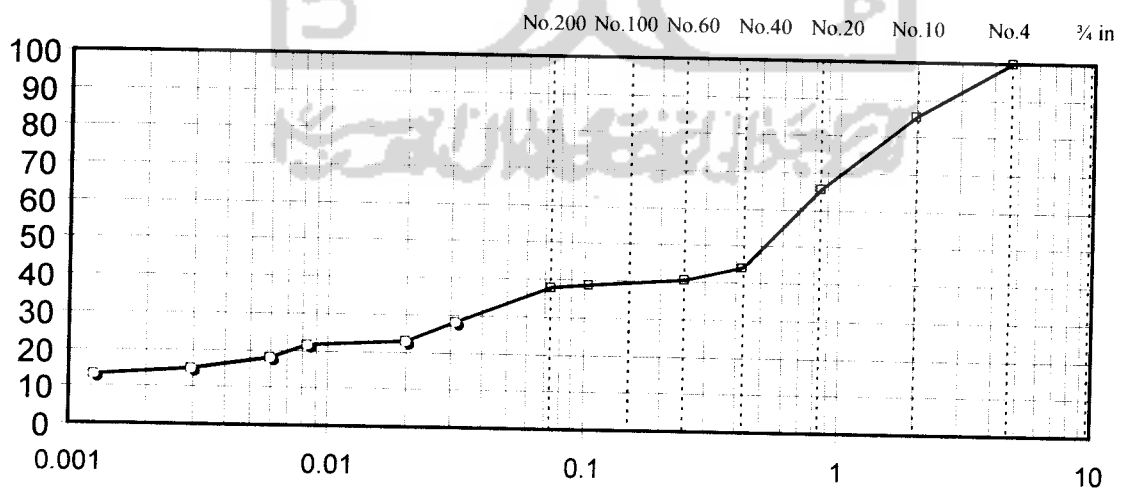
**Tabel 5.8.** Analisis Hidrometer Sampel 1 (lampiran no. 37)

Time	elapsed time min. T	R1	R2	t	R' R1 + m	L	K	D (mm)	Rc= R1-R2+Cr	P K2 x R (%)
9.29										
9.31	2	14	-2.0	27	15	13.839	0.0119	<b>0.03143248</b>	17.3	27.98
9.34	5	11	-2.0	27	12	14.330	0.0119	<b>0.02022937</b>	14.3	23.13
9.59	30	10	-2.0	27	11	14.494	0.0119	<b>0.00830565</b>	13.3	21.51
10.29	60	8	-2.0	26	9	14.821	0.0121	<b>0.0060375</b>	11.3	18.27
13.39	250	6	-2.0	26	7	15.149	0.0121	<b>0.00299026</b>	9.3	15.04
9.29	1440	5	-2.0	25	6	15.313	0.0121	<b>0.00125266</b>	8.3	13.42

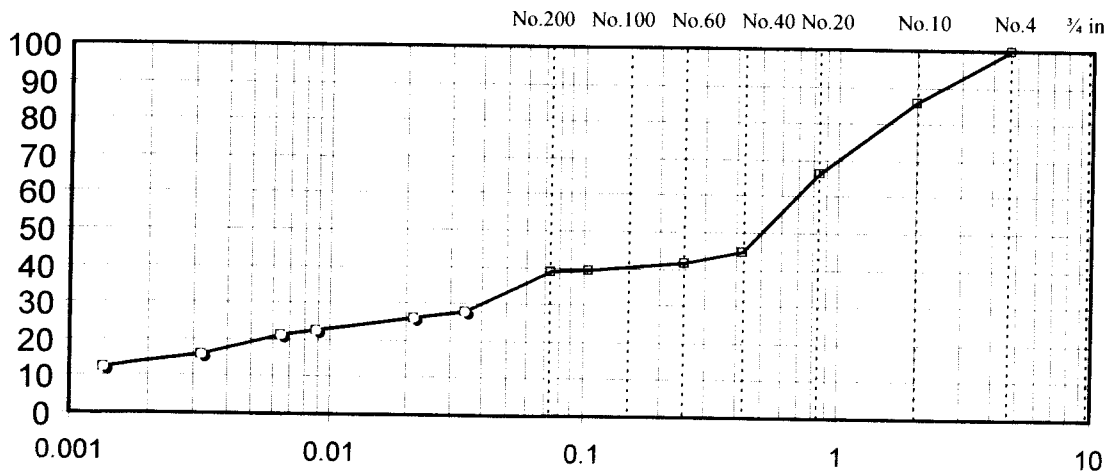
**Tabel 5.9.** Analisis Hidrometer Sampel 2 (lampiran no. 39)

Time	elapsed time min. T	R1	R2	t	R' R1 + m	L	K	D (mm)	Rc= R1-R2+Cr	P K2 x R (%)
9.29										
9.31	2	13	-2.0	27	14	14.003	0.0129	0.03411432	16.3	27.91
9.34	5	12	-2.0	27	13	14.166	0.0129	0.02170157	15.3	26.20
9.59	30	10	-2.0	27	11	14.494	0.0129	0.00896144	13.3	22.78
10.29	60	9	-2.0	26	10	14.658	0.0131	0.00647818	12.3	21.06
13.39	250	6	-2.0	26	7	15.149	0.0131	0.00322638	9.3	15.93
9.29	1440	4	-2.0	25	5	15.476	0.0131	0.00135878	7.3	12.50

Dari kedua hasil pengujian diatas dibuat Diagram distribusi ukuran butir tanah seperti gambar dibawah ini:



**Gambar 5.5** Diagram Distribusi Ukuran Butir Sampel 1 (lampiran no. 38)



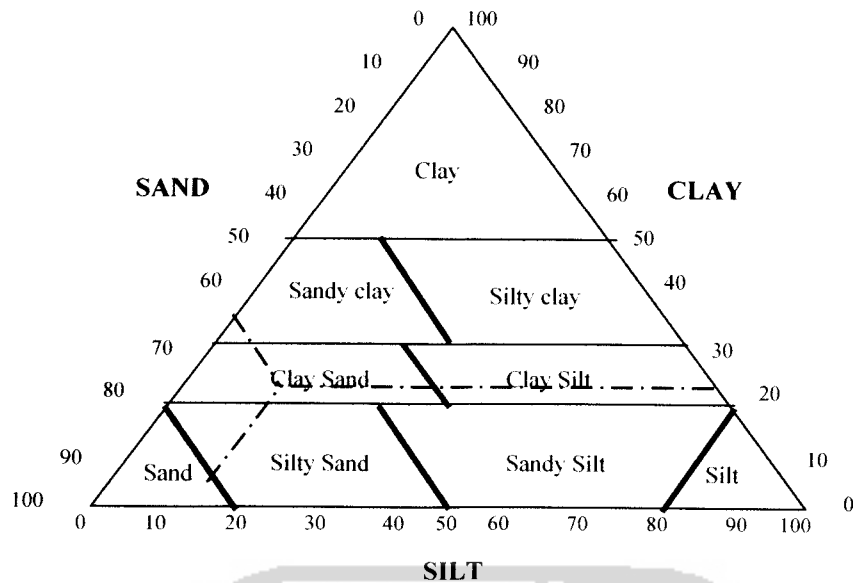
**Gambar 5.6** Diagram Distribusi Ukuran Butir Sampel 2 (lampiran no. 40)

Pembacaan grafik memberikan hasil presentase fraksi tanah seperti dipresentasikan pada tabel 5.10.

**Tabel 5.10** Presentase Fraksi Tanah (lampiran no. 38 dan lampiran no. 40)

	SAMPEL 1		SAMPEL 2		RATA-RATA		KOREKSI	
Finer # 200 :	37.87	%	39.1	%	38.49	%	38.49	%
Gravel :	0.00	%	0.00	%	0.00	%	0.00	%
Sand :	62.13	%	60.90	%	61.52	%	61.52	%
Silt :	15.64	%	15.30	%	15.47	%	15.47	%
Clay :	2.21	%	2.80	%	2.51	%	23.01	%
Coloid :	21.02	%	22.00	%	20.50	%	0	%

Dengan menggunakan klasifikasi USCS (Unified Soil Classification System) di dapatkan bahwa berdasarkan presentase dari masing-masing fraksi maka tanah Kampus UII Fak. Teknik Sipil / Perencanaan digolongkan dalam jenis tanah Pasir Berlempung.



