



# **MODUL PRAKTIKUM MEKANIKA TANAH I**

---



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN  
INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG**

**2018**



## KATA PENGANTAR

Puji serta syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena hanya atas berkat, karunia, dan rahmat-Nya, Modul Praktikum SI-2221 Mekanika Tanah I 2018 ini dapat diselesaikan.

Praktikum SI-2221 Mekanika Tanah I bertujuan sebagai komplementer dari mata kuliah SI-2221 Mekanika Tanah I. Karena pada hakikatnya untuk menjadi seorang rekayasawan sipil yang baik, diperlukan pengaplikasian secara langsung mengenai teori yang dipelajari di kelas perkuliahan. Dimana hal tersebut dapat terpenuhi dengan kegiatan praktikum ini.

Modul Praktikum Mekanika Tanah 2018 ini dibuat untuk untuk memandu praktikan, baik dari segi peraturan praktikum maupun panduan prosedur pengujian tanah. Peraturan praktikum berlaku bagi seluruh praktikan selama masa praktikum.

Semua panduan prosedur pengujian tanah dalam modul ini merujuk pada American Standard of Testing Material (ASTM). Isi dari modul ini tidak sepenuhnya sama dengan ASTM, karena telah mengalami perubahan pada beberapa bagiannya. Perubahan tersebut dikarenakan penyesuaian dengan fasilitas serta sumber daya yang ada di Laboratorium Mekanika Tanah Institut Teknologi Bandung selama masa praktikum. Semua perubahan yang ada dari ASTM di modul telah dipastikan agar tidak menghambat proses penyampaian materi kepada praktikan.

Bagi praktikan, dimohon untuk mendapat membaca serta memahami terlebih dahulu referensi materi yang telah tercantum sebelum melakukan pengujian tanah. Serta masih dibutuhkan juga penjelasan dan supervisi dari Asisten/Teknisi Lab selama melakukan praktikum.

Kritik dan saran untuk penyempurnaan modul ini sangat kami harapkan untuk kepentingan kita bersama.

Bandung, 15 Januari 2018

Asisten Laboratorium Mekanika Tanah



## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	2
DAFTAR ISI.....	3
ATURAN PRAKTIKUM MEKANIKA TANAH .....	4
MODUL 1 PEMERIKSAAN KADAR AIR TANAH .....	6
MODUL 2 PEMERIKSAAN BERAT VOLUME TANAH .....	11
MODUL 3 PEMERIKSAAN BERAT JENIS TANAH.....	14
MODUL 4 PEMERIKSAAN UKURAN BUTIRAN TANAH.....	18
MODUL 5 PEMERIKSAAN ATTERBERG LIMIT .....	28
MODUL 6 KONSOLIDASI.....	34
MODUL 7 PEMERIKSAAN PERMEABILITAS TANAH.....	43
MODUL 8 PEMERIKSAAN KEPADATAN TANAH .....	48
MODUL 9 PEMERIKSAAN NILAI CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR).....	53
MODUL 10 UJI GESER LANGSUNG .....	57
MODUL 11 UJI TEKAN BEBAS (UCS) .....	61
MODUL 12 UJI TEKAN TRIAKSIAL (UU) .....	65



## ATURAN PRAKTIKUM MEKANIKA TANAH

### A. Penilaian

- Komponen Penilaian

<b>Presentasi</b>	<b>40%</b>
<b>Laporan</b>	<b>30%</b>
<b>Absensi</b>	<b>20%</b>
<b>Tes Awal</b>	<b>10%</b>

- Syarat Kelulusan

**Mengikuti 100% praktikum (seluruh rangkaian praktikum)**

**Nilai akhir praktikum  $\geq 67$**

**Mengikuti 100% presentasi (hadir dalam seluruh presentasi laporan)**

**Mengikuti 85% asistensi**

- Prosedur Penilaian

#### a. Absensi

Absensi dilakukan setiap di awal dan di akhir praktikum per harinya oleh asisten. Kehadiran per praktikum dihitung jika tercatat dalam absensi awal dan absensi akhir.

- Ketidakhadiran dengan alasan yang tidak tercantum (lihat bagian **prosedur izin**) atau tidak diterima oleh asisten pada waktu praktikum yang telah ditetapkan akan mendapat sanksi.
- Jika pergi tanpa izin dari asisten di tengah-tengah praktikum maka akan mendapat sanksi.

#### b. Tes Awal dan Tes Akhir

Tes awal dan tes akhir dilakukan per paket praktikum. Waktu tes awal/akhir menjadi hak prerogatif masing-masing asisten.

### B. Ketentuan Praktikum

- Selama kegiatan praktikum, peraturan bagi praktikan adalah:
  1. Memakai kemeja dan menggunakan jas lab
  2. Memakai celana panjang/rok panjang



3. Memakai sepatu tertutup
4. Menjaga barang bawaan, **setiap bentuk kehilangan atau kerusakan barang-barang pribadi selama praktikum merupakan tanggung jawab masing-masing.**
5. Menjaga kebersihan
6. Bertanggung jawab dalam menggunakan alat
7. Dilarang makan dan minum selama praktikum
8. Dilarang menggunakan handphone (kecuali kepentingan praktikum)
9. Dilarang meninggalkan modul praktikum sembarangan

– Prosedur izin

Apabila akan berhalangan hadir atau tidak bisa hadir secara penuh pada waktu praktikum yang telah ditetapkan, praktikan harus melalui prosedur izin sebagai berikut:

1. Melapor pada asisten kelompok
2. Melapor pada koordinator asisten
3. Izin disetujui
4. Mencari jadwal pengganti dengan kelompok lain (untuk yang berhalangan hadir).
5. Membuat resume praktikum (untuk yang tidak bisa hadir secara penuh).

Izin yang akan dipertimbangkan oleh asisten untuk disetujui adalah

1. Sakit
2. Keluarga
3. Akademik

### C. Sanksi

Praktikan yang melanggar peraturan mendapat -10 dari nilai tes awal/tes akhir **Penilaian.**



## MODUL 1

### PEMERIKSAAN KADAR AIR TANAH

#### 1. Tujuan

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan kadar air tanah berdasarkan beratnya dengan metode pengujian di laboratorium.

#### 2. Standar Pengujian

ASTM D 2216 Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock Mass.

Soil Mechanics Laboratory Manual 6<sup>th</sup> Edition: Determination of Water Content

SNI 1965:2008 Cara Uji Penentuan Kadar Air untuk Tanah dan Batuan di Laboratorium.

#### 3. Alat dan Bahan

##### a. Alat

##### i. Oven pengering

Dilengkapi dengan pengatur suhu dan dapat memelihara keseragaman temperatur  $110 \pm 5$  °C untuk seluruh ruangan pengering.

##### ii. Timbangan

Timbangan dengan ketelitian 0.01 gram untuk benda uji dengan berat maksimum 200 gram (termasuk berat cawan tempat benda uji) dan timbangan dengan ketelitian 0.1 gram untuk benda uji dengan berat lebih dari 200 gram.

##### iii. Cawan tempat benda uji

Cawan yang terbuat dari material tahan karat dan tahan terhadap perubahan akibat pemanasan berulang, pendinginan, tahan untuk material dengan pH bervariasi, serta bersih.

##### iv. Desikator

Berfungsi untuk menjaga penyerapan kadar air dari atmosfer.

##### v. Alat pemegang cawan

Alat pemegang cawan berupa kaos tangan, tang atau alat pemegang lainnya yang dapat digunakan untuk memindahkan atau mencapit cawan panas setelah pengeringan.

##### vi. Peralatan lain



Peralatan lain seperti pisau, spatula, sendok, kain pembersih, pengiris contoh, dan lainnya.

b. Bahan

Sampel tanah yang digunakan harus memenuhi syarat massa minimum seperti yang ditunjukkan tabel berikut.

Berat Minimum Sampel Tanah

Ukuran partikel maksimum (100% lolos)	Ukuran saringan standar	Berat minimum benda uji basah yang direkomendasikan untuk kadar air yang dilaporkan pada $\pm 0,1 \%$	Berat minimum benda uji basah yang direkomendasikan untuk kadar air yang dilaporkan pada $\pm 1 \%$
$\leq 2,0$ mm	No. 10	20 gram	20 gram *
4,75 mm	No. 4	100 gram	20 gram *
9,5 mm	3/8 in	500 gram	50 gram
19,0 mm	3/4 in	2,5 kg	250 gram
37,5 mm	1 1/2 in	10 kg	1 kg
75,0 mm	3 in	50 kg	5 kg

Catatan:

- \* Sampel yang digunakan harus lebih atau sama dengan 20 gram
- Gunakan berat sampel yang lebih besar dari batas minimum berat sampel
- Jika sampel tanah yang digunakan kurang dari berat minimum yang disarankan maka harus disertai catatan khusus dalam pelaporan tes
- Jika sampel yang digunakan kurang dari 200 gram namun sampel mengandung partikel kerikil yang relatif banyak maka partikel tersebut tidak termasuk sebagai benda uji
- Jika sampel terdiri dari batuan utuh maka berat minimum sampel adalah 500 gram dan sampel harus dihancurkan menjadi partikel-partikel kecil sesuai kapasitas cawan dan timbangan
- Gunakan sampel minimal 2
- Pengambilan sampel dalam kondisi tidak terganggu (undisturbed)

#### 4. Prosedur Percobaan

- Siapkan 3 buah cawan yang bersih dan kering. Timbang dan catat berat cawan.
- Ambil sampel tanah sesuai dengan syarat minimum berat sampel. Lebihkan sampel yang diambil sehingga menghasilkan hasil yang lebih signifikan. Tempatkan sampel pada cawan yang sudah ditimbang dan dicatat beratnya.
- Timbang cawan beserta sampel tanah dan catat hasilnya.

Catatan:



- i. Pengujian kadar air harus dilaksanakan segera setelah pengambilan sampel. Apabila pengujian tidak langsung dilaksanakan maka sampel tanah beserta cawan harus ditempatkan di dalam desikator untuk menjaga kadar air.
  - ii. Pastikan untuk memberi label pada masing-masing cawan sampel agar tidak tertukar.
- d. Lakukan pengeringan sampel dengan cara memasukkan sampel tanah beserta cawan ke dalam oven pengering dengan temperatur  $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$ . Durasi pengeringan akan bervariasi tergantung dari jenis material, jenis spesimen, tipe dan kapasitas oven pengering.

Catatan:

- i. Pada banyak kasus, durasi dari pengeringan sampel adalah sekitar 12 sampai 16 jam. Atau hingga perubahan berat tidak signifikan (setelah dilakukan pengeringan lanjutan)
  - ii. Sampel yang berupa pasir biasanya dikeringkan hingga mencapai berat konstan dengan waktu sekitar 4 jam.
  - iii. Sampel yang sudah kering dapat menyerap kadar air dari sampel yang masih basah. Sampel kering harus dikeluarkan sebelum sampel basah dimasukkan dalam oven yang sama. Tapi hal tersebut tidak berlaku apabila sampel yang dikeringkan sebelumnya tetap berada di dalam oven untuk penambahan waktu pengeringan.
  - iv. Beberapa jenis tanah organik terdekomposisi selama pengeringan dibawah temperatur  $110^{\circ}\text{C}$ . Temperatur tersebut terlalu tinggi untuk tanah yang mengandung gypsum. Untuk tanah dengan jenis tersebut, berdasarkan ASTM, temperatur yang sesuai adalah  $60^{\circ}\text{C}$ .
- e. Ambil cawan dengan sampel tanah yang sudah dikeringkan lalu dinginkan cawan beserta sampel tanah sesuai suhu ruangan atau sampai cawan dapat dipegang dengan tangan.
- Catatan: Pendinginan dalam desikator dianjurkan untuk menghindari terserapnya kadar
- f. Timbang cawan beserta sampel kering.

## 5. Data dan Perhitungan

- a. Data





Laporan hasil pengujian dituliskan pada formulir yang terlampir. Data yang diambil selama praktikum adalah sebagai berikut.

Data yang Diambil

No.	Proses	Data yang Diambil	Simbol	Sat.	Jumlah Data Total	Keterangan
1	Perhitungan kadar air	Berat Cawan	$W_3$	gr	3	
		Berat Cawan + Tanah basah	$W_1$	gr	3	
		Berat Cawan + Tanah kering	$W_2$	gr	3	

b. Perhitungan

Berat cawan + tanah basah =  $W_1$  (gram)

Berat cawan + tanah kering =  $W_2$  (gram)

Berat cawan kosong =  $W_3$  (gram)

Kadar air:

$$W = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_3} \times 100\%$$

Kadar air rata – rata:

$$\bar{W} = \frac{W_i + W_{ii} + W_{iii}}{3} (\%)$$

Dimana:

$W_i$  = kadar air hasil pengujian pertama

$W_{ii}$  = kadar air hasil pengujian kedua

$W_{iii}$  = kadar air hasil pengujian ketiga

Kadar air dilaporkan dalam persen dengan ketelitian satu angka di belakang koma.

Catatan: Batas toleransi perbedaan kadar air antara kedua sampel  $\pm 5\%$ . Jika melebihi batas tersebut data kadar air tidak valid.

## 6. Tabel, Grafik, dan Analisis



Lakukan analisis berdasarkan kadar air yang didapat dari masing-masing sampel, apakah memenuhi syarat selisih kadar air  $\pm 5\%$  atau tidak. Jika tidak memenuhi, berikan alasan dan analisis. Sertakan pula tabel perhitungan kadar air.

## **7. Kesimpulan**

Buatlah kesimpulan yang mengacu pada tujuan praktikum dan saran untuk perbaikan di masa mendatang.



## **MODUL 2**

### **PEMERIKSAAN BERAT VOLUME TANAH**

#### **1. Tujuan**

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat volume tanah dengan uji laboratorium.

#### **2. Standar Pengujian**

ASTM D 422-63 Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils.

#### **3. Alat dan Bahan**

- a. Alat
- b. Drive cylinder tanpa draat, dengan diameter (50-140 mm)
- c. Cawan
- d. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ .
- e. Neraca dengan ketelitian 0,01 gram

#### **4. Prosedur Percobaan**

- a. Siapkan cawan kosong dan timbang dengan menggunakan neraca.
- b. Hitung volume drive cylinder dengan menggunakan alat ukur.
- c. Masukkan tanah kedalam drive cylinder lalu keluarkan tanah dari drive cylinder kedalam cawan kosong dan timbang cawan berserta tanah tersebut untuk menentukan berat tanah basah.
- d. Tanah bersama cawan dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam.
- e. Setelah 24 jam, timbang cawan bersama isinya untuk menentukan berat tanah kering.

Catatan:

- i. Pengujian kadar air harus dilaksanakan segera setelah pengambilan sampel. Apabila pengujian tidak langsung dilaksanakan maka sampel tanah beserta cawan harus ditempatkan di dalam desikator untuk menjaga kadar air.
- ii. Pastikan untuk memberi label pada masing-masing cawan sampel agar tidak tertukar.

#### **5. Data dan Perhitungan**

- a. Data



Laporan hasil pengujian dituliskan pada formulir yang terlampir. Data yang diambil selama praktikum adalah sebagai berikut.

No	Proses	Data yang Diambil	Simbol	Satuan	Jumlah Data Total	Keterangan
1	Pengukuran Volume Drive Cylinder	Diameter	D	mm	6	Masing-masing percobaan dilakukan dengan menggunakan 2 drive cylinder
		Tinggi	h	mm	6	
		Berat	m	gr	2	
2	Penentuan Kadar Air	Berat Cawan	$W_1$	gr	2	
		Berat Cawan + Tanah Basah	$W_2$	gr	2	
		Berat Cawan + Tanah Kering	$W_3$	gr	2	
3	Penentuan Berat Volume	Berat Volume Basah (Berat Isi Tanah)	$\gamma_m$	gr/cm <sup>3</sup>	2	
		Berat Volume Kering (Dry Unit Weight)	$\gamma_d$	gr/cm <sup>3</sup>	2	

#### b. Perhitungan

Hitunglah parameter sampel tanah sebagai berikut:

##### a. Hitung kadar air tanah:

$$W = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_3} \times 100\%$$

Dimana:

$W_1$  = berat cawan + tanah basah

$W_2$  = berat cawan + tanah kering

$W_3$  = berat cawan

$W$  = kadar air

b. Hitung berat isi tanah :  $\gamma_m = \frac{\text{Berat Tanah Asli}}{\text{Volume Cylinder}} \text{ [gr/cm}^3\text{]}$ , cari rata-ratanya.

c. Hitung dry unit weight :  $\gamma_d = \frac{\gamma_m}{1 + W} \text{ [gr/cm}^3\text{]}$ , cari rata-ratanya.

