BUKU PANDUAN PRAKTIKUM
MEKANIKA TANAH

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2018

Disusun Oleh :

Team *Soil Mechanics Laboratory*
2018

PETUNJUK PRAKTIKUM

Dalam pelaksanaan praktikum, praktikan (mahasiswa) dianjurkan untuk mengikuti dan melaksanakan petunjuk yang ada guna kelancaran dan kesuksesan dalam melaksanakan praktikum. Oleh karena itu, praktikan (mahasiswa) diharapkan membaca petunjuk ini sebelum melakukan praktikum.

I. Petunjuk Umum

a. Praktikan wajib menghormati dan mentaati peraturan dari asisten / petugas.
b. Selama praktikum berlangsung, praktikan wajib mejaga kesopanan dalam bertingkahlaku dan berpakaian.
c. Praktikum dilaksanaan oleh satu kelompok praktikan sesuai pembagian dari asisten praktikum.
d. Praktikum dimulai pukul 08.00 WIB (atau sesuai kesepakatan) dengan toleransi keterlambatan 15 menit. Sebelum dan sesudah praktikum, ada briefing penjelasan dari praktikum tersebut.
e. Setiap praktikan wajib presensi berangkat dan pulang tiap pertemuan praktikum, dan bagi praktikan yang tidak presensi lebih dari 2 kali tidak boleh mengikuti praktikum selanjutnya.
f. Ketentuan lain menyusul saat praktikum berlangsung.

II. Petunjuk Praktikum

a. Pelajari dengan baik petunjuk dalam prosedur pengujian sebelum praktikum dilaksanakan.
b. Dalam praktikum, lakukan segala sesuatunya dengan teliti dan hati-hati karena sedikit keslahan seperti dalam pembacaan arloji, ketelitian timbangan, tertukarnya alat uji dengan kelompok lain, tercecernya bahan praktikum yang diperiksa, dan lain-lain akan berpengaruh terhadap kesalahan hasil uji. Demikian juga kebersihan dan keringnya alat juga berpengaruh pada hasil uji.
c. Dilarang mengubah standar (setelan) alat-alat yang ada tanpa ijin dari asisten / petugas. Bila menurut praktikan menganggap ada sesuatu yang kurang beres dengan alat yang digunakan segera menghubungi asisten / petugas.
d. Dalam menggunakan timbangan hendaknya sama pada suatu pengujian tertentu. Dan sebelum menggunakannya, periksa kemampuan / kapasitas dan ketelitian timbangan yang akan digunakan, serta pastikan timbangan berada pada posisi seimbang atau menunjukkan angka nol pada saat tanpa beban.
e. Kelompok praktikum bertanggung jawab atas semua peralatan yang digunakan baik kebersihan, kehilangan ataupun kerusakan dari alat tersebut. Dilarang menyentuh atau memindahkan peralatan dalam laboratorium tanpa seijin dari asisten / petugas.
f. Biasakan mencatat hal-hal penting yang dilaksanakan dan dirasa perlu untuk dicatat.

III. Petunjuk Laporan

a. Setiap mahasiswa harus membuat dan menyerahkan laporan ditambah satu laporan kelompok yang diserahkan untuk dosen pembimbing atau laboratorium.
b. Format laporan prkatikum mengacu pada format skripsi dengan diketik komputer.
c. Laporan praktikum terdiri dari :
   1. Sampul Laporan
   2. Lembar Pengesahan
      - Diperiksa Asisten Praktikum Mekanika Tanah
      - Disetujui Dosen Mekanika Tanah
      - Mengetahui Ketua Laboratorium Mekanika Tanah
   3. Lembar Komunikasi dan Pemantauan
   4. Kata Pengantar
   5. Daftar Isi
   6. Daftar Tabel
   7. Daftar Gambar
   8. Daftar Grafik
   9. Isi Laporan untuk setiap bab pengujian
      - Judul / jenis pengujian
      - Maksud dan Tujuan
      - Alat dan Bahan yang digunakan
      - Cara Kerja
      - Hitungan, Grafik dan Hasil Uji
      - Pembahasan / Teori yang mendukung / Kesimpulan
      - Lampiran (daftar pengamatan dengan pengesahan asister dan tabel / grafik yang dibutuhkan)
   10. Rekapitulasi hasil perhitungan
   11. Penutup
   12. Daftar Pustaka
d. Ketelitian pengamatan dituliskan dengan desimal sesuai ketelitian alat, tetapi untuk hasil perhitungan pada umumnya cukup dengan dua angka dibelakan koma, kecuali besaran-besaran tertentu yang memang harus lebih teliti.
e. Batas akhir pengumpulan laporan ke asisten paling lambat 1bulan setelah praktikum dan untuk laporan ke dosen paling lambat 2 minggu setelah di periksa total oleh asisten.

I. PROSEDUR UJI BORING DAN SAMPLING

A. Pengujian Boring

Maksud

Mendapatkan contoh tanah yang tidak terganggu (*undisturbed sample)* dengan memukul silinder tabung tipis mesuk ke dalam tanah dari suatu lokasi untuk diselidiki sifat dan karakteristiknya.

Catatan, cara ini tidak sesuai bila digunakan untuk :

- Tanah yang sangat keras sehingga tidak dapat ditembus silinder tabung.
- Tanah yang terlalu lunak sehingga akan lepas jika diambil dengan silinder tabung.

Lubang-lubang bor (*boreholes*) hampir selalu merupakan bagian yang utama dari setiap penyelidikan. Ada 2 macam jalan untuk membuat lubang-lubang bor, yaitu:

a. bor dangkal
b. bor dalam

a. Bor Dangkal

Alat

1. Tabung silinder yang cukup tipis yang berdiameter antara 50 sampai 140 mm dengan ujung yang tajam. Tebal dinding silinder maksimum adalah sedemikian hingga Ar = …….. harus kurang dari 10 – 15 %.
2. Pemukul besi (palu)
3. Stang pemutar Bor.
4. Kepala pelindung pukulan
5. Pipa penekan
6. Dongkrak hidrolis
7. Kantong plastik dan karet
8. Kuas dan minyak oli
9. Sepasang kunci Inggris besar

Gambar Alat Boring

Cara Kerja

1. Menyambung mata bor dengan salah satu pipa pada ujungnya yang panjangnya 1m dan memasang stang pemutar pada ujung yang lain.
2. Menancapkan mata bor vertikal ke atas dan menekannya.
3. Mencabut mata bor dengan bantuan stang pemutar apabila mata bor sudah penuh tanah dan membersihkannya dengan soket, kemudian melanjutkan pengeboran.
4. Mencabut mata bor dan mengamati warna tanah pada mata bor tersebut jika kedalaman yang dimaksud tercapai.

***b.* Bor Dalam**

Alat

Alat-alat yang digunakan :

1. Mesin pemutar bor
2. Tiang statis (kaki tiga)
3. Mata bor
4. Katrol
5. Tali tambang
6. Tabung sampel
7. Kayu
8. Kuas dan minyak oli
9. Sepasang kunci Inggris besar
10. *Core box*
11. *Hammer,* 140lbs

Keterangan gambar :
a. Mesin pemutar bor
b. Tiang statis (kaki tiga) c. Mata bor
d. Katrol
e. Tali tambang

Cara Kerja

1. Mendirikan tiang statis berkaki tiga, kemudian memasang katrol beserta tali tambang di ujung atas tiang statis. Penempatan katrol tepat di atas tanah yang akan dibor.
2. Menyiapkan mesin pemutar bor, sesuaikan dengan tanah yang akan dibor. Usahakan mesin bor statis (tidak mudah bergerak).
3. Menyambung mata bor dengan salah satu pipa pada ujungnya yang panjangnya ± 5 m.
4. Memasang pipa pada mesin pemutar bor, penempatan pipa tepat di atas tanah yang akan dibor.
5. Menancapkan mata bor vertikal ke atas.
6. Menghidupkan mesin, hingga kedalaman tanah yang dimaksud.
7. Mencabut mata bor dan mengamati warna tanah pada mata bor tersebut jika kedalaman yang dimaksud tercapai.
8. Mencari SPT dengan cara menghitung jumlah ketukan hingga mata bor mencapai kedalaman ±15 cm. Lakukan sebanyak 3 kali. (N_1; N_2 ; N_3)
9. Menghitung jumlah total ketukan setiap kedalaman, sampai jumlah ketukan ke 2 dan ke 3 (N_2; N_3) > 60, sebanyak 3 kali.

B. Pembuatan Sample Tanah

Maksud

Membuat sample tanah untuk pengujian dalam mengetahui sifat dan karakteristik dari *undisturbed soil* hasil uji pengeboran.
Sample tanah yang dibuat untuk masing-masing kelompok:

1. 3 buah kubus dimensi 1 cm^3 untuk pengujian berat volume basah.
2. 5 buah sampel tanah berbentuk tabung dengan dimensi d=… dan t=…. untuk pengujian triaxial dan UCS.
3. 5 buah sampel tanah berbentuk silinder pipih dengan dimensi d=… dan t=… untuk pengujian Direct Shear dan Konsolidasi.
4. 3 buah ……. untuk pengujian kadar air.
5. dan sisanya dikeringkan dan ditumbuk untuk pengujian analisis butiran, atterberg limit test, dan uji pemadatan tanah.

Alat

Alat-alat yang digunakan :

1. Mata bor
2. Stang pemutar bor
3. Kepala pelindung pukulan
4. Pipa penekan
5. Tabung untuk contoh tanah
6. Pemukul besi (palu)
7. Dongkrak hidraulik
8. Kantong plastik dan karet
9. Kuas dan minyak oli
10. Sepasang kunci Inggris besar

Cara Kerja

1. Memasang tabung uji yang sudah dibersihkan dan sudah diolesi minyak oli pada ujung bawah pipa dan memasang kepala pelindung di ujung pipa.
2. Memasukkan tabung uji dan menekan ujung pipa dengan cara dipukul dengan palu sampai tabung terisi penuh dengan tanah.
3. Memutar stang 360° untuk melepaskan benda uji dari lekatan tanah asalnya.
4. Mengangkat tabung dengan stang pemutar dan menutupnya dengan plastik untuk mencegah penguapan.
5. Mengulangi percobaan di atas sampai kedalam yang telah ditentukan. Bila pipa kurang panjang dapat disambung.
6. Setelah selesai, tabung berisi sampel dibawa ke laboratorium dan benda uji dikeluarkan dari tabung dengan dongkrak hidraulik.
7. Membersihkan alat serta menyimpannya kembali.

C. Pengujian Berat Volume Basah / Bulk Density (γ_b)

Maksud

Menentukan berat volume basah tanah asli yang mana adalah perbandingan antara berat tanah asli seluruhnya dengan isi tanah asli seluruhnya. Untuk keadaan tanah asli yang besar atau padat dapat langsung dengan air raksa.