**Gambar 5.7** Klasifikasi Tanah Kampus UII Menurut USCS

## 5.2. Sifat Fisik

### 5.2.1. Sifat Fisik Tanah Mertoyudan / Magelang

Hasil penelitian sifat fisik tanah Mertoyudan dapat dilihat pada tabel 5.11 :

**Tabel 5.11** Data Sifat Fisik Tanah Mertoyudan / Magelang (lampiran no. 1 a, no. 1 b, no. 2, no. 3, no. 4, no. 6, dan no. 8)

No	Sifat Fisik Tanah Mertoyudan	Hasil
1	Kadar air (w) asli lapangan (%)	36,16
2	Kadar air (w) optimum (%)	18,78
3	Berat Jenis tanah (Gs)	2,538
4	Berat Volume tanah ( $\gamma$ ) (gram/cm <sup>3</sup> )	1,78
5	Flow Index	7,193
6	Batas Cair tanah (%)	37,47
7	Batas Plastis tanah (%)	24,22
8	Index Plastisitas tanah (%)	12,49
9	Batas susut (%)	12,99



### 5.2.2. Hasil Penelitian Sifat Fisik Tanah Kampus UII FTSP

Hasil penelitian dari sifat fisik tanah Kampus UII Fakultas Teknik Sipil/Perencanaan yang telah dilaksanakan dilaboratorium dapat dilihat pada tabel 5.12 di bawah ini :

**Tabel 5.12** Data Sifat Fisik Tanah Kampus UII FTSP (lampiran no. 36 a dan no. 36 b)

No	Sifat Fisik Tanah Kampus UII FTSP	Hasil
1	Kadar air (w) asli lapangan (%)	8,53
2	Berat Volume tanah ( $\gamma$ ) ( gram / cm <sup>3</sup> )	1,84
3	Berat Jenis tanah (Gs)	2,791

### 5.3. Sifat Mekanik Tanah

Penelitian sifat mekanik tanah dilaksanakan dengan beberapa ketentuan sebagai berikut :

#### 5.3.1 Jenis Tanah

Variasi jenis tanah yang ditinjau terhadap uji Triaksil UU dan uji Konsolidasi adalah tanah lempung (*kohesif*) dan tanah pasir (*non-kohesif*).

Dalam penelitian ini untuk menentukan jenis tanah maka menggunakan system USCS, menurut system ini tanah Desa Mertoyudan termasuk jenis tanah Lempung Berlanau. Sedangkan untuk tanah Kampus UII Fakultas Teknik Sipil / Perencanaan termasuk jenis tanah Pasir Berlempung.

#### 5.3.2 Kadar Air Tanah (w)

Untuk penelitian ini, pengujian kadar air tanah lempung dilakukan dengan cara memvariasikan kadar air tanah dengan variasi sebagai berikut :

1. Kadar air (w) sama dengan kadar air (w) lapangan.
2. Kadar air (w) 5% diatas kadar air (w) lapangan.
3. Kadar air (w) 5% di bawah kadar air (w) lapangan.

Sedangkan untuk tanah pasir, variasi kadar air tanahnya adalah kadar air (w) sama dengan kadar air (w) lapangan.

Dengan catatan bahwa semua variasi kadar air tanah diatas hanya dilakukan pada uji Triaksial UU saja.

Maksud dari variasi ini adalah untuk mengetahui bagaimana pengaruh dari kadar air tanah yang berbeda-beda terhadap nilai Modulus Geser tanahnya.

Dari hasil penelitian diperoleh bahwa kadar air untuk tanah Desa Mertoyudan adalah sebagai berikut :

**Tabel 5.13** Kadar Air Tanah Desa Metoyudan / Magelang (lampiran no. 1 a)

No	Variasi Kadar Air Tanah	Hasil (%)
1	Kadar air = kadar air lapangan	36,16
2	Kadar air 5% diatas kadar air lapangan	37,96
3	Kadar air 5% dibawah kadar air lapangan	34,35

Dan kadar air untuk tanah Kampus UII Fakultas Teknik Sipil / Perencanaan adalah sebesar 8,53% (Lampiran no. 36 a).

### 5.3.3 Berat Volume Tanah ( $\gamma$ )

Untuk penelitian ini, pengujian berat volume tanah lempung dilakukan dengan cara memvariasikan berat volume tanah dengan variasi sebagai berikut :

1. Berat Volume tanah ( $\gamma$ ) sama dengan Berat Volume tanah ( $\gamma$ ) lapangan.
2. Berat Volume tanah ( $\gamma$ ) 5% diatas Berat Volume tanah ( $\gamma$ ) lapangan.
3. Berat Volume tanah ( $\gamma$ ) 5% dibawah Berat Volume tanah ( $\gamma$ ) lapangan.

Sedangkan untuk tanah pasir, variasi berat volume tanahnya ( $\gamma$ ) sama dengan berat volume tanah ( $\gamma$ ) lapangan.

Dengan catatan bahwa semua variasi berat volume tanah diatas hanya dilakukan pada uji Triaksial UU saja.

Maksud dari variasi ini adalah untuk mengetahui bagaimana pengaruh dari berat volume yang berbeda-beda terhadap nilai Modulus Geser tanahnya.

Dari Hasil penelitian dan pengujian di Laboratorium didapatkan bahwa berat volume tanah Desa Mertoyudan adalah sebagai berikut :

**Tabel 5.14** Berat Volume Tanah Desa Metoyudan / Magelang (lampiran no. 1 a)

No	Variasi Berat Volume Tanah	Hasil ( $gram/cm^3$ )
1	Berat Volume = Berat Volume ( $\gamma$ ) lapangan.	1,78
2	Berat Volume 5% diatas Berat Volume lapangan.	1,87
3	Berat Volume 5% dibawah Berat Volume lapangan.	1,70

Dan berat volume untuk tanah Kampus UII Fakultas Teknik Sipil / Perencanaan adalah sebesar  $1,84 \text{ gram/cm}^3$  (Lampiran no. 36 a)

### 5.3.4 Tekanan Sel (Pada Uji Triaksil UU)

Variasi tekanan sel untuk tanah Desa Mertoyudan adalah :

1. Tekanan sel  $0,5 \text{ kg/cm}^2$ .
2. Tekanan sel  $1 \text{ kg/cm}^2$ .
3. Tekanan sel  $2 \text{ kg/cm}^2$ .

Sedangkan untuk tanah Kampus UII Fakultas Teknik Sipil/Perencanaan adalah pada tekanan sel  $2 \text{ kg/cm}^2$  saja.

Variasi Tekanan sel pada pengujian Triaksial UU akan berpengaruh pada nilai Modulus Elastisitas, yang mana semakin besar tekanan selnya, maka akan semakin besar nilai Modulus Elastisitasnya. Hal ini bisa dilihat pada tabel-tabel dari hasil pengujian di laboratorium dengan berbagai macam variasi yang telah dijelaskan pada item-item sebelumnya.

Untuk menghitung besarnya Modulus Elastisitas Max pada percobaan ini adalah ratio antara tegangan yang terjadi pada regangan ( $\epsilon$ ) sebesar 15,3 %. Nilai Modulus Elastisitas Max tanah Mertoyudan dapat dilihat pada tabel 5.15 sampai tabel 5.29.

**Tabel 5.15** Nilai Modulus Elastisitas Max Tanah Mertoyudan dari hasil uji Triaksial dengan tekanan sel  $0,5 \text{ kg/cm}^2$  (Lampiran no. 21, no. 22, no. 23)

$w = w_{lap} = 36,16 \%$ $\gamma = \gamma_{lap} = 1,78 \text{ gram/cm}^3$ $e = e_{lap} = 0,911$ Tek sel = $0,5 \text{ kg/cm}^2$	Modulus Elastisitas Max (E max) $\text{kg/cm}^2$
Percobaan	Hasil
I	3,398
II	3,146
III	3,222
Rata-Rata	3,255

**Tabel 5.16** Nilai Modulus Elastisitas Max Tanah Mertoyudan dari hasil uji Triaksial dengan tekanan sel 1  $kg/cm^2$  (Lampiran no. 21, no. 22, no. 23)

$w = w_{lap} = 36,16 \%$ $\gamma = \gamma_{lap} = 1,78 \text{ gram}/cm^3$ $e = e_{lap} = 0,911$ Tek sel = 1 $kg/cm^2$	Modulus Elastisitas Max (E max) $kg/cm^2$
Percobaan	Hasil
I	3,673
II	3,522
III	3,522
Rata-Rata	3,572

**Tabel 5.17** Nilai Modulus Elastisitas Max Tanah Mertoyudan dari hasil uji Triaksial dengan tekanan sel 2  $kg/cm^2$  (Lampiran no. 21, no. 22, no. 23)