#### 6. Tabel, Grafik, dan Analisis

Berikut adalah tabel yang harus disertakan didalam laporan:

No.	Tabel
1	Tabel Perhitungan Kadar Air



2	Tabel Perhitungan Berat Volume (moist, dry)
---	---

## 7. Kesimpulan

Buatlah kesimpulan yang mengacu pada tujuan praktikum dan saran untuk perbaikan di masa mendatang.



## **MODUL 3**

### **PEMERIKSAAN BERAT JENIS TANAH**

#### **1. Tujuan**

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan nilai berat jenis tanah ( $G_s$ ) dengan menggunakan piknometer.

#### **2. Standar Pengujian**

ASTM D 854 Laboratory Determination of Specific Gravity of Soil Solids by Water Picnometer.

SNI 1964:2008 Cara Uji Berat Jenis Tanah.

#### **3. Alat dan Bahan**

- a. Piknometer dengan kapasitas minimum 100 ml
- b. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ .
- c. Neraca dengan ketelitian 0,01 gram
- d. Termometer  $(0 - 50) ^\circ\text{C}$  dengan ketelitian pembacaan  $0,5 ^\circ\text{C}$ .
- e. Tungku listrik (Cookplat)
- f. Gliserine
- g. Handuk Kering (Kain Lap)
- h. Mortar + penumbuk
- i. Cawan
- j. Sample tanah
- k. Botol berisi air suling

#### **4. Prosedur Percobaan**

- a. Kalibrasi piknometer
  - a. Siapkan piknometer, cuci dengan air suling dan keringkan. Timbang piknometer menggunakan timbangan dengan ketelitian 0.01gram sebanyak 5 kali pembacaan untuk mendapatkan  $M_p$ .
  - b. Isi piknometer dengan air suling sampai penuh atau sampai ketika ditutup, air menyembrot keluar dari lubang yang terdapat pada tutup piknometer. Keringkan bagian luar piknometer, lalu timbang piknometer beserta air di dalamnya menggunakan timbangan dengan ketelitian 0.01gram sebanyak 5 kali



pembacaan untuk mendapatkan  $M_{pw, c}$ . Tutuplah piknometer dengan perlahan-lahan.

- c. Ukur suhu air di dalam piknometer tersebut menggunakan termometer. Gunakan data suhu tersebut untuk menentukan berat jenis air ( $\rho_{w, c}$ ).

b. Pengukuran berat jenis

- a. Siapkan sample tanah secukupnya (maksimal 35 gram) kemudian oven sample tanah selama 24 jam, setelah itu dinginkan dalam desikator;
- b. Masukkan benda uji kering oven ke dalam piknometer kosong kering yang telah dikalibrasi. Timbang piknometer beserta benda uji (tumbuk jika diperlukan) menggunakan timbangan dengan ketelitian 0.01 gram untuk mendapatkan  $M_{ps, t}$ .
- t. Gunakan piknometer yang sama saat pengujian ini dengan yang di kalibrasi.

Catatan:

- Apabila spesimen tanah tidak dapat dimasukkan kedalam piknometer perkecil ukuran specimen dengan cara menggerusnya dengan mortar sehingga dapat dimasukkan ke dalam piknometer
  - Piknometer yang digunakan haruslah piknometer yang sama dengan yang dikalibrasi
- c. Tambahkan air suling ke dalam piknometer berisi benda uji tersebut sampai terisi  $\frac{1}{2}$  piknometer. Kemudian goyang-goyangkan piknometer pada posisi tegaknya dengan arah goyangan berlawanan jarum jam untuk memastikan seluruh tanah telah tercampur air. Volume benda uji dan air jangan melebihi  $\frac{2}{3}$  piknometer
- d. Didihkan piknometer selama beberapa menit dalam larutan gliserin diatas cookplant untuk menghilangkan udara yang terperangkap
- e. Tambahkan air suling kedalam campuran di dalam piknometer yang telah didihkan sampai dengan tinggi air. Untuk tanah lempung, diamkan benda uji tersebut selama 24 jam.
- f. Timbang berat piknometer tersebut untuk mendapatkan nilai  $M_{pws, t}$
- g. Ukur suhu air menggunakan termometer untuk menentukan berat jenis air ( $\rho_{w, t}$ )

## 5. Data dan Perhitungan

- a. Data



Laporan hasil pengujian dituliskan pada formulir yang terlampir. Data yang diambil selama praktikum adalah sebagai berikut.

No.	Proses	Data yang Diambil	Simbol	Sat.	Jumlah Data Total	Keterangan
1	Kalibrasi Piknometer	Berat Piknometer	$M_p$	gr	5	
		Berat Piknometer + Air	$M_{pw,c}$	gr	5	
		Temperatur Air	T	°C	5	
2	Pengukuran Berat Jenis	Berat Piknometer + Tanah	$M_{ps,t}$	gr	1	
		Berat Piknometer + Tanah + Air	$M_{pws,t}$	gr	1	
		Temperatur Air	T	°C	1	

b. Perhitungan

Hitung volume piknometer dengan rumus:

$$V_p = \frac{M_{pw,c} - M_p}{\rho_{w,c}}$$

di mana:

$V_p$  = Volume piknometer

$M_{pw,c}$  = Berat rata-rata piknometer dan air saat suhu kalibrasi

$M_p$  = Berat piknometer kosong

$\rho_{w,c}$  = Berat jenis air pada suhu kalibrasi

Hitung Specific Gravity menggunakan rumus:

$$G_s = \frac{\rho_s}{\rho_{w,t}} = \frac{M_s}{(M_{pw,t} - (M_{pws,t} - M_s))}$$

dengan:

$$M_{pw,t} = M'_p + (V'_p * \rho_{w,t})$$

$$M_s = M_{ps,t} - M_p$$

di mana:

$M_{ps,t}$  = Berat piknometer dan tanah kering oven pada saat pengujian

$M_s$  = Berat tanah kering oven

$M_{pw,t}$  = Berat piknometer dan air pada saat pengujian

$\rho_{w,t}$  = Berat jenis air pada saat pengujian





$G_s$  = Berat jenis tanah

$M_{pws, t}$  = Berat piknometer, tanah dan air pada suhu pengujian

$V_p$  = Volume piknometer rata-rata

$M'_p$  = Berat piknometer rata-rata



TABLE 2 Density of Water and Temperature Coefficient (K) for Various Temperatures<sup>4</sup>

Temperature (°C)	Density (g/mL) <sup>a</sup>	Temperature Coefficient (K)	Temperature (°C)	Density (g/mL) <sup>a</sup>	Temperature Coefficient (K)	Temperature (°C)	Density (g/mL) <sup>a</sup>	Temperature Coefficient (K)	Temperature (°C)	Density (g/mL) <sup>a</sup>	Temperature Coefficient (K)
15.0	0.99910	1.00090	16.0	0.99895	1.00074	17.0	0.99878	1.00057	18.0	0.99860	1.00039
.1	0.99909	1.00088	.1	0.99893	1.00072	.1	0.99876	1.00055	.1	0.99858	1.00037
.2	0.99907	1.00087	.2	0.99891	1.00071	.2	0.99874	1.00054	.2	0.99856	1.00035
.3	0.99906	1.00085	.3	0.99890	1.00069	.3	0.99872	1.00052	.3	0.99854	1.00034
.4	0.99904	1.00084	.4	0.99888	1.00067	.4	0.99871	1.00050	.4	0.99852	1.00032
.5	0.99902	1.00082	.5	0.99886	1.00066	.5	0.99869	1.00048	.5	0.99850	1.00030
.6	0.99901	1.00080	.6	0.99885	1.00064	.6	0.99867	1.00047	.6	0.99848	1.00028
.7	0.99899	1.00079	.7	0.99883	1.00062	.7	0.99865	1.00045	.7	0.99847	1.00026
.8	0.99898	1.00077	.8	0.99881	1.00061	.8	0.99863	1.00043	.8	0.99845	1.00024
.9	0.99896	1.00076	.9	0.99879	1.00059	.9	0.99862	1.00041	.9	0.99843	1.00022
19.0	0.99841	1.00020	20.0	0.99821	1.00000	21.0	0.99799	0.99979	22.0	0.99777	0.99957
.1	0.99839	1.00018	.1	0.99819	0.99998	.1	0.99797	0.99977	.1	0.99775	0.99954
.2	0.99837	1.00016	.2	0.99816	0.99996	.2	0.99795	0.99974	.2	0.99773	0.99952
.3	0.99835	1.00014	.3	0.99814	0.99994	.3	0.99793	0.99972	.3	0.99770	0.99950
.4	0.99833	1.00012	.4	0.99812	0.99992	.4	0.99791	0.99970	.4	0.99768	0.99947
.5	0.99831	1.00010	.5	0.99810	0.99990	.5	0.99789	0.99968	.5	0.99766	0.99945
.6	0.99829	1.00008	.6	0.99808	0.99987	.6	0.99786	0.99966	.6	0.99764	0.99943
.7	0.99827	1.00006	.7	0.99806	0.99985	.7	0.99784	0.99963	.7	0.99761	0.99940
.8	0.99825	1.00004	.8	0.99804	0.99983	.8	0.99782	0.99961	.8	0.99759	0.99938
.9	0.99823	1.00002	.9	0.99802	0.99981	.9	0.99780	0.99959	.9	0.99756	0.99936
23.0	0.99754	0.99933	24.0	0.99730	0.99909	25.0	0.99705	0.99884	26.0	0.99679	0.99858
.1	0.99752	0.99931	.1	0.99727	0.99907	.1	0.99702	0.99881	.1	0.99676	0.99855
.2	0.99749	0.99929	.2	0.99725	0.99904	.2	0.99700	0.99879	.2	0.99673	0.99852
.3	0.99747	0.99926	.3	0.99723	0.99902	.3	0.99697	0.99876	.3	0.99671	0.99850
.4	0.99745	0.99924	.4	0.99720	0.99899	.4	0.99694	0.99874	.4	0.99668	0.99847
.5	0.99742	0.99921	.5	0.99717	0.99897	.5	0.99692	0.99871	.5	0.99665	0.99844
.6	0.99740	0.99919	.6	0.99715	0.99894	.6	0.99689	0.99868	.6	0.99663	0.99842
.7	0.99737	0.99917	.7	0.99712	0.99892	.7	0.99687	0.99866	.7	0.99660	0.99839
.8	0.99735	0.99914	.8	0.99710	0.99889	.8	0.99684	0.99863	.8	0.99657	0.99836
.9	0.99732	0.99912	.9	0.99707	0.99887	.9	0.99681	0.99860	.9	0.99654	0.99833
27.0	0.99652	0.99831	28.0	0.99624	0.99803	29.0	0.99595	0.99774	30.0	0.99565	0.99744
.1	0.99649	0.99828	.1	0.99621	0.99800	.1	0.99592	0.99771	.1	0.99562	0.99741
.2	0.99646	0.99825	.2	0.99618	0.99797	.2	0.99589	0.99768	.2	0.99559	0.99738
.3	0.99643	0.99822	.3	0.99615	0.99794	.3	0.99586	0.99765	.3	0.99556	0.99735
.4	0.99641	0.99820	.4	0.99612	0.99791	.4	0.99583	0.99762	.4	0.99553	0.99732
.5	0.99638	0.99817	.5	0.99609	0.99788	.5	0.99580	0.99759	.5	0.99550	0.99729
.6	0.99635	0.99814	.6	0.99607	0.99785	.6	0.99577	0.99756	.6	0.99547	0.99726
.7	0.99632	0.99811	.7	0.99604	0.99783	.7	0.99574	0.99753	.7	0.99544	0.99723
.8	0.99629	0.99808	.8	0.99601	0.99780	.8	0.99571	0.99750	.8	0.99541	0.99720
.9	0.99627	0.99806	.9	0.99598	0.99777	.9	0.99568	0.99747	.9	0.99538	0.99716

<sup>4</sup>Reference: CRC Handbook of Chemistry and Physics, David R. Lide, Editor-in-Chief, 74<sup>th</sup> Edition, 1993–1994.  
<sup>a</sup>mL = cm<sup>3</sup>.

## 6. Tabel, Grafik, dan Analisis

Berikut adalah tabel yang harus dicantumkan dalam laporan:

No.	Tabel
1.	Tabel Perhitungan Kalibrasi dan Berat Jenis

## 7. Kesimpulan

Buatlah kesimpulan yang mengacu pada tujuan praktikum dan saran untuk perbaikan di masa mendatang.



## MODUL 4

### PEMERIKSAAN UKURAN BUTIRAN TANAH

#### PEMERIKSAAAN UKURAN BUTIRAN TANAH DENGAN ANALISIS SARINGAN

##### 1. Tujuan

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan distribusi butir (gradasi) dari suatu sampel tanah dengan menggunakan saringan ukuran paling kecil tertahan di saringan no 200 dan menentukan klasifikasi tanah (USCS) Unified Soil Classification Sytem sesuai hasil pemeriksaan gradasi butir tanah.

##### 2. Standar Pengujian

ASTM D 422-63 Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils.

##### 3. Alat dan Bahan

- a. Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0,2 % dari berat benda uji.
- b. Satu set saringan: No.4; No.10; No.20; No.40; No.60; No.140 dan No. 200 (ASTM) Note: untuk saringan yang ada di lab: no.4 ; no.10 ; no.18 ; no.35 ; no.60 ; no.100 dan no. 200.
- c. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai  $(110 \pm 5)^\circ \text{C}$ .
- d. Mesin pengguncang saringan
- e. Talam-talam
- f. Kuas, sikat kuningan, sendok dan alat-alat lainnya.
- g. Benda uji (sampel tanah) lebih besar dari saringan no. 200 dengan massa lebih dari 200 gram dengan prosedur persiapan seperti di bawah ini.

##### 4. Prosedur Percobaan

- a. Siapkan sampel tanah **lebih dari 200 gram** untuk percobaan ini sekaligus percobaan analisis hidrometer.
- b. Cuci sampel dengan cara merendam tanah dengan sedikit air, lalu buang busa dan zat organik pada tanah. Hati-hati jangan sampai tanah di rendaman air terbuang.



- c. Oven sampel tanah selama 24 jam, kemudian gerus atau tumbuk perlahan dengan penumbuk karet untuk memisahkan partikel-partikel tanah, tetapi jangan sampai mengubah gradasi alami yang dimiliki sampel.
- d. Saring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama kira-kira 15 menit. Saring sampel tanah dengan set saringan hingga:
  - a. memperoleh 50 gram tanah di pan yang kemudian dipisahkan untuk percobaan analisis hidrometer;
  - b. menyisakan > 200 gram tanah di saringan nomor 4 hingga 200.
- e. Timbang berat cawan.
- f. Sampel yang melewati analisis saringan dikumpulkan kembali, untuk kemudian ditimbang beserta cawannya.
- g. Lakukan perhitungan Specific Gravity sesuai dengan modul Berat Jenis dari sampel analisis saringan

Catatan: jika tanah yang lolos saringan No.200 < 50 gram maka dapat ditambahkan dengan cara menumbuk kembali tanah yang tertahan di saringan no.200 dan saringan no.100, setelah proses penyaringan dilakukan. Maka dari itu disarankan untuk melebihkan sampel agar tidak perlu dilakukan pengulangan, tetapi tetap secukupnya.

## 5. Data dan Perhitungan

- a. Data

Data yang diambil merupakan berat tertahan di masing-masing ukuran saringan.

- b. Perhitungan

Berat Sampel (pada percobaan analisis saringan) = ... gram

$$\text{Berat Total Sampel} = \text{Berat Sampel}_{\text{ansar}} + \text{Berat Sampel}_{\text{hidrometer}}$$

$$\% \text{ Tertahan} = \frac{\text{Berat Sampel Tertahan}}{\text{Berat Total Sampel}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Kumulatif Tertahan} = \frac{\sum_{n=1}^i (\text{Berat Sampel Tertahan})_i}{\text{Berat Total Sampel}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Lolos} = \frac{\text{Berat total sampel} - \sum_{n=1}^i (\text{Berat Sampel Tertahan})_i}{\text{Berat Total Sampel}} \times 100\%$$



Setelah dilakukan perhitungan di atas, dihitung pula ukuran efektif (effective size), koefisien keseragaman (uniformity coefficient), dan koefisien gradasi (coefficient of gradation). Diameter dalam kurva distribusi ukuran butiran yang bersesuaian dengan 10% lolos ayakan didefinisikan sebagai ukuran efektif ( $D_{10}$ ). Selain  $D_{10}$ , perlu dicari pula nilai  $D_{30}$  dan  $D_{60}$ . Nilai-nilai  $D$  dapat diketahui dari kurva % Lolos vs Diameter Partikel (mm). Koefisien keseragaman dan koefisien gradasi masing-masing dinyatakan sebagai:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$
$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

$C_u$  = koefisien keseragaman

$D_{60}$  = diameter yang bersesuaian dengan 60 % lolos ayakan

$C_c$  = koefisien gradasi

$D_{30}$  = diameter yang bersesuaian dengan 30 % lolos ayakan



## PEMERIKSAAAN UKURAN BUTIRAN TANAH DENGAN HIDROMETER

### 1. Tujuan

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian ukuran butir (gradasi) dari tanah yang lewat saringan no.200 atau lebih kecil dari 0.075mm.

