

MODUL PRAKTIKUM MEKANIKA TANAH

Tahun Ajaran 2019/2020



**Laboratorium Mekanika Tanah
Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer
Universitas Komputer
2019**

Soil Classification

- Sieve Analysis Test
- Hydrometer Analysis Test
- Atterberg Limit Test

Soil Index Properties Test

- Water Content
- Specific Gravity / G_s
- Volumetric Weight

Permeability and Consolidation

- Consolidation Test
- Permeability (Falling Head)
- Permeability (Constant Head)

Soil Compaction

- Compaction (Modified Compaction)
- California Bearing Ratio (CBR Test)

Soil Shear Strength

- Direct Shear Test
- Triaxial Compression Test (UU)
- Triaxial Compression Test (CU)
- Unconfined Compressive Strength Test (UCS)

1. SIEVE ANALYSIS TEST

Standar ASTM yang Berlaku

- ASTM D6913-04 (09) : Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis
- ASTM D1140-14 : Standard Test Method for Amount of Material in Soil Finer than the No. 200 (75- μm) Sieve

Tujuan

Tujuan dari pemeriksaan ini adalah 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 System* sesuai hasil pemeriksaan gradasi butir tanah.

Jumlah data pegujian yang dibutuhkan : 1 data

Alat dan Bahan

- Satu set saringan no. 3/8, no. 4, no. 8, no. 30, no. 40, no. 80, no. 100, no. 200, dan PAN (tadah)



Gambar : Set saringan

- Sieveshaker*, yaitu alat pengguncang saringan mekanis.
- Oven
- Neraca dengan ketelitian 0.2% dari berat benda uji

Disusun oleh : Sherly Meiwa ST MT

- e. Sikat dan kuas, membersihkan timbangan.
- f. Palu karet, untuk memisahkan butiran tanah.
- g. Air suling untuk mencuci tanah diatas saringan no.200

Persiapan Sample

Ambil sampel tanah Ambil contoh sampel tanah yang telah dikeringkan oven selama 24 jam (*dry oven*) sebanyak 500 gram.

Prosedur

1. Ambil contoh sampel tanah yang telah dikeringkan selama 24 jam sebanyak 500 gram untuk percobaan ini sekaligus untuk percobaan analisis hidrometer.
2. sampel tersebut dicuci diatas saringan no.200 sampai air yang keluar dari saringan bening . Buang busa dan zat organik pada tanah dengan hati-hati (tanah di rendaman air TIDAK ikut terbang)
3. Setelah air cucian bening, butiran yang tertahan pada saringan no.200 dikeringkan kembali dalam oven 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.
4. Setelah 24 jam di oven, contoh tanah dituangkan ke dalam satu set saringan lewat susunan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. Set saringan diguncang dengan menggunakan *Sieveshaker* selama 10-20 menit (ASTM)
5. Timbang butiran yang tertahan pada masing-masing saringan lalu catat di form dataset laboratorium yang telah disediakan. Sampel tanah dalam set saringan menyisakan >200 gram (lebih 200 gram) tanah tertahan di saringan no. 4 hingga no. 200.
6. Sampel tanah lolos no. 200 atau yang tertahan di *pan* kemudian dipisahkan seberat 50 gram untuk percobaan analisis hydrometer. Jika tanah yang lolos No. 200 lebih sedikit dari 50 gram maka dapat ditambahkan dengan menumbuk kembali tanah yang tertahan saringan no. 200 dan saringan no. 100, setelah proses penyaringan dilakukan. Maka dari itu disarankan untuk melebihkan sampel pada sieve analisis ini agar tidak perlu dilakukan pengulangan, namun secukupnya.

2. Hydrometer Analysis Test

Standar ASTM yang Berlaku

ASTM D7928-16 : Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Fine-Grained Soils Using the Sedimentation (Hydrometer) Analysis

Tujuan

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

Jumlah data pegujian yang dibutuhkan : 1

Alat dan Bahan

- Hidrometer dengan skala-skala konsentrasi (5-60 gram per liter) atau untuk pembacaan berat jenis campuran (0,995-1,038)
- Tabung silinder ukuran kapasitas 1000 mL dengan diameter $\pm 6,5$ cm



Gambar : Hidrometer, tabung silinder, dan *mechanical stirrer*

Disusun oleh : Sherly Meiwa ST MT

- c. Larutan dispersi berupa water glass sebanyak 20mL atau dengan sodium hexametfosfat sebanyak 125ml.
- d. Thermometer 0-50°C ketelitian 0,5°C.
- e. *mechanical stirrer*
- f. Neraca dengan ketelitian 0,01 gram
- g. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $110 \pm 5^\circ\text{C}$.
- h. Tabung-tabung gelas ukuran 100 mL
- i. Batang pengaduk dari gelas
- j. Stopwatch.
- k. Wrapping plastic

Persiapan Sample

Ambil sampel tanah yang lolos saringan no. 200 atau tertahan PAN sebanyak 50 gram dalam kondisi kering dalam oven setelah 24 jam (*dry oven*).