Alat

a. Pisau
b. Mangkuk
c. Cawan kaca
d. Neraca
e. Air raksa
f. Tanah asli *undisturbed* hasil boring yang dipotong berbentuk kubus 1x1x1 cm^3

Gambar Alat dan Bahan Pengujian Berat Volume Basah

Keterangan gambar :

a. Air raksa
b. Cawan kaca
c. Mangkuk

Cara Kerja

a. Contoh tanah hasil boring dipotong berbentuk kubus 1 x 1 x 1 cm^3 , tiap contoh tanah dibuat 3 buah kubus.
b. Menimbang cawan kosong (a gram).
c. Menimbang cawan + contoh tanah (b gram).
d. Menuangkan air raksa dalam mangkuk, kemudian permukaannya diratakan dengan cara menekan cawan kaca penahan.
e. Memasukan contoh tanah dalam mangkuk, kemudian meratakannya dengan kaca penahan, maka sebagian air raksa akan tumpah dari

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH JTS FT UNS

mangkuk, lalu tumpahan dimasukan pada cawan kemudian ditimbang. Berat cawan + tumpahan air raksa (c gram).

f. Selanjutnya tiap-tiap sampel tanah yang lain dikerjakan seperti langkah-langkah di atas.

Perhitungan

Rumus-rumus dalam menghitung berat volume basah (γ_b) sebagai berikut:

a. Mencari volume air raksa yang tumpah (d gram)

$$d = \frac{c - a}{13{,}6}$$

dimana : a = berat cawan kosong (gram)
c = berat cawan + air raksa yang tumpah (gram)
d = volume air raksa yang tumpah (cm^3)

b. Mencari berat volume basah (γ_b)

$$\gamma_b = \frac{b - a}{d}$$

dimana : a = berat cawan kosong (gram)
b = berat cawan + contoh tanah (gram)
γ_b = berat volume basah (gr / cm^3)
d = volume air raksa yang tumpah (cm^3)

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH * JTS FT UNS *

B. Pengujian Berat Jenis Tanah / Specific Gravity (Gs) (ASTM D 854-02)

Maksud

Penentuan Gravitasi khusus suatu contoh tanah. Gravitasi khusus tanah adalah perbandingan antara massa butir-butir dengan massa air destilasi di udara dengan volume yang sama dan pada temperatur tertentu.

Alat

a. Piknometer, yaitu botol gelas dengan leher sempit dan tutuo (dari gelas) yang berlubang kapiler, dengan kapasitas 50 cc atau lebih besar.
b. Cawan
c. Timbangan dengan ketelitian 0.001 gram.
d. Termometer
e. Oven listrik dengan suhu dapat diatur konstan pada 105 – 110 C.
f. Aquades
g. Palu karet
h. Saringan No. 40
i. Contoh tanah hasil boring yang telah di oven selama 24 jam.

Gambar Alat Uji *Specific gravity* (Gs)

Keterangan gambar :
a. Piknometer
b. Timbangan
c. Cawan

Cara Kerja

a. Membersihkan dengan lap dan menimbang 3 buah piknometer dalam keadaan kosong dan kering (a gram).
b. Piknometer diisi aquades sampai penuh lalu ditimbang dan suhunya diukur. Berat piknometer dan aquades jenuh (b gram).
c. Piknometer diisi contoh tanah lolos saringan no. 40 yang telah dioven selama 24 jam sebanyak 3 buah (tanah yang dimasukkan piknometer 1/3 volume piknometer)

d. Piknometer yang berisi tanah kering ditimbang (c gram)
e. Piknometer yang berisi contoh tanah kering diberi aquades sampai batas bawah leher piknometer dan didiamkan selama 24 jam dalam keadaan tertutup.
f. Selanjutnya piknometer diketuk-ketuk sampai gelembung udara tidak ada dalam air di atas tanah, aquades kelihatan jernih kemudian diisi aquades sampai penuh dan ditimbang (d gram).
g. Mengukur suhu aquades yang ada dalam piknometer.

Perhitungan

Rumus *Specific gravity* (Gs) :

$$Gs = \frac{\text{Massa Butiran}}{\text{Massa air dengan volume yang sama}} = \frac{Ms}{Mw}$$

$$Gs = \frac{c - a}{(b - a)T_1 - (d - c)T_2}$$

dimana :

Gs = *Specific gravity*
a = berat piknometer kosong (gram)
b = berat piknometer + aquades jenuh (gram)
c = berat piknometer **+** sampel kering (gram)
d = berat piknometer + sampel + aquades (gram)
t_1 = suhu pada saat piknometer berisi aquades (ºC)
t_2 = suhu pada aquades setelah piknometer didiamkan selama 24 jam (ºC)
T_1 = faktor koreksi pada suhu t_1
T_2 = faktor koreksi pada suhu t_2

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH *JTS FT UNS*

D. Perhitungan Parameter Sifat Fisik Sample Tanah

Maksud

Mengetahui parameter tanah lainnya. Yaitu Berat Volume Kering (γ_d), Porositas (n) Angka Pori (e), Berat Isi Tanah Jenuh (γ_{sat}), Berat Isi Butir Tanah (γ_s), Berat Isi Tanah Efektif (γ_{eff}).

Perhitungan

Dari hasil perhitungan sebelumnya, didapat harga-harga

a. Kadar Air / *WaterContent (w)*

b. *Spesific Grafity (*Gs)

c. Berat volume basah (γ_b)

Sehingga dapat ditentukan besarnya :

a. Berat volume tanah kering (γ_d), yaitu perbandingan antara berat tanah kering seluruhnya dengan isi tanah seluruhnya.

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1+w}$$

b. Berat isi butir (γ_s), yaitu perbandingan antara berat butir tanah dengan isi butir tanah.

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s} \Rightarrow W_s = G_s.\gamma_w$$

c. Porositas (n), yaitu perbandingan antara isi pori dengan isi butir tanah.

$$n = 1 - \frac{\gamma_d}{\gamma_s}$$

d. Angka pori (e), yaitu perbandingan antara isi pori dengan berat isi tanah basah.

$$= \frac{\quad}{\gamma_b} - 1$$

e. Berat isi tanah jenuh (γ_{sat}), yaitu perbandingan antara berat butir tanah jenuh dengan isi butir tanah jenuh

$$\gamma_{sat} = \frac{Gs + e}{1+e} . \gamma_w$$

f. Derajat kejenuhan (Sr)

$$Sr = \frac{w.Gs}{e} x100\%$$

g. Berat Isi Tanah Efektif (γ_{eff}), yaitu berat isi tanah jenuh dikurangi γ_w.

$$\gamma_{eff} = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

II. Prosedur Uji Sample Tanah

A. Pengujian Kadar Air Tanah / *Water Content* (*w*) (ASTM D 2216-98)

Maksud

Memeriksa kadar air tanah dari suatu contoh tanah. Kadar air tanah adalah perbandingan antara massa (berat) air yang dikandung tanah dan massa (berat) kering tanah, dinyatakan dalam persen.

Alat

a. Oven listrik dengan suhu dapat diatur konstan pada 105 – 110 C.
b. Timbangan yang mempunyai ketelitian sekurang-kurangnya
   a. 0.01 gram – untuk massa kurang dari 100 gram,
   b. 0.10 gram – untuk massa antara 100 - 1000 gram,
   c. 1.00 gram – untuk massa lebih dari 1000 gram.
c. Cawan timbang dari gelas atau logam tahan karat.
d. Contoh tanah (basah) yang akan diperiksa adalah sampel undisturbed soil hasil boring.

Gambar Alat uji kadar air tanah dan Oven listrik

Cara Kerja

1. Membersihkan lalu menimbang cawan kosong dengan timbangan (a gram).
2. Contoh tanah diambil sedikit, kemudian diletakan pada cawan dan ditimbang dengan neraca. Berat cawan + tanah basah (b gram).
3. Cawan bersama contoh tanah dimasukkan dalam oven (105 – 110 C) selama 16 - 24 jam. Setelah kering lalu ditimbang. Berat cawan + tanah kering (c gram).
4. Langkah 1 sampai 3 diulang lagi untuk contoh tanah yang lain. Tiap contoh tanah diambil 3 cawan.

Perhitungan

Rumus kadar air / *water content (w) :*

$$w = \frac{massa\_air}{massa\_tanah\_kering} x100\%$$

$$w = \frac{b - c}{c - a} x100\%$$

Dengan :

w = kadar air (%)

a = berat cawan kosong (gram)

b = berat cawan + tanah basah (gram)

c = berat cawan + tanah kering oven (gram)

Catatan

1. Dalam pengeringan tanah
   a. Bila diragukan bahwa setelah 24jam tanah mungkin belum kering, pengeringan dalam oven dilanjutkan beberapa jam dan pada penimbangan kedua yang berurutan, massa yang didapat tidak boleh berkurang lagi (maksimum selisih 0.1%)
   b. Untuk tanah yang mudah terbakar seperti tanah yang mengandung gips, gunakan temperatur oven sekitar 60^0 – 80^0 C.
   c. Tanah pasir dapat kering dalam waktu yang lebih cepat (hanya dalam beberapa jam).
2. Pemeriksaan kadar air tanah selain dilakukan pada tanah asli juga merupakan pelengkap dari pengujian lain seperti uji pemadatan, batas-bataskonsistensi, konsolidasi dan lain sebagainya.
3. Pemeriksaan kadar air sebaiknya dilakukan 3 kali untuk sample tanah yang sama, yang hasilnya harus hampir sama, kemudian harganya dirata-rata.

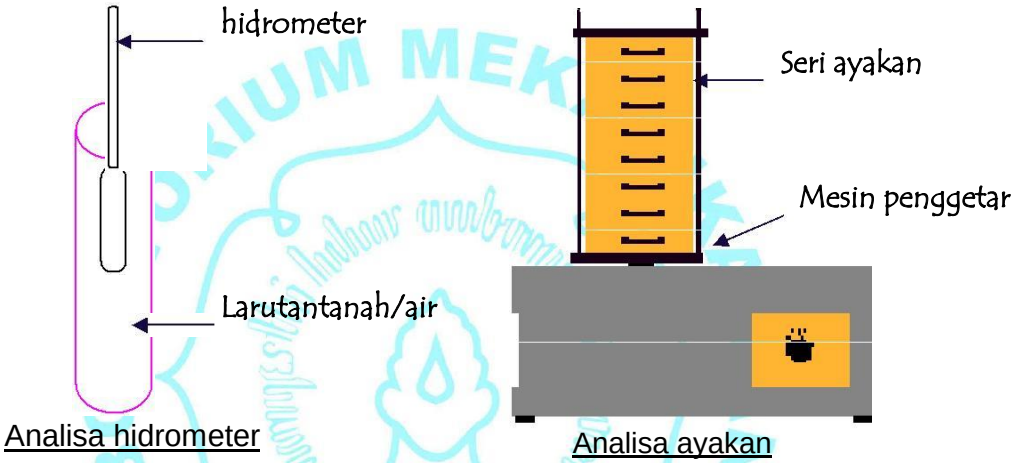
JTS FT UNS

III. Prosedur Uji Analisis Butiran dan Atterberg Limit

A. <u>Pengujian Analisis Butiran (Grain Size Analysis)</u> (ASTM D 1140-00 & ASTM D 422-63)

Pengujian ini terdiri dari 2 macam percobaan, yaitu :

1. Analisis Hidrometer / *Hydrometer Analysis*
   Yaitu untuk mengetahui diameter butir tanah yang lebih kecil dari 0,074 mm atau lolos saringan no. 200.
2. Analisis Butiran / *Sieve* Analysis
   Yaitu untuk mengetahui diameter butir tanah yang lebih besar dari 0,074 mm atau tertahan saringan no. 200.