### 2. Standar Pengujian

ASTM D 422-63 Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils.

### 3. Alat dan Bahan

- a. Hydrometer dengan skala-skala konsentrasi (5 – 60 gram per liter) atau untuk pembacaan berat jenis campuran (0,995 – 1,038).
- b. Sampel tanah 50 gr untuk tanah lempung, dan 100 gr untuk pasir
- c. Larutan dispersi berupa water glass sebanyak 20ml atau dengan sodium hexametaphosphat sebanyak 125ml.(bandingkan)
- d. Mortar
- e. Tabung-tabung gelas ukuran kapasitas 1000 ml, dengan diameter 6,5 cm. (ASTM)
- f. Termometer 0 – 50 °C ketelitian 0,1°C (ASTM 0,5 C)
- g. Pengaduk mekanis dan mangkuk dispersi (mechanical stirrer)
- h. Neraca dengan ketelitian 0,01 gram
- i. Saringan no. 200
- j. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$
- k. Batang pengaduk dari gelas
- l. Stopwatch
- m. Beaker 250 ml

### 4. Prosedur Percobaan

- a. Ambil sampel tanah kering oven yang telah melalui saringan no.200 seberat 50gr (sampel tanah harus sama dengan sampel tanah pada analisis saringan).
- b. Rendam benda uji dengan larutan dispersi, tambahkan air hingga semua tanah terendam, lalu aduk sampai merata dengan pengaduk dan biarkan terendam selama seminimal-minimalnya 16 jam (SNI 12 jam)



- c. Pindahkan hasil dispersi ke mangkuk dispersi, tambahkan air hingga mangkuk setengah penuh. Aduk hasil dispersi dengan mechanical stirrer selama 5 menit (kalau di SNI tergantung nilai PI, Tanah dengan  $PI \leq 5$  membutuhkan waktu pengadukan selama 5 menit, tanah dengan  $6 \leq PI \leq 20$  perlu waktu aduk 10 menit dan tanah dengan  $PI > 20$  perlu waktu aduk 15 menit, sedangkan tanah yang mengandung banyak mika diperlukan waktu pengadukan hanya 1 menit)
- d. Segera setelah diaduk, masukkan hasil dispersi ke dalam tabung gelas, lalu tambahkan air hingga 1000 mL.
- e. Tutup rapat-rapat mulut tabung dengan telapak tangan, kocok tabung secara vertikal dengan dibolak-balik selama 1 menit, dengan 60 kali pengocokan. Pengocokan ke arah bawah dan ke arah atas dihitung sebanyak 2 kali.
- f. Pada periode bergejolaknya air dalam tabung, jika perlu material yang lengket pada
- g. dinding atas tabung harus dibilas dengan sedikit air.
- h. Segera setelah dikocok letakkan tabung dengan hati-hati, masukkan hydrometer. Biarkan hydrometer terapung bebas dan tekanlah stopwatch. Bacalah angka skala (R) pada  $\frac{1}{2}$ , 1 dan 2 menit dan catat pada formulir pemeriksaan hydrometer. Sesudah pembacaan pada menit kedua, angkatlah hydrometer dengan hati-hati, cuci dengan air suling dan masukkan ke dalam tabung yang berisi air suling yang bersuhu sama seperti suhu tabung percobaan. Cek temperatur dari dispersi setelah hidrometer dikeluarkan.
- i. Pembacaan hidrometer dilakukan pada batas atas cekungan permukaan dalam tabung (meniskus).
- j. Baca skala hidrometer pada tabung yang berisi air untuk menentukan faktor koreksi dari air ( $R_a$ ).
- k. Baca skala hidrometer pada interval 5, 15, 30, 60, 250, 1440 menit. 20-25 detik sebelum pembacaan hidrometer dilakukan, masukkan kembali hidrometer dengan hati-hati ke dalam larutan dispersi, lalu baca skalanya ketika interval tersebut. Setelah pembacaan dilakukan, angkat hidrometer dan masukkan ke dalam tabung yang berisi air. Catat temperatur pada setiap pembacaan.
- l. Setelah pembacaan terakhir, buang campuran pada tabung dan cucilah tabung sampai air pencucinya jernih dan biarkan air ini mengalir terbuang.

## 5. Data dan Perhitungan



## 1. Data

Laporan hasil pengujian dituliskan pada formulir yang terlampir. Data yang diambil selama praktikum adalah sebagai berikut.

No.	Proses	Data yang Diambil	Simbol	Sat.	Jumlah Data Total	Keterangan
1	Pembacaan Hidrometer	Faktor Koreksi	Ra		9	
		Angka Skala	R		9	
		Temperatur	T	°C	9	

## 2. Perhitungan

Dalam analisis hidrometer digunakan rumus berikut:

$$P = \frac{(R - Ra)\alpha}{W_c} \times 100\%$$

P = persentase tanah lolos (%)

R = bacaan hidrometer pada dispersi

Ra = bacaan hidrometer pada air

$\alpha$  = faktor koreksi terhadap Gs (lihat tabel Faktor Koreksi ( $\alpha$ ) terhadap nilai Gs)

**Faktor Koreksi ( $\alpha$ ) terhadap nilai Gs**

Specific Gravity	Correction Factor <sup>A</sup>
2.95	0.94
2.90	0.95
2.85	0.96
2.80	0.97
2.75	0.98
2.70	0.99
2.65	1.00
2.60	1.01
2.55	1.02
2.50	1.03
2.45	1.05

Sumber: ASTM D 422-63 Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils

Tentukan diameter partikel yang terjadi pada setiap interval pembacaan hidrometer.

Persamaan untuk menentukan diameter partikel tersebut adalah sebagai berikut:



$$D = K \sqrt{\frac{L}{T}}$$

D = diameter partikel (mm)

$$K = \sqrt{\frac{30\eta}{(G_s - 1)}}$$

merupakan fungsi dari temperatur dan  $G_s$ . (Lihat Tabel Nilai K untuk menghitung Diameter Partikel dalam Analisis Hidrometer)

L = kedalaman efektif hidrometer (cm). Kedalaman efektif berubah-ubah untuk setiap bacaan hidrometer. (Lihat Tabel Kedalaman Efektif Hidrometer)

T = interval pembacaan hidrometer (menit)

### Nilai K untuk menghitung Diameter Partikel dalam Analisis Hidrometer

Temperature, °C	Specific Gravity of Soil Particles								
	2.45	2.50	2.55	2.60	2.65	2.70	2.75	2.80	2.85
16	0.01510	0.01505	0.01481	0.01457	0.01435	0.01414	0.01394	0.01374	0.01356
17	0.01511	0.01486	0.01462	0.01439	0.01417	0.01396	0.01376	0.01356	0.01338
18	0.01492	0.01467	0.01443	0.01421	0.01399	0.01378	0.01359	0.01339	0.01321
19	0.01474	0.01449	0.01425	0.01403	0.01382	0.01361	0.01342	0.1323	0.01305
20	0.01456	0.01431	0.01408	0.01386	0.01365	0.01344	0.01325	0.01307	0.01289
21	0.01438	0.01414	0.01391	0.01369	0.01348	0.01328	0.01309	0.01291	0.01273
22	0.01421	0.01397	0.01374	0.01353	0.01332	0.01312	0.01294	0.01276	0.01258
23	0.01404	0.01381	0.01358	0.01337	0.01317	0.01297	0.01279	0.01261	0.01243
24	0.01388	0.01365	0.01342	0.01321	0.01301	0.01282	0.01264	0.01246	0.01229
25	0.01372	0.01349	0.01327	0.01306	0.01286	0.01267	0.01249	0.01232	0.01215
26	0.01357	0.01334	0.01312	0.01291	0.01272	0.01253	0.01235	0.01218	0.01201
27	0.01342	0.01319	0.01297	0.01277	0.01258	0.01239	0.01221	0.01204	0.01188
28	0.01327	0.01304	0.01283	0.01264	0.01244	0.01225	0.01208	0.01191	0.01175
29	0.01312	0.01290	0.01269	0.01249	0.01230	0.01212	0.01195	0.01178	0.01162
30	0.01298	0.01276	0.01256	0.01236	0.01217	0.01199	0.01182	0.01165	0.01149

Sumber: ASTM D 422-63 Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils





### Kedalaman Efektif Hidrometer

Actual Hydrometer Reading	Effective Depth, L, cm	Actual Hydrometer Reading	Effective Depth, L, cm	Actual Hydrometer Reading	Effective Depth, L, cm
1.000	16.3	0	16.3	31	11.2
1.001	16.0	1	16.1	32	11.1
1.002	15.8	2	16.0	33	10.9
1.003	15.5	3	15.8	34	10.7
1.004	15.2	4	15.6	35	10.6
1.005	15.0	5	15.5		
1.006	14.7	6	15.3	36	10.4
1.007	14.4	7	15.2	37	10.2
1.008	14.2	8	15.0	38	10.1
1.009	13.9	9	14.8	39	9.9
1.010	13.7	10	14.7	40	9.7
1.011	13.4	11	14.5	41	9.6
1.012	13.1	12	14.3	42	9.4
1.013	12.9	13	14.2	43	9.2
1.014	12.6	14	14.0	44	9.1
1.015	12.3	15	13.8	45	8.9
1.016	12.1	16	13.7	46	8.8
1.017	11.8	17	13.5	47	8.6
1.018	11.5	18	13.3	48	8.4
1.019	11.3	19	13.2	49	8.3
1.020	11.0	20	13.0	50	8.1
1.021	10.7	21	12.9	51	7.9
1.022	10.5	22	12.7	52	7.8
1.023	10.2	23	12.5	53	7.6
1.024	10.0	24	12.4	54	7.4
1.025	9.7	25	12.2	55	7.3
1.026	9.4	26	12.0	56	7.1
1.027	9.2	27	11.9	57	7.0
1.028	8.9	28	11.7	58	6.8
1.029	8.6	29	11.5	59	6.6
1.030	8.4	30	11.4	60	6.5
1.031	8.1				
1.032	7.8				
1.033	7.6				
1.034	7.3				
1.035	7.0				
1.036	6.8				
1.037	6.5				
1.038	6.2				

Sumber: ASTM D 422-63 Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils

Tentukan persentase tanah lolos yang telah dikoreksi terhadap hasil analisis saringan:

$$P' = P \times \frac{W_c}{W_s}$$

P' = persentase tanah lolos yang telah dikoreksi (%)

W<sub>c</sub> = berat tanah kering pada uji hidrometer (gr)

W<sub>s</sub> = berat tanah kering pada analisis saringan dan uji hidrometer (gr)



Tentukan diameter partikel pada setiap interval pembacaan hidrometer dengan menyajikannya dalam bentuk tabel. Nilai  $R$ ,  $R_a$ , dan  $T$  di dapat dari praktikum, nilai  $K$  dan  $L$  di peroleh dari table.

## 6. Tabel, Grafik, dan Analisis

Berikut adalah tabel yang harus disertakan dalam laporan:

**Tabel-Tabel Analisis Gradasi**

No.	Tabel
1	Data Berat yang Tertahan di masing-masing Saringan
2	Perhitungan Analisis Saringan setelah Analisis Hidrometer
3	Spesifikasi Data yang Diambil Selama Praktikum Hidrometer
4	Pengolahan Data Analisis Hidrometer

No.	Grafik	Hal-hal yang Perlu Dianalisis
1	Grafik 5.1 Kurva Gradasi Ukuran Butir Analisis Hidrometer, dengan $D(\text{mm})$ sebagai absis dengan skala logaritmik dan $P(\%)$ sebagai ordinat dengan skala normal.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tujuan pembuatan grafik tersebut.</li> <li>• Jenis kurva yang didapatkan.</li> </ul>
2	Grafik 5.2 Kurva Distribusi Ukuran Butiran (Particle Size Distribution Curve). Satukan kurva dari analisis saringan dan uji hidrometer dengan $D(\text{mm})$ sebagai absis dengan skala logaritmik dan presentase lolos $P'(\%)$ sebagai ordinat dengan skala normal.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tujuan pembuatan grafik tersebut.</li> <li>• Jenis kurva yang didapatkan.</li> <li>• Tentukan jenis tanah berdasarkan persentase pembagian butiran Unified Soil Classification Sytem (USCS).</li> <li>• Hubungan antara kurva analisis saringan dengan kurva uji hidrometer.</li> </ul>

## 7. Kesimpulan



Buatlah kesimpulan yang mengacu pada tujuan praktikum dan saran untuk perbaikan di masa mendatang.



## **MODUL 5**

### **PEMERIKSAAN ATTERBERG LIMIT**

#### **PEMERIKSAAAN BATAS CAIR (LIQUID LIMIT)**

##### **1. Tujuan**

Tes ini dimaksudkan untuk menentukan kadar air ( $W_s$ ), dinyatakan dalam %, suatu tanah pada keadaan batas cair. Batas cair ialah kadar air minimum dimana suatu tanah masih keadaan cair.

##### **2. Standar Pengujian**

ASTM D 4318 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils. Philadelphia. Pa.

Soil Mechanics Laboratory Manual 6<sup>th</sup> Edition: Liquid Limit.

##### **3. Alat dan Bahan**

- a. Plat kaca 45 x 45 x 0,9 cm
- b. Sendok dempul
- c. Sendok plastik
- d. Neraca dengan ketelitian 0,01 gram
- e. Cawan untuk menentukan kadar air 3 buah
- f. Tempat air suling
- g. Air suling
- h. Oven yang dilengkapi dengan pengukur suhu untuk memanasi sampai  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$
- i. Alat uji Cassagrande
- j. Alat pembuat alur (grooving tool)
- k. Sampel tanah kering yang telah lolos saringan no. 40 (lihat prosedur bagian persiapan sampel)

##### **4. Prosedur Percobaan**

###### **Persiapan Sample**

- a. Ambil sample tanah  $\pm 200$  gram (tanah dapat bersifat disturbed).
- b. Masukkan sample tanah ke dalam oven dengan suhu  $110^\circ\text{C}$  selama 24 jam atau sampai berat konstan.



- c. Tumbuk tanah sehingga terpecah menjadi pecahan-pecahan individu menggunakan mortar dan penumbuk.

Catatan: Apabila tanah menggumpal keras, tumbuk secara perlahan dengan penumbuk, apabila masih bisa menggunakan tangan untuk memisahnya, gunakan tangan.

- d. Saringlah sampel tanah melewati saringan no. 40.

Catatan: Untuk percobaan ini juga dapat menggunakan sampel dari hasil analisis saringan.

### **Pelaksanaan Praktikum**

- a. Ambillah tanah secukupnya, dan letakkan diatas plat kaca.
- b. Atur kadar air tanah dengan menambahkan air secukupnya sehingga didapat kondisi kadar air yang diinginkan. Campurkan hingga rata menggunakan sendok dempul.
- c. Dengan menggunakan sendok dempul tempatkan campuran tanah pada alat Cassagrande (mangkok), ratakan permukaanya sehingga menyerupai seperti permukaan air yang dituangkan pada mangkok tersebut.
- d. Bagi sampel di dalam mangkok tersebut menjadi dua (dari titik tertinggi hingga terendah pada mangkok), tegak lurus permukaan tanah, menggunakan alat pembuat alur (grooving tool).
- e. Naik dan turunkan mangkok (dengan menggunakan alat pemutar) dengan kecepatan 2 kali jatuh per detik hingga terjadi kontak antara tanah yang terbagi tersebut sepanjang 13mm. Catat jumlah ketukan (N).

Catatan: Untuk validitas data, ulangi langkah 4-6 sampai menghasilkan jumlah ketukan yang kurang lebih sama ( $\pm 2$  ketukan) untuk sampel dengan kadar air yang sama.

- f. Lakukan pengujian kadar air terhadap sampel tanah yang telah di uji (lihat bab **Pemeriksaan Kadar Air**).
- g. Ulangi tahap a-f setidaknya 2 tes lagi, dengan kadar air yang berbeda. Tes dilakukan 3 kali, dengan menghasilkan jumlah ketukan (N) dalam 3 (tiga) rentang berikut: 25-35 ketukan, 20-30 ketukan dan 15-25 ketukan.

Catatan: Lebih baik menambahkan air untuk mendapatkan kadar air yang diinginkan, daripada menambahkan tanah.

## **5. Data dan Perhitungan**

- a. Data



Laporan hasil pengujian dituliskan pada formulir yang terlampir. Data yang diambil selama praktikum adalah sebagai berikut.