Catatan : Tanah harus diambil dari sampel tanah pada Sieve Analysis Test

Prosedur

1. Buat larutan sodium hexametfosfat dengan mencampurkan 100 mL air suling dan 5.0 ± 0.1 gram kedalam
Catatan : campurkan larutan hexametfosfat secara perlahan-lahan karena sifat zat ini sulit dilarutkan dan mudah menggumpal.
2. Ambil sampel tanah lolos saringan no.200 seberat 50 gram masukkan tanah tersebut kedalam tabung silinder 1000 mL dengan hati-hati. Tambahkan dengan 110mL air suling dan 5.0 ± 0.1 gram sodium hexametfosfat secara perlahan-lahan.
Catatan : campurkan larutan hexametfosfat secara perlahan-lahan karena sifat zat ini sulit dilarutkan dan mudah menggumpal
3. Aduk tabung dengan spatula atau goyangkan tabung silinder dengan tangan hingga sampel tanah berurai dan biarkan terendam selama minimal 16 jam.
4. Setelah lebih 16 jam pindahkan hasil dispersi ke mangkuk disperse (*mechanical stirrer*), tambahkan air hingga setengah penuh. Aduk dengan *mechanical stirrer* selama 5 menit.

5. Setelah diaduk, segera masukkan hasil disperse (larutan adukan) ke dalam tabung silinder dan tambahkan lagi air suling hingga volume tabung mencapai 1000 mL.
6. Tutup mulut gelas ukur rapat-rapat dengan *wrapping plastic*, lalu kocok tabung dengancara menjungkir-balikan secara vertikal dan tetap hati-hati sampai campuran terlihat merata selama lebih kurang satu menit atau 60 kali bolak-balik.

Catatan :Pengocokan ke arah bawah dan ke arah atas dihitung sebanyak 2 kali.

7. Segera setelah dikocok letakkan tabung dengan hati-hati di *waterbath* yang terisi air .Masukkan hydrometer kedalam tabung secara perlahan.Biarkan hydrometer terapung bebas.
8. Pengamatan dimulai setelah hydrometer tenang didalam Tabung kira-kira selama 20-25 detik. Setelah tenang tekanlah stopwatch dan lakukan pencatatan data seperti form yang telah tersedia. Lakukan dengan hati-hati, jangan sampai menimbulkan guncangan.
9. Setelah dilakukan pengambilan data pada waktu yang ditentukan, segera angkat hydrometer dan bersihkan dengan air atau tissue. Letakkan hydrometer ke dalam tabung yang berisi air suling bersuhu sama seperti pada tabung percobaan. Lalu ukur suhu pada larutan disperse dengan thermometer.
10. Ulangi pembacaan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan pada form dataset dan angkat lagi hydrometer setelah pembacaan dan seterusnya.
11. Baca skala hydrometer pada *waterbath* yang berisi air untuk menentukan faktor koreksi dari air (Rh)
12. Baca skala hidrometer pada interval 0.5, 1, 2, 5, 15, 30, 60, 250, dan 1440 menit. Pada 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 suhu pada setiap pembacaan.**
13. Setelah pembacaan terakhir, buang campuran pada tabung dan cucilah tabung sampai air pencucinya jernih dan biarkan air ini mengalir terbuang.

3. Atterberg Limit Test

Standar ASTM yang Berlaku

ASTM D4318-10 : Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

Tujuan

- Menentukan kadar air tanah pada batas cair (Liquid Limit, LL) dan batas plastis (Plastic Limit, PL).
- Mengetahui nilai Plasticity Index, $PI = LL - PL$.
- Mengklasifikasikan tanah sesuai *Unified Soil Classification System (USCS)*.

Jumlah data hasil pegujian yang dibutuhkan : 3 data Liquid Limit dan 2 data plastic limit

Alat dan Bahan

Pengujian Batas Cair (*Liquid Limit*)

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.



Gambar :Cassagrande dan Grooving Tool

- Plat kaca 45x 45 x 0.9 cm
- Tanah butiran halus lolos saringan no. 40 (0.425mm) sebanyak 250 gr.
- Alat uji Cassagrande

Disusun oleh : Sherly Meiwa ST MT

- d. Alat pembuat alur (grooving tool)
- e. Cawan
- f. Mangkok keramik
- g. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $110\pm 5^{\circ}\text{C}$.
- h. Neraca O'House / Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.
- i. Air destilasi
- j. Sendok Dempul

Pengujian Batas Plastic (Plastic Limit)

- a. Tanah butiran halus, lolos saringan no.40 (0425mm)
- b. Air destilasi
- c. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
- d. Pelat kaca
- e. Mangkok keramik

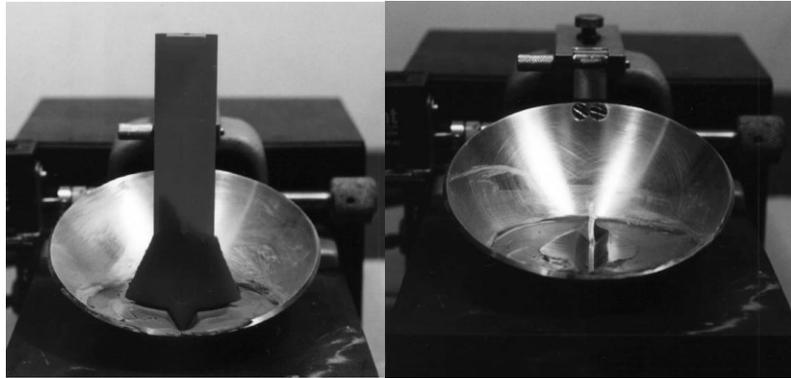
Persiapan Sample

Ambil sampel tanah yang lolos saringan no. 40 sebanyak 250 gram dalam kondisi kering dalam oven setelah 24 jam (*dry oven*).