1. <u>Analisis Hidrometer / Hydrometer Analysis</u> (ASTM D 1140-00)

Maksud

Menentukan distribusi butiran tanah yang memiliki diameter lebih kecil dari 0.074 mm (lolos saringan no 200 ASTM) dengan cara pengendapan (*Hydrometer Analysis*)

Alat dan Bahan

a. Gelas ukur 1000 ml 1 buah
b. Pelampung hidrometer
c. Cawan alumunium, mangkuk, dan solet
d. Neraca
e. Oven
f. Stop watch
g. Termometer
h. Aquades
i. Cairan *sodium silikat*
j. Bahan yang digunakan pada analisis hidrometer adalah sampel tanah boring yang telah dioven selama 24 jam.

Gambar Alat Pengujian Analisis Hidrometer

Cara Kerja

a. Sampel tanah hasil boring yang telah dioven diambil 60 gram, kemudian diberi aquades secukupnya dan dipanaskan sampai mendidih.
b. Sampel tanah dicampur dengan sodium silikat 10 ml dan diaduk hingga merata.
c. Campuran tadi dimasukkan dalam gelas ukur dan ditambahkan aquades hingga volumenya 1000 ml dan didiamkan selama 24 jam dalam keadaan tertutup rapat.
d. Setelah 24 jam sampel dikocok hingga homogen, lalu pelampung hidrometer dan termometer dimasukkan, stop watch dihidupkan dan pengukuran dimulai.
e. Hasil pengamatan dicatat dalam tabel terhadap pelampung hidrometer dan termometer diamati suhunya, waktu pengamatan pada menit ke-1, 2, 5, 12, 30, 60, 240. dan 1440. Pengamatan menit ke-0 adalah pada saat tabung gelas ukur tegak lurus dengan meja kerja sebelum pelampung hidrometer masuk.

Perhitungan

a. Dari harga berat jenis yang diperoleh dari percobaan *Specific Gravity* (G_s), kita menghitung berat isi tanah yaitu : $\gamma s = Gs \times \gamma w$
b. Dengan harga γ_s dari tabel II dapat diperoleh nilai koreksi miniscus (C_m).
c. Koreksi miniscus (c_m) ditambahkan pada data hasil pembacaan pelampung hidrometer (R_a) ; $R_c = R_a + C_m$.
d. Berdasarkan suhu pada pengamatan ke t menit, dari tabel I diperoleh harga berat isi air (w) sedangkan untuk koreksi c_t didapat dari tabel III untuk tiap suhu terbaca.
e. Berdasarkan harga R_c dari tabel hasil kalibrasi hidrometer diperoleh nilai L.

Cara pengisian kolom pada tabel analisis hidrometer test adalah :

Kolom 1 = jam pengamatan

Kolom 2 = waktu pengamatan (1 menit)

Kolom 3 = pembacaan penurunan pelampung hidrometer (R_a)

Kolom 4 = perhitungan koreksi, $R_c = R_a + c_m$

$\gamma_s = G_s \times \gamma_w$ (G_s dari percobaan *Specific Gravity*)

(γ_w untuk T 28 ºC =0.99627)

Dari harga γ_s dengan melihat tabel II kita dapat mencari harga koreksi miniscus (cm)

$R_c = R_a + C_m$

Kolom 5 = pembacaan suhu

Kolom 6 = dari harga Rc akan didapat harga L dengan melihat tabel hidrometer no. 2

Kolom 7 = L/t

Kolom 8 = $\sqrt{(L / t)}$

Kolom 9 = Harga $\propto$ dapat diketahui dari tabel I untuk masing-masing suhu

Kolom 10 = diameter, didapat dari (8) x (9)

Kolom 11 = koreksi suhu (C_t)

Dari tabel III didapat nilai C_t

Kolom 12 = $R = R_c + C_t$

Kolom 13 = perhitungan prosentase butir tanah (P)

$$P = \frac{R \cdot M}{10}$$

$$M = \frac{V}{W_s} \cdot \frac{G_s}{G_s - \gamma_w}$$

dimana : V = volume = 1000 ml

W_s = berat tanah sampel = 60 gram

Perhitungan selanjutnya disajikan dalam tabel terlampir.

2. Analisis Saringan (*Sieve Anaysis)* (ASTM D 422-63)

Maksud dan Tujuan

Mengetahui distribusi ukuran tanah yang berdiameter 4.75 mm sampai 0.075 mm atau lolos saringan no 4 ASTM dan tertahan saringan no 200.

Alat dan Bahan

a. Satu set saringan standar ASTM (no. 4, 8, 16, 20, 40, 80, 100, 120, 200).
b. Penggetar saringan (*vibrator*).
c. Neraca dan anak timbangan.
d. Sikat halus dan solet.
e. Oven listrik.
f. Cawan alumunium
g. Bahan yang digunakan sampel tanah yang digunakan pada analisis hidrometer yang tidak lolos saringan no 200.

Gambar Alat Pengujian Analisis Saringan

Cara Kerja

a. Sampel tanah dari percobaan hidrometer dicuci dengan saringan no. 200 sampai bersih.
b. Pencucian dinyatakan bersih apabila air bekas cucian telah jernih.
c. Sampel tanah yang tertahan dalam saringan no. 200 diletakkan di cawan dan di oven selama 24 jam.
d. Sampel tanah kering yang telah dioven selama 24 jam ditimbang bersama cawannya.
e. Sampel tanah dimasukkan ke dalam susunan saringan kemudian digetarkan dengan alat penggetar.
f. Sampel tanah yang tertinggal pada setiap saringan ditimbang.

Perhitungan

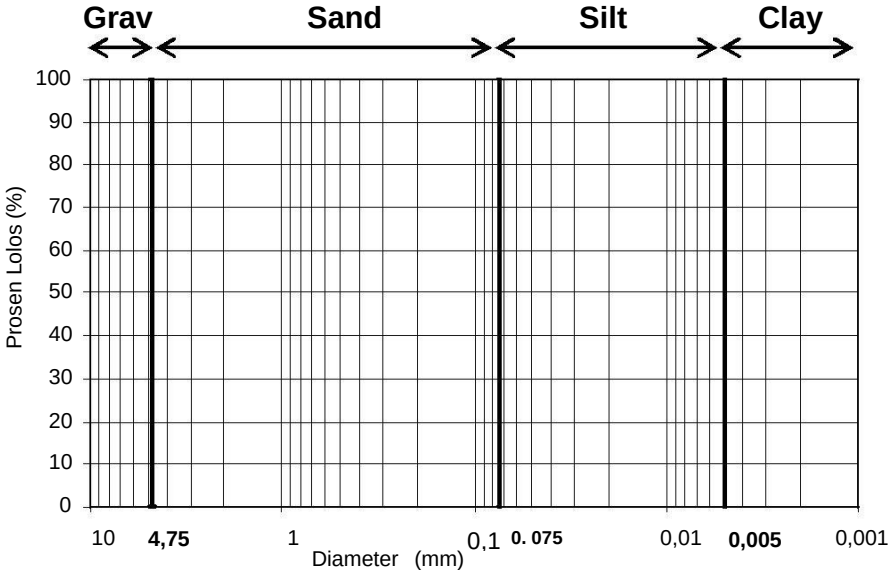
a. Prosentase tanah yang tertahan
   = (berat yang tertinggal / berat total) x 100 %

b. Prosentase kumulatif tertahan adalah prosentase butir tanah yang tertinggal pada saringan tersebut ditambah prosentase butir tanah yang tertinggal pada saringan – saringan sebelumnya.
   Prosentase kumulatif = % ukuran butir tertinggal dari saringan no 4+8+16 +20+…+200

c. Perhitungan selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel berikut ini :

No saringan	Diameter Saringan (mm)	Berat Sampel + Cawan (gram)	Berat Cawan (gram)	Berat Sampel tertahan (gram)	Persen Tertahan (%)	Persen Komulatif (%)	Persen Lolos (%)
4	4.75						
8	2.36						
16	1.18						
20	0.85						
40	0.425						
80	0.180						
100	0.150						
120	0.125						
200	0.075						
Pan	Pan						

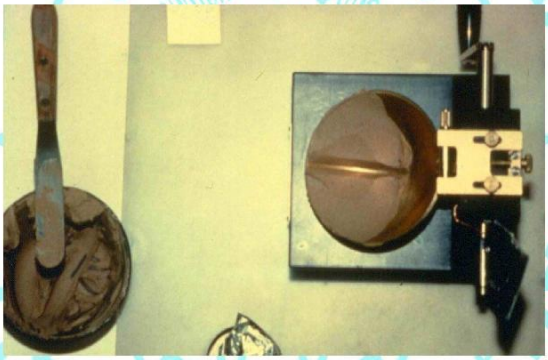
d. Hasil pengujian disajikan dalam bentuk grafik, dengan langkah sebagai berikut :
   a. Grafik digambar pada kertas logaritma
   b. Sumbu absis merupakan diameter saringan
   c. Sumbu ordinat merupakan prosentase kumulatif yang lolos saringan
   d. Data-data dari analisis hidrometer dan analisis saringan kemudian diplotkan ke dalam kertas grafik
   e. Setelah mengetahui tempat kedudukan titik-titik dari data di atas, kemudian dibuat garis yang menghubungkan titik-titik tersebut



Grafik Distribusi Ukuran Butiran Tanah

Cara Kerja

a. Menimbang berat cawan dan meletakan sampel asli hasil *boring* dalam cawan
b. Menambahkan air ke dalam sampel lalu mengaduknya hingga merata
c. Meletakkan sampel ke dalam mangkuk, mengaduk, dan mengeratkannya dengan solet.
d. Membelah sampel pada Cassagrande dengan solet hingga terpisah menjadi 2 bagian yang sama.
e. Memutar stang Cassagrande sehingga terketuk hingga alur menutup kembali sepanjang 1 cm.
f. Mencatat jumlah ketukan
g. Mengambil tanah dari Cassagrande menjadi 3 bagian lalu menimbangnya.
h. Melakukan percobaan 4 kali dan mengusahakan agar jumlah ketukan di bawah 25 kali sebanyak 2 kali dan di atas 25 ketukan sebanyak 2 kali juga.
i. Memasukkan sampel yang telah ditimbang dalam oven kemudian menimbangnya kembali.



Gambar Tanah yang terbarut dalam Casagrande

Perhitungan

Rumus :

$$w = \frac{(b - c)}{(c - a)} x100\%$$

dimana :

a = berat cawan (gram)
b = berat cawan + tanah basah (gram)
c = berat cawan + tanah kering (gram)
w = kadar air (%)

Penggambaran grafik

a) Menggambar grafik pada grafik semilogaritmik.
b) Gambar dibatasi oleh:
   1. Sumbu X (absis) sebagai jumlah ketukan
   2. Sumbu Y (ordinat) sebagai kadar air

c) Grafik berupa garis linear dimana semakin banyak ketukan maka kadar air semakin kecil.
d) Dari grafik diperoleh harga LL (batas cair) = ... %. Dengan cara menarik garis vertikal yang tegak lurus sumbu X pada 25 ketukan, kemudian, memotong garis linear, dari titik perpotongan tersebut ditarik garis horisontal yang memotong sumbuY untuk mendapatkan harga LL.