No	Proses	Data yang Diambil	Simbol	Sat.	Jumlah Data Total	Keterangan
1	Penentuan Kadar Air (Liquid Limit)	Berat Cawan	$W_1$	g	3	Diperoleh 3 data kadar air
		Berat Cawan + Tanah Basah	$W_2$	g	3	
		Berat Cawan + Tanah Kering	$W_3$	g	3	

b. Perhitungan

Silahkan lihat perhitungan Kadar Air di Modul 1.

## 6. Tabel, Grafik, dan Analisis

Berikut adalah tabel yang harus disertakan di dalam pelaporan:

No.	Tabel
1	Tabel Data Praktikum Liquid Limit

Dari hasil perhitungan data yang telah telah diperoleh sebelumnya, buatlah grafik dan lakukan analisis sebagai berikut:

No.	Grafik	Hal-hal yang Perlu Dianalisis
1	Grafik Kadar Air (skala aritmatik) dalam % vs Jumlah Ketukan (skala logaritma) dalam N	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tentukan nilai LL yaitu kadar air dalam % pada <math>N = 25</math> ketukan.</li> <li>Tujuan pembuatan grafik tersebut.</li> <li>Hubungan jumlah ketukan dan kadar air.</li> </ul>



## **PEMERIKSAAAN BATAS PLASTIS (PLASTIC LIMIT)**

### **1. Tujuan**

Tes ini dimaksudkan untuk menentukan kadar air ( $W_s$ ), dinyatakan dalam %, suatu tanah pada keadaan batas plastis. Batas plastis ialah kadar air minimum dimana suatu tanah masih keadaan plastis.

### **2. Standar Pengujian**

ASTM D 4318 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils. Philadelphia. Pa.

Soil Mechanics Laboratory Manual 6<sup>th</sup> Edition: Plastic Limit.

### **3. Alat dan Bahan**

- a. Plat kaca 45 x 45 x 0,9 cm
- b. Sendok dempul
- c. Sendok plastik
- d. Neraca dengan ketelitian 0,01 gram
- e. Cawan untuk menentukan kadar air 2 buah
- f. Tempat air suling
- g. Air suling
- h. Oven yang dilengkapi dengan pengukur suhu untuk memanasi sampai  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ .
- i. Sampel tanah kering yang lewat saringan no.40

### **4. Prosedur Percobaan**

- a. Ambil 20 gram tanah dari bahan yang sama yang digunakan untuk tes Liquid Limit atau tanah yang tersisa dari tes Liquid Limit.
- b. Ambil tanah (secukupnya), letakkan specimen di dalam cawan.
- c. Atur kadar air tanah dengan menambahkan air hingga tanah mampu digulung tanpa menempel ke tangan dengan menyebarkan secara kontinyu pada cawan.

Catatan: Tambahkan air setetes demi setetes

- d. Gulung specimen tanah tersebut dengan menggunakan telapak tangan (atau jari-jari) terhadap pelat kaca dengan tekanan yang cukup sehingga membentuk gulungan tanah yang seragam dengan diameter 3,2 mm.

Catatan: Waktu menggulung tidak lebih dari 2 menit.



- e. Kumpulkan gulungan-gulungan tanah tersebut, dan masukkan ke 2 wadah yang telah diketahui beratnya sampai kira-kira beratnya 6 gram.

Catatan: Hanya digunakan satu campuran tanah dan air

- f. Periksa kadar air pada keduanya (lihat prosedur pada modul pemeriksaan kadar air).

## 5. Data dan Perhitungan

### 1. Data

Laporan hasil pengujian dituliskan pada formulir yang terlampir. Data yang diambil selama praktikum adalah sebagai berikut.

No	Proses	Data yang Diambil	Simbol	Sat.	Jumlah Data Total	Keterangan
1	Penentuan Kadar Air ( <i>Plastic Limit</i> )	Berat Cawan	$W_1$	g	2	Diperoleh 2 data kadar air
		Berat Cawan + Tanah Basah	$W_2$	g	2	
		Berat Cawan + Tanah Kering	$W_3$	g	2	

### 2. Perhitungan

Silahkan lihat perhitungan Kadar Air di Modul 1.

## 6. Tabel, Grafik, dan Analisis

Berikut adalah tabel yang harus disertakan di dalam pelaporan:

No.	Tabel
1	Tabel Perhitungan Kadar Air Plastic Limit

Berikut ini adalah analisis yang perlu dilakukan:

No.	Analisis
1	Pengaruh kadar air terhadap batas plastis
2	Tentukan $PI = LL - PL$ . Pelaporan disesuaikan dengan format kadar air yaitu satu angka dibelakang angka koma.
3	Klasifikasi tanah sesuai Unified Soil Classification System (USCS) dengan menggunakan hasil pemeriksaan analisa ukuran butiran tanah. Gunakan





	<b>Tabel 4.2</b> Unified Classification System dan <b>Figure 4.2</b> Plasticity chart (Principles of Geotechnical Engineering, 5 <sup>nd</sup> edition. Braja M. Das, 2002)
--	--

## 7. Kesimpulan

Buatlah kesimpulan yang mengacu pada tujuan praktikum dan saran untuk perbaikan di masa mendatang.



## MODUL 6

### KONSOLIDASI

#### 1. Tujuan

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk memahami sifat kemampu mampatan suatu jenis tanah, yaitu sifat-sifat perubahan isi dan proses keluarnya air dari dalam pori tanah yang disebabkan adanya perubahan tekanan vertical yang bekerja pada tanah tersebut akibat pembebanan.

#### 2. Standar Pengujian

ASTM D 2435 One-Dimensional Consolidation Properties of Soils Using Incremental Loading  
Soil Mechanics Laboratory Manual 6<sup>th</sup> Edition: Consolidation Test

#### 3. Alat dan Bahan

- a. Load device dengan akurasi  $\pm 0,5\%$  dari tekanan yang diberikan.  
Beban yang digunakan sebesar 0,316 kg ; 0,632 kg ; 1,264 kg ; 3,16 kg ; 7,9 kg ; 15,8 kg. (beban akan berbeda menyesuaikan pada konversi alat tertentu bisa menggunakan 0.1 kg; 0.2 kg; 0.4 kg; 1 kg; 2.5 kg; dan 5 kg)
- b. Consolidometer dengan toleransi diameter dalam ring sebesar 0,075 mm, minimum diameter spesimen sebesar 50 mm, minimum tinggi spesimen sebesar 12 mm, minimum ratio diameter dan tinggi spesimen sebesar 2,5.
- c. Batu pori
- d. Pengukur deformasi (ketelitian 0,0025 mm)
- e. Alat pengeluar contoh dari dalam tabung (extruder)
- f. Pemotong yang terdiri dari pisau tipis dan tajam serta pisau kawat
- g. Cincin sampel
- h. Neraca dengan ketelitian 0,1 gram
- i. Oven yang dilengkapi dengan pengukur suhu untuk memanasi sampai  $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$
- j. Kertas saring
- k. Stopwatch
- l. Sampel Undisturbed

#### 4. Prosedur Percobaan

- a. Siapkan sampel tanah dari tabung.



Catatan: Siapkan juga sample tanah untuk perhitungan berat jenis tanah.

- b. Dengan menggunakan ring, cetak sampel tanah dan ratakan dengan pisau.
- c. Tempatkan batu pori di bagian atas dan bawah dari cincin sehingga benda uji yang sudah dilapisi kertas saring terapat oleh kedua batu pori, masukkan kedalam consolidometer.
- d. Pasanglah pelat penumpu di atas batu pori.

Catatan: Pada permulaan percobaan, batupori harus benar-benar rapat pada permukaan benda uji, dan pelat penumpu serta alat pembeban harus rapat satu sama lainnya. Jika hal ini tidak diperhatikan, maka pada pembebanan yang pertama mungkin diperoleh pembacaan penurunan yang jauh lebih besar dari pada harga sesungguhnya. Pada konsolidometer dengan waterpass, digunakan waterpass untuk memastikan penumpu tegak lurus pada benda uji.

- e. Letakkan consolidometer yang sudah berisi benda uji pada alat konsolidasi sehingga bagian yang runcing dari pelat penumpu menyentuh tepat pada alat pembeban.

Catatan: Untuk memperhitungkan faktor pengaruh alat diadakan koreksi terhadap pengaruh alat dan dapat ditentukan dengan mempergunakan benda uji besi yang mempunyai ukuran sama dengan ukuran benda uji. Pembebanan dilakukan seperti biasa. Penurunan yang dibaca pada setiap pembebanan adalah harga koreksi yang diperlukan. Dengan batasan penurunan dibatasi sebesar 10mm dengan mengatur sedemikian sehingga dial gauge pada angka mayor berputar pada angka 10.

- f. Penuhi dengan air agar sample tetap jenuh dan diamkan selama 24 jam.
- g. Catat penurunan sampel,  $d$ , pada interval waktu sebagai berikut, 0 ; 0,15 ; 1 ; 2,15 ; 4 ; 6,15 ; 9 ; 12,15 ; 16 ; 20,15 ; 25 ; 36 ; 64 ; 100 ; 1440 menit diukur sejak beban dikenakan pada sampel.

Catatan: Pada beberapa macam tanah tertentu, ada kemungkinan bahwa pada pembebanan yang pertama akan terjadi pengembangan (swelling) setelah sel konsolidasi diisi air. Bilamana hal ini terjadi, pasanglah segera beban yang kedua dan bacalah arloji penurunan seperti di atas. Jika pada pembebanan yang kedua ini masih terjadi pengembangan, maka pasanglah beban ketiga dan seterusnya sampai tidak terjadi pengembangan



- h. Lakukanlah pembebanan dengan kenaikan setiap interval waktu tertentu (24jam). Kenaikan beban yang digunakan kurang lebih dua kali lipat dari beban sebelumnya, yakni 0,1 ; 0,2 ; 0,4 ; 1 ; 2,5 ; 5kg/cm<sup>2</sup>.  
Catatan: Beberapa consolidometer dilengkapi dengan waterpass. Agar beban yang terpasang dapat terus menggantung tepat tegak lurus, tuas beban disesuaikan terlebih dahulu sebelum pelaksanaan penambahan beban. Pastikan pada setiap saat sampel terendam air.
- i. Catat kembali penurunan sampel,  $d$ , akibat beban yang digunakan dengan waktu pencatatan seperti pada poin d.
- j. Setelah semua pembebanan sudah dikenakan pada sampel, lakukan juga unloading sebanyak dua kali dan reloading satu kali.  
Catatan: Pembacaan unloading dilaksanakan pada saat  $t = 0$  dan  $t = 1440$  menit.
- k. Segera setelah pencatatan terakhir selesai, bongkar dengan cepat dan hati-hati, keluarkan ring beserta sampel dari alat konsolidometer dan bersihkan air yang masih menggenang diatas sampel.
- l. Kemudian keluarkan sampel dari ring dan timbang berat tanah basah.
- m. Setelah tanah ditimbang, oven selama 24 jam pada temperatur 110°C dan catat berat kering tanah.

## 5. Data dan Perhitungan

a. Data

Laporan hasil pengujian dituliskan pada formulir yang terlampir. Data yang diambil selama praktikum adalah sebagai berikut.

No.	Proses	Data yang Diambil	Simbol	Sat.	Jumlah Data Total	Keterangan
1	Persiapan Sample	Tinggi Sample	$H_0$	mm	1	
		Diameter Sample	$D$	mm	1	



2	Pembacaan dial reading	Dial Reading ( $t = 0 ; 0,15 ; 1 ; 2,15 ; 4 ; 6,15 ; 9 ; 12,15 ; 16 ; 20,15 ; 25 ; 36 ; 64 ; 100 ; 1440$ menit)	d	mm	16	16 data diperoleh pada setiap pembebanan, untuk unloading hanya saat $t = 0$ dan $t = 1440$ menit
3	Kadar Air	Berat cawan	W1	g	1	
		Berat cawan + tanah basah	W2	g	1	
		Berat cawan + tanah kering	W3	g	1	
4	Penentuan berat jenis (Gs)	Berat picnometer + tutup	$M_{p, c}$	g	1	
		Berat picnometer + tutup + air	$M_{pw, c}$	g	1	
		Suhu air awal	$\rho_{w, c}$	$^{\circ}\text{C}$	1	
		Berat picnometer + tutup + tanah	$M_{ps, t}$	g	1	
		Berat picnometer + tutup + tanah + air	$M_{pws, t}$	g	1	
		Suhu air akhir	$\rho_{w, t}$	$^{\circ}\text{C}$	1	

b. Perhitungan

- Hitunglah berat tanah basah, berat isi dan kadar air benda uji, sebelum dan sesudah percobaan serta hitung pula berat tanah keringnya ( $B_k$ ). Penentuan berat kering dan kadar air dengan cara mengeringkan benda uji segera sesudah test selesai dilakukan.
- Ada dua cara untuk menggambarkan hasil percobaan konsolidasi. Cara pertama adalah membuat grafik penurunan terhadap tekanan, cara kedua adalah membuat grafik angka pori terhadap tekanan. Pada kedua cara ini untuk harga-harga tekanan dipergunakan skala logaritmis. Bila dipakai cara pertama, maka pembacaan penurunan terakhir pada setiap pembebanan digambarkan pada grafik terhadap tekanan. Bila dipakai cara kedua maka dilakukan perhitungan seperti berikut:
- Menghitung tinggi efektif benda uji:



$$\text{Hitung } H_t = \frac{B_k}{A \cdot G}$$

$H_t$  = tinggi efektif benda uji

= tinggi butiran-butiran tanah (jika dianggap menjadi satu)

$A$  = luas benda uji

$G$  = Specific Gravity

$B_k$  = berat tanah kering

- iv. Hitung besar penurunan total ( $\Delta H$ ) yang terjadi pada setiap pembebanan.

$\Delta H$  = pembacaan arloji pada permulaan percobaan dikurangi pembacaan arloji sesudah pembebanan yang bersangkutan.

- v. Hitung angka pori semula (angka pori asli =  $e_0$ ) dengan rumus:

$$e_0 = \frac{H_0 - H_t}{H_t}$$

$H_0$  = tinggi contoh semula

- vi. Hitung perubahan angka pori ( $\Delta e$ ) pada setiap pembebanan dari rumus:

$$\Delta e = \frac{\Delta H}{H_t}$$

- vii. Hitung angka pori ( $e$ ) pada setiap pembebanan dengan rumus:

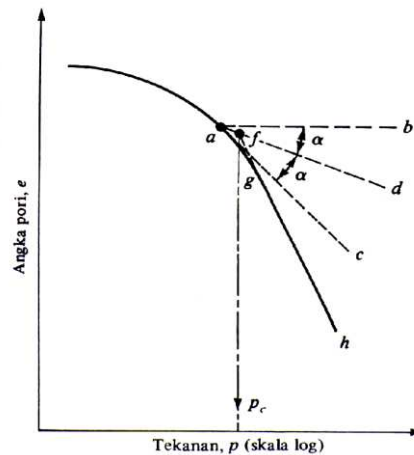
$$e = e_0 - \Delta e$$

- viii. Gambarkanlah harga-harga angkapori ini pada grafik angka pori terhadap tekanan, dengan mempergunakan skala logaritmis untuk tekanan. Dari grafik angka pori terhadap tekanan dapat ditentukan nilai preconsolidation pressure ( $P_c$ ) dengan metode cassagrande (Braja edisi ke-5, hal. 276) sebagai berikut:

- Dengan melakukan pengamatan secara visual pada grafik, tentukan titik di mana grafik  $e$  versus  $\log p$  memiliki jari-jari kelengkungan yang paling minimum.



- Gambar garis datar ab.
- Gambar garis singgung ac pada titik a.
- Gambar garis ad yang merupakan garis bagi sudut bac.
- Perpanjang bagian grafik e versus log p yang merupakan garis lurus hingga memotong garis ad di titik f.
- Absis untuk titik f adalah besarnya tekanan prakonsolidasi ( $p_c$ ).

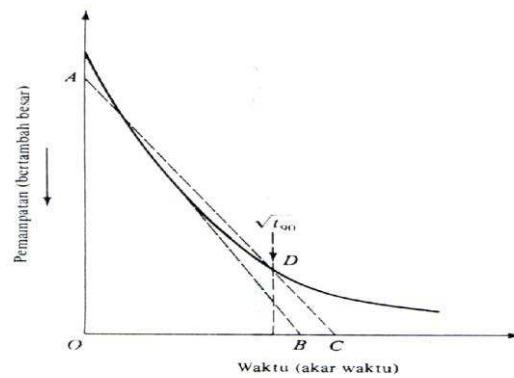


ix. Perhitungan nilai  $C_v$  dapat dilakukan dengan rumus berikut

$$C_v = \frac{0.848 \times H_{dr}^2}{t_{90}}$$

Nilai  $t_{90}$  dapat ditentukan dengan menggunakan grafik dial reading terhadap akar waktu.