Prosedur

Pengujian Batas Cair (Liquid Limit)

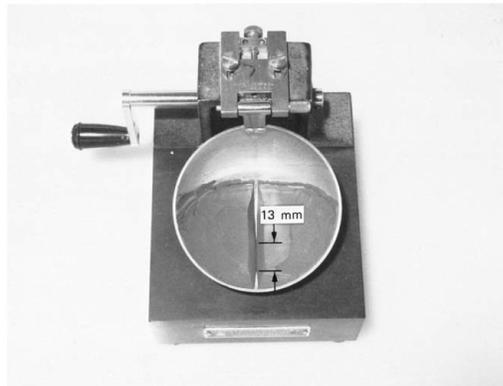
1. Ambil sampel tanah yang lolos saringan no. 40 sebanyak 200-220 gram.
2. Letakan sampel tanah diatas pelat kaca. Berikan air sedikit demi sedikit sehingga menjadi adonan pasta yang lembut. Campurkan hingga rata menggunakan sendok dempul.
3. Adonan pasta dimasukan kedalam mangkok cassagrande dan ratakan permukaannya.
4. Gunakan grooving tool, untuk membuat alur ditengah tanah sehingga tanah dalam mangkuk cassagrande terbelah menjadi dua. Perhatikan gambar berikut.



Sumber : ASTM D4318

Gambar : alur ditengah tanah dalam mangkuk cassagrande

5. Putar handel mangkuk casagrande dengan kecepatan konstan (2 ketuk per detik)
6. Hitung jumlah ketukan dan perhatikan gerakan adonan pasta tanah pada mangkuk casagrande sampai merapat 0.5 inchi (13mm) seperti pada gambar berikut. Catat jumlah ketukan (N).



Sumber : ASTM D4318

Gambar : Panjang Alur di tengah Tanah yang tertutup akibat ketukan

7. Lakukan dalam rentan ketukan 15-35. Jika jumlah ketukannya kurang dari 15 atau melebihi 35 kali, tambahkan air dan ulangi langkah kerja dari (3).
8. Diusahakan tidak menambah tanah kering pada tanah yang akan diuji
9. Waktu pencapuran tanah 5-20 menit
10. Apabila adonan merapat sekitar 13 mm sesuai dengan jumlah ketukan yang diinginkan, contoh tanah diambil dari adonan dimasukkan kedalam container dan hitung kadar airnya

11. Bersihkan alat *cassagrande* untuk percobaan selanjutnya. Ulangi tahap 3-10 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.

Pengujian Batas Plastik (Plastic Limit)

1. Ambil 20 gram tanah dari bahan yang sama saat Uji Liquid Limit.
2. Benda uji kemudian diletakan diatas pelat kaca, diberi air, diaduk sehingga membentuk seperti bola (ellips)

Catatan : tambahkan air setetes demi setetes

3. Setelah itu digulung dengan gulungan 80-90 gulungan per menit (1 gulungan = 1 kali gulungan ke depan + 1 kali gulungan ke belakang/ keposisi awal).

Catatan : Waktu menggulung tidak lebih dari 2 menit



Gambar : Penggulungan Tanah

4. Pada saat diameter gulungan sampai 1/8 inchi (3.2mm) potong-potong bagian gulungan menjadi 6 atau 8 bagian.
5. Lalu bagian-bagian tadi disatukan dan dibentuk lagi menjadi bola (ellips) dan kemudian digulung lagi.
6. Proses penggulungan dapat dihentikan pada saat tanah mengalami retak-retak saat sebelum sampai diameter 1/8 inchi atau 3.2mm.
7. Gulungan yang sudah tepat kadar airnya (retak) diambil dan dimasukan kedalam 2 cawan lalu ditimbang.
8. Kemudian masukan kedalam oven selama 24 jam dan periksa kadar air keduanya.

Catatan : Ulangi tes jika perbedaan antara kedua sampel melebihi 1.4%.

4. Specific Gravity / GS

Standar ASTM yang Berlaku

ASTM D854-14 : Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Soilds by Water Pycnometer.

Tujuan

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

Jumlah data pegujian yang dibutuhkan : 3 data

Alat dan Bahan

- a. Labu Piknometer minimal 250 mL sebanyak 3 buah.



Gambar : Pycnometer

- b. Ayakan (sieve) nomor 4.
- c. Neraca O'Houss / Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.
- d. *Oven* dengan pengatur suhu sampai ($110 \pm 5^\circ$) C.
- e. Thermometer dengan ketelitian 0.5°C.
- f. Air destilasi.
- g. Handuk kering (lap)
- h. Cawan
- i. Gliserin
- j. Tungku listrik (Cookplat)

Persiapan Sample

Ambil sampel tanah yang lolos saringan no. 4 (4.75mm) sebanyak ± 150 gram dalam kondisi kering dalam oven setelah 24 jam (*dry oven*).

Prosedur

1. Siapkan 3 pycnometer dalam keadaan kering dan timbang masing-masing pycnometer beserta tutup pycnometer untuk mendapatkan M_p . Beri label masing-masing pycnometer.