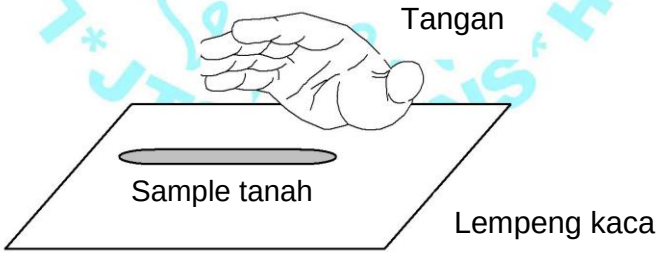
2. Pengujian Batas Plastis Tanah (ASTM D 4318-00)

Maksud

Menentukan batas plastis suatu tanah. Batas plastis tanah adalah kadar air minimum (dinyatakan dalam %) bagi tanah tersebut yang masih dalam keadaan plastis. Tanah ada dalam keadaan plastis apabila tanah digiling menjadi batang-batang berdiameter 3 mm mulai menjadi retak-retak.

Alat dan Bahan

1) Cawan
2) Solet
3) Neraca
4) Oven
5) Mangkuk
6) Lempeng kaca
7) Benda uji berupa sampel tanah hasil boring yang telah dioven selama 24 jam dan lolos saringan nomor 40.



Gambar Pengujian Batas Plastis Tanah

Cara Kerja

1) Menimbang cawan kosong
2) Menambahkn benda uji dengan aquades dan mngaduknya sampai rata
3) Meletakan sampel di atas kaca dan menggelintirnya sampai berdiameter 3 mm dan mulai retak.
4) Jika sampai diameter 3 mm dan belum retak berarti tanah terlalu banyak mengandung air. Maka dicari bagian tanah yang tidak terlalu banyak airnya.
5) Jika sampai diameter 3 mm dan mulai retak lalu memasukkanya ke dalam oven selama 24 jam pada suhu 110° C dengan menimbangnya kembali.

Perhitungan

Rumus :

$$w = \frac{(e - f)}{(f - d)} x100\%$$

Dimana :

d = berat cawan (gram)

e = berat cawan + tanah basah (gram) f = berat cawan + tanah kering (gram)

w = kadar air (%)

3. <u>Perhitungan Indeks Plastis dan Indeks Cair</u>

Maksud

Mengetahui nilai indeks plastis dan indeks cair sehingga dapat digunakan untuk mengetahui klasifikasi tanahnya. Indeks plastisitas suatu tanah adalah suatu rentang kadar air diman tanah berperilaku plastis secara numeris.

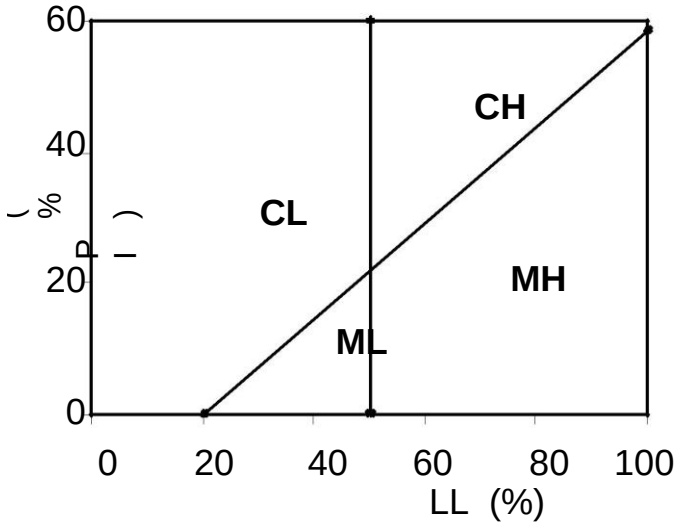
Perhitungan

a. Indeks plastisitas suatu tanah adalah bilangan (dalam %) yang merupakan selisih antara batas cair dan batas plastisnya.
   Rumus yang digunakan :
   PI = LL- PL
   Dimana: PI = Indeks Plastis
   LL = Batas Cair
   PL = Batas Plastis
b. Indeks cair menyatakan perbandingan dalam prosentase antara kadar air tanah dikurangi kadar plastis, dengan indeks plastis.
   Rumus yang digunakan :

$$LI = \frac{w - PL}{PI}$$

   Dimana LI = Indeks Cair
   w = kadar air (%)
   PL = Batas Plastis
   PI = Indeks Plastis

Selanjutnya data tersebut diplot pada grafik Cassagrande



Grafik Grafik Cassagrande

LABORATORIUM TANAH * JTS FT UNS *

Cara Kerja

> Persiapan Benda Uji

a. Contoh tanah dari hasil boring yang telah dikeluarkan dari tabung silinder diambil bagian tengahnya.
b. Mengolesi alat cetakan dengan oli dan mencetak contoh tanah dengan cara menekan cetakan / ring pada tanah asli. Diameter cetakan 6 cm dan t = 1,85 cm.
c. Meratakan bagian ujung diluar atas dan bawah cetakan dengan pisau.
d. Mengeluarkan contoh tanah dari cetakan.

> Pelaksanaan Percobaan

a. Kotak geser dari alat *direct shear apparatus* dikeluarkan dari tempatnya dan dasar perletakan tabung dibersihkan serta diberi oli agar diperoleh dasar yang licin.
b. Contoh tanah dimasukkan ke tempatnya dari alat *direct shear apparatus*, setelah dilapisi dengan lempeng batu porus dan kertas pori.
c. Mempersiapkan perlengkapan dan alat uji direct shear :
    1. Menyiapkan stop watch
    2. Memberi air pada sampel
    3. Mengatur horizontal dial dan load dial supaya menunjukkan angka nol
d. Mulai melakukan percobaan dengan meletakkan beban 0.8 kg.
e. Mesin dihidupkan dan kotak geser diberi pergeseran dengan kecepatan pergeseran 1 % x diameter contoh tanah per menit (1% x 6 cm /menit)
f. Pada waktu-waktu tertentu dilakukan pembacaan dial horisontal, dial pembebanan (sesuai dengan tabel).
g. Setelah dial horisontal menunjukkan angka 600 atau mencapai harga shear stress failure, maka mesin uji dimatikan, kotak geser dikeluarkan dan air dikeluarkan.
h. Mengulang percobaan dengan beban 1,6 kg; 2,4 kg serta 3,2 kg.

Perhitungan

a. Tegangan normal (σn)

$$\boxed{\sigma_n = 0{,}5 \times Pn}$$

Dimana :

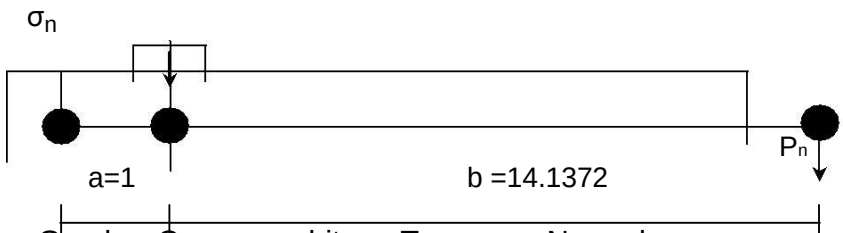
σ_n = tegangan normal (kgf/cm^2)

0,5 = faktor tetapan (cm^2).

Keterangan :

P_n = beban normal

0.5 = faktor tetapan, diperoleh dari perhitungan berikut :



Gambar Cara menghitung Tegangan Normal

P = Pn x b/a

σ_n = P / A = (Pn x b/a) / A

P = gaya yang diterima beban

A = luas sampel = 28,2743 cm^2

b/a = perbandingan lengan alat direct shear yang dipakai = 14,1372

sehingga :

$$\frac{b}{a} = \frac{14,1372}{1}$$

$$\frac{}{A} = \frac{}{28,2743}$$

= 0,5 per cm^2

b. Tegangan Geser (τ)

τ = SF / A

τ = (LDR x LRC)/ A

dimana :

τ = tegangan geser (kg/cm^2)

SF = *shear force* (kg)

A= luas contoh tanah (cm^2)

LDR = *load dial reading* (kg/dω)

LRC = *load ring constant* (kg/dω)

Perhitungan

Perhitungan kuat geser tanah disajikan dalam tabel. Adapun cara pengisisan tabel adalah

[1] Interval / waktu saat pembacaan data

[2] Pembacaan horisontal dial

[3] Pembacaan load dial

[4] Selisih pembacaan horisontal dial saat itu dengan pembacaan horisontal sebelumnya.

[5] Nilai [3] x LRC

[6] Nilai [5] dibagi area (A)

[7] Nilai [6] diambil harga terbesar

c. Perhitungan kohesi (c) dan sudut geser dalam (φ) secara regresi linear.

1. Hasil perhitungan tegangan normal (σ_n) dan tegangan geser (τ) dapat digambar pada grafik .
   a. Tegangan normal sebagai absis
   b. Tegangan geser sebagai absis
2. Hubungan $\sigma_n 1$ dan $\tau 1$ diperoleh titik1. Hubungan $\sigma_n 2$ dan $\tau 2$ diperoleh titik 2 dan seterusnya sampai titik 4.
3. Pada sumbu ke 4 titik tersebut dihubungkan dengan jalan interpolasi antara titik tersebut.
4. Garis tersebut dipotongkan dengan sumbu vertikal, diperoleh harga kohesi (c). Sedangkan harga sudut geser dalam didapat dari yang sudut dibentuk antara garis horizontal dengan garis tersebut.