$w = w_{lap} = 36,16 \%$ $\gamma = \gamma_{lap} = 1,78 \text{ gram}/cm^3$ $e = e_{lap} = 0,911$ Tek sel = 2 $kg/cm^2$	Modulus Elastisitas Max (E max) $kg/cm^2$
Percobaan	Hasil
I	4,568
II	4,417
III	4,417
Rata-Rata	4,467

**Tabel 5.18** Nilai Modulus Elastisitas Max Tanah Mertoyudan dari hasil uji Triaksial dengan tekanan sel 0,5  $kg/cm^2$  (Lampiran no. 24, no. 25, no. 26)

$w > w_{lap} = 37,96 \%$ $\gamma = \gamma_{lap} = 1,78 \text{ gram}/cm^3$ $e = e_{lap} = 0,911$ Tek sel = 0,5 $kg/cm^2$	Modulus Elastisitas Max (E max) $kg/cm^2$
Percobaan	Hasil
I	1,573
II	1,647
III	1,496
Rata-Rata	1,572

**Tabel 5.19** Nilai Modulus Elastisitas Max Tanah Mertoyudan dari hasil uji Triaksial dengan tekanan sel 1  $kg/cm^2$  (Lampiran no. 24, no. 25, no. 26)

$w > w_{lap} = 37,96 \%$ $\gamma = \gamma_{lap} = 1,78 \text{ gram}/cm^3$ $e = e_{lap} = 0,911$ Tek sel = 1 $kg/cm^2$	Modulus Elastisitas Max (E max) $kg/cm^2$
Percobaan	Hasil
I	1,575
II	1,647
III	1,496
Rata-Rata	1,573

**Tabel 5.20** Nilai Modulus Elastisitas Max Tanah Mertoyudan dari hasil uji Triaksial dengan tekanan sel 2  $kg/cm^2$  (Lampiran no. 24, no. 25, no. 26)

$w > w_{lap} = 37,96 \%$ $\gamma = \gamma_{lap} = 1,78 \text{ gram}/cm^3$ $e = e_{lap} = 0,911$ Tek sel = 2 $kg/cm^2$	Modulus Elastisitas Max (E max) $kg/cm^2$
Percobaan	Hasil
I	1,725
II	1,798
III	1,648
Rata-Rata	1,724

**Tabel 5.21** Nilai Modulus Elastisitas Max Tanah Mertoyudan dari hasil uji Triaksial dengan tekanan sel 0,5  $kg/cm^2$  (Lampiran no. 27, no. 28, no. 29)

$w < w_{lap} = 34,35 \%$ $\gamma = \gamma_{lap} = 1,78 \text{ gram}/cm^3$ $e = e_{lap} = 0,911$ Tek sel = 0,5 $kg/cm^2$	Modulus Elastisitas Max (E max) $kg/cm^2$
Percobaan	Hasil
I	6,443
II	7,188
III	6,367
Rata-Rata	6,666

**Tabel 5.22** Nilai Modulus Elastisitas Max Tanah Mertoyudan dari hasil uji Triaksial dengan tekanan sel 1  $kg/cm^2$  (Lampiran no. 27, no. 28, no. 29)

$w < w_{lap} = 34,35 \%$ $\gamma = \gamma_{lap} = 1,78 \text{ gram}/cm^3$ $e = e_{lap} = 0,911$ Tek sel = 1 $kg/cm^2$	Modulus Elastisitas Max (E max) $kg/cm^2$
Percobaan	Hasil
I	8,539
II	8,913
III	8,913
Rata-Rata	8,788

**Tabel 5.23** Nilai Modulus Elastisitas Max Tanah Mertoyudan dari hasil uji Triaksial dengan tekanan sel 2  $kg/cm^2$  (Lampiran no. 27, no. 28, no. 29)

$w < w_{lap} = 34,35 \%$ $\gamma = \gamma_{lap} = 1,78 \text{ gram}/cm^3$ $e = e_{lap} = 0,911$ Tek sel = 2 $kg/cm^2$	Modulus Elastisitas Max (E max) $kg/cm^2$
Percobaan	Hasil
I	12,359
II	11,609
III	13,782
Rata-Rata	12,583

**Tabel 5.24** Nilai Modulus Elastisitas Max Tanah Mertoyudan dari hasil uji Triaksial dengan tekanan sel 0.5  $kg/cm^2$  (Lampiran no. 33, no. 34, no. 35)

$w = w_{lap} = 36,16 \%$ $\gamma < \gamma_{lap} = 1,70 \text{ gram}/cm^3$ $e = e_{lap} = 0,911$ Tek sel = 0,5 $kg/cm^2$	Modulus Elastisitas Max (E max) $kg/cm^2$
Percobaan	Hasil
I	3,222
II	3,673
III	3,372
Rata-Rata	3,422

**Tabel 5.25** Nilai Modulus Elastisitas Max Tanah Mertoyudan dari hasil uji Triaksial dengan tekanan sel 1  $kg/cm^2$  (Lampiran no. 33, no. 34, no. 35)

$w = w_{lap} = 36,16 \%$ $\gamma < \gamma_{lap} = 1,70 \text{ gram}/cm^3$ $e = e_{lap} = 0,911$ Tek sel = 1 $kg/cm^2$	Modulus Elastisitas Max (E max) $kg/cm^2$
Percobaan	Hasil
I	3,970
II	4,419
III	4,267
Rata-Rata	4,219

**Tabel 5.26** Nilai Modulus Elastisitas Max Tanah Mertoyudan dari hasil uji Triaksial dengan tekanan sel 2  $kg/cm^2$  (Lampiran no. 33, no. 34, no. 35)

$w = w_{lap} = 36,16 \%$ $\gamma < \gamma_{lap} = 1,70 \text{ gram}/cm^3$ $e = e_{lap} = 0,911$ Tek sel = 2 $kg/cm^2$	Modulus Elastisitas Max (E max) $kg/cm^2$
Percobaan	Hasil
I	5,842
II	5,992
III	6,064
Rata-Rata	5,966

**Tabel 5.27** Nilai Modulus Elastisitas Max Tanah Mertoyudan dari hasil uji Triaksial dengan tekanan sel 0,5  $kg/cm^2$  (Lampiran no. 30, no. 31, no. 32)

$w = w_{lap} = 36,16 \%$ $\gamma > \gamma_{lap} = 1,87 \text{ gram}/cm^3$ $e = e_{lap} = 0,911$ Tek sel = 0,5 $kg/cm^2$	Modulus Elastisitas Max (E max) $kg/cm^2$
Percobaan	Hasil
I	4,646
II	4,346
III	4,267
Rata-Rata	4,420

**Tabel 5.28** Nilai Modulus Elastisitas Max Tanah Mertoyudan dari hasil uji Triaksial dengan tekanan sel 1  $kg/cm^2$  (Lampiran no. 30, no. 31, no. 32)

$w = w_{lap} = 36,16 \%$ $\gamma > \gamma_{lap} = 1,87 \text{ gram/cm}^3$ $e = e_{lap} = 0,911$ Tek sel = 1 $kg/cm^2$	Modulus Elastisitas Max (E max) $kg/cm^2$
Percobaan	Hasil
I	4,868
II	4,496
III	4,419
Rata-Rata	4,594

**Tabel 5.29** Nilai Modulus Elastisitas Max Tanah Mertoyudan dari hasil uji Triaksial dengan tekanan sel 2  $kg/cm^2$  (Lampiran no. 30, no. 31, no. 32)

$w = w_{lap} = 36,16 \%$ $\gamma > \gamma_{lap} = 1,87 \text{ gram/cm}^3$ $e = e_{lap} = 0,911$ Tek sel = 2 $kg/cm^2$	Modulus Elastisitas Max (E max) $kg/cm^2$
Percobaan	Hasil
I	5,319
II	4,947
III	4,868
Rata-Rata	5,045



Dan untuk tanah Kampus UII Fakultas Teknik Sipil/Perencanaan dapat dilihat pada tabel 5.30 sampai 5.32 dibawah ini :

**Tabel 5.30** Nilai Modulus Elastisitas Max Tanah Kampus UII Fakultas Teknik Sipil/Perencanaan dari hasil uji Triaksial dengan tekanan sel  $0,5 \text{ kg/cm}^2$   
(Lampiran no. 53, no. 54, no. 55)

$w = w_{lap} = 8,53 \%$ $\gamma = \gamma_{lap} = 1,84 \text{ gram/cm}^3$ $e = e_{lap} = 0,654$ Tek sel = $0,5 \text{ kg/cm}^2$	Modulus Elastisitas Max (E max) $\text{kg/cm}^2$
Percobaan	Hasil
I	15,206
II	16,104
III	16,553
Rata-Rata	15,954