2. Sample tanah yang sudah *dioven*, diayak dengan saringan nomor 4 (4.75mm). Sample tanah yang lolos kemudian diambil untuk masing-masing piknometer ($M_{ps,t}$). Tambahkan tanah 35-70 gram tanah berdasarkan ketentuan ASTM D854-14 seperti pada tabel berikut.

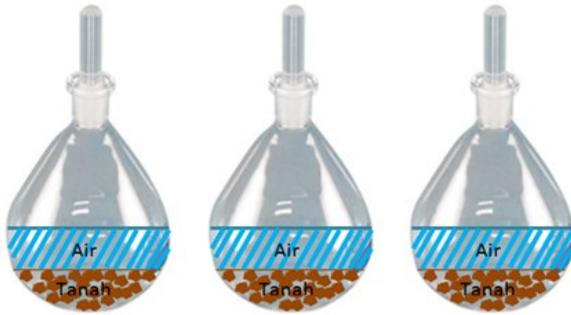
TABLE 1 Recommended Mass for Test Specimen

Soil Type	Specimen Dry Mass (g) When Using 250 mL Pycnometer	Specimen Dry Mass (g) When Using 500 mL Pycnometer
SP, SP-SM	60 \pm 10	100 \pm 10
SP-SC, SM, SC	45 \pm 10	75 \pm 10
Silt or Clay	35 \pm 5	50 \pm 10

Sumber : ASTM D854-14



3. Tambahkan air suling kedalam piknometer yang berisi sample tanah kering sampai ketinggian air $\frac{1}{2}$ kapasitas pycnometer. Kemudian goyang-goyangkan pycnometer pada posisi tegaknya dengan arah goyangan berlawanan jarum jam untuk memastikan seluruh tanah telah tercampur air.



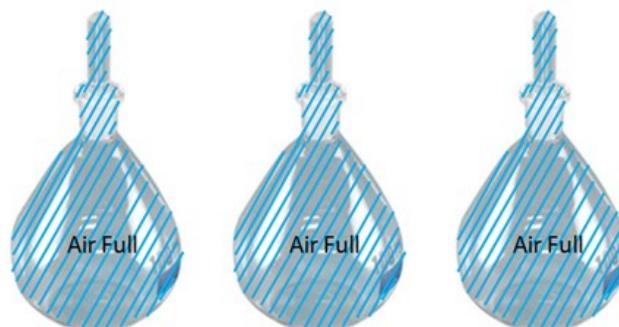
4. Didihkan pycnometer selama

beberapa menit untuk menghilangkan udara yang terperangkap didalam pori-pori tanah. Jika volume air berkurang karena proses penguapan, maka tambahkan air suling sampai ketinggian air yang sama dengan kondisi awal.

5. Setelah proses pendidihan ini, tambahkan air suling ke dalam campuran di dalam pycnometer yang telah didihkan sampai ketika ditutup air menyembrot keluar dari lubang yang terdapat pada tutup pycnometer.



6. Untuk tanah lempung, dinginkan pycnometer berisi sampel hingga sama dengan suhu ruangan.
7. Timbang berat pycnometer yang berisikan sampel tanah dan air ($M_{pws,t}$). ukur suhu air di dalam pycnometer tersebut menggunakan thermometer. Gunakan data suhu tersebut untuk menentukan berat jenis $\rho_{w,t}$.
8. Bersihkan sample tanah dari pycnometer dan keringkan sisi luar pycnometer dengan kain lap.
9. Isi pycnometer dengan air suling (destilasi) sampai batas pengukuran yang sama pada langkah 5 dan timbang beratnya ($M_{p,c}$).



Disusun oleh : Sherly Meiwa ST MT

10. Ukur suhu air di dalam pycnometer tersebut menggunakan thermometer ($\rho_{w,c}$)

5. Water Content

Standar ASTM yang Berlaku

ASTM D2216-10 : Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock Mass

Tujuan

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan kadar air tanah melalui metoda pengujian di laboratorium.

Jumlah data pegujian yang dibutuhkan : 3 data

Alat dan Bahan

- a. Sampel tanah terganggu
- b. *Oven* dengan pengatur suhu sampai ($110 \pm 5^\circ$) C.
- c. *Neraca O'Hauss* / Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.
- d. Cawan.
- e. Pisau Perata

Persiapan sample

Sample disturb/undisturb dari extruder yang belum lamater expose udara.

Prosedur

1. Ambil contoh tanah asli (*Undisturbed Sample*) dan masukan kedalam tiga buah container yang telah ditimbang sebelumnya dan diberi label (contoh I, contoh II, contoh III)
2. Masing – masing container yang telah diisi contoh tanah sebanyak $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$ volume cawan, ditimbang dan dicatat.
3. Selanjutnya container- container tersebut dimasukan kedalam *oven* pada temperature lebih kurang 110° Celcius atau sampai beratnya konstan.
4. Setelah di *oven* selama 16 jam, container +tanah tersebut ditimbang dan dicatat.

6. Volumetric Weight

Standar ASTM yang Berlaku

ASTM D422-63 : Standard Test Methods for Particle size Analysis of Soil.

Tujuan

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan berat volume tanah melalui metoda pengujian di laboratorium.