- Gambar suatu garis AB melalui bagian awal kurva (ambil kurva yang lurus).
- Gambar suatu garis AC sehingga  $OC = 1.15 OB$ . Absis titik D, yang merupakan perpotongan antara garis AC dan kurva konsolidasi merupakan perpotongan antara garis AC dan kurva konsolidasi, memberikan harga akar waktu untuk tercapainya konsolidasi 90 %.



Gambar 7.27. Metode akar-waktu (square-root-of-time method).

Plot grafik  $C_v$  terhadap  $\log$  tekanan. Jika pengerjaan benar maka akan terjadi penurunan nilai  $C_v$ .

- x. Hitunglah derajat kejenuhan sebelum dan sesudah percobaan dengan rumus:

$$S_r = \frac{W \cdot G}{e}$$

$S_r$  = derajat kejenuhan

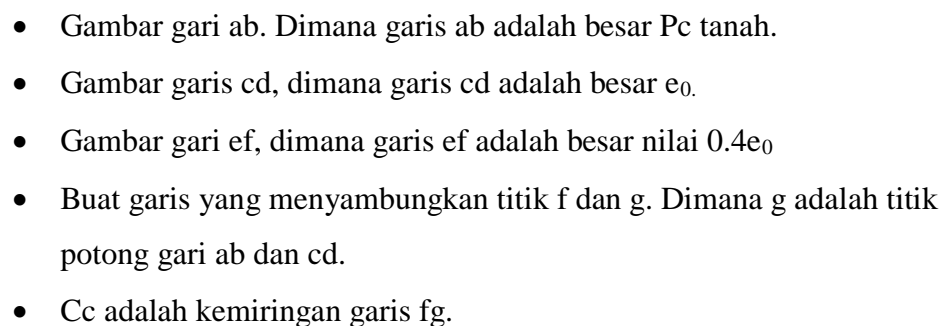
$W$  = kadar air

$G$  = Specific Gravity

$e$  = angka pori

- xi. Tentukan nilai  $C_c$





xii. Tentukan nilai Cs

$$C_S \cong \frac{1}{5} \text{ to } \frac{1}{10} C_C$$

Berikut adalah tabel yang harus disertakan didalam laporan:

No.	Tabel
1	Tabel Data umum tanah (ukuran, kadar air, Gs)
2	Tabel Tabel Dial Reading
3	Tabel Angka Pori



4	Tabel Perhitungan $C_v$
---	-------------------------

Dari hasil perhitungan sebelumnya, buatlah grafik lalu lakukanlah analisis sebagai berikut:

No.	Grafik	Hal-hal yang Perlu Dianalisis
1	Grafik Dial reading Vs akar waktu (menit)	Nilai $t_{90}$
2	Grafik Angka pori (e) vs log P	Nilai $P_c$
		Nilai $C_c$
		Nilai $C_s$
3	Grafik $x.3 C_v$ vs log P	Nilai $C_v$

## 7. Kesimpulan

Buatlah kesimpulan yang mengacu pada tujuan praktikum dan saran untuk perbaikan di masa mendatang.



## MODUL 7

### PEMERIKSAAN PERMEABILITAS TANAH

#### 1. Tujuan

Uji permeabilitas bertujuan untuk menentukan koefisien permeabilitas ( $k$ ). Falling head permeability test merupakan uji permeabilitas tanah dengan koefisien  $< 10^{-3}$  cm/s.

#### 2. Standar Pengujian

Bardet, Jean-Pierre., (1997). *"Experimental Soil Mechanics"*. Falling Head Permeability Test  
Soil Mechanics Laboratory Manual 6<sup>th</sup> Edition: Falling Head Permeability Test in Sand

#### 3. Alat dan Bahan

- a. Alat Permeabilitas (Falling Head)
- b. Batu pori
- c. Kertas saring
- d. Buret
- e. Stopwatch
- f. Pisau Kawat
- g. Thermometer
- h. Sampel tanah Undisturbed
- i. Extruder

#### 4. Prosedur Percobaan

- a. Mengambil sample tanah undisturbed dari extruder
- b. Mencetak sample tanah undisturbed dengan cetakan permeabilitas.

Catatan :

Untuk mencetak tanah dilakukan dengan sample tanah diletakan dibawah kemudian cetakan diletakan di atasnya kemudian ditekan hingga cetakan seluruhnya terisi tanah.

- c. Mengukur suhu air dengan thermometer

Catatan :

Pengukuran suhu air dapat diasumsikan sama dengan suhu ruangan saat praktikum sedang berlangsung.

- d. Mengukur dan Mencatat diameter dalam dari buret dan permeameter.

Catatan :

Pengukuran diameter pipa dapat dilakukan dengan pendekatan volume..



- e. Mengukur panjang (L) dari sample tanah

Catatan :

Untuk pengukuran diameter dalam dan L dari buret dan permeameter sebaiknya tanyakan terlebih dahulu pada teknisi. Jika tidak ada maka ukur sendiri diameter dalam dan L dengan penggaris yang presisi.

- f. Masukkan Sample tanah Undisturbed kedalam permeameter ratakan permukaan sample tanah dengan pisau kawat. Bagian bawah sample dikerik  $\pm 2$  mm.

Catatan :

Pengerikan 2 mm dikarenakan dalam alat permeabilitas terdapat tonjolan setinggi 2mm apabila tanah tidak dikerik dapat menyebabkan kebocoran pada alat.

- g. Menempatkan batu pori dibagian atas dan bawah dari permeameter, sehingga benda uji yang sudah dilapis kertas saring terapis oleh kedua batu pori.  
h. Meletakkan permeameter yang sudah berisi benda uji pada posisinya kemudian ditutup dan dihubungkan dengan buret.

Catatan :

Permeameter harus ditutup dengan sangat kencang agar tidak terjadi kebocoran. Pemutar mur dapat menggunakan tang agar lebih kencang.

- i. Menyuplai air ke dalam buret.  
j. Memastikan bahwa tidak terdapat kebocoran dan tidak terdapat gelembung udara pada buret.

Catatan :

Untuk mengeluarkan gelembung udara pada selang penghubung buret dengan permeameter dapat dilakukan dengan menggetarkan (menyentil) selang hingga gelembung menuju ke buret. Saat gelembung telah sampai ke buret diamkan saja karena gelembung akan ke atas dengan sendirinya.

- k. Jika sudah tidak ada gelembung isi kembali buret dengan air kemudian biarkan tanah jenuh. Ciri tanah telah jenuh adalah air akan keluar dari outlet permeameter

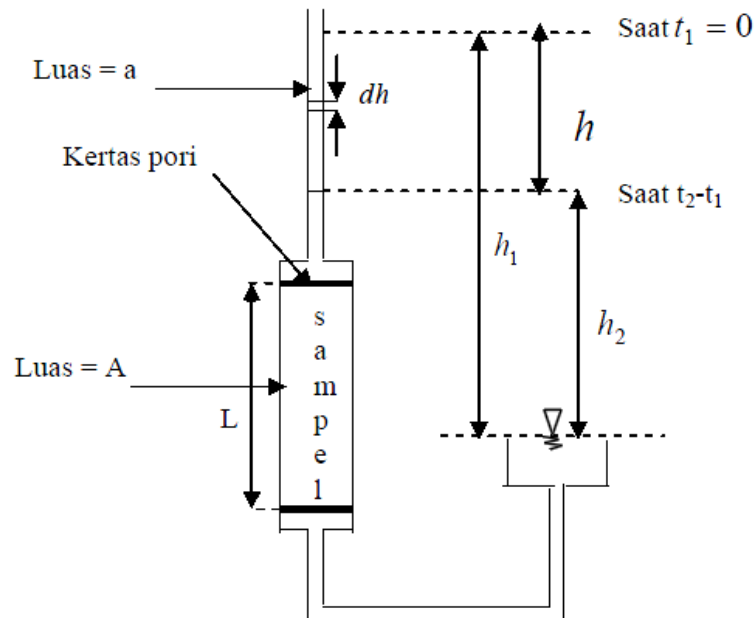
Catatan :

Tahap ini tidak perlu dilakukan bila waktu tidak memungkinkan.

- l. Jika tanah sudah jenuh, tutup keran permeameter isi air di dalam buret sehingga suatu ketinggian dan ukur tinggi muka air tersebut dari ujung bawah contoh tanah untuk mendapatkan  $h_1$ .



- m. Jika sudah dicatat alirkan air dan tekanlah stopwatch. Pengaliran air dilakukan selama kurang lebih 24 jam.
- n. Catat penurunan muka air dalam buret dalam selang waktu 2 jam dan 24 jam.
- o. Berikut adalah skema pengujian tanah dengan Falling Head.



## 5. Data dan Perhitungan

### a. Data

Laporan hasil pengujian dituliskan pada formulir yang terlampir. Data yang diambil selama praktikum adalah sebagai berikut.

Data yang Diambil

No.	Proses	Data yang Diambil	Simbol	Sat.	Jumlah Data Total	Keterangan
1	Uji Permeabilitas	Suhu Air	T	o	1	
		Diameter Specimen	D	cm	1	
		Diameter dalam Buret	d	cm	1	
		Lama penjenruhan	t	s	2	

### b. Perhitungan

Regangan yang terjadi dapat diketahui melalui rumus berikut:

Hitunglah parameter sampel tanah sebagai berikut:



- Koefisien permeabilitas (k) dalam cm/s
- Jenis tanah berdasarkan nilai k

#### Koefisien Permeabilitas

$$k = \frac{aL}{At} \log_e \frac{h_1}{h_2}$$

$$k = 2,303 \frac{aL}{At} \log_{10} \frac{h_1}{h_2}$$

Dimana:

A = Luas penampang melintang pada contoh tanah

a = Luas penampang melintang pipa-tegak

L = Panjang spesimen

$h_1$  = Posisi ketinggian air pada saat  $t = 0$

$h_f$  = Posisi ketinggian air pada

#### Koreksi Koefisien Permeabilitas

$$k_{20^0c} = k_{T^0c} \frac{\eta_{T^0c}}{\eta_{20^0c}}$$

Keterangan:

$k_{T^0c}$  = Koefisien permeabilitas sesuai dengan hasil praktikum pada suhu lab

$k_{20^0c}$  = Koefisien permeabilitas berdasarkan standar temperature pada suhu  $20^0$

#### Tabel Koreksi Berdasarkan Suhu Air



Temperature, T ( $^{\circ}$ )	$\eta T^{\circ}C / \eta 20^{\circ}C$	Temperature, T ( $^{\circ}$ )	$\eta T^{\circ}C / \eta 20^{\circ}C$
15	1.135	23	0.931
16	1.106	24	0.910
17	1.077	25	0.889
18	1.051	26	0.869
19	1.025	27	0.850
20	1.000	28	0.832
21	0.976	29	0.814
22	0.953	30	0.797

## 6. Tabel, Grafik, dan Analisis

## 7. Kesimpulan

Buatlah kesimpulan yang mengacu pada tujuan praktikum dan saran untuk perbaikan di masa mendatang.



## MODUL 8

### PEMERIKSAAN KEPADATAN TANAH

#### 1. Tujuan

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah untuk menemukan kadar air optimum pada berat volume kering maksimum dengan memadatkan di dalam cetakan silinder berukuran tertentu dengan menggunakan alat penumbuk 4,5 kg (10 lbs) dan tinggi jatuh 45 cm (18").

#### 2. Standar Pengujian

ASTM D 1557 Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort.

#### 3. Alat dan Bahan

- a. Cetakan terbuat dari logam berdiameter 152 mm (6"), tinggi  $116,43 \pm 0,1270$  mm, kapasitas  $0,002124 \pm 0,000021$  m<sup>3</sup>, dan dilengkapi dengan leher sambung yang terbuat dari bahan yang sama.
- b. Alat tumbuk tangan dari logam yang dengan berat 4,5 kg (10 lbs)
- c. Timbangan kapasitas 11,5 kg dengan ketelitian 5 gram
- d. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$
- e. Pisau
- f. Talam, alat pengaduk dan sendok
- g. Sampel tanah 25 kg lolos saringan 9.5 mm
- h. Extruder

#### 4. Prosedur Percobaan

- **Pengaturan Variasi Kadar Air**

- a. Tambahkan air dengan jumlah yang berbeda kepada masing-masing sampel uji, (250 mL, 500 mL, 750 mL, 1000 mL, 1250 mL)

Catatan:

proses pencampuran air dan sampel tanah sebaiknya tidak dilakukan sekaligus, tambahkan air dan tanah secara bertahap sehingga campuran menjadi lebih merata. Indikasi campuran air dan tanah yang merata adalah warna campuran yang seragam dan tidak terdapat gumpalan-gumpalan tanah di dalam campuran.

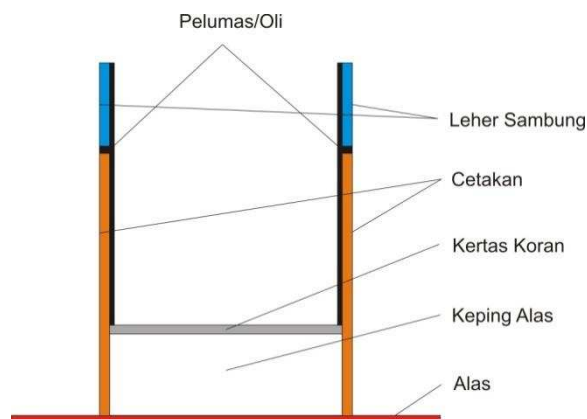




- b. Masukkan sampel uji yang telah dicampur air ke dalam kantung plastik, ikat dengan kuat, dan diamkan sampel selama 1x24 jam.

- **Proses Pemadatan**

- a. Timbang cetakan diameter 152 mm (6")
- b. Cetakan, leher dan keping alas dipasang jadi satu dan tempatkan pada landasan yang kokoh. Letakkan kertas koran di atas keping alas agar tanah tidak menempel saat cetakan dibuka.



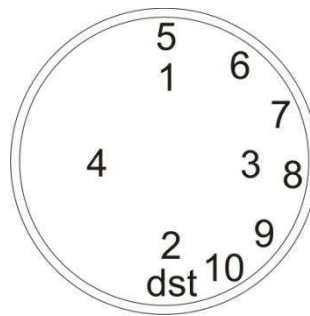
Catatan:

sebaiknya oleskan pelumas atau oli terlebih dahulu pada bagian dalam cetakan, terutama bidang pertemuan antara cetakan dan leher sambung.

- c. Ambil salah satu dari kelima sampel (sebaiknya berurutan menurut jumlah air yang ditambahkan), lakukan proses kompaksi dengan cara berikut:
- Kompaksi dilakukan secara bertahap dalam 5 layer
  - Masing-masing layer ditumbuk dengan rammer manual dengan berat 4,5 kg sebanyak 56 kali tumbukan dengan tinggi jatuh 45 cm

Catatan:

untuk hasil kompaksi yang baik posisi rammer harus tegak lurus dengan cetakan, jangan sampai miring. 4 (empat) tumbukan pertama lakukan pada posisi atas; bawah; kiri; kanan permukaan cetakan, tumbukan selanjutnya lakukan secara memutar searah atau berlawanan jarum jam.



- d. Lepaskan leher sambung, potong kelebihan tanah dari bagian keliling leher dengan pisau.
- e. Ratakan permukaan tanah sehingga sebidang dengan permukaan cetakan.
- f. Timbang cetakan berisi benda uji dengan ketelitian lima gram dan catat hasilnya.

Catatan:

Jika menggunakan cetakan yang berbeda untuk masing-masing sampel, pastikan tidak tertukar karena akan mempengaruhi hasil perhitungan.

- **Perhitungan Kadar Air dan Berat Jenis ( $G_s$ )**

- a. Keluarkan sampel dari cetakan dengan menggunakan extruder atau secara manual.  
Catatan: gunakan alat sondir sebagai extruder
- b. Potong sebagian kecil dari sampel pada bagian atas, tengah, dan bawah untuk pemeriksaan kadar air. Tentukan kadar air ( $w$ ) dari sampel tanah
- c. Tentukan  $G_s$  dari sampel tanah (lihat bab **Pemeriksaan Berat Jenis**).
- f. Masukkan tanah kedalam drive cylinder lalu keluarkan tanah dari drive cylinder kedalam cawan kosong dan timbang cawan berserta tanah tersebut untuk menentukan berat tanah basah.

## 5. Data dan Perhitungan

- a. Data

Laporan hasil pengujian dituliskan pada formulir yang terlampir. Data yang diambil selama praktikum adalah sebagai berikut.