**Tabel 5.31** Nilai Modulus Elastisitas Max Tanah Kampus UII Fakultas Teknik Sipil/Perencanaan dari hasil uji Triaksial dengan tekanan sel  $1 \text{ kg/cm}^2$   
(Lampiran no. 53, no. 54, no. 55)

$w = w_{lap} = 8,53 \%$ $\gamma = \gamma_{lap} = 1,84 \text{ gram/cm}^3$ $e = e_{lap} = 0,654$ Tek sel = $1 \text{ kg/cm}^2$	Modulus Elastisitas Max (E max) $\text{kg/cm}^2$
Percobaan	Hasil
I	22,022
II	23,219
III	23,368
Rata-Rata	22,87

**Tabel 5.32** Nilai Modulus Elastisitas Max Tanah Kampus UII Fakultas Teknik Sipil/Perencanaan dari hasil uji Triaksial dengan tekanan sel  $2 \text{ kg/cm}^2$  (Lampiran no. 53, no. 54, no. 55)

$w = w_{lap} = 8,53 \%$ $\gamma = \gamma_{lap} = 1,84 \text{ gram/cm}^3$ $e = e_{lap} = 0,654$ Tek sel = $2 \text{ kg/cm}^2$	Modulus Elastisitas Max (E max) $\text{kg/cm}^2$
Percobaan	Hasil
I	35,732
II	36,104
III	36,176
Rata-Rata	36,004

### 5.3.5 Hasil Uji Konsolidasi

Hasil penelitian sifat mekanik tanah lempung dan tanah pasir pada pengujian Konsolidasi ditinjau dengan secara grafis dan analitis.

Dari dua sample benda uji dengan variasi beban normal yang diberikan pada waktu pelaksanaan uji Konsolidasi berturut-turut adalah : 0,25 kilogram; 0,50 kilogram; 1,00 kilogram; 2,00 kilogram; 4,00 kilogram; 8,00 kilogram, kemudian di rebound dengan beban 2,00 kilogram; 0,25 kilogram. Kemudian data dari uji Konsolidasi dibuat perhitungan secara analitis dan grafis untuk mendapatkan angka pori (e), dan nilai *Over Consolidated Ratio* (OCR) berdasarkan rumus (3.5) yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya.

Selanjutnya dibuat tabel hasil pengujian uji Konsolidasi dan dapat dilihat pada table (5.33) sampai (5.35) sebagai berikut :

**Tabel 5.33** Hasil Uji Konsolidasi Tanah Desa Mertoyudan (Lampiran no. 14 dan no. 20)

Percobaan	Kadar Air (w)		Angka Pori (e)	
	Sebelum Pengujian	35,72 %	Sebelum Pengujian	0,933
I	Setelah Pengujian	34,31 %	Setelah Pengujian	0,774
	Sebelum Pengujian	37,10 %	Sebelum Pengujian	0,923
II	Setelah Pengujian	31,98 %	Setelah Pengujian	0,788

**Tabel 5.34** Hasil Uji Konsolidasi Tanah Kampus UII FTSP (Lampiran no. 46 dan no. 52)

Percobaan	Kadar Air (w)		Angka Pori (e)	
	I	Sebelum Pengujian	8,55 %	Sebelum Pengujian
Setelah Pengujian		16,10 %	Setelah Pengujian	0,518
II	Sebelum Pengujian	8,56 %	Sebelum Pengujian	0,683
	Setelah Pengujian	14,99 %	Setelah Pengujian	0,573

**Tabel 5.35** Nilai *Over Consolidated Ratio* (OCR) Tanah Desa Mertoyudan (Lampiran no. 14 dan no. 20)

Percobaan	Nilai OCR
I	1.4
II	1.46
OCR Rata-rata	1.43

### 5.3.6 Hasil Uji Triaksial UU (Unconsolidated Undrained)

Hasil penelitian ini diambil dari tiga sampel benda uji dengan per 40 axial deformation pada waktu pelaksanaan uji Triaksial UU, sebagai contoh per 40 axial deformation adalah : 0 ; 40 ; 80 ; 120 ; ...dst.

Kemudian dari data diatas dibuat perhitungan secara analitis dan grafis untuk mendapatkan harga Kohesi I, Sudut Gesek ( $\phi$ ), dan Modulus Elastisitas Max ( $E_{max}$ ), yang ditabelkan dari tabel 5.36 sampai tabel 5.40 adalah tabel hasil uji Triaksial UU untuk tanah Desa Mertoyudan, dan untuk tabel 5.41 adalah tabel uji Triaksial UU tanah Kampus UII Fakultas Teknik Sipil / Perencanaan.

**Tabel 5.36** Hasil uji Triaksial UU Tanah Desa Mertoyudan / Magelang, dengan  $w=w_{lap}$  dan  $T_{sel} = 2 \text{ kg/cm}^2$  (Lampiran no. 21, no. 22, no. 23)

$w = w_{lap} = 36,16 \%$ $\gamma = \gamma_{lap} = 1,78 \text{ gram/cm}^3$ $e = e_{lap} = 0,911$ Tek sel = $2 \text{ kg/cm}^2$	Sudut Gesek Dalam ( $\phi$ )	Kohesi I	Modulus Elastisitas (E)
Percobaan	Hasil ( $^{\circ}$ )	Hasil ( $\text{kg/cm}^2$ )	Hasil ( $\text{kg/cm}^2$ )
I	3,262	0,216	4,568
II	3,651	0,189	4,417
III	3,408	0,199	4,417
Rata-rata	3,440	0,201	4,467

**Tabel 5.37** Hasil uji Triaksial UU Tanah Desa Mertoyudan / Magelang, dengan  $w > w_{lap}$  dan  $T_{sel} = 2 \text{ kg/cm}^2$  (Lampiran no. 24, no. 25, no. 26)

$w > w_{lap} = 37,96 \%$ $\gamma = \gamma_{lap} = 1,78 \text{ gram/cm}^3$ $e = e_{lap} = 0,911$ Tek sel = $2 \text{ kg/cm}^2$	Sudut Gesek Dalam ( $\phi$ )	Kohesi I	Modulus Elastisitas (E)
Percobaan	Hasil ( $^{\circ}$ )	Hasil ( $\text{kg/cm}^2$ )	Hasil ( $\text{kg/cm}^2$ )
I	0,421	0,116	1,725
II	0,523	0,118	1,798
III	0,539	0,106	1,648
Rata-rata	0,494	0,113	1,724

**Tabel 5.38** Hasil uji Triaksial UU Tanah Desa Mertoyudan / Magelang, dengan  $w < w_{lap}$  dan  $T_{sel} = 2 \text{ kg/cm}^2$  (Lampiran no. 27, no. 28, no. 29)

$w < w_{lap} = 34,35 \%$ $\gamma = \gamma_{lap} = 1,78 \text{ gram/cm}^3$ $e = e_{lap} = 0,911$ Tek sel = $2 \text{ kg/cm}^2$	Sudut Gesek Dalam ( $\phi$ )	Kohesi I	Modulus Elastisitas (E)
Percobaan	Hasil ( $^{\circ}$ )	Hasil ( $\text{kg/cm}^2$ )	Hasil ( $\text{kg/cm}^2$ )
I	12,463	0,317	12,359
II	10,536	0,384	11,609
III	16,488	0,225	13,782
Rata-rata	13.162	0.309	12,583

**Tabel 5.39** Hasil uji Triaksial UU Tanah Desa Mertoyudan / Magelang, dengan  $\gamma > \gamma_{lap}$  dan  $T_{sel} = 2 \text{ kg/cm}^2$  (Lampiran no. 30, no. 31, no. 32)

$w = w_{lap} = 36,16 \%$ $\gamma > \gamma_{lap} = 1,87 \text{ gram/cm}^3$ $e = e_{lap} = 0,911$ Tek sel = $2 \text{ kg/cm}^2$	Sudut Gesek Dalam ( $\phi$ )	Kohesi I	Modulus Elastisitas (E)
Percobaan	Hasil ( $^{\circ}$ )	Hasil ( $\text{kg/cm}^2$ )	Hasil ( $\text{kg/cm}^2$ )
I	1,856	0,328	5,319
II	1,811	0,303	4,947
III	1,861	0,295	4,868
Rata-rata	1.843	0.309	5,045

**Tabel 5.40** Hasil uji Triaksial UU Tanah Desa Mertoyudan / Magelang, dengan  $\gamma < \gamma_{lap}$  dan T sel = 2 kg/cm<sup>2</sup> (Lampiran no.33, no. 34, no. 35)