Jumlah data pegujian yang dibutuhkan : 2 data

Alat dan Bahan

- a. Ring silinder dengan berat dan volume tertentu
- b. Minyak pelumas
- c. Pisau perata
- d. *Neraca O'hauss*/ Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram

Persiapan sample

Sample undisturb. Sample hasil cetakan triaxial atau consolidation yang belum di uji

Prosedur

1. Ambil *Ring silinder* dan bersihkan bagian dalamnya serta beri minyak pelumas



Gambar : Ring silinder

2. Dengan menggunakan *Ekstruder*, tanah *Undisturbed* di keluarkan dari tabung sampel dan diisikan ke *Ring*. Kedua permukaan tanah harus diratakan dengan pisau.
3. *Ring* yang berisi tanah *Undisturbed* tersebut ditimbang dan dicatat.
4. Contoh tanah dikeluarkan, kemudian *Ring* ditimbang.

7. Consolidation Test (manual reading)

Standar ASTM yang Berlaku

ASTM D2435 : Standard Test Methods for One-Dimensional Consolidation Properties of Soil Using Incremental Loading

Tujuan

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengukur jumlah akhir penurunan dan laju waktu penurunan dalam lapisan tanah. Parameter laboratorium bisa memprediksi perilaku penurunan lapisan tanah di lapangan.

Jumlah data pegujian yang dibutuhkan : 1 data

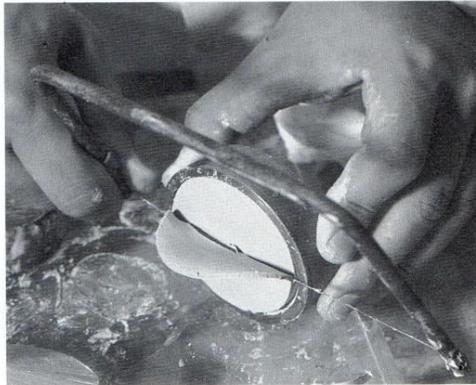
Alat dan Bahan

- a. Load device 0.5 kg, 1 kg, 2 kg, 4 kg, dan 8 kg
- b. Consolidometer
- c. Batu pori
- d. Indikator deformasi (ketelitian 0,0025 mm)
- e. Pemotong tanah yang terdiri dari pisau tipis dan tajam
- f. Cincin sampel
- g. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
- h. Oven yang dilengkapi dengan pengukur suhu untuk memanasi sampai $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$
- i. Kertas saring
- j. Stopwatch
- k. Sampel Undisturbed

Beberapa sistem alat uji konsolidasi merekam data secara otomatis dengan computer dan indicator deformasi elektronik. Sementara sistem lain mengandalkan pencatatan data manual dengan menggunakan dial penunjuk analog (*dial reading*). Peralatan konsolidasi yang tersedia di PT.Z IFA telah dimodifikasi menggunakan pencatatan dengan computer dan sistem deformasi elektronik.

Persiapan Sampel

- Siapkan sampel tanah dari ekstruder dengan cetakan ring konsolidasi
Catatan : siapkan juga sampel tanah untuk perhitungan berat jenis.
- Dibutuhkan 1 sampel dengan dimensi specimen tinggi sampel 21.5 mm dengan diameter 63 mm, ketentuan specimen pada ASTM D2435 memiliki tinggi harus lebih 10 kali ukuran partikel maksimum, dan rasio diameter dan tinggi harus lebih 2.5.
- Dengan menggunakan ring, cetak sampel tanah dan ratakan dengan pisau.



Gambar : Proses cetak sampel

- Lapisi bagian atas dan bawah sampel dengan kertas saring (*pore filter paper*) yang telah di basahi air.
- Tempatkan batu pori pada bagian atas dan bawah **sel konsolidasi**. Letakkan sampel dan apit dengan batu pori di dalam sel konsolidasi.

Catatan : sampel dalam keadaan masih memakai ring



Gambar : Sel konsolidasi

- Pasanglah pelat penumpu di atas batu pori. Periksa dan atur bacaan dial gauge dalam kondisi zero.

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.

PROSEDUR

1. Penuhi dengan air agar sample tetap jenuh dan diamkan selama 24 jam.
2. Catat penurunan sampel, pada interval waktu sebagai berikut, 0 ; 0,25 ; 0,5 ; 1; 2; 4 ; 8 ; 15; 30 ; 60 ; 120; 240 ; 480; dan 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.

3. Lakukanlah pembebanan dengan kenaikan setiap interval waktu tertentu (24jam). Kenaikan beban yang digunakan kurang lebih dua kali lipat dari beban sebelumnya, yakni 500 gr, 1 kg, 2 kg, 4 kg, dan 8 kg
4. Catat kembali penurunan sampel akibat beban yang yang berikan dengan waktu pencatatan seperti pada formulir dataset Lab.
5. Setelah semua pembebanan sudah dikenakan pada sampel, lakukan juga unloading sebanyak dua kali dan reloading satu kali 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.
6. Kemudian keluarkan sampel dari ring dan timbang berat tanah basah untuk mengetahui kadar airnya.
7. Setelah tanah ditimbang, oven selama 24 jam pada temperatur 110°C dan catat berat kering tanah.