No.	Proses	Data yang Diambil	Simbol	Sat.	Jumlah Data Total	Keterangan
1	Uji Kompaksi	Berat Mold	$W_1$	kg	5	
		Berat Mold + tanah	$W_2$	kg	5	
2		Berat Cawan	$W_3$	g	15	



	Penentuan Kadar Air	Berat Cawan + tanah basah	$W_4$	g	15	Diperoleh 15 data karena untuk masing-masing sampel, diuji kadar air di lapisan tanah atas, tengah dan bawah pada mold
		Berat Cawan + tanah kering	$W_5$	g	15	
3	Penentuan <i>Specific Gravity</i>	Berat Piknometer + tutup	$M_{p, c}$	g	1	
		Berat Piknometer + tutup + air	$M_{pw, c}$	g	1	
		Suhu air awal	$\rho_{w, c}$	°C	1	
		Berat Piknometer + tutup + tanah	$M_{ps, t}$	g	1	
		Berat Piknometer + tutup + tanah + air	$M_{pws, t}$	g	1	
		Suhu air akhir	$\rho_{w, t}$	°C	1	

b. Perhitungan

Hitunglah parameter sampel tanah sebagai berikut:

- Hitung Kadar air ( $\omega$ ) dalam % (Lihat Modul 1 tentang kadar air)
- Hitung Specific gravity (Gs) (Lihat Modul 3 tentang berat jenis)
- Hitung berat volume basah ( $\gamma$ ), berat volume kering ( $\gamma_d$ ), berat volume ZAV ( $\gamma_{zav}$ ) dengan mempergunakan rumus sebagai berikut:

$$\gamma = \frac{W_2 - W_1}{V} \text{ (gr / cm}^3\text{)}$$

$$\gamma = \text{berat isi basah (gr/cm}^3\text{)}$$

$$W_1 = \text{Berat mold (gram)}$$

$$W_2 = \text{Berat mold dan tanah (gram)}$$

$$V = \text{isi cetakan (cm}^3\text{)}$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{\left(1 + \frac{\omega(\%)}{100}\right)} \text{ (gr / cm}^3\text{)}$$



$\gamma_d$  = berat isi kering ( $\text{gr/cm}^3$ )

$\omega$  = kadar air (%)

$$\gamma_{zav} = \frac{\gamma_w}{\frac{1}{G_s} + \omega}$$

$\gamma_{zav}$  = berat isi tanah dimana tidak ada lagi rongga udara

$G_s$  = berat jenis tanah

$\gamma_w$  = berat isi air ( $\text{gr/cm}^3$ )

$\omega$  = kadar air (%)

## 6. Tabel, Grafik, dan Analisis

Berikut adalah tabel yang harus disertakan didalam laporan:

No.	Tabel
1	Tabel Perhitungan Kadar Air
2	Tabel Perhitungan Berat Volume (moist, dry dan ZAV)

Dari hasil perhitungan sebelumnya, buatlah grafik lalu lakukanlah analisis sebagai berikut:

**Tabel 8.3 Grafik dan Analisis**

No.	Grafik	Hal-hal yang Perlu Dianalisis
1	Grafik Berat Volume Kering ( $\gamma_d$ ) vs Kadar Air ( $\omega$ ) dan garis ZAV	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tujuan pembuatan grafik tersebut.</li> <li>Hubungan <math>\gamma_d</math> dan <math>\omega</math></li> <li>Hubungan <math>\gamma_d</math> dan <math>\gamma_{ZAV}</math></li> </ul>

## 7. Kesimpulan

Buatlah kesimpulan yang mengacu pada tujuan praktikum dan saran untuk perbaikan di masa mendatang.



## MODUL 9

### PEMERIKSAAN NILAI CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

#### 1. Tujuan

Praktikum ini bertujuan untuk menentukan nilai CBR campuran tanah agregat yang dipadatkan di laboratorium pada kadar air tertentu. CBR adalah sebuah nilai perbandingan antara beban penetrasi suatu bahan terhadap beban standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. Jenis praktikum CBR yang dilakukan kali ini adalah jenis soaked.

#### 2. Standar Pengujian

ASTM D 1883-99 Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils.

Soil Mechanics Laboratory Manual 6<sup>th</sup> Edition: Determination of Water Content

#### 3. Alat dan Bahan

- a. Mesin penetrasi (loading machine) dengan kapasitas minimal 4.45 ton (10.000 lbs) dengan kecepatan penetrasi sebesar 1.27 mm (0.05") per menit.
- b. Cetakan terbuat dari logam berdiameter 152 mm (6"), tinggi  $116.43 \pm 0.1270$  mm, kapasitas  $0.002124 \pm 0.000021$  m<sup>3</sup>, dan dilengkapi dengan leher sambung yang terbuat dari bahan yang sama.
- c. Piringan pemisah dari logam dengan diameter 150.8 mm dan tebal 61.4 mm.
- d. Alat tumbuk (manual hammer) tangan dari logam dengan berat 4.5 kg (10 lbs), sesuai dengan Pemeriksaan Kepadatan Modified.
- e. Keping beban dengan berat 2.27 kg.
- f. Torak penetrasi dari logam.
- g. Satu buah arloji beban, satu buah arloji pengukur penetrasi, dan peralatan lain seperti talam, alat perata, pisau, dan tempat untuk merendam.
- h. Timbangan.
- i. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ .
- j. Sampel tanah sebanyak 3 @ 5kg kg lolos saringan 9.5 mm.
- k. Extruder (menggunakan alat sondir).

#### 4. Prosedur Percobaan

- **Penambahan Kadar Air**



- a. Jumlah air yang ditambahkan adalah jumlah air yang memberikan kadar air optimum dan gamma dry ( $\gamma_d$ ) maksimum pada saat kompaksi modified.

Catatan: proses pencampuran air dan sampel tanah sebaiknya tidak dilakukan sekaligus, tambahkan air dan tanah secara bertahap sehingga campuran menjadi lebih merata. Indikasi campuran air dan tanah yang merata adalah warna campuran yang seragam dan tidak terdapat gumpalan-gumpalan tanah di dalam campuran.

- b. Masukkan sample uji yang telah dicampur air  $\pm 5$  kg ke dalam kantung plastik, ikat dengan kuat, dan diamkan selama 1x24 jam.

- **Proses Pemadatan**

- a. Timbang cetakan logam diameter 152 mm (6").
- b. Cetakan, leher dan keping alas dipasang jadi satu dan tempatkan pada landasan yang kokoh. Letakkan kertas koran di atas keping alas agar tanah tidak menempel saat cetakan dibuka.

Catatan: sebaiknya oleskan pelumas atau oli terlebih dahulu pada bagian dalam cetakan, terutama bidang pertemuan antara cetakan dan leher sambung.

- c. Masukkan tanah yang telah dijenuhkan ke dalam cetakan secara bertahap dalam 5 layer.
- d. Masing-masing sample ditumbuk dengan manual hammer dengan berat 4.5 kg dan tinggi jatuh 45 cm.
  - Sample 1: 10x tumbukan per layer
  - Sample 2: 25x tumbukan per layer
  - Sample 3: 56x tumbukan per layer
- e. Posisi menumbuk harus tegak lurus cetakan, arah tumbukan pertama-tama dilakukan pada bagian atas-bawah-kiri-kanan lalu tumbukan dilakukan memutar pada bagian luar dan dalam cetakan secara bergantian dan merata.
- f. Lepaskan leher sambung, potong kelebihan tanah dari bagian keliling leher dengan pisau.
- g. Ratakan permukaan tanah sehingga sebidang dengan permukaan cetakan.
- h. Timbang cetakan yang berisi benda uji setelah permukaannya diratakan.
- i. Masukkan cetakan yang berisi benda uji ke dalam mesin penetrasi.

- **Proses Penetrasi**

- a. Balik cetakan dan letakkan keping beban 2.27 kg di atas permukaan benda uji.



- b. Posisikan torak penetrasi pada permukaan benda uji dan pastikan bahwa torak penetrasi telah menyentuh permukaan benda uji.

Catatan: agar torak penetrasi menyentuh benda uji, atur bagian torak penetrasi(bagian atas) saja, jangan mengatur(menaikkan) posisi benda uji.

- c. Pasangkan pemberat selanjutnya (piringan pemisah) pada benda uji(total beban = 4,54 kg).

- d. Proses penetrasi dapat dimulai dan pembacaan dilakukan setiap 30 detik selama 10 menit.

Catatan: jaga strain rate pada nilai 0,025 inch/30 detik dengan mengatur gear yang dipakai saat proses penetrasi, gear yang dipakai adalah gear dengan posisi paling dalam.

- e. Keluarkan tanah dari cetakan, ambil bagian atas, tengah, dan bawah minimal 100 gram untuk tanah berbutir halus atau 500 gram untuk tanah berbutir kasar.

- f. Masukkan tanah ke dalam cawan, timbang, lalu oven.

## 5. Data dan Perhitungan

- a. Data

Laporan hasil pengujian dituliskan pada formulir yang terlampir. Data yang diambil selama praktikum adalah sebagai berikut.

No.	Proses	Data yang Diambil	Simbol	Sat.	Jumlah Data Total	Keterangan
1	Penentuan Kadar Air	Berat Cawan	$W_1$	g	9	Diperoleh 9 data karena untuk masing-masing sampel, diuji kadar air di lapisan tanah atas, tengah dan bawah pada mold
		Berat Cawan + tanah basah	$W_2$	g	9	
		Berat Cawan + tanah kering	$W_3$	g	9	
2	Penentuan nilai berat volume tanah kering $\gamma_d$	Berat Mold	$W_4$	g	3	
		Berat Mold + tanah	$W_5$	g	3	
		Volume Mold	$V_1$	cm <sup>3</sup>	3	
3	Uji CBR	Dial reading setiap 30 detik	R	10 <sup>-4</sup> inch	63	Diperoleh 63 data karena masing-masing sampel diuji selama 10 menit dengan data



						masing-masing sampel sebanyak 21
		Kalibrasi	K	lbs/10 <sup>-4</sup> inch	1	

b. Perhitungan

Hitunglah parameter tanah dan parameter nilai CBR sebagai berikut:

- Kadar air, W(%) untuk masing-masing sample (10, 25, dan 56x tumbukan)
- Berat volume tanah kering ( $\gamma_d$ ) untuk masing-masing sample ( $\text{gr/cm}^3$ )
- Load (lbs) dan Pressure (lbs/inch)

$$\text{Load} = \text{dial reading} \times \text{kalibrasi}$$

$$\text{Pressure} = \text{load} / \text{luas piston}$$

- Harga CBR 0.1 dan CBR 0.2

$$\text{CBR}_{0,1} = \frac{\text{Presssure pada penetrasi } 0,1''}{1000} \times 100\%$$

$$\text{CBR}_{0,2} = \frac{\text{Presssure pada penetrasi } 0,2''}{1500} \times 100\%$$

- Harga CBR desain

Harga CBR pada saat nilai berat volume tanah 95%  $\gamma_d$  max

## 6. Tabel, Grafik, dan Analisis

Berikut adalah tabel yang harus disertakan didalam laporan:

No.	Tabel
1	Tabel Perhitungan Kadar Air
2	Tabel Perhitungan Berat Volume Tanah Kering
3	Tabel Perhitungan Pressure

## 7. Kesimpulan

Buatlah kesimpulan yang mengacu pada tujuan praktikum dan saran untuk perbaikan di masa mendatang.





## **MODUL 10**

### **UJI GESER LANGSUNG**

#### **1. Tujuan**

Pengujian ini bertujuan untuk memperoleh parameter kuat geser tanah terkonsolidasi dan terdrainase berupa koefisien konsolidasi, kecepatan penggeseran, tegangan geser tanah, regangan geser, dan hubungan antara tegangan geser dengan regangan geser.

#### **2. Standar Pengujian**

ASTM D 3080 – 98 Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions.

SNI 2813:2008 Cara Uji Kuat Geser Langsung Tanah Terkonsolidasi dan Terdrainase.

#### **3. Alat dan Bahan**

##### **a. Alat**

- i. Oven pengering Alat geser  
Terbuat dari bahan yang tidak mudah korosi dan kaku untuk mencegah distorsi selama pengujian.
- ii. Batu pori  
Berfungsi untuk memberikan akses drainase air pori dengan pori-pori halus agar dapat mencegah penyusutan tanah.
- iii. Alat pembeban gaya vertikal  
Ketelitian alat kurang lebih 1% dari penyimpangannya selama pengujian.
- iv. Alat pembeban gaya horizontal  
Memberikan pembebanan horizontal dengan kecepatan konstan (penyimpangan yang diperbolehkan kurang dari 10%)
- v. Arloji ukur deformasi  
Dapat mengukur perubahan tebal beban uji dan regangan dengan ketelitian sampai 0,01 mm
- vi. Peralatan lain  
Peralatan lain berupa neraca (dengan ketelitian 0,1 gram), wadah benda uji, alat cetak ulang atau alat pemadat benda uji, alat ukur waktu, penyuling air, pisau, dan penggaris.



b. Bahan

i. Benda uji

Benda uji merupakan spesimen tanah undisturbed dengan diameter minimum benda uji berbentuk lingkaran 50 mm dan lebar minimum benda uji berbentuk persegi 50 mm. Tebal minimum benda uji 12,5 mm. Perbandingan diameter dengan tebal benda uji adalah 1:2.

ii. Bahan penunjang uji (air)

Digunakan untuk merendam benda uji pada shear box.

**4. Prosedur Percobaan**

- a. Persiapkan alat untuk pengujian dan pastikan dapat berfungsi dengan baik.
- b. Cetak benda uji dari tabung atau silinder uji dengan menggunakan cincin cetak dengan kondisi benda uji undisturbed.
- c. Lakukan pengujian kadar air dan berat jenis tanah sesuai dengan prosedur pengujian pada modul sekian.
- d. Pasang pelat dasar pada bagian bawah kotak geser, selanjutnya pasang batu pori, kertas filter, pelat berlubang yang beralur, sampel uji pada cincin cetak, pelat berlubang yang beralur, kertas filter, batu pori dan landasan pembebanan berurutan dari bagian bawah kotak geser.
- e. Jenuhkan benda uji dengan mengisi bak hingga benda uji dan batu pori terendam seluruhnya.
- f. Lakukan pembebanan konsolidasi dengan memasang beban vertikal. Atur pembacaan arloji geser sehingga menunjukkan angka nol.
- g. Buka kunci lengan pembebanan dan baca deformasi pada arloji ukur gerak vertikal untuk  $t=0; 0,25; 1,0; 4,0; 6,25; 9,0; 12,25; 16,0; 20,25; 60; 120; 240; 480;$  dan 1440 menit.
- h. Lakukan pembebanan horizontal dengan membuka baut pengunci kotak geser kemudian set kecepatan pembebanan menjadi 1 mm/menit dan nyalakan tombol listrik alat penggeser.
- i. Catat waktu, deformasi vertikal, deformasi horizontal, dan gaya geser cincin pembebanan setiap 0,5 menit.
- j. Berikan beban normal pada benda uji kedua sebesar dua kali beban normal yang pertama dan lakukan langkah-langkah (f), (g), (h) dan (i).



- k. Berikan beban normal pada benda uji ketiga sebesar tiga kali beban normal yang pertama dan lakukan langkah-langkah (f), (g), (h) dan (i)..

## 5. Data dan Perhitungan

### a. Data

Laporan hasil pengujian dituliskan pada formulir yang terlampir. Data yang diambil selama praktikum adalah sebagai berikut.

Data yang Diambil

No.	Proses	Data yang diambil	Simbol	Sat	Jumlah Data	Keterangan
1	Persiapan sampel	Berat Spesimen	$W_1$	gr	3	
		Luas ring	$A_1$	cm <sup>2</sup>	3	
		Faktor koreksi			3	
2	Shearing	Beban kerja	$W_2$	kg	3	Dial reading dicatat hingga spesimen mengalami keruntuhan
		Berat alat	$W_3$	kg	3	
		Dial Reading			Disesuaikan	

### b. Perhitungan

- Hitung luas dan volume dari benda uji
- Hitung tegangan normal ( $\sigma'$ )

$$\sigma' = \frac{\text{Gaya Normal}}{\text{Area}}$$

- Hitung gaya geser (P) dengan cara mengalikan pembacaan arloji geser dengan angka kalibrasi cincin penguji, dan hitunglah tegangan geser maksimum  $\tau$  yaitu gaya geser maksimum dibagi luas bidang geser.

$$\tau = \frac{\text{Gaya geser}}{\text{Area}}$$

## 6. Tabel, Grafik, dan Analisis

Berikut merupakan tabel yang perlu dicantumkan dalam laporan:



No.	Tabel
1	Tabel Pengolahan Data Shear Stress
2	Tabel Pengolahan Data Normal Stress

Lakukan analisis untuk kedua grafik berikut:

No.	Grafik	Hal-hal yang Perlu Dianalisis
1	<p>Grafik 10.1 <i>Normal Stress vs Shear Stress</i></p> <p>i. Plot <math>\tau</math> terhadap regangan geser</p> <p>ii. Plot regangan vertikal vs regangan geser</p> <p>iii. Plot tegangan normal vs tegangan geser untuk semua pengujian</p> <p>iv. Hubungan ketiga titik yang diperoleh sehingga membentuk garis lurus yang memotong sumbu vertical pada harga kohesi (<math>c</math>) dan memotong sumbu horizontal (<math>\sigma</math>) dengan sudut-sudut geser tanah (<math>\phi</math>) sesuai dengan persamaan: <math>\tau = \sigma \tan \phi</math></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tujuan pembuatan grafik tersebut.</li> <li>• Hubungan tegangan geser dan tegangan normal</li> <li>• Besarnya nilai geser</li> <li>• Besarnya sudut geser</li> </ul>

## 7. Kesimpulan

Buatlah kesimpulan yang mengacu pada tujuan praktikum dan saran untuk perbaikan di masa mendatang.