W = $w_{lap} = 36,16 \%$ $\gamma < \gamma_{lap} = 1,70 \text{ gram/cm}^3$ $e = e_{lap} = 0,911$ Tek sel = 2 kg/cm <sup>2</sup>	Sudut Gesek Dalam ( $\phi$ )	Kohesi I	Modulus Elastisitas (E)
Percobaan	Hasil ( $^{\circ}$ )	Hasil (kg/cm <sup>2</sup> )	Hasil (kg/cm <sup>2</sup> )
I	6,892	0,154	5,842
II	6,043	0,201	5,992
III	6,889	0,169	6,064
Rata-rata	6,608	0,175	5,966

**Tabel 5.41** Hasil uji Triaksial UU Tanah Kampus UII FTSP, dengan  $w = w_{lap}$  dan T sel = 2 kg/cm<sup>2</sup> (Lampiran no. 53, no. 54, no. 55)

w = $w_{lap} = 8,53 \%$ $\gamma = \gamma_{lap} = 1,84 \text{ gram/cm}^3$ $e = e_{lap} = 0,654$ Tek sel = 2 kg/cm <sup>2</sup>	Sudut Gesek Dalam ( $\phi$ )	Kohesi I	Modulus Elastisitas (E)
Percobaan	Hasil ( $^{\circ}$ )	Hasil (kg/cm <sup>2</sup> )	Hasil (kg/cm <sup>2</sup> )
I	30,490	0,398	35,732
II	30,544	0,437	36,104
III	30,305	0,459	36,176
Rata-rata	30,446	0,432	36,004

### 5.3.7 Modulus Geser Tanah (G)

Variasi Nilai Modulus Geser untuk tanah lempung berdasarkan variasi-variasi yang telah disebutkan diatas yaitu :

1. Variasi Kadar air, yaitu :
  - a. Kadar air (w) sama dengan kadar air (w) lapangan.
  - b. Kadar air (w) 5% diatas kadar air (w) lapangan.
  - c. Kadar air (w) 5% di bawah kadar air (w) lapangan.
2. Variasi Berat Volume, yaitu :
  - a. Berat Volume tanah ( $\gamma$ ) sama dengan Berat Volume tanah ( $\gamma$ ) lapangan.
  - b. Berat Volume tanah ( $\gamma$ ) 5% diatas Berat Volume tanah ( $\gamma$ ) lapangan.
  - c. Berat Volume tanah ( $\gamma$ ) 5% dibawah Berat Volume tanah ( $\gamma$ ) lapangan.
3. Variasi Tekanan Sel, yaitu :
  - a. Tekanan sel  $0,5 \text{ kg/cm}^2$ .
  - b. Tekanan sel  $1 \text{ kg/cm}^2$ .
  - c. Tekanan sel  $2 \text{ kg/cm}^2$ .

Sedangkan variasi untuk tanah pasir berdasarkan :

1. Kadar air = kadar air lapangan.
2. Berat volume = berat volume lapangan.
3. Tekanan sel hanya menggunakan tekanan sel  $2 \text{ kg/cm}^2$ .

Semua variasi tersebut akan menghasilkan variasi nilai sudut gesek dalam ( $\phi$ ) dan nilai kohesi tanah (C) yang akan menghasilkan Nilai Modulus Geser tanah yang berbeda-beda.

Nilai Modulus Geser dari masing-masing tanah sesuai dengan variasi yang disebutkan diatas dapat dilihat pada tabel 5.42 sampai 5.46 untuk tanah Mertoyudan / Magelang dan pada tabel 5.47 untuk tanah Kampus UII Fak TSP / Perencanaan.

**Tabel 5.42** Tabel Gmax Tanah Desa Mertoyudan / Magelang, dengan  $w=w_{lap}$ 

$w = w_{lap} = 36,16 \%$ $\gamma = \gamma_{lap} = 1,78 \text{ gr} / \text{cm}^3$ $e = e_{lap} = 0,911$	Hardin & Black (kPa)	Hardin & Richart (kPa)	Hardin & Drnevich (kPa)	Menard  (kPa)
Percobaan	Gmax	Gmax	Gmax	Gmax
I	6,375	16,083	16,742	11,420
II	6,361	16,045	16,703	11,043
III	6,370	16,069	16,728	11,043
Rata - rata	6,369	16,065	16,724	11,168

**Tabel 5.43** Tabel Gmax Tanah Desa Mertoyudan / Magelang, dengan  $w > w_{lap}$ 

$w > w_{lap} = 37,96 \%$ $\gamma = \gamma_{lap} = 1,78 \text{ gr} / \text{cm}^3$ $e = e_{lap} = 0,911$	Hardin & Black (kPa)	Hardin & Richart (kPa)	Hardin & Drnevich (kPa)	Menard  (kPa)
Percobaan	Gmax	Gmax	Gmax	Gmax
I	6,484	16,356	17,027	4,313
II	6,480	16,347	17,017	4,495
III	6,480	16,345	17,016	4,120
Rata - rata	6,481	16,050	17,020	4,310



**Tabel 5.44** Tabel Gmax Tanah Desa Mertoyudan / Magelang, dengan  $w < w_{lap}$ 

$w < w_{lap} = 34,35 \%$ $\gamma = \gamma_{lap} = 1,78 \text{ gr} / \text{cm}^3$ $e = e_{lap} = 0,911$	Hardin & Black (kPa)	Hardin & Richart (kPa)	Hardin & Drnevich (kPa)	Menard  (kPa)
Percobaan	Gmax	Gmax	Gmax	Gmax
I	6,014	15,171	15,794	30,898
II	6,091	15,365	15,995	29,023
III	5,853	14,764	15,370	34,455
Rata - rata	5,986	15,101	15,720	31,458

**Tabel 5.45** Tabel Gmax Tanah Desa Mertoyudan / Magelang, dengan  $\gamma > \gamma_{lap}$ 

$w = w_{lap} = 36,16 \%$ $\gamma > \gamma_{lap} = 1,87 \text{ gr} / \text{cm}^3$ $e = e_{lap} = 0,911$	Hardin & Black (kPa)	Hardin & Richart (kPa)	Hardin & Drnevich (kPa)	Menard  (kPa)
Percobaan	Gmax	Gmax	Gmax	Gmax
I	6,430	16,219	16,884	14,605
II	6,431	16,223	16,889	14,980
III	6,429	16,218	16,884	15,160
Rata - rata	6,430	16,220	16,885	14,915

**Tabel 5.46** Tabel Gmax Tanah Desa Mertoyudan / Magelang, dengan  $\gamma < \gamma_{lap}$

$w = w_{lap} = 36,16 \%$ $\gamma < \gamma_{lap} = 1,70 \text{ gr} / \text{cm}^3$ $e = e_{lap} = 0,911$	Hardin & Black (kPa)	Hardin & Richart (kPa)	Hardin & Drnevich (kPa)	Menard  (kPa)
Percobaan	Gmax	Gmax	Gmax	Gmax
I	6,235	15,727	16,372	13,298
II	6,268	15,811	16,459	12,368
III	6,235	15,727	16,373	12,170
Rata - rata	6,246	15,755	16,402	12,613

**Tabel 5.47** Tabel Gmax Tanah Kampus UII FTSP, dengan  $w = w_{lap}$

$w = w_{lap} = 8,53 \%$ $\gamma = \gamma_{lap} = 1,84 \text{ gr} / \text{cm}^3$ $e = e_{lap} = 0,654$	Hardin & Richart (kPa)	Menard  (kPa)
Percobaan	Gmax	Gmax
I	13,338	89,330
II	13,333	90,260
III	13,357	90,440
Rata - rata	13,343	90,010

## BAB VI PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai hasil penelitian yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Pembahasan hasil penelitian ini meliputi :

### 6.1 Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah pada penelitian ini menggunakan sistem USCS (Unified Soil Classification System). Hasil pengujian (sesuai dengan Bab 5, hal. 43-50) menunjukkan bahwa besar presentase masing-masing fraksi adalah :

**Tabel 6.1** Presentase fraksi tanah Mertoyudan / Magelang (Lampiran no. 6 dan no. 8)

Fraksi	Sampel 1		Sampel 2		Rata-rata		Koreksi	
Gravel :	0.00	%	0.00	%	0.00	%	0.00	%
Sand :	27.08	%	29.97	%	28.53	%	28.53	%
Silt :	35.24	%	35.79	%	35.52	%	35.52	%
Clay :	12.46	%	16.44	%	14.45	%	35.95	%
<b>TOTAL :</b>	<b>74.78</b>	<b>%</b>	<b>82.20</b>	<b>%</b>	<b>78.50</b>	<b>%</b>	<b>100</b>	<b>%</b>

**Tabel 6.2** Presentase fraksi tanah Kampus UII FTSP (Lampiran no. 38 dan no. 40)

Fraksi	Sampel 1		Sampel 2		Rata-rata		Koreksi	
Gravel :	0.00	%	0.00	%	0.00	%	0.00	%
Sand :	62.13	%	60.90	%	61.52	%	61.52	%
Silt :	15.64	%	15.30	%	15.47	%	15.47	%
Clay :	2.21	%	2.80	%	2.51	%	23.01	%
<b>TOTAL :</b>	<b>78.98</b>	<b>%</b>	<b>78.00</b>	<b>%</b>	<b>79.50</b>	<b>%</b>	<b>100</b>	<b>%</b>

Berdasarkan tabel 6.1 dan 6.2 didapatkan bahwa jumlah total persentase semua fraksi tidak mencapai 100 %. Hal ini disebabkan oleh :

1. Kemungkinan adanya butiran tanah yang menempel pada tabung *Inhoff*.
2. Pada pengujian Hidrometer, butiran-butiran tanah yang kecil belum sepenuhnya mengendap, masih melayang di air.