8. Permeability

Standar ASTM yang Berlaku

ASTM D5084 : Standard Test Methods for Measurement of Hydraulic Conductivity of Saturated Porous Material Using a Flexible Wall Permeameter

Tujuan

Untuk menentukan koefisien permeabilitas (K) dari suatu contoh tanah berbutir halus seperti pasir halus, lanau, dan lempung.

Data yang dibutuhkan : 1 data

Alat dan Bahan

- a. Alat permeabilitas
- b. Batu pori
- c. *Buret* atau tabung gelas ukur lengkap dengan pemegangnya
- d. *Stopwatch*
- e. *Termometer*
- f. Kertas saring

PROSEDUR

Persiapan Sampel

1. Ambil sampel tanah *undisturbed* dari ekstruder dengan cetakan permeabilitas
2. Ukur suhu air dengan termometer
Catatan : pengukuran suhu air dapat di asumsikan sama dengan suhu ruangan sama praktikum berlangsung
3. Ukur dan catat diameter dari *buret* dan permeameter.
4. Ukur panjang (L) dari sample tanah. Ukur juga L dari buret
5. **Timbang berat permeameter ditambah batu pori dan kertas saring sampai ketelitian 0,1g.**
6. Masukkan contoh tanah kedalam permeameter dengan terlebih dahulu menempatkan batu pori di bagian atas dan bawah permeameter, sehingga benda uji yang sudah dilapisi kertas saring terapat kedua batu pori.
7. Timbang permeameter yang telah berisi contoh tanah, batu pori, dan kertas saring.

8. Celah antara tanah dan permeameter diberi lem kayu agar air tidak dapat lewat melalui celah-celahnya.
9. Letakan permeameter yang telah terisi benda uji pada posisi kemudian ditutup dan dihubungkan dengan *buret*.
10. Tutup kra pada *buret* dan *buret* diisi dengan air.
11. Jenuhkan contoh tanah dengan cara membuka kran pada buret dan membiarkan air mengalir melalui contoh tanah sehingga air keluar dari bawah permeameter.
12. Isi kembali *buret* dengan air sehingga suatu ketinggian dan ukur tinggi muka air tersebut dari ujung bawah contoh tanah untuk mendapatkan h_1 .
13. Alirkan air dan tekanlah *stopwatch*.
 - Biarkan air mengalir melalui contoh tanah hingga air dalam *buret* hampir kosong atau hingga ketinggian tertentu.
 - Stop aliran air dan tekanlah *stopwatch*, baca tinggi muka air pada *buret* untuk mendapatkan nilai h_2 .
14. Ukur dan catat suhu air dalam *buret*.
15. *Buret* diisi kembali dengan air percobaan diulang 2 kali lagi
 - Catat suhu air dalam *buret* untuk setiap percobaan.

8.A Permeability Falling Head in SAND

Standar ASTM yang Berlaku

ASTM D5084 : Standard Test Methods for Measurement of Hydraulic Conductivity of Saturated Porous Material Using a Flexible Wall Permeameter

Braja M Das : "Laboratory Manual Soil Mechanics"

Tujuan

Untuk menentukan koefisien permeabilitas (k) atau kecepatan rembesan air melalui pori dari suatu contoh tanah berbutir halus seperti pasir halus, lanau, dan lempung.

Data yang dibutuhkan : 3 sample pengujian

Alat dan Bahan

- g. Alat permeabilitas
- h. Batu pori
- i. *Buret* atau tabung gelas ukur lengkap dengan pemegangnya
- j. *Stopwatch*
- k. *Termometer*
- l. Kertas saring

PROSEDUR

Persiapan Sample

Tujuan : untuk mengetahui angka pori sampel pengujian

1. Tempatkan batu pori di atas bottom cap, dan pasang chamber permeameter.
2. Siapkan tanah kering dry oven lolos No 4 sebanyak ± 1 kg (nilai M1)
3. Masukkan sampel dry-oven tanah pasir ke dalam chamber permeameter dengan menggunakan sendok .

Catatan : padatkan tanah tersebut dengan cara menggetarkan chamber permeameter.

4. Timbang sisa tanah (nilai M2). Sehingga tanah yang masuk ke dalam chamber sebesar M1-M2
5. Pasang batu pori setelah tanah terisi penuh dalam chamber.

Catatan : sisakan sedikit ruang untuk menempatkan batu pori dalam chamber.

6. Pasang spring di atas batu pori lalu tutup dengan menggunakan top cap.

Catatan : fungsi spring disini untuk menghindari terjadinya swelling pada sampel tanah.

Disusun oleh : Sherly Meiwa ST MT

7. Timbang massa permeameter yang sudah terisi tanah.
8. Ukur panjang (L) dan diameter (D) specimen tanah di dalam chamber permeameter.
9. Isi data yang dibutuhkan pada form data sheet permeability test (A)

Prosedur pengujian

1. Jenuhkan sampel dengan menyuplai air dari keran bawah chamber.
2. Suplai air kedalam chamber melalui buret. Air akan mengalir dari buret ke dalam specimen kemudian ke buret pengukur.
Catatan : cek aliran air dalam selang tidak ada gelembung udara.
3. Tutup kran bawah sehingga air berhenti mengalir ke buret pengukur
4. Ukur tinggi head awal (h_1) pada buret
Catatan : jangan tambahkan air lagi ke dalam buret.
5. Buka kran, catat waktu (t) dengan stopwatch hingga perbedaan head (tinggi air) sama dengan h_2 . Lalu tutup kembali kran sehingga air mengalir melalui specimen.
6. Tentukan volume v_w air yang mengalir dari buret.
7. Tambahkan air lagi kedalam buret (conditional) untuk mendapatkan data lain. Ulangi langkah 3,4,5,6. Sehingga di peroleh data h_1 & h_2 yang berbeda.
8. Catat suhu (T) dalam °c.
9. Isi data yang dibutuhkan pada form data sheet permeability test (B)

9. Compaction (Modified Compaction)

Standar ASTM yang Berlaku

ASTM D1557 : Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort.