## MODUL 11

### UJI TEKAN BEBAS (UCS)

#### 1. Tujuan

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengukur kuat tekan bebas (unconfined compressive strength) dari tanah lempung/lanau. Kuat tekan bebas adalah harga tegangan aksial maksimum yang dapat ditahan oleh tanah sebelum mengalami keruntuhan geser. Dari kuat tekan bebas ini, dapat diketahui:

- a. Kekuatan geser undrained ( $c_u$ )
- b. Derajat kepekaan (degree of sensitivity), yaitu rasio antara kuat tekan bebas dalam kondisi asli (undisturbed) dan dalam kondisi remolded.

#### 2. Standar Pengujian

ASTM D 2166 Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil.

#### 3. Alat dan Bahan

- a. Alat
  - i. Compression Device  
Perangkat kompresi dengan kapasitas dan kontrol yang memadai untuk memberikan pembebanan yang telah ditentukan. Untuk tanah dengan kekuatan tekan kurang dari 100 kPa, perangkat kompresi harus mampu mengukur tegangan tekan sampai 1 kPa. Sedangkan untuk tanah dengan kekuatan tekan lebih dari sama dengan 100 kPa, perangkat kompresi harus mampu mengukur tegangan tekan sampai 5 kPa.
  - ii. Timbangan  
Timbangan dengan ketelitian 0.01 gram untuk benda uji dengan berat maksimum 200 gram (termasuk berat cawan tempat benda uji) dan timbangan dengan ketelitian 0.1 gram untuk benda uji dengan berat lebih dari 200 gram.
  - iii. Stopwatch  
Berfungsi untuk menunjukkan lamanya waktu pengujian.
  - iv. Drive Cylinder  
Berfungsi sebagai pencetak sampel uji dengan diameter 30 mm dan rasio antara tinggi dan diameter bernilai 2-2,5.
  - v. Deformation Indicator



Berfungsi sebagai alat pengukur deformasi yang terjadi pada sampel uji selama pembebanan berlangsung.

vi. Peralatan lain

Peralatan lain seperti pisau, spatula, sendok, kain pembersih, pengiris sampel, dan lainnya.

b. Bahan

i. Sampel Uji Undisturbed

Merupakan sampel uji yang berasal dari tabung sampel uji dan diambil menggunakan extruder secara undisturbed.

ii. Sampel Uji Remolded

Merupakan sampel uji yang berasal dari sampel undisturbed yang telah gagal atau dari tabung sampel uji yang diambil menggunakan extruder secara disturbed.

#### 4. Prosedur Percobaan

- a. Letakkan sampel tanah pada alat pengujian dengan benar (sampel tanah diletakkan di tengah sehingga dapat menyentuh dial).
- b. Letakkan deformation dial pada sampel dan atur pada angka nol (0).
- c. Catat pembacaan awal dari proving ring dial dan lamanya waktu pengujian.
- d. Atur kecepatan regangan 0,5-2% per menit dengan mengganti gear pada alat pengujian. Agar kecepatan regangan sesuai maka digunakan kecepatan regangan 1,14 mm/ menit.
- e. Catat pembacaan dari proving ring dial pada lembar pencatatan.
- f. Hentikan pengujian jika pembacaan pada proving ring dial menunjukkan nilai yang sama atau mulai terjadi penurunan (min 3 kali pembacaan).
- g. Ulangi tahap a –f untuk sampel uji remolded.

Catatan:

Pada saat mengubah tanah dari undisturbed menjadi remolded, jika tanah sangat lunak cukup dipecah-pecahkan dengan tangan saja (tidak perlu dipotong-potong hingga kecil) karena tanah yang sangat lunak akan mudah menempel pada tangan atau alat potong sehingga dapat mengurangi volume tanah. Pada pengujian ini, volume pada kondisi undisturbed dan kondisi remolded haruslah sama dan jika terjadi kekurangan volume tidak diperkenankan untuk menambahkannya.

#### 5. Data dan Perhitungan

a. Data



Laporan hasil pengujian dituliskan pada formulir yang terlampir. Data yang diambil selama praktikum adalah sebagai berikut.

Data yang Diambil

No.	Proses	Data yang Diambil	Simbol	Sat.	Jumlah Data Total	Keterangan
1	Sebelum Praktikum	Kalibrasi Alat	k	-	1	
2	Selama Praktikum sampai Waktu Tertentu	Dial Reading			Disesuaikan	Bergantung sampai menit ke berapa proving ring menunjukkan nilai yang sama/ turn
3	Akhir Percobaan	Kadar Air	w	%	1	

b. Perhitungan

Regangan yang terjadi dapat diketahui melalui rumus berikut:

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta L}{L_0}$$

$\varepsilon_1$  = axial strain

$\Delta L$  = perubahan tinggi sampel

$L_0$  = tinggi sampel awal

Luas sampel pada saat dilakukan pengujian:

$$A = \frac{A_0}{(1 - \varepsilon_1)}$$

$A_0$  = luas sampel awal (mm<sup>2</sup>)

Deviator stress:

$$\sigma_c = \frac{P}{A}$$

P = gaya tekan atau load = dial reading × kalibrasi (kg)

A = corrected area (mm<sup>2</sup>)



Kuat tekan bebas ( $q_u$ ) didapat ketika gaya tekan pada dial reading maksimum dengan nilai A (corrected area) terkecil.

Kuat Geser Undrained ( $c_u$ ):

$$c_u = \frac{q_u}{2}$$

Derajat Kepekaan ( $S_t$ ):

$$S_t = \frac{q_{u \text{ undisturbed}}}{q_{u \text{ remolded}}}$$

## 6. Tabel, Grafik, dan Analisis

Berikut adalah tabel yang harus disertakan di dalam laporan:

No.	Tabel
1	Tabel Perhitungan Load, Deviator Stress, $q_u$ dan $c_u$ Tanah Undisturbed
2	Tabel Perhitungan Load, Deviator Stress, $q_u$ dan $c_u$ Tanah Remolded

Dari hasil perhitungan sebelumnya, buatlah grafik lalu lakukanlah analisis sebagai berikut:

No.	Grafik	Hal-hal yang Perlu Dianalisis
1	Grafik deviator stress (ordinat) terhadap axial strain (absis)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tujuan pembuatan grafik tersebut</li> <li>Hubungan antara deviator stress dan axial stress</li> </ul>
2	Diagram Mohr Coulomb, shear stress (ordinat) terhadap normal stress (absis)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tujuan pembuatan grafik tersebut</li> <li>Perbedaan yang didapat dari sampel undisturbed dan remolded</li> </ul>

## 7. Kesimpulan

Buatlah kesimpulan yang mengacu pada tujuan praktikum dan saran untuk perbaikan di masa mendatang.





## MODUL 12

### UJI TEKAN TRIAKSIAL (UU)

#### 1. Tujuan

Menentukan kuat geser serta hubungan antara tegangan regangan dan mengukur tegangan efektif dan tekanan air pori pada spesimen tanah kohesif berbentuk silinder, undisturbed atau remolded, dalam keadaan tidak terkonsolidasi dan tidak terdrainase (UU) dengan diberi tekanan cairan ke semua arah (confining pressure) di dalam triaxial chamber.

#### 2. Standar Pengujian

ASTM D 2850 Standard Test Method for Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression on Cohesive Soils.

SNI 03-4813-1998 Cara Uji Triaxial untuk Tanah Kohesif dalam Keadaan Tidak Terkonsolidasi dan Tidak Terdrainase (UU).

#### 3. Alat dan Bahan

##### i. Axial Loading Device

Alat triaxial compression yang berupa dongkrak yang digerakkan oleh motor elektronik melalui gigi transmisi, pengatur beban hidrolik ataupun alat kompresi lainnya yang memiliki kapasitas dan kontrol yang cukup untuk memberikan pembebanan. Getaran akibat alat harus cukup kecil sehingga dimensi spesimen tidak berpengaruh. Alat ini dilengkapi dengan compressor untuk memberikan tegangan hidrolik ke dalam chamber triaxial

##### ii. Axial Load Measuring Device

Berupa proving ring, strain gage, hydraulic load cell atau berbagai alat ukur lainnya yang mampu mengukur axial load dengan keakuratan 1% dari axial load failure yang terjadi.

##### iii. Pressure Control Device

Alat pengatur chamber pressure harus dapat mengontrol sampai ketelitian 2 kpa (0.25 psi) untuk tekanan kurang dari 200 kpa (28 psi) dan sampai dengan ketelitian  $\pm 1,00\%$  untuk tekanan lebih dari 200 kpa. Alat ini terdiri dari reservoir yang disambungkan pada triaxial chamber yang terisi sebagian dengan cairan (biasanya air), bagian atas reservoir dihubungkan dengan tekanan



udara (gas supply). Tekanan udara dikontrol dengan pressure regulator dan diukur dengan pressure gage.

iv. Triaxial Compression Chamber

Suatu alat terdiri dari pelat atas, dan pelat dasar (baseplate) yang dipisahkan oleh silinder. Silinder bisa terbuat dari material apapun yang dapat menahan tekanan yang bekerja, namun lebih disarankan menggunakan material yang transparan agar spesimen dapat diamati. Pelat atas harus mempunyai sedikit ventilasi sehingga udara dapat keluar ketika chamber diisi. Pelat dasar harus memiliki inlet supaya cairan bertekanan bisa masuk.

v. Axial Load Piston

Piston dipasang di atas untuk meneruskan beban axial, yang mengakibatkan specimen tertekan pada arah axial diantara cap dan base. Piston harus dibuat sedemikian rupa sehingga gesekannya sangat kecil (tidak melebihi 0.1 % ) beban aksial pada saat failure

vi. Speciment Cap dan Speciment Base

Cap yang impermeable dan kaku dapat digunakan untuk mencegah drainase. Dibuat dari bahan tahan karat, berpenampang bulat. Berat cap harus kurang dari  $1\text{ kN/m}^2$ . Diameter speciment cap dan base harus sama dengan diameter inisial spesimen. Speciment base dihubungkan dengan triaxial chamber sedemikian rupa sehingga tidak dapat bergeser pada arah horizontal (tetap sentris) dan eksentrisitas dari piston ke cap tidak boleh melebihi 1.3 mm (0.05 in). Speciment cap dibuat sedemikian rupa agar dapat memegang piston tetap sentries. Permukaan silinder dari speciment base dan cap yang berhubungan dengan membrane (karet pembungkus tanah) harus rata dan bebas dari geserangeseran agar tidak terjadi kebocoran-kebocoran.

vii. Deformation Indicator

viii. Deformasi vertikal spesimen diukur dengan akurasi setidaknya 0.03 % dari tinggi spesimen. Rentang dari indikator deformasi setidaknya 20% dari tinggi specimen

ix. Rubber Membranes

x. Digunakan untuk membungkus speciment dan menjaga kebocoran, tebal total membrane tidak boleh melebihi 1% dari diameter speciment. Untuk



memberikan tahanan yang minimal pada spesimen, diameter membran sebelum ditarik harus berkisar antara 90-95% diameter spesimen. Membrane diikat pada specimen base dan cap dengan ring karet yang memiliki ukuran diameter dalam sebelum ditarik  $\square$  75-85% dari diameter base dan cap. Membrane harus diperiksa terlebih dahulu sebelum dipakai, jika ada kebocoran harus diganti.

- xi. Sample Extruder
- xii. Harus dapat mengeluarkan inti tanah dari tabung sample pada arah yang sama seperti waktu sample tersebut dimasukkan ke dalam tabung, dan tidak merusak sample. Jika sampel tidak dikeluarkan secara vertikal hati-hati terhadap bending stresses yang terjadi yang diakibatkan gravitasi. keadaan sampel pada saat dikeluarkan sangat bergantung terhadap arah pengelauran sampel. Hal yang perlu diperhatikan adalah menjaga agar diturbansi yang terjadi sangat kecil.
- xiii. Speciment size measuring device
- xiv. Harus cocok untuk menetapkan ukuran speciment sampai ketelitian 0,1 % dari panjang aktual dan alat yang digunakan dipastikan tidak membuat sample menjadi terganggu.
- xv. Timer
- xvi. Alat pengukur kelangsungan waktu sampai ketelitian 1 second digunakan untuk menetapkan strain seperti yang diuraikan pada prosedur
- xvii. Perlengkapan / alat-alat lainnya
  - a. Speciment trimming
  - b. Membrane expander
  - c. Remolding apparatus
  - d. Moisture content containers
  - e. Data sheets yang diperlukan

#### 4. Prosedur Percobaan

- a. Cetak 2 specimen dengan ukuran 3" dan diameter 3/2"

Catatan:

- a. Hati-hati saat mencetak, mengeluarkan, dan memindahkan sampel. Pastikan sampel tidak menjadi disturbed
- b. Simpan di dalam desikator apabila sampel tidak langsung diuji (lebih dari satu hari)



- b. Meletakkan spesimen pada specimen base dengan bagian atas dan bawah spesimen ditutup dengan batu pori dan kertas saring
- c. Memasang membran pada spesimen dan ikatkan pada specimen base
- d. Mengatur posisi axial loading device
- e. Memasang triaxial chamber dan isi triaxial chamber dengan air

Catatan:

- a. Pastikan semua udara pada chamber keluar dengan membuka sedikit ventilasi yang berada di bagian atas chamber
- b. Pastikan specimen menyentuh specimen cap
- f. Mengatur confining pressure yang bekerja di dalam triaxial chamber
- g. Mengatur posisi triaxial chamber dengan memutar tuas secara manual hingga menyentuh axial loading

Catatan:

Putarlah tuas hingga dial reading bergerak sedikit kemudian kembalikan bacaan dial reading ke angka 0

- h. Menjalankan alat dengan kecepatan regangan 1,5 mm/menit (gear 1) dan catat dial reading setiap 0,5 menit
- i. Menghentikan tes bila terdapat 3 bacaan yang sama atau regangan spesimen telah mencapai 20 %.
- j. Mengulangi percobaan untuk tiga buah spesimen dengan confining pressure 0,5 kg/cm<sup>2</sup>, 1 kg/cm<sup>2</sup>, dan 1,5 kg/cm<sup>2</sup>

## 5. Data dan Perhitungan

### a. Data

Laporan hasil pengujian dituliskan pada formulir yang terlampir. Data yang diambil selama praktikum adalah sebagai berikut.

No	Proses	Data	Simbol	Satuan	Jumlah data total	Keterangan
1	Pencetakan Benda Uji	Diameter spesimen	D	cm	3	Mencatat deskripsi visual tanah seperti tergolong lempung atau pasir dan tingkat kekerasan tanah
		Tinggi Spesimen	Ho	cm	3	
2	Test Triaxial	Confining Pressure	$\sigma_3$	kg/cm <sup>2</sup>	3	data dial reading dicatat hingga spesimen mengalami failure
		Dial Reading			disesuaikan	
		Angka Kalibrasi			3	

### b. Perhitungan



Berikut adalah langkah-langkah perhitungan yang harus dilakuka :

- i. Menghitung tinggi specimen rata-rata dari pengambilan data sebanyak 3 kali ( $H_0$ )
- ii. Menghitung luas penampang awal specimen ( $A_0$ ) dengan rumus lingkaran
- iii. Hitung axial strain atau strain rate ( $\epsilon$ ), untuk setiap perubahan beban aksial sebagai berikut:

$$\epsilon = \frac{\Delta H}{H_0}$$

- iv. Hitung luas penampang terkoreksi ( $A_c$ ), untuk setiap penambahan beban aksial sebagai berikut:

$$A_c = \frac{A_0(1 - \nu)}{(1 - \epsilon)}$$

Dimana,

$A_0$  = luas penampang awal specimen

$\epsilon$  = strain rate untuk setiap penambahan beban

$\nu$  = volumetric strain, untuk saturated specimen nilainya adalah 0

$$= \frac{\Delta V}{V_0} = \frac{\text{perubahan volume cairan dalam chamber yang dikoreksi}}{\text{volume awal spesimen}}$$

- v. Hitung axial load (P)

$$P = \text{dial reading} \times \text{angka kalibrasi}$$

- vi. Hitung perbedaan principal stress ( $\sigma_1 - \sigma_3$ ) sebagai berikut :

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{P}{A}$$

dimana,

P = axial load

A = Luas penampang rata-rata terkoreksi

- vii. Grafik stress – strain

Grafik yang menunjukkan hubungan antara principal stress difference dan axial strain. Plot principal stress difference sebagai ordinat dan axial strain sebagai absis. Tentukan principal stress difference dan axial strain pada saat failure.