Perhitungan

secara analitis

$$\boxed{\tau = c + \sigma_n \tan \varphi}$$

Dimana :

τ = tegangan geser (kg / cm^2)

σ_n = tegangan normal (kg / cm^2)

c = kohesi (kg / cm^2)

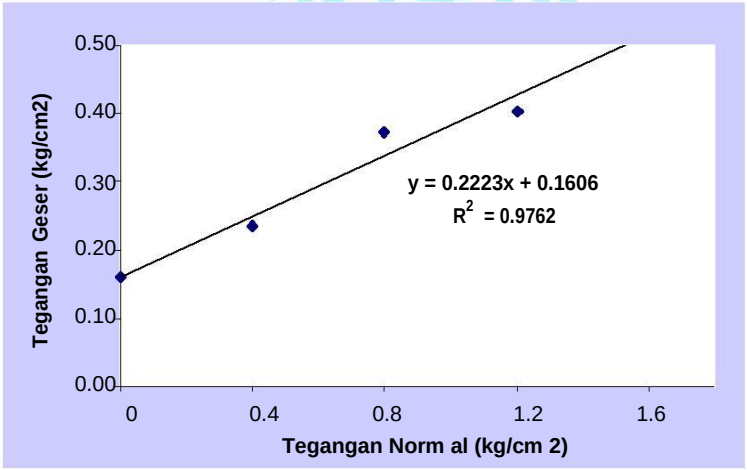
φ = sudut geser dalam (°)

Selanjutnya perhitungan dilakukan dengan cara Regresi linear

Normal stress = σ_n = xi

Shear stress at failure = τ = yi

secara grafis



Grafik Hubungan antara Tegangan Normal dan Tegangan Geser

Mencari sudut geser dalam (φ)

tan φ = (0,5163 – 0,2495) / (1,6 – 0,4) = 0,2223

φ = arc tan (0,2223) φ
= 12°31'59 "

Mencari kohesi (c)

$$\frac{0.4}{1.6} = \frac{0.2495 - c}{0.5163 - c}$$

0,4 (0,5163 – c) = 1,6 (0,2495 – c) c = 0,161 kg/cm^2

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JTS FT UNS

B. PENGUJIAN TRIAXIAL / *TRIAXIAL TEST* (ASTM D 2850-95 (1999))

Maksud

Mencari parameter-parameter kekuatan geser yaitu kohesi (c) dan sudut geser dalam (φ) total dan efektif dengan alat triaxial pada kondisi *unconsolidated undrained* (UU) tanpa pengukuran tekanan air pori.

Alat dan Bahan

a. Alat cetakan tanah
b. Pisau / gergaji kawat
c. Oli dan kuas
d. Mistar
e. Membran
f. Contoh *undisturbed soil*
g. Alat Triaxial

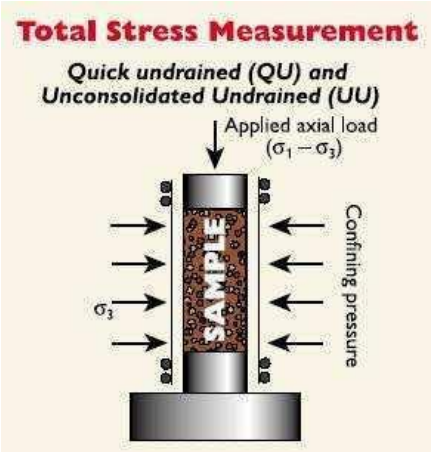
Alat triaxial terdiri dari cincin karet, batu berpori, silinder perspex, pipa untuk pemberian tegangan sel, pipa unit pengaliran atau pengukur tegangan pori, kran udara.

Gambar Alat Percobaan Triaxial

Cara kerja

a. Menyiapkan sampel, ukur panjangnya (Lo), isi gas dan menancapkan stopkontak dan kemudian mencari luas penampangnya (A).
b. Dari tiap percobaan , masing - masing : $L = Lo \times \varepsilon$ (%)
c. Menghitung *vertikal dial reading* = L x 100

d. Memasang membran T dan ratakan permukaan dengan pipet sedot.
e. Memasang sampel dalam sel, siapkan ring pecah dan karet (2)
   1. membran dilepaskan T diangkat
   2. bagian bawah membran dikareti
   3. memasang bagian atas, usahakan karet melingkar sampel, membran tarik ke bagian atas, karet lagi, ring pecah dilepas.
f. Pasang bagian penutup sel triaksial, paskan bagian atas dan putar sampai kencang.
g. Isi sel triaksial dengan air, putar (D), buka (Z) agar bisa naik, setelah air penuh tutup lagi (Z).
h. Pasang proving ring dan manometer samping
   1. Untuk memasang proving ring, putar (6) agar bisa pas.
   2. Kaitkan manometer samping (Y), terus putar sekrup (0) atur agar O (kecil) pas nol.
   3. Mengatur (X) dan (Y) untuk O (besar) dalam kondisi nol.
i. Menghidupkan angka pori digital, mengatur kotak pori (8) agar bacaan awal bisa nol.
j. Memberi tekanan dengan memutar (D) sebesar 0,5; 1; 1,5 (C) dengan memutar (B) ke posisi atas.
k. Setelah itu mengunci (3) / arah kiri
l. Alat siap dijalankan, posisi (6) pada mesin ditarik
   1. pembacaan load dial : hitam
   2. pembacaan vertikal : merah
m. Menghidupkan triaxial test, menyamakan bacaan (Y) dengan *Vertical Dial Reading* pada tabel, baca *load dial* (X) dan angka pori untuk mengatur kecepatan putar (W)
n. Setelah waktu habis mesin dimatikan.
o. Mengeluarkan air dari sel konsolidasi dengan memposisikan (5) keatas dan (6) pada posisi ditekan terus diputar (7) dibuka.
p. Setelah air habis, melepas bagian luar dan ambil sampel serta gambar keruntuhannya.
q. Langkah pengosongan air dan udara (9) pada posisi bawah, (4) dalam posisi atas, sampel (6) penuh, (12) pada posisi kanan, (7) dibuka, depan terus kembalikan ke posisi atas.



Kondisi uji triaxial UU

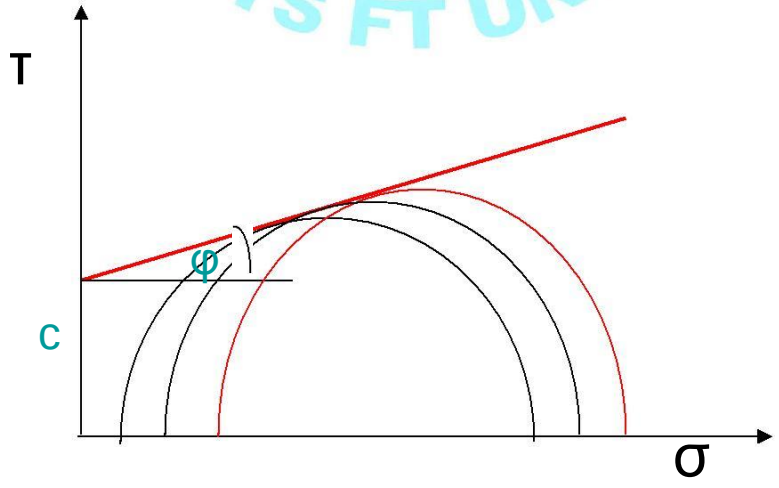
1. Katup drainasi tertutup,
2. Progres cepat,
3. Menghasilkan parameter kuat geser pada kondisi total (c dan φ)
4. Dapat dilakukan pengukuran perubahan volume benda uji untuk hitungan parameter hiperbolik tanah

Perhitungan

a. Tanah contoh diukur panjangnya (Lo) dan diameter, kemudian dicari luas penampang (Ao)
b. Dari tiap percobaan dicari h masing-masing (L= ho x ε %).
c. Menghitung *Vertikal Dial Reading* = L x 100
d. Dari bacaan alat triaxial didapat harga = load dial/angka pori (ho), σ dan σ_3.
e. Menghitung load = LRC x LDR
f. Menghitung A' = Ao \ (1 - ε)
g. Menghitung tegangan deviator ($\sigma_1' - \sigma_3'$) = Load / A′
h. Dari beberapa harga ($\sigma_1' - \sigma_3'$) dipilih harga terbesar, kemudian dihitung $\sigma_3' = \sigma_3 - \upsilon$
i. Menghitung $\sigma_1' = (\sigma_1' - \sigma_3') + \sigma_3'$
j. Menghitung $\sigma_1 = \sigma_1' + \upsilon$
k. Setelah didapat σ_1, σ_1', σ_3, dan σ_3' maka dapat dicari jari - jari lingkaran Mohr $R = (\sigma_1 - \sigma_3) / 2 = (\sigma_1' - \sigma_3') / 2$
l. Gambar lingkaran Mohr, sehingga dapat diukur besarnya c dan φ.
m. Hasil perhitungan dapat dilihat dalam tabel.

Cara pengisian tabel perhitungan *Triaxial Compression Test* :

Kolom 1: pembacaan waktu 1 menit
Kolom 2: persen tegangan (ε) = 0,01 Kolom 3: L = Lo x ε
Kolom 4: *Vertikal dial reading* = L x 100
Kolom 5: *Load dial* (pembacaan pada alat) Kolom 6: υ (pembacaan pada alat)
Kolom 7: Load = LRC x load dial Kolom 8: A' = Ao/(1 - ε)
Kolom 9: *Deviator stress* ($\sigma_1' - \sigma_3'$) = Load/A'



Grafik Lingkaran MOHR

C. PENGUJIAN TEKAN BEBAS / *UNCONFINED COMPRESSION TEST* (ASTM D 2166-00)

Maksud

1. Menentukan kuat tekan bebas tanah kohesif. Pemeriksaan tekan bebas dapat dilakukan pada tanah asli atau contoh tanah padat buatan.
2. Kuat tekan bebas adalah besarnya tekanan aksial (Kg/cm^2 atau kN/m^2), yang diperlukan untuk menekan suatu silinder tanah sampai pecah atau besarnya tekanan yang memberikan pemendekan tanah sebesar 20%, apabila sampai dengan pemendekan 20% tersebut tanah tidak pecah.

Alat

1. Mesin penekan tanah.
2. Alat pengeluar contoh tanah dari tabung contoh
3. Arloji pembacaan regangan
4. Tabung cetak belah
5. Timbangan dengan ketelitian 0.10 gram.
6. Stopwatch
7. Alat bubut tanah
8. Alat-alat pemeriksa kadar, pengukur diameter, tinggi dan sebagainya.

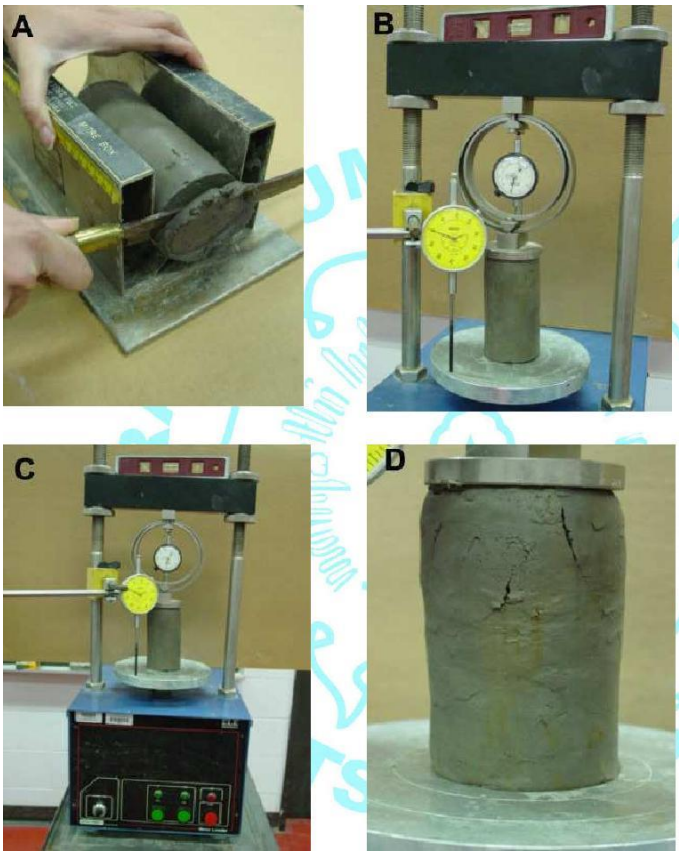
Benda Uji

Tanah kohesif asli dan berbentuk silinder dengan tinggi 2-3 kali diameter. Diameter minimum benda uji adalah 3,30 cm. Sample tanah sama dengan yang dipakai dalam pengujian triaxial baik jenis maupun dimensi tanahnya.