Tujuan

uji kompaksi bertujuan untuk mendapatkan kadar air optimum dan berat isi kering maksimum pada suatu proses pemadatan.

Jumlah data yang dibutuhkan : 5 buah sample data

Alat dan Bahan

1. Alat kompaksi
2. *Mould* dengan diameter 4" dan tinggi 4,6" (*Buat dalam cm*)
3. Piring pemisah dari logam (*spacer disk*)
4. *Hammer* dengan berat 5,5 lbs dan tinggi jatuh 1 ft.
5. Saringan no.4
6. *Oven, container*
7. Sendok perata, kertas, kantong plastik
8. Pisau *scoop* , palu karet
9. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram

Prosedur

Persiapan percobaan

1. Siapkan contoh tanah yang akan di uji ± 25 kg untuk 5x pengujian diambil dari lapangan (bersih dari akar dan kotoran lain).
2. Tanah dijemur sampai kering udara (*dry soil*).
3. Gumpalan-gumpalan tanah dihancurkan dengan palu karet
Catatan : usahakan agar butir tanah tidak ikut hancur.
4. Ayak tanah dengan saringan No.4, timbang masing-masing 5 kg untuk 5 buah sampel
5. Ukur terlebih dahulu kadar air sampel tanah (w_o).

Tujuan : untuk mengetahui kadar air rencana yang akan ditambahkan

Catatan : ukur kadar air dengan minimal 3 sampel data tanah 1 satu kali percobaan. Dengan catatan kadar air tanah kondisi seragam.

6. Setelah kadar air tanah sampel diperoleh. Hitung kadar air rencana (w_r) dengan contoh sebagai berikut :

Jika : Berat tanah = $W = 5000 \text{ g (2 kg)}$

Kadar air awal = $W_o (\%)$

Kadar air rencana = W_r

$$\Delta W = W \times \left(\frac{W_r - W_o}{1 + W_o} \right) = 2000 \text{ gr} \times \left(\frac{W_r - W_o}{1 + W_o} \right)$$

$\Delta W = \dots\dots\dots \text{gram} = \dots\dots\dots \text{cc}$

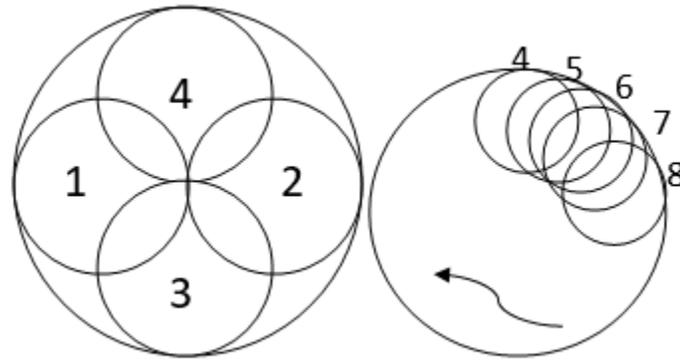
Catatan : 1 gram = 1 cc = 1 mL

OMC (.....) +0%	OMC (.....) +3%	OMC (.....) +5%	OMC (.....) estimasi	OMC (.....) 3%	OMC (.....) 5%
W_o (kadar air asli)	W_{r1} (kadar air rencana 1)	W_{r2} (kadar air rencana 2)	W_{r3} (kadar air rencana 3)	W_{r4} (kadar air rencana 4)	W_{r5} (kadar air rencana 5)

7. Lakukan penambahan kadar air untuk ke 7 benda uji
8. Siapkan alat percobaan

Pelaksanaan pemadatan

1. Ambil contoh tanah yang telah dipersiapkan.
2. Mold yang akan digunakan dibersihkan, ditimbang beratnya dan diukur volumenya
3. Olesi *mould* dengan oli atau minyak. Bagian dasar mold (*spacer disk*) harus dilapisi kertas yang telah diolesi oli/minyak agar tanah tidak melekat saat mold dibongkar.
4. Masukkan tanah dengan membagi menjadi 3 lapisan dan di tumbuk 25 kali secara merata setiap lapisan. Tanah pertama $\frac{1}{2}$ tinggi mold di tumbuk 25 kali dengan pola tumbukan yang telah di atur di ASTM. (GAMBAR)



Tambahkan tanah untuk lapisan kedua hingga melebihi tinggi mold pertama. Dan lanjutkan lapisan ketiga hingga mold terisi penuh tanah, masing-masing ditumbuk 25 kali merata diatas tiap-tiap lapisan kedua dan ketiga.

5. Setelah contoh tanah dalam *mould* padat, pengikat dibuka dan permukaannya diratakan dengan pisau perata.
6. Timbang *mould* beserta isinya diperoleh W tanah + *mould*.