Oleh karena itu diperlukan adanya koreksi terhadap hasil persentase fraksi pada tabel 6.1 dan 6.2 agar jumlah total persentase fraksi mencapai 100 %, sehingga kita dapat mengklasifikasikan tanah tersebut dengan menggunakan sistem USCS (*Unified Soil Classification System*). Hasil dari pengkoreksian persentase fraksi dapat dilihat pada tabel 6.1 dan 6.2 diatas.

Dari pengklasifikasian tanah menurut sistem USCS didapatkan hasil bahwa tanah dari Desa Mertoyudan / Magelang ini merupakan jenis tanah Lempung Berlanau/*Silt Clay* (Gambar 5.3, Hal.46), sedangkan untuk tanah dari Kampus UII FTSP merupakan jenis tanah Pasir Berlempung/*Clay Sand* (Gambar 5.7, Hal.50).

## 6.2 Sifat-sifat Tanah

### 6.2.1 Kadar air

Pengujian dilakukan dengan cara memvariasikan kadar air tanah dengan variasi sebagai berikut :

1. Kadar air (w) sama dengan kadar air (w) lapangan.
2. Kadar air (w) 5% diatas kadar air (w) lapangan.
3. Kadar air (w) 5% di bawah kadar air (w) lapangan.

Hasil pengujian dari variasi kadar air dapat dilihat pada tabel 6.3 :

**Tabel 6.3** Hasil Pengujian tes laboratorium tanah Mertoyudan (Lampiran no. 21, no. 24, no. 27)

Jenis Pengujian	w lapangan (%)	5 % > w lap.	5 % < w lap.
Kadar air (w) %	36,16	37,96	34,35
Sudut geser dalam ( $\phi$ ) °	3,262	0,421	12,463
Cohesi (C) $kg/cm^2$	0,216	0,116	0,317

Dari hasil pengujian kadar air dapat ditarik sebuah kesimpulan bahwa :

1. Semakin tinggi nilai kadar air tanah (w) maka akan mengakibatkan semakin rendah sudut geser dalam ( $\phi$ ) tanah tersebut. Begitu juga sebaliknya semakin rendah kadar air (w) akan mengakibatkan semakin besar nilai sudut geser dalam ( $\phi$ ) tanah tersebut.

2. Semakin tinggi nilai kadar air tanah ( $w$ ) maka akan mengakibatkan semakin rendah nilai kohesi ( $C$ ) tanah tersebut. Begitu juga sebaliknya semakin rendah kadar air ( $w$ ) akan mengakibatkan semakin besar nilai kohesi ( $C$ ) tanah tersebut.

### 6.2.2 Berat volume

Pengujian dilakukan dengan cara memvariasikan berat volume tanah dengan variasi sebagai berikut :

1. Berat Volume tanah ( $\gamma$ ) sama dengan Berat Volume tanah ( $\gamma$ ) lapangan.
2. Berat Volume tanah ( $\gamma$ ) 5% diatas Berat Volume tanah ( $\gamma$ ) lapangan.
3. Berat Volume tanah ( $\gamma$ ) 5% dibawah Berat Volume tanah ( $\gamma$ ) lapangan.

Hasil pengujian dari variasi berat volume dapat dilihat pada tabel 6.4 :

**Tabel 6.4** Hasil Pengujian tes laboratorium tanah Mertoyudan (Lampiran no. 21, no. 30, no. 33)

Jenis Pengujian	$\gamma$ lap. (%)	5 % > $\gamma$ lap.	5 % < $\gamma$ lap.
Berat volume ( $gram/cm^3$ )	1,78	1,87	1,70
Sudut geser dalam ( $\phi$ ) °	3,262	1,856	6,892
Cohesi ( $C$ ) $kg/cm^2$	0,216	0,328	0,154

Dari hasil pengujian berat volume dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Semakin besar berat volume ( $\gamma$ ), maka akan semakin rendah nilai sudut geser dalam ( $\phi$ ) tanah tersebut. Begitu juga sebaliknya semakin rendah nilai berat volume ( $\gamma$ ), maka akan semakin besar nilai sudut geser dalam ( $\phi$ ) tanah tersebut.
2. Semakin besar berat volume ( $\gamma$ ), maka akan semakin besar juga nilai kohesi ( $C$ ) tanah tersebut. Begitu juga sebaliknya semakin rendah berat volume ( $\gamma$ ), maka akan semakin rendah juga nilai kohesi ( $C$ ) tanah tersebut.

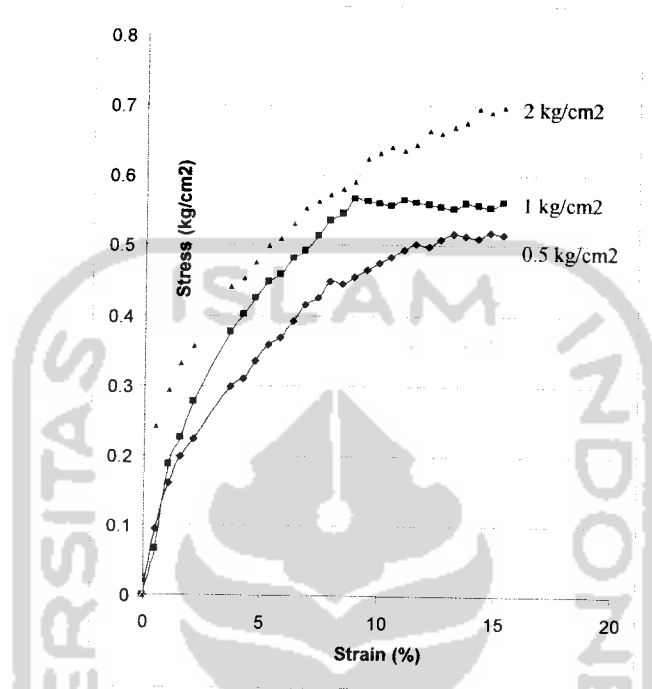
### 6.2.3 Tekanan sel (Pada uji Triaksial UU)

Pengujian dilakukan dengan cara memvariasikan tekanan sel dengan variasi sebagai berikut :

1. Tekanan sel 0,5  $kg/cm^2$ .

2. Tekanan sel 1  $kg/cm^2$ .
3. Tekanan sel 2  $kg/cm^2$ .

Pengujian dilakukan sampai regangan (strain) mencapai 15,303 %. Hasil pengujian dari variasi tekanan sel dapat dilihat pada gambar 6.1 :



**Gambar 6.1** Grafik Hubungan Tegangan dengan Regangan (Lampiran no. 21)

Hasil pembacaan grafik dapat dilihat pada tabel 6.5 :

**Tabel 6.5** Hasil Pengujian tes laboratorium tanah Mertoyudan sebagai pembuktian (Lampiran no. 21, no. 22, no. 23)

Keterangan	Kadar air (w) % = 36,16 %		
Tekanan sel ( $kg/cm^2$ )	0,5	1	2
Modulus Elastisitas Max ( $kg/cm^2$ )	3,398	3,673	4,568