Cara Kerja

1. Tempatkan benda uji pada alat tekan, berdiri vertical dan sentris pada dasar alat.
2. Atur alat tekan, sehingga plat dasar menyentuh benda uji
3. Atur arloji ukur pada cincin beban dan arloji pengukur regangan pada pembacaan nol

4. Kerjakan alat beban dengan kecepatan 0.5 – 2 % terhadap tinggi benda uji per menitnya. Kecepatan ini diperkirakan, sedemikian sehingga pecahnya benda uji tidak melampaui 10 menit.
5. Hentikan pembebanan apabila tampak beban yang bekerja telah mengalami penurunan. Jika beban tidak turun, kerjakan pembebanan sampai regangan/pemendekan benda uji mencapai 20% dari tinggi benda uji.
6. Periksalah kadar air benda uji

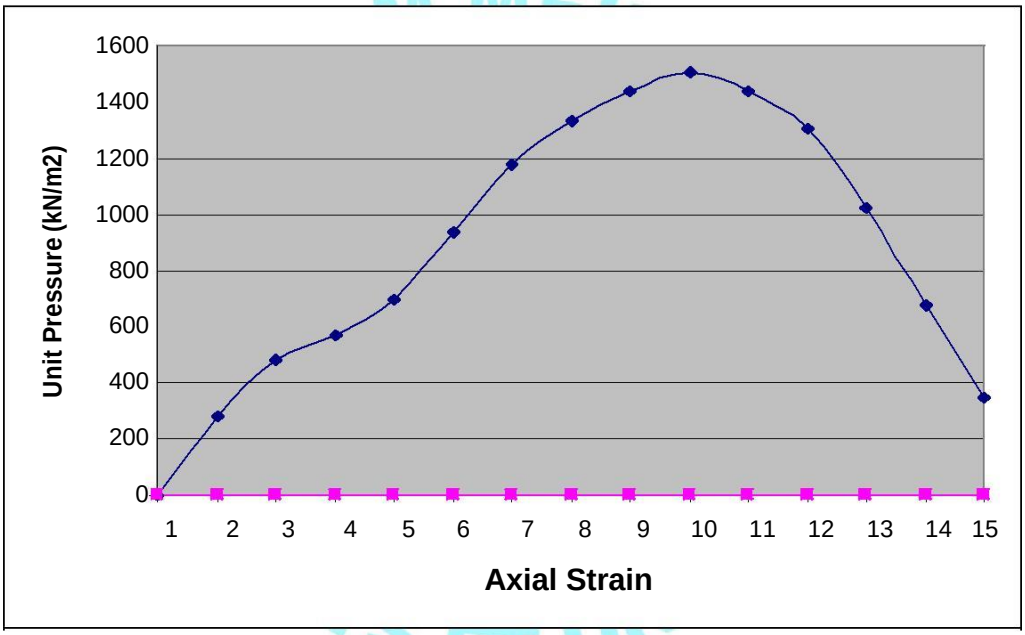


Hitungan

1. Regangan aksial pada pembebanan yang dibaca
2. Luas penampang benda uji dengan koreksi akibat pemendekan
3. Tekanan aksial yang bekerja pada benda uji pada setiap pembebanan
4. Gambar grafik antara hubungan regangan (absis) dan tekanan yang bekerja (ordinat)
5. Kuat tekan bebas, yaitu nilai atau harga meksimum tekanan yang terjadi
6. Bila benda uji tidak mengalami pecah, kuat tekan bebas adalah tekanan pada tegangan 20%

Cara pengisian table perhitungan *Unconfined Compression Test :*

1. Kolom 1 : Nomor
2. Kolom 2 : Waktu (menit)
3. Kolom 3 : *Strain Dial* (diperoleh dari percobaan)
4. Kolom 4 : *Sample Deformation* (ΔL), ΔL = Strain Dial/100
5. Kolom 5 : *Axial Strain*, $\varepsilon = \Delta L/L_o$
6. Kolom 6 : *Corrected Area* (cm^2), $A' = A_o/(1-e)$
7. Kolom 7 : *Load Dial* (diperoleh dari percobaan)
8. Kolom 8 : *Axial Load* (N),Load Dial x 44,478
9. Kolom 9 : *Unit Pressure* (kN/m^2)



Contoh Grafik pengujian UCS

V. PROSEDUR PENYELIDIKAN TANAH DENGAN SONDIR (ASTM D 3441-98)

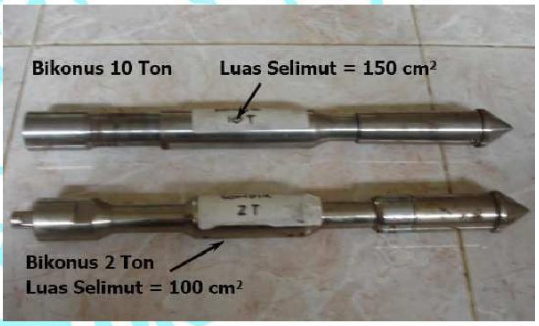
Maksud

Mengetahui perlawanan penetrasi *conus* dan hambatan lekat tanah pada *biconus*. Perlawanan penetrasi *conus* adalah perlawanan terhadap ujung *conus* yang dinyatakan dalam gaya persatuan luas. Hambatan lekat adalah perlawanan terhadap mantel *biconus* yang dinyatakan dalam gaya persatuan panjang.

Alat

1. Alat sondir (kerangka lengkap)
2. *Conus* dan *biconus*
3. Pipa sondir lengkap
4. Angkur dan baut
5. Besi kanal dan balok kayu
6. Kunci-kunci perlengkapan

Gambar Alat Sondir



Gambar Conus dan Biconus

Cara Kerja

1. Pada tanah yang diselidiki ditancapkan 3 buah angkur luar dengan cara diputar dengan stang pemutar searah jarum jam sambil ditekan agar dapat turun dan masuk ke dalam tanah.
2. Balok tumpuan diletakan untuk mendukung alat sondir, kemudian alat sondir didirikan di atas balok sedemikian rupa sampai benar-benar tegak lurus.
3. Besi kanal dipasang untuk menjepit kaki alat sondir dengan cara memasang baut pada angkur-angkur tersebut.

4. *Conus* dan *biconus* dipasang pada pipa dan dikontrol sambungannya.
5. Bila semua alat siap, maka stang pemutar diputar agar dapat menekan ujung *conus* ke dalam tanah. Percobaan ini dimulai pada saat ujung *conus* menyentuh tanah (kedalaman 0 cm), selanjutnya dibaca pada kedalaman kelipatan 20 cm.
6. Kunci dibuka dan stang diputar turun 4 cm dan diperoleh pembacaan nilai *conus*.
7. Hubungan tangkai dilepaskan, kemudian stang pemutar diluruskan smpai kedalaman 4 cm lagi sehingga menghasilkan pembacaan nilai *biconus*.
8. Kemudian tangkai *conus* dikaitkan lagi, yaitu pada posisi kunci dan ditekan kembali, maka mantel luar terikat, stang dalam akan ikut tertekan sampai kedalaman 40 cm.
9. Mengulangi langkah 7 - 9 sampai nilai *conus* 250 kg/cm^2.

Cara Pembacaan Manometer

1. Pada kedalaman 0 cm dibaca nilai *conus* dan *biconus*, stang diputar pada posisi kunci sehingga jarum tidak bergerak sampai kedalaman 20 cm, pemutaran stang dihentikan.
2. Kunci dibuka dan stang diputar turun 4 cm sehingga stang dalam akan ditekan pada lubang yang menghubungkan dengan manometer, lalu dibaca pada manometer tersebut, angka ini adalah nilai *conus*.
3. Hubungan tangkai dilepaskan lalu stang diputar lagi, pemutaran dilakukan sampai kedalaman bertambah 4 cm, baru angka pada manometer dibaca. Angka ini menunjukan nilai *biconus*, yaitu nilai *conus* ditambah hambatan lekatnya.
4. Tangkai *conus* dilekatkan lagi, yaitu pada posisi kunci dan ditekan lagi maka mantel luar berikut stang dalam akan ikut tertekan sampai kedalaman 40 cm.
5. Setelah itu dibaca nilai *conus* dan *biconus*nya seperti cara di atas. Pekerjaan ini dilakukan sampai jarum manometer menunjukan angka 250 kg/cm^2.
6. Memasukan hasil pembacaan ke dalam tabel dan akan diperoleh grafik hubungan antara kedalaman dan hambatan total.

Perhitungan

Data dan hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 2.1..

Rumus yang dipakai :

$$H_L = (H - C) \times \frac{D}{A}$$

dimana :

H_L = Hambatan lekat (kg/cm^2) H = Nilai *biconus* (kg/cm^2)

C = Nilai *conus* (kg/cm^2)

D = Selisih kedalaman (20)

A = Luas *conus* / luas torak (10 cm^2)

Keterangan pengisian

Kolom 1 : kedalaman tanah yang ditentukan oleh *conus* dan *biconus*.
Kolom 2 : nilai *conus* yang terbaca pada manometer untuk gerakan 1.
Kolom 3 : nilai *biconus* yang terbaca pada manometer untuk gerakan 2.
Kolom 4 : nilai hambatan / *friction* merupakan hasil pengurangan nilai *conus* dan *biconus*.
Kolom 5 : nilai hambatan lekat.
Kolom 6 : nilai hambatan total.

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JTS FT UNS

VI. Prosedur Uji Konsolidasi (ASTM D 2435-96)

Maksud

Menentukan parameter-parameter konsolidasi, yaitu koefisien konsolidasi (C_V) dan koefisien kompresi (C_C) yang terjadi akibat adanya tekanan yang bekerja pada tanah tersebut.