- viii. Buat diagram mohr. Hitung mayor dan minor principal stress pada saat failure sebagai berikut :



Minor principal stress =  $\sigma_3$  = chamber pressure

Mayor principal stress =  $\sigma_1$  = principal stress difference pada saat failure + chamber pressure

Buat lingkaran tegangan Mohr pada saat failure pada skala biasa (arithmetic) dengan shear stress sebagai ordinat dan normal stress sebagai absis.

Titik pusat lingkaran diletakkan pada absis sebesar  $= \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}$  dan jari-jari =  $\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$

Bila jumlah sampel yang digunakan lebih dari satu, dilakukan plot lingkaran Mohr untuk setiap sampel dalam satu grafik yang sama. Kemudian buatlah garis singgung yang menyinggung ketiga lingkaran Mohr untuk mendapatkan persamaan keruntuhan Mohr-Coulomb. Garis singgung ini diteruskan memotong sumbu tegangan geser yang menyatakan besar kohesi (C) dan sudut kemiringan garis singgung dengan sumbu mendatar menyatakan sudut perlawanan geser ( $\phi$ ). Harga C dan  $\phi$  dapat juga dihitung secara geometri.

## 6. Tabel, Grafik, dan Analisis

Berikut ini adalah table yang harus dicantumkan didalam laporan:

**Tabel yang harus dicantumkan dalam laporan**

No.	Tabel
1	Tabel Perhitungan deviator stress dan major stress

Dari hasil perhitungan sebelumnya, buatlah grafik untuk setiap spesimen lalu lakukanlah analisis sebagai berikut:

### Grafik dan Analisis

No.	Grafik	Hal-hal yang Perlu Dianalisis
1	Deviator Stress vs strain	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tujuan pembuatan grafik tersebut.</li> <li>Hubungan stress dan strain yang terjadi</li> </ul>
2	Lingkaran Mohr	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tujuan pembuatan grafik</li> <li>Persamaan keruntuhan Mohr-Coulomb</li> </ul>



## **7. Kesimpulan**

Buatlah kesimpulan yang mengacu pada tujuan praktikum dan saran untuk perbaikan di masa mendatang.



## MODUL 13

### CONE PENETRATION TEST (CPT) / SONDIR

#### 1. Tujuan

Cone Penetration Test (CPT) yang kita kenal sebagai test Sondir digunakan untuk mengetahui profil ke dalam tanah secara menerus yang dinyatakan dengan nilai tahanan ujung konus dan tahanan selimut. Interpretasi yang tepat terhadap data ini dapat digunakan untuk mengestimasi profil tanah, kepadatan relatif (untuk pasir), kuat geser tanah, kekakuan tanah, permeabilitas tanah atau koefisien konsolidasi, kuat geser selimut tiang, dan kapasitas daya dukung ujung tiang.

- a. Untuk memperoleh parameter perlawanan konus ( $q_c$ )
- b. Untuk memperoleh parameter perlawanan geser ( $f_s$ )
- c. Untuk memperoleh parameter angka banding geser ( $R_f$ )
- d. Untuk memperoleh parameter geseran total tanah ( $T_f$ )
- e. Untuk menginterpretasikan profil perlapisan tanah
- f. Untuk mengetahui kedalaman tanah keras

#### 2. Standar Pengujian

ASTM D 3441 - 98 Standard Test Method for Mechanical Cone Penetration Test of Soil.

SNI 2827- 2008 Cara Uji Penetrasi Lapangan dengan Alat Sondir.

#### 3. Alat dan Bahan

- a. Sondir ringan (2,5 ton)
- b. Seperangkat pipa sondir lengkap dengan batang dalam, sesuai kebutuhan dengan panjang masing-masing 1 m
- c. Bikonus, konus, dan batang konus
- d. Manometer (2 buah) untuk sondir ringan
  - i. kapasitas 0 – 50 kg/cm<sup>2</sup>
  - ii. kapasitas 0 – 250 kg/cm<sup>2</sup>
- e. 4 buah angker dengan perlengkapan (angker daun atau spiral), dan beban jika dibutuhkan.
- f. Kunci –kunci pipa, alat-alat pembersih, oli, minyak hidrolik dan lain-lain

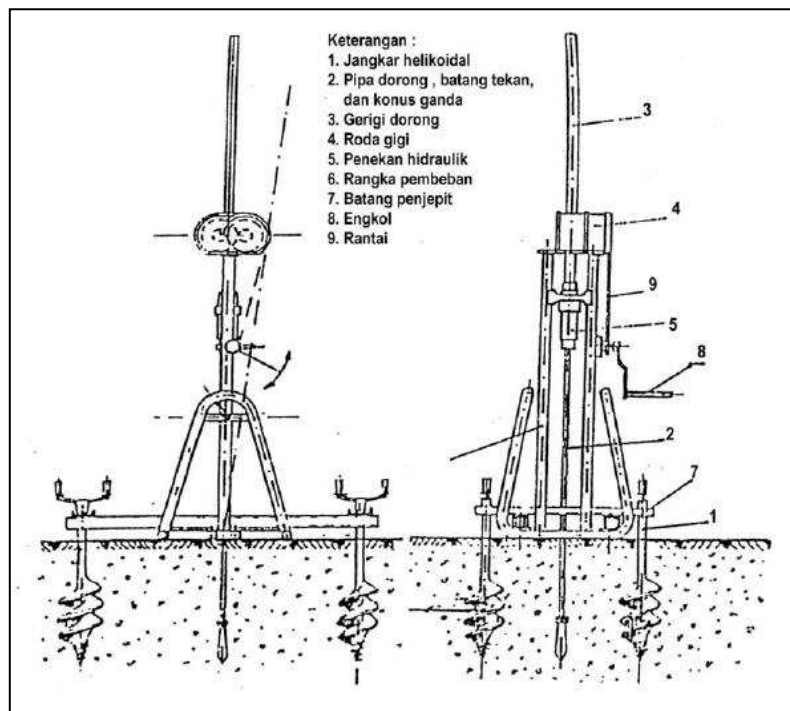




#### 4. Prosedur Percobaan

Persiapan pengujian sondir di lapangan sebagai berikut:

- a. Siapkan lubang untuk penusukan konus pertama kalinya, biasanya digali dengan linggis sedalam sekitar 5 cm.
- b. Masukkan 4 buah angker ke dalam tanah pada kedudukan yang tepat sesuai dengan letak rangka pembeban.
- c. Pasang dan sesuaikan rangka pembeban, sehingga kedudukan rangka berdiri vertical.
- d. Pasang manometer 0 kg/cm<sup>2</sup> s.d 50 kg/cm<sup>2</sup> kemudian manometer 0 kg/cm<sup>2</sup> s.d 250 kg/cm<sup>2</sup> (menggantikan manometer sebelumnya) untuk penyondiran.
- e. Periksa sistem hidraulik dengan menekan piston hidraulik menggunakan kunci piston, dan jika kurang tambahkan oli serta cegah terjadinya gelembung udara dalam system.
- f. Tempatkan rangka pembeban, sehingga penekan hidraulik berada tepat di atasnya.
- g. Pasang balok-balok penjepit pada jangkar dan kencangkan dengan memutar baut pengencang, sehingga rangka pembeban berdiri kokoh dan terikat kuat pada permukaan tanah. Apabila tetap bergerak pada waktu pengujian, tambahkan beban mati di atas balok-balok penjepit.
- h. Sambung konus ganda dengan batang dalam dan pipa dorong serta kepala pipa dorong; dalam kedudukan ini batang dalam selalu menonjol keluar sekitar 8 cm di atas kepala pipa dorong. Jika ternyata kurang panjang, bisa ditambah dengan potongan besi berdiameter sama dengan batang dalam.

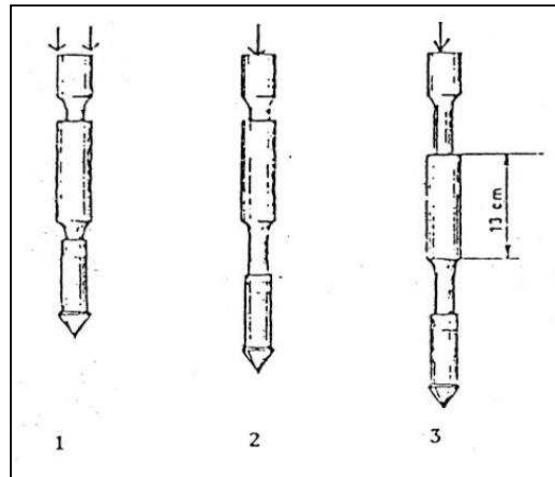


Langkah-langkah pengujian penetrasi konus ganda sebagai berikut:

- Tegakkan batang dalam dan pipa dorong di bawah penekan hidrolik pada kedudukan yang tepat.
- Dorong kunci pengatur pada kedudukan siap tekan, sehingga penekan hidrolik hanya akan menekan pipa dorong.
- Putar engkol searah jarum jam secara konstan, sehingga gigi penekan dan penekan hidrolik bergerak turun dan menekan pipa luar sampai mencapai kedalaman 20 cm sesuai interval pengujian (interval 20 cm ditandai terlebih dahulu pada batang).
- Pada tiap interval 20 cm lakukan penekanan batang dalam dengan menarik kunci pengatur, sehingga penekan hidrolik hanya menekan batang dalam saja (kedudukan 1, lihat Gambar 3).
- Putar engkol searah jarum jam dan jaga agar kecepatan penetrasi konus berkisar antara 10 mm/s sampai 20 mm/s  $\pm$  5. Selama penekanan batang pipa dorong tidak boleh ikut turun, karena akan mengacaukan pembacaan data.
- Baca nilai perlawanan konus (cone resistance) pada penekan batang dalam sedalam kira-kira 4 cm pertama (kedudukan 2, lihat Gambar 3) dan catat pada formulir (Lembar data) pada kolom  $C_w$ .



- g. Baca jumlah nilai perlawanan geser dan nilai perlawanan konus (total resistance) pada penekan batang sedalam kira-kira 4 cm yang ke-dua (kedudukan 3, lihat Gambar 3) dan catat pada formulir (Lembar data) pada kolom Tw.
- h. Ulangi prosedur percobaan setiap interval 20 cm. Jika kedalaman sudah mencapai 1 meter, batang sondir disambung. Kemudian jika pembacaan sudah maksimum pada manometer kapasitas 50 kg/cm<sup>2</sup>, ganti manometer dengan kapasitas yang lebih besar.



## 5. Data dan Perhitungan

### a. Data

Laporan hasil pengujian dituliskan pada formulir yang terlampir. Data yang diambil selama praktikum adalah sebagai berikut.

No.	Proses	Data yang Diambil	Simbol
1	F	nilai perlawanan konus	Cw
2	G	nilai perlawanan geser dan nilai perlawanan konus	Tw

### b. Perhitungan

- Perlawanan konus (qc)

Nilai perlawanan konus (qc) dengan ujung konus saja yang terdorong, dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$P_{konus} = P_{piston}$$



$$qc \times A_c = Cw \times A_{pi}$$

Dimana,  $A_c = A_{pi} = \text{Luas Korus} = 10 \text{ cm}^2$ , sehingga:

$$qc = Cw$$

- Perlawanan Geser/ Local Friction ( $f_s$ )

Nilai perlawanan geser lokal diperoleh bila ujung korus dan bidang geser terdorong bersamaan, dan dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$P_{korus} + P_{geser} = P_{piston}$$

$$(qc \times A_c) + (f_s \times A_s) = Tw \times A_{pi}$$

$$(Cw \times A_{pi}) + (f_s \times A_s) = Tw \times A_{pi}$$

$$f_s = (Tw - Cw) \times \frac{A_{pi}}{A_s}$$

Dimana,  $A_s = \text{Luas selimut geser} = 100 \text{ cm}^2$

- Friction ( Hambatan Lekat )

Friction adalah besarnya perlawanan geser tanah terhadap selubung bikorus dalam gaya persatuan panjang, dimana setiap satu segmen lapisan tanah yang diamati (20 cm).

$$\text{Friction} = 20 f_s$$

- Total Cumulative Friction ( $T_f$ )

Nilai geseran total kumulatif ( $T_f$ ) diperoleh dengan menjumlahkan nilai perlawanan geser lokal ( $f_s$ ) yang dikalikan dengan interval pembacaan (Friction).

- Friction Ratio ( $f_r$ )



Friction ratio adalah perbandingan antara tahanan friksi dengan tahanan ujung pada suatu lapisan tanah. Rumus friction ratio adalah sebagai berikut:

$$f_r = \frac{f_s}{q_c} \times 100\%$$

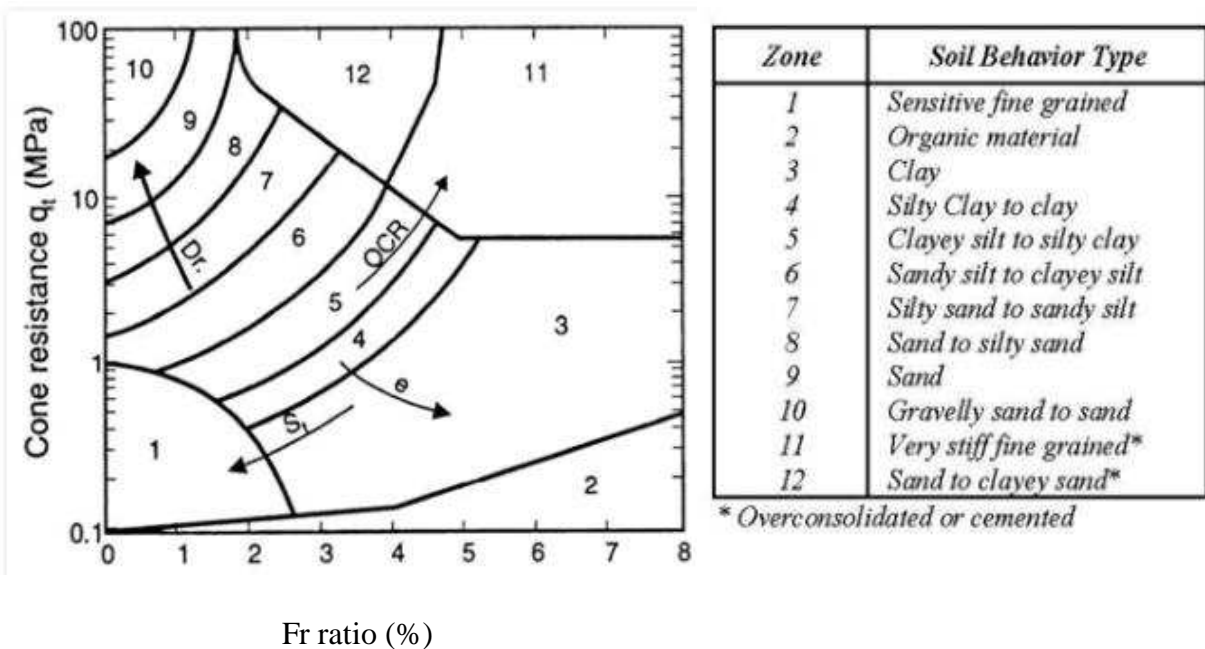
## 6. Tabel, Grafik, dan Analisis

Berikut adalah tabel yang harus disertakan didalam laporan:

No.	Grafik	Hal-hal yang Perlu
1	Grafik antara kedalaman terhadap cone resistance ( $q_c$ )	Kedalaman tanah keras & resistancinya serta nilai $l_c$
2	Grafik antara kedalaman terhadap local friction ( $f_s$ )	
3	Grafik antara kedalaman terhadap total cumulative friction ( $T_f$ )	
4	Grafik antara kedalaman terhadap friction ratio ( $f_r$ )	
5	Gabungan grafik kedalaman cone resistance, local friction, dan total cumulative friction	

Dari grafik dapat dilihat.

Dari friction ratio bisa ditentukan jenis tanah atau klasifikasi tanah, dengan menggunakan grafik interpretasi profil tanah dengan parameter  $q_c$  dan  $f_r$  oleh Robertson & Campanella, 1986.



## 7. Kesimpulan

Buatlah kesimpulan yang mengacu pada tujuan praktikum dan saran untuk perbaikan di masa mendatang.

Contoh Tabel Data:

Depth (m)	Cw (kg/cm <sup>2</sup> )	Tw (kg/cm <sup>2</sup> )	Cw (MPa)	fs (kg/cm <sup>2</sup> )	Friction (kg/cm)	Tf	fr (%)	Jenis Tanah