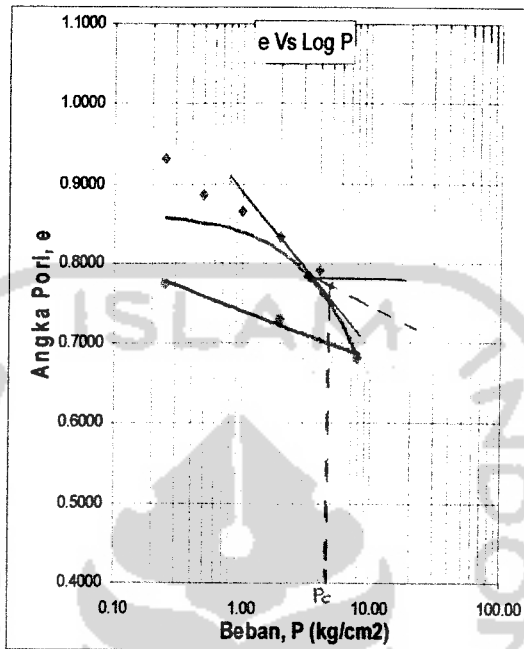
Dari hasil pengujian dapat ditarik kesimpulan bahwa

1. Semakin besar tekanan sel maka modulus tegangan-regangan akan semakin besar dan begitu pula sebaliknya.

2. Semakin besar tekanan sel menunjukkan kecenderungan tegangan geser (strees) tanah semakin besar.

#### 6.2.4 Uji Konsolidasi

Pengujian ini dimaksudkan untuk mendapatkan nilai angka pori ( $e$ ), dan *Over Consolidated Ratio* (OCR). Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 6.2 :



**Gambar 6.2** Grafik Hubungan Beban ( $P$ ) dengan angka pori ( $e$ ) (lamp. no. 20)

Hasil pembacaan grafik dapat dilihat pada tabel 6.6 dan 6.7 :

**Tabel 6.6** Hasil Uji Konsolidasi Tanah dari Desa Mertoyudan (Lampiran no. 14 dan no. 20)

Percobaan	Kadar Air ( $w$ )		Angka Pori ( $e$ )	
	Sebelum Pengujian	Setelah Pengujian	Sebelum Pengujian	Setelah Pengujian
I	Sebelum Pengujian	35,72 %	Sebelum Pengujian	0,933
	Setelah Pengujian	34,31 %	Setelah Pengujian	0,774
II	Sebelum Pengujian	37,10 %	Sebelum Pengujian	0,923
	Setelah Pengujian	31,98 %	Setelah Pengujian	0,788

**Tabel 6.7** Nilai *Over Consolidated Ratio* (OCR) Tanah dari Desa Mertoyudan  
(Lampiran no. 14 dan no. 20)

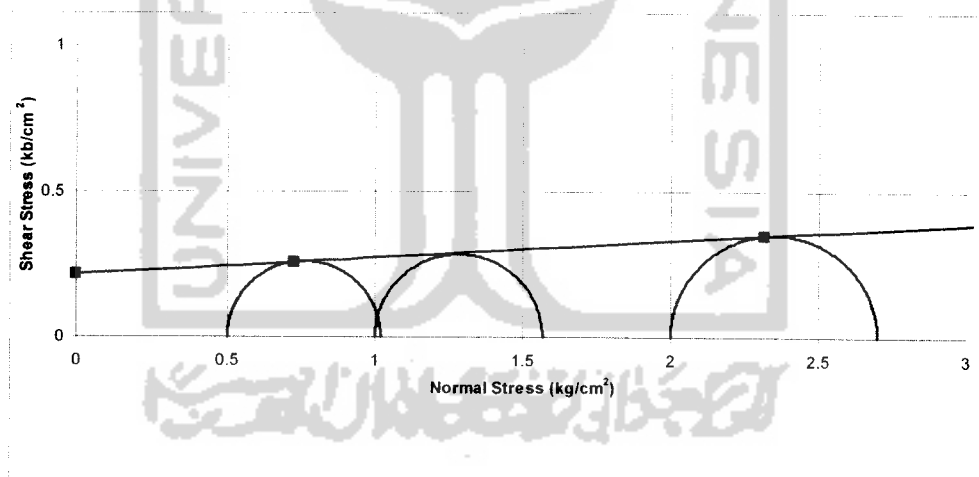
Percobaan	Nilai OCR
I	1.4
II	1.46
OCR Rata-rata	1.43

$$OCR = \frac{P_c}{P_o} = \frac{4,98}{3,56} > 1 = 1,4 > 1$$

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa nilai angka pori berbanding terbalik dengan nilai kadar air tanah, yaitu semakin tinggi kadar air tanah maka nilai angka pori akan semakin kecil.

### 6.2.5 Uji Triaksial UU (Unconsolidated Undrained)

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui besar nilai sudut geser dalam ( $\phi$ ) tanah dan nilai kohesi (C) tanah. Hasil penelitian dapat dilihat pada gambar 6.3 :



**Gambar 6.3** Hasil pengujian triaksial UU tanah Mertoyudan/Magelang  
(Lampiran no 21)



Hasil pembacaan gambar dapat dilihat pada tabel 6.8

**Tabel 6.8** Hasil Pengujian beberapa tes laboratorium tanah Mertoyudan sebagai pembuktian (Lampiran no. 21, no. 24, no. 27)

Jenis Pengujian	w lapangan (%)	5 % > w lap.	5 % < w lap.
Kadar air (w) %	36,16	37,96	34,35
Sudut geser dalam ( $\phi$ )	3,262	0,421	12,463
Cohesi (C)	0,216	0,116	0,317

Dari pengujian Triaksial UU dapat ditarik kesimpulan bahwa dengan bertambahnya kadar air (w), maka nilai sudut geser dalam ( $\phi$ ) tanah akan semakin menurun dan nilai kohesi (C) tanah akan turun juga.

### 6.2.6 Modulus Geser Tanah (G)

Untuk menghitung besar  $G_{max}$  dilakukan secara perhitungan manual dengan menggunakan rumus 3.19 s/d 3.28 di depan. Hasil perhitungan dipresentasikan pada tabel 6.9 s/d 6.11 :

**Tabel 6.9** Tabel  $G_{max}$  Tanah Desa Mertoyudan / Magelang, dengan  $w=w_{lap}$

$w = w_{lap} = 36,16 \%$ $\gamma = \gamma_{lap} = 1,78 \text{ gr/cm}^3$ $e = e_{lap} = 0,911$	Hardin & Black (kPa)	Hardin & Richart (kPa)	Hardin & Drnevich (kPa)	Menard (kPa)
Percobaan	$G_{max}$	$G_{max}$	$G_{max}$	$G_{max}$
I	6,375	16,083	16,742	11,420
II	6,361	16,045	16,703	11,043
III	6,370	16,069	16,728	11,043
Rata - rata	6,369	16,065	16,724	11,168

**Tabel 6.10** Tabel Gmax Tanah Desa Mertoyudan / Magelang, dengan  $\gamma < \gamma_{lap}$ 

$w = w_{lap} = 36,16 \%$ $\gamma < \gamma_{lap} = 1,70 \text{ gr} / \text{cm}^3$ $e = e_{lap} = 0,911$	Hardin & Black (kPa)	Hardin & Richart (kPa)	Hardin & Drnevich (kPa)	Menard  (kPa)
Percobaan	Gmax	Gmax	Gmax	Gmax
I	6,235	15,727	16,372	13,298
II	6,268	15,811	16,459	12,368
III	6,235	15,727	16,373	12,170
Rata - rata	6,246	15,755	16,402	12,613

**Tabel 6.11** Tabel Gmax Tanah Lempung Desa Mertoyudan / Magelang, dengan  $w < w_{lap}$ 

$w < w_{lap} = 34,35 \%$ $\gamma = \gamma_{lap} = 1,78 \text{ gr} / \text{cm}^3$ $e = e_{lap} = 0,911$	Hardin & Black (kPa)	Hardin & Richart (kPa)	Hardin & Drnevich (kPa)	Menard  (kPa)
Percobaan	Gmax	Gmax	Gmax	Gmax
I	6,014	15,171	15,794	30,898
II	6,091	15,365	15,995	29,023
III	5,853	14,764	15,370	34,455
Rata - rata	5,986	15,101	15,720	31,458

Dari pengujian dapat disimpulkan bahwa Modulus Geser tanah akan menurun jika kadar air tanah menurun begitu juga dengan berat volume, Modulus Geser tanah akan menurun jika berat volume tanah menurun.

## BAB VII

### KESIMPULAN DAN SARAN

Variasi kadar air dan berat volume yang berbeda-beda akan memberikan gambaran mengenai nilai modulus geser yang berubah-ubah sesuai dengan perubahan nilai sudut geser dalam ( $\phi$ ) dan nilai kohesi (C) yang berubah-ubah dikarenakan variasi diatas. Berikut ini akan disampaikan beberapa kesimpulan dan saran untuk kesinambungan penelitian ini.