Alat

1. Satu set alat konsolidasi (Odometer) yang terdiri dari alat-alat pembebanan dan sel konsolidasi
2. Arloji pengukur dengan ketelitian 0.01 dan panjang gerak tangkai minimal 1.0 cm
3. Beban-beban (0.25 kg, 0.8 kg, 1.6 kg dan 3.2 kg)
4. Alat pengeluar contoh dalam tabung (*extruder*)
5. Pemotong yaitu pisau yang tipis dan tajam serta pisau kawat
6. Pemegang cicin kawat
7. Neraca
8. Oven listrik yang dilengkapi dengan pengukur suhu untuk memanasi sampai 110ºC
9. Stopwatch

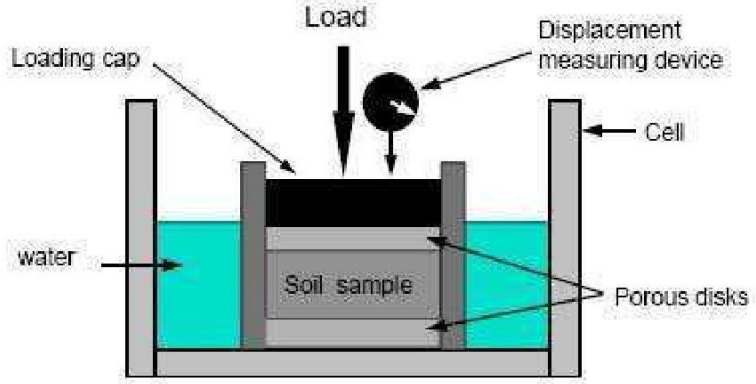
Gambar Alat Uji Konsolidasi

Persiapan Benda Uji

Cincin (bagian dari sel konsolidasi) dibersihkan dan dikeringkan kemudian ditimbang sampai ketelitian 0.1 gr. Sebelum contoh dikeluarkan dari tabung ujungnya diratakan dahulu dengan jalan mengeluarkan contoh tersebut 1 sampai dengan 2 cm. Kemudian dipotong dengan pisau. Permukaan ujung contoh ini harus diratakan dan tegak lurus terhadap sumbu contoh. Cincin dipasang pada pemegangnya kemudian diatur sehingga bagian yang tajam berada 0.5 cm dari ujung tersebut. Contoh dikeluarkan dari tabung dan langsung dimasukkan ke dalam cincin sepanjang kurang lebih 2 cm, kemudian dipotong. Agar diperoleh ujung yang rata pemotongan harus dilebihkan 0.5 cm kemudian diratakan dengan alat penentu tebal. Pemotongan harus dilakukan sehingga pisau potong tidak sampai menekan benda uji tersebut.

Cara Kerja

1. Benda uji dan cincin ditimbang menggunakan neraca dengan ketelitian 0.1 gr
2. Menempatkan batu pori di bagian atas dan bawah dari cincin sehingga benda uji yang sudah dilapisi kertas saring / filter terapit kedua buah batu pori kemudian dimasukkan ke dalam sel konsolidasi
3. Memasukkan plat penumpu di atas batu pori
4. Meletakkan sel konsolidasi yang sudah terisi benda uji pada alat konsolidasi sehingga bagian runcing dari plat penumpu menyentuh tepat pada plat pembebanan
5. Mengatur kedudukan arloji (arloji harus menunjukkan angka nol) kemudian membaca dan mencatatnya



6. Memasang beban pertama sebesar 0.25 kg diikuti dengan pengaturan nivo agar seimbang
7. Pada saat memasang beban 0.25 kg diamati pembacaan arloji mulai (0, 0.25, 0.5, 1, ... 1440) menit
8. Setelah langkah 7 selesai, maka beban ditambah sehingga menjadi 0.8 kg
9. Demikian seterusnya untuk beban yang berbeda yaitu untuk pembebanan 1.6 dan 3.2 diamati pembacaan arloji mulai menit 0, 0.25, 0.5, 1, ... 1440

10. Setelah sampai pada pembebanan 3.2 kg maka dilakukan unloading test dengan pengurangan beban sehingga pembebanan menjadi 1.6 kg dan diamati pembacaan arloji mulai menit 0, 0.25, 0.5, 1, ... , 1440
11. Setelah percobaan berakhir maka dikeluarkan cincin dan benda uji dari sel . konsolidasi, demikaian pula batu pori pada permukaan atas dan bawah
12. Cincin dan benda uji dikeringkan dalam oven listrik selama 24 jam dengan temperatur 110 ° C
13. Setelah kering cincin dan benda uji ditimbang

Cara Perhitungan

a. Menghitung berat tanah basah
b. Menghitung berat isi basah
c. Menghitung kadar air
d. Menghitung berat tanah kering

Menggambarkan Hasil Percobaan Konsolidasi

Ada dua cara penggambaran hasil percobaan konsolidasi yaitu

1. Dengan membuat grafik hubungan antara penurunan dengan tekanan.
2. Dengan membuat grafik hubungan antara angka pori dengan tekanan.

Pada kedua cara tesebut harga tekanan digunakan skala logaritma.
Bila dipakai cara ke 2, maka dilakukan perhitungan sebagai berikut

1. Tinggi Efektif Benda Uji

$$H_t = B_k / (A \times G_s)$$

dimana :

H_t = tinggi efektif benda uji / tinggi butiran tanah (satu kesatuan)
A = luas benda uji
G_s = berat jenis tanah
B_k = berat tanah kering

2. Besar Penurunan Total (H) yang Terjadi pada Pembebanan

H **= selisih antara pembacaan arloji pada permulaan percobaan dengan pembacaan arloji sesudah pembebanan**

3. Angka Pori Semula (Angka Pori Asli)

$$e_o = (H_o - H_t) / H_t$$

dimana :

H_o = tinggi contoh semula.
H_t = tinggi efektif benda uji / tinggi butiran tanah (satu kesatuan)

4. Perubahan Angka Pori (e) pada Setiap Pembebanan

$$e = H / H_t$$

dimana

H = tinggi contoh
H_t = tinggi efektif benda uji / tinggi butiran tanah (satu kesatuan)

5. Angka Pori (e) pada Setiap Pembebanan

$$e = e_o - e$$

6. Menggambarkan harga angka-angka pori pada grafik hubungan angka pori dengan tekanan dengan menggunakan skala logaritma untuk tekanan.

Menghitung Derajat Kejenuhan Sebelum dan Sesudah Percobaan

$$S_r = (w \times G_s) / e$$

dimana :

S_r = derajat kejenuhan
w = kadar air
G_s = berat jenis tanah
e = angka pori

Menghitung Nilai Koefisien Konsolidasi (C_v)

$$C_v = (0{,}848\ H_m^2) / t_{90}$$

dimana :

C_v = koefisien konsolidasi
H_m = tinggi benda uji rata - rata
t_{90} = waktu untuk mencapai konsolidasi 90 %

Menggambar Grafik Hubungan Antara C_v dan beban

Langkah-langkah penggambaran grafik konsolidasi :

1. Absis = $\sqrt{waktu}$; ordinat = penurunan
2. Titik koordinat hasil pembacaan dihubungkan sehingga didapat grafik kecepatan penurunan yang berupa garis lengkung (kurva)
3. Kurva diperpanjang hingga memotong sumbu Y (titik A)
4. Kemudian dibuat garis singgung yang berimpit dengan permulaan kurva
5. Dicari titik singgung akhir kurva dimana kurva dan garis singgung mulai memisah (titik P)
6. Ditarik garis tegak lurus sumbu ordinat Y sampai memotong titik P, diukur panjangnya
7. Kemudian dibuat garis himpit dengan garis nomor 6 (titik Q)
8. Dibuat garis A sampai memotong kurva di titik B
9. Membuat garis tegak lurus absis melalui B
10. Didapat $\sqrt{t_{90}}$ = titik potong antara garis no. 9 dengan sumbu absis X

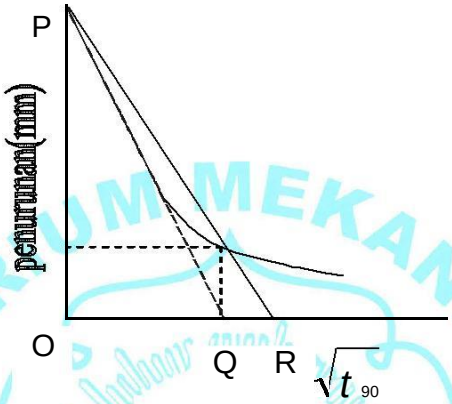
Keterangan :

1. Untuk mendapatkan harga t_{90} digunakan metode akar waktu, dengan langkah-langkah sebagai berikut :
   a. Membuat grafik hubungan penurunan dengan akar waktu dari data hasil pengujian konsolidasi pada beban tertentu yang ditetapkan.

b. Membuat perpanjangan garis dari bagian awal kurva yang lurus sehingga memotong ordinat di titik P dan memotomg absis di titik Q.

c. Membuat garis lurus PR, dimana absis OR sama dengan 1,15 kali absis OQ.

d. Perpotongan PR dengan kurvanya ditemukan harga $\sqrt{t_{90}}$ pada absis.



Grafik hubungan antara penurunan dan waktu

2. Untuk menghitung harga koefisien kompresi (Cc) dengan menggambar grafik hubungan antara angka pori (e) dan tekanan (kg/cm2). Untuk mendapatkan e diambil garis yang lurus sehingga diperoleh harga-harga : e2 ; e1 ; p2 ; p1.

VII. Prosedur Uji Pemadatan Tanah

A. Pengujian Pemadatan Standar *(Standart Proctor Test)* (ASTM D 698-00a)

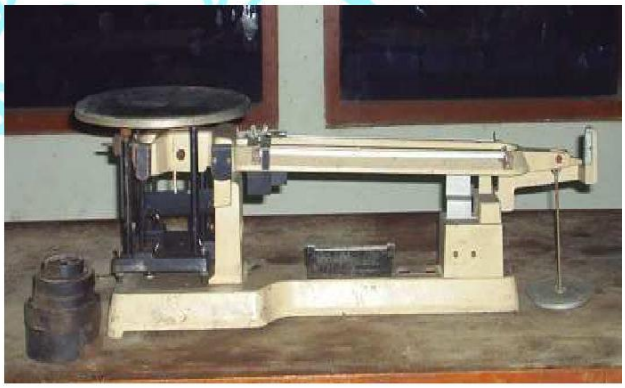
Maksud

a. Untuk mengetahui kadar air optimum pada suatu pemadatan dengan gaya tertentu.
b. Untuk mengetahui angka pori dan porositas tanah.
c. Untuk mengetahui berat isi tanah basah di lapangan.
d. Untuk mengetahui berat isi tanah kering di lapangan.

Alat dan Bahan

a. *Mould*, tempat untuk memadatkan, diameter ± 10cm.
b. Palu besi, diameter 5 cm, tinggi jatuh = 30 cm, berat = 2,5 kg.
c. *Strain egne* (pengikir sendok).
d. Neraca analitis dan anak timbangan.
e. Cawan.
f. Gelas ukur.
g. Oven listrik.
h. Piknometer dan termometer.
i. Dongkrak.
j. Kantong plastik.
k. Air.
l. Contoh tanah lolos saringan No.4.

Gambar *Mould* dan alat penumbuk (Alat uji Pemadatan Standart)



Gambar Neraca analitis dan anak timbangan

Cara Kerja

a. Contoh tanah di lapangan ditumbuk lalu disaring dengan saringan no.4.
b. Contoh tanah dibagi menjadi lima bagian (@ 2 Kg) dan masing-masing ditambahkan dengan air yang kadarnya berbeda dengan perbandingan 1X : 2X : 3X : 4X : 5X (misal: 150ml, 300ml, 450ml, 600ml, 750ml).
c. Contoh tanah dicampur dan diaduk secara merata. Kemudian ditaruh didalam plastik dan didiamkan selama 24 jam agar homogen.
d. Contoh tanah yang telah homogen dimasukkan ke dalam *mould* kira-kira 1/3 bagian, lalu ditumbuk 25 kali. Ditambah 1/3 bagian lagi, ditumbuk merata sebanyak 25 kali. Kemudiam ditambah 1/3 bagian lagi sampai *mould* terisi penuh dan ditumbuk merata sebanyak 25 kali
e. Contoh tanah yang berada dalam *mould* diratakan permukaannya sesuai dengan volume *mould*, kemudian ditimbang.
f. Menyiapkan 3 (tiga) buah cawan yang telah diketahui beratnya.
g. Contoh tanah dikeluarkan dari *mould* dengan dongkrak, kemudian dibagi menjadi tiga bagian. Pada masing-masing bagian diambil contohnya, ditimbang dengan cawan yang telah disiapkan sebelumnya, kemudian dioven selama 24 jam.
h. Kemudian cawan dan tanah yang telah dioven selama 24 jam tadi ditimbang untuk mendapatkan kadar airnya.
i. Hal yang sama dilakukan untuk sampel-sampel dengan kadar air yang berbeda.