#### 7.1 Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat disampaikan dari penelitian ini adalah :

1. Tanah Desa Mertoyudan / Magelang merupakan tanah Lempung Berlanau dan tanah Kampus UII merupakan tanah Pasir Berlempung sesuai dengan hasil pengklasifikasian berdasarkan sistem USCS.
2. Pada kondisi tanah asli lapangan/tidak terganggu (undisturb), Tanah Desa Mertoyudan mempunyai nilai modulus geser maksimum sebagai berikut :  
6,393 kPa (Hardin & Black), 16,065 kPa (Hardin & Richart), 16,724 kPa (Hardin & Drnevich), dan 11,168 kPa (Menard).  
Untuk tanah pasir UII, pada kondisi asli lapangan/tidak terganggu (undisturb) mempunyai nilai modulus geser maksimum sebagai berikut :  
13,343 kPa (Hardin & Richart) dan 90,010 kPa (Menard).

#### 7.2 Saran

Berikut beberapa saran yang dapat disampaikan dari penelitian ini :

1. Penelitian ini dapat dilakukan kembali untuk tanah lempung desa Mertoyudan dengan mengambil sampel dari titik sampel yang berbeda sehingga diperoleh data secara menyeluruh dan pasti mengenai tanah lempung desa Meroyudan.
2. Penelitian ini dapat dilanjutkan kembali dengan memberikan variasi yang lain, misalnya variasi penambahan % bahan additif (seperti kapur / abu sekam) pada tanah terganggu (disturb) sehingga dapat diketahui apakah dengan penambahan tersebut dapat memberikan perubahan terhadap nilai modulus geser maksimumnya.

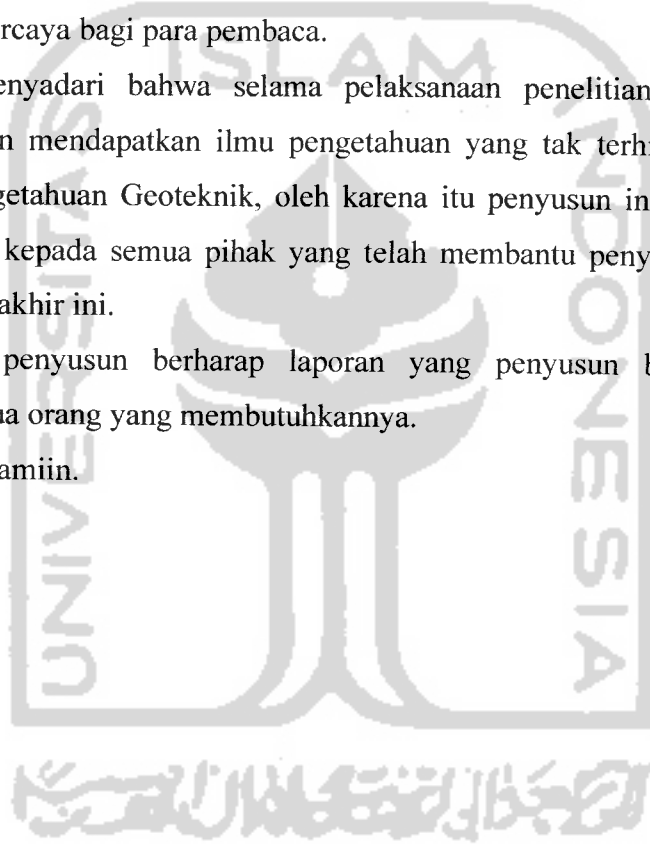
## PENUTUP

Puji dan syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT, karena dengan rahmat dan kasih sayang-Nya lah penyusun dapat menyelesaikan penulisan laporan tugas akhir ini. Shalawat dan salam penyusun haturkan atas junjungan kita Rosulullah SAW, karena dengan petunjuk dan nasihatnya lah (Hadist), penyusun dapat tetap sabar dan tekun dalam mengerjakan dan menyelesaikan laporan ini.

Dengan segala keterbatasan yang penyusun miliki, penyusun menyadari bahwa laporan yang dibuat ini jauh dari sempurna, tetapi penyusun tetap berusaha sekuat tenaga untuk menyajikan laporan sebaik mungkin yang InsyaAllah dapat memberikan informasi akurat dan dapat dipercaya bagi para pembaca.

Penyusun menyadari bahwa selama pelaksanaan penelitian dan pembuatan laporan ini, penyusun mendapatkan ilmu pengetahuan yang tak terhingga manfaatnya khususnya ilmu pengetahuan Geoteknik, oleh karena itu penyusun ingin mengucapkan terima kasih banyak kepada semua pihak yang telah membantu penyusun untuk dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Akhir kata, penyusun berharap laporan yang penyusun buat ini semoga bermanfaat bagi semua orang yang membutuhkannya.  
Amin Ya Rabbal ' Alamiin.



## DAFTAR PUSTAKA

**Akhmad Wiyono; Darusmanti.** (1994). "Studi Eksperimental Nilai Sudut Gesek Dalam ( $\phi$ ) dan Kohesi (C) Pada Tanah Kohesif dan Non-Kohesif Dengan Pengujian Geser Langsung dan Tekan Bebas".

**Anderson, D. G., et al.** (1978). Estimating In Situ Shear Moduly At Competebt Sizes, 10<sup>th</sup> PSC, ASCE, Vol 1, PP. 181-197. United States Of America.

**Anonim.** (1997). Mekanika Tanah II (Penataran Dosen Perguruan Tinggi Swasta Angkatan II). Cisarua.

**Braja M. Das; Noor Endah; Indrasurya B Mochtar.** (1991). "Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)" Jilid 1. Erlangga.

**Braja M. Das; Noor Endah; Indrasurya B Mochtar.** (1994). "Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)" Jilid 2. Erlangga.

**Braja M. Das.** (1989) "Principles of Soil Dynamic". Pws-Kent Publishing Company. United States Of America.

**Cunny. R. W., and Z. B. Fry.** (1973). Vibratory In Situ and Laboratory Soil Moduly Compered, JSMFD, ASCE, Vol 99, SM 12, December, PP. 1055-1076. United Stated Of America.

**Dunn I. S.; L. R. Anderson; F, W, Kiefer.** (1980). "Dasar-Dasar Analisis Geoteknik". Ikip Semarang Press.

**E. Bowles Joseph; Johan K. Hainim.** (1986). "Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)". Erlangga, Jakarta.

**Edi Nugroho ; Siti Khomariah.** (2005). “Studi Eksperimental di Laboratorium Tentang Nilai Modulus Geser Berdasarkan Rumus Hardin dan Black serta Menard”. Tugas Akhir Mahasiswa, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII.

**Hardin, B. O., and F. E. Richart, Jr.** (1963). Elastic Wave Velocities In Granular Soils, JSMFD, ASCE, Vol 89. SM 1, February, PP. 33-65. United States Of America.

**Hardin, B. O., and J. Music.** (1965). Apparatus For Vibration Of Soils Specimens During The Triaxial Test, ASTM STP 392, PP. 55-74. United States Of America.

**Hardin, B. O., W. L. Black.** (1968). Vibration Modulus Of Normally Consolidated Clay, JSMFD, ASCE, Vol 94. SM 2, March, PP. 27-42. United States Of America.

**Hardin, B. O., and V. P. Drnevich.** (1972). Shear Modulus and Damping In Soils: Design Equations and Curves, JSMFD, ASCE, Vol 98. SM 7, July, PP. 667-692. United States Of America.

**Hary Cristady Hardiyatmo.** (1992). “Mekanika Tanah 1” dan “Mekanika Tanah 2”. PT Gramedia Utama, Jakarta.

**Halim Hasmar ; Hanindya K.A. ; Budi Satiawan ; Sugiyana.** (2004). Buku Pedoman Praktikum Mekanika Tanah.

**Menard, L.** (1965). “Rules For Calculation Of Bearing Capacity and Foundation Settlement Based Of Pressure Meter Test”. Proceeding 6<sup>th</sup> International Conference Of Soil Mechanics and Foundation Engineering, Montreal, Canada, Vol 2, 295-299.

**Nayak N. V.; Dhampat Ray and Sons.** (1982). “Foundation Design Manual For Practicing Engineering and Civil Engineering Students”.

**Widodo.** (1991). “Teknik Gempa 1” dan “Teknik Gempa 2”. Diktat Kuliah UII.

**Woods, R. D.** (1978). Measurement Of Dinamic Soil Properties, 10<sup>th</sup> PSC, Vol 1, PP. 91-178. United Stated Of America.