Perhitungan

Rumus-rumus yang digunakan :

Berat volume basah (γ_b)

(γ_b)= berat volume tanah basah / volume tanah basah.

Berat volume kering (γ_{dry})

$$\gamma_{dry} = \frac{\gamma_b}{1+w}$$

Angka pori

$$e = \frac{G_s \cdot \gamma_w \cdot (1+w)}{\gamma_b} - \gamma_w$$

Porositas

$$n = \frac{e}{e+1}$$

Berat volume tanah jenuh (γ_{sat})

$$\gamma_{sat} = \gamma_b (1-n) + n$$

Dari rumus diatas, dibuat grafik-grafik hubungan :

Grafik hub. antara Kadar air dengan Gamma ZAV dan Gamma Dry Grafik hub. antara Kadar air dengan Gamma Wet

Grafik hub. antara Kadar air dengan Angka Pori

Grafik hub. antara Kadar air dengan Porositas

Catatan

Uji pemadatan di laboratorium ada 2 macam yaitu uji pemadatan Standard Proctor dan Modified Proctor. Perbedaan antara keduanya adalah energi pemadatan seperti dibawah ini:

Standard Proctor	Modified Proctor
• 3 layers •25 blows per layer • 2.7 kg hammer • 300 mm drop	• 5 layers •25 blows per layer • 4.9 kg hammer • 450 mm drop

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JTS FT UNS

B. CBR Laboratorium
(ASTM D – 1883 – 94)

Maksud

Menentukan CBR (*California Bearing Ratio*) tanah agregat yang dipadatkan di laboratorium pada keadaan tertentu. CBR adalah perbandingan antar beban penetrasi suatu bahan dengan bahan standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama, dinyatakan dalam persen.

Alat dan Bahan

a. Alat penetrasi (*Loading Machine*) berkapasitas minimal 4,45 ton dengan kecepatan penetrasi 1,27 mm/menit.
b. Cetakan logam berbentuk silinder dengan diameter 152,4 $\pm$ 0,6609 mm dengan tinggi 177,8 $\pm$ 0,13 mm. Cetakan harus dilengkapi dengan leher sambung dengan tinggi 50,8 mm dan keping alas logam yang berlubang-lubang dengan tebal 9,58 mm dan diameter lubang tidak lebih dari 1,59 mm.
c. Piringan pemisah dari logam (*spenser disk*) dengan diameter 150,8 mm dan tebal 61,4 mm.
d. Alat penumbuk.
e. Keping beban dengan berat 2,27 kg diameter 194,2 mm dengan lubang tengah diameter 54 mm.
f. Torak penetrasi dari logam dengan diameter 49,5 mm dengan luas 1953 mm^2 dan panjangnya tidak kurang dari 101,6 mm.
g. Satu buah arloji beban dan satu buah arloji pengukur penetrasi.
h. Alat timbang.
i. Peralatan lain seperti talam dan alat perata.

Gambar Alat Percobaan CBR Laboratorium

Cara kerja

a. Persiapan Benda Uji

- Menumbuk contoh tanah dari lapangan lalu menyaringnya dengan saringan No.4.
- Mencampur contoh tanah dari lapangan dengan air sampel kadar air optimum (dari percobaan *proctor)*.
- Mengaduk campuran hingga homogen.
- Memasukkan tanah yang telah homogen ke dalam *mould* kira-kira 1/5 bagian lalu ditumbuk 56 kali.
- Menambah 1/5 bagian lalu ditumbuk 56 kali.
- Menambah 1/5 bagian lagi sampai *mould* terisi penuh dan ditumbuk 56 kali.
- Contoh tanah yang berada di *mould* diratakan permukaannya sesuai dengan volume *mould*.
- Menimbang *mould* yang berisi tanah tersebut.
- Siap melakukan percobaan CBR.

b. Pemeriksaan CBR

- Meletakkan keping pemberat diatas permukaan benda uji seberat minimal 4,5 kg atau sesuai dengan beban perkerasan.
- Pertama, Keping pemberat 2,27 kg diletakkan untuk mencegah mengembangnya permukaan benda uji pada bagian lubang keping pemberat. Pemberat selanjutnya dipasang setelah torak disentuhkan pada benda uji.
- Kemudian torak penetrasi diatur pada permukaaan benda uji sehingga arloji beean menunjukkan beban permukaan sebesar 4,5 kg. Pembebanan permukaan ini diperlukan untuk menjamin bidang sentuh sempurna antara torak dengan permukaan benda uji, kemudian arloji penunjuk beban dan arloji pengukur penetrsi dinolkan.
- Pembebanan diberikan dengan teratur, sehingga kecepatan penetrasi mendekati kecepatan 1,27 mm/menit.
- Mencatat pembebanan pada penetrasi 0,5 ; 1,0 ; 1,5 ; 2,0 ; 2,5 ; 3,0 ; 3,5 ; 4,0 ; 5,0 ; 6,0 ; 7,0 ; 8,0 ; 9,0 ; 10,0 mm.
- Mencatat beban maksimum dan penetrasi bila pembebanan maksimum terjadi sebelum penetrasi 2,5 mm.
- Mengeluarkan benda uji dari cetakan dan menentukan kadar air dari lapisan atas benda uji setebal 25,4 mm.

Perhitungan

Rumus yang digunakan :

- LOAD = $LDR \cdot LRC \cdot 0.00445$

  Dimana : LDR = Load Dial Reading

  LRC = Load Ring Constanta

- $CBR_{0,1} = \frac{X_{0,1}}{13.34} x100\%$

  Dimana : $X_{0.1}$ = load pada saat VDR = 2.5 mm

(Nilai tekanan penetrasi untuk penetrasi 2.5 mm / 0.1 inci terhadap tekanan penetrasi standar yang besarnya 13.34 kg/cm^2)

- $CBR_{0,2} = \frac{\hat{}_{0,2}}{20.02} x100\%$

  Dimana : $X_{0,2}$ = load pada saat VDR = 5 mm
  (Nilai tekanan penetrasi untuk penetrasi 5 mm / 0.2 inci terhadap tekanan penetrasi standar yang besarnya 20.02 kg/cm^2)

- Untuk perhitungan selanjutnya disajikan dalam tabel.

Elapse Time (Minute)	Vertikal Displacement (mm)	VDR	LDR	Force (kN)

- Selanjutnya buat grafik hubungan Vertical Displacement dengan Load

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH * JTS FT UNS *

C. Pengujian Kepadatan Lapangan *(Sandcone Test)*
(ASTM D – 1556 – 90)

Maksud

Mengetahui kepadatan di lapangan dari lapisan tanah atau perkerasan yang telah dipadatkan. Kepadatan tanah adalah berat volume keringnya.

Alat dan Bahan

a. Corong kalibrasi pasir diameter 16,51 cm.
b. Pelat untuk corong ukuran 30,48 x 38,48 cm, diameter 16,51 cm.
c. Peralatan kecil seperti : palu, sendok, kuas, pahat dan peralatan untuk mencari kadar air.
d. Timbangan kapasitas 10 kg dengan ketelitian 1,0 gr.
e. Tempat tanah atau sebuah kaleng.
f. Bahan yang digunakan adalah pasir bersih, keras, kering, bisa mengalir bebas, bisa mengandung bahan pengikat dan bergradasi lewat saringan no. 10 (2 mm) dan tertahan pada saringan no. 200 (0,074 mm).

Gambar Alat Uji Sandcone

Cara Kerja

a. Menentukan berat pasir dalam corong.

1. Botol diisi plan-pelan dengan pasir sampai secukupnya dan ditimbang beratnya.
2. Meletakkan alat dengan corong di bawah pada pelat corong pada dasar yang rata dan bersih.
3. Keran dibuka pelan-pelan sampai pasir berhenti mengalir.
4. Keran ditutup dan alat berisi sisa pasir ditimbang.

b. Menentukan berat isi tanah.

1. Mengisi botol dengan air secukupnya.
2. Meratakan permukaan tanah yang akan diperiksa dan meletakkan pelat corong pada permukaan yang telah rata tersebut dan dikokohkan agar tidak goyah atau tergeser.
3. Menggali tanah yang terletak dalam lubang dalam pelat minimal 10 cm dan tidak melampaui tebal hamparan padat.

4. Seluruh tanah hasil galian dimasukkan ke dalam kaleng yang tertutup yang telah diketahui beratnya.
5. Menimbang kaleng + tanah hasil galian.
6. Menimbang alat corong + pasir didalamnya.
7. Meletakkan alat dengan corong ke bawah diatas pelat corong dan keran dibuka pelan-pelan sehingga pasir masuk ke dalam lubang. Setelah pasir berhenti mengalir keran ditutup kembali dan alat dengan sisa pasir ditimbang.
8. Mengambil sedikit tanah dari kaleng untuk menentukan kadar air.

Perhitungan

a. Menghitung kadar air

Rumus yang digunakan :

$$w = \frac{b - c}{\% c - a} \; x \; 100$$

dengan : a = berat cawan kosong

b = berat cawan + tanah asli (basah)

c = berat cawan + tanah kering

b. Menghitung kepadatn tanah di lapangan dengan Sandcone

1. Berat tanah basah (w_4) = $w_2 – w_3$
2. Berat pasir dalam lubang (w_7) = $w_5 + w_6 + w_1$
3. Volume lubang (pasir dalam lubang) (V) = w_7 / γ_p
4. Berat volume tanah basah (γ_b) = w_4 / V
5. Berat volume tanah kering (γ_d) = γ_b / (1+w)
6. Derajat kepadatan lapangan = D = $((\gamma_{d\ lap}) / (\gamma_{d\ lab}))$ x 100%

Keterangan

W_1 = Berat pasir dalam kerucut

W_2 = Berat tanah basah + mangkuk

W_3 = Berat mangkuk

W_4 = Berat tanah basah

W_5 = Berat pasir + tabung sebelum kran dibuka

W_6 = Berat pasir + tabung setelah kran dibuka

Data dari Laboratorium

a. Berat gelas kalibrasi = 2002 gram

b. Berat gelas kalibrasi + pasir = 3004 gram

c. Volume gelas kalibrasi = 981,75 cm^3

d. Berat pasir = 1402 gram

e. Berat jenis pasir (γ_p) = 1,43 gram/cm^3