Catatan: data ini untuk mengetahui berat volum tanah (γ)

7. Ambil sedikit contoh tanah bagian atas, tengah dan bawah *mould* kemudian dimasukan kedalam kontainer, untuk diperiksa kadar airnya, sehingga ada 5x3 contoh (w1 hingga w5).
8. Plot data hasil pengujian *berat volum tanah (γ)* dan kadar air (w1 hingga w5) untuk mendapatkan kadar air optimum tanah (OMC)

10. California Bearing Ratio (CBR Test)

Standar ASTM yang Berlaku

ASTM D1883 : Standard Test Methods for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils.

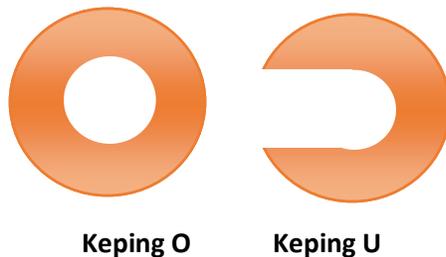
Tujuan

Tujuan uji CBR adalah untuk menilai kekuatan tanah dasar yang di kompaksi untuk digunakan dalam perancangan pengerasan.

Jumlah data yang dibutuhkan: 3 data sample untuk penumbukan 10x, 25x dan 56x

Alat dan Bahan

- CBR test dengan set penetrasi berkapasitas sekurang-kurangnya 5 ton.
- Mold uji CBR setinggi 22.2 cm dan diameter 15.1cm.
- Dua buah keeping logam dengan gambar seperti berikut:



- Piring pemisah dari logam (*spacer disk*)
- Alat penumbuk sesuai dengan cara pemeriksa pepadatan.
- Alat timbang.

Prosedur

Persiapan sampel

- Siapkan 3 sample dari hasil pengujian kompaksi pada kadar air optimum masing-masing 5 kg. sehingga diperoleh 3x5kg sampel tanah pada kadar air optimum.

Catatan :Sampel tanah lolos saringan no.4

- Penyesuaian kadar air
 - Kadar air optimum w_{opt}

- 2) Bila kadar air tanah $w_o > w_{opt}$ maka contoh tanah boleh dikeringkan udara. Bila kadar air telah dicapai maka kadar air telah sesuai bila berat tanah menjadi :

$$W_1 = W \left(\frac{1 - W_{opt}}{1 + W_o} \right)$$

- 3) Bila kadar air (w_o %) kurang dari w_{opt} maka contoh tanah dibasahi dengan air sebanyak :

$$W_w = W \left(\frac{W_{opt} - W_o}{1 + W_o} \right) \text{ gram}$$

Kemudian disimpan dalam tempat tertutup ± 24 jam. Jumlah air yang ditambahkan boleh sedikit lebih besar (0,5% atau 1%) untuk mengantisipasi penguapan.

Pelaksanaan CBR

1. Siapkan contoh tanah kering seperti kompaksi sebanyak 3 contoh masing-masing 5kg.
2. Mold yang akan digunakan dibersihkan, ditimbang beratnya dan diukur volumenya W_{mold}
3. Mold CBR di olesi oil/minyak, spacer disk diletakan di bawah dan lapis kertas yang sudah dilumuri minyak ,
4. Masukkan tanah dengan membagi menjadi 5 lapisan dan di tumbuk secara merata setiap lapisan. Penumbukan sebanyak 10x, 25x dan 56x untuk masing-masing percobaan.
5. Setelah contoh tanah dalam *mould* padat, pengikat dibuka dan permukaannya diratakan dengan pisau perata.
6. Timbang *mould* beserta isinya diperoleh $W_{tanah} + mold$.
Catatan : data ini untuk mengetahui berat volum tanah (γ)
7. Letakkan mold berisi tanah pada alat uji penetrasi (CBR test)
8. Letakan dua buah keping pemberat diatas permukaan benda uji
Catatan: keping Odi letakkan di atas sampel mold lalu keping U diatasnya.
9. Kemudian atur torak penetrasi pada permukaan benda uji sehingga arloji beban bergerak.
10. Pembebanan permulaan diperlukan untuk menjamin bidang sentuh yang sempurna antara torak dengan permukaan benda uji, kemudian arloji penunjuk beban dan arloji pengukur penitrasinya dinolkan (*di reset*)
11. Berikan pembebanan dengan teratur kecepatan penetrasi konstan
12. Catat pembacaan pembebanan pada penetrasi 0,312 mm; 0,62 mm; 1,25 mm; 0,187 mm; 2,5 mm; 3,75 mm; 5 mm; 7,5 mm; 10 mm; 12,5 mm. Catat pembebanan maksimum dan penetrasinya bila pembebanan maksimum terjadi sebelum penetrasi 12,5 mm.

Disusun oleh : Sherly Meiwa ST MT

Catatan: terus lakukan pembacaan hingga load reading berkurang atau constant sebanyak 3x pembacaan

13. Keluarkan benda uji dari cetakan dan tentukan kadar air dari lapisan atas dan bawah benda uji, kemudian rata-ratakan.

11. Direct Shear Test

Standar ASTM yang Berlaku

ASTM D3080 : Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions.

Alat dan Bahan

- a. Alat geser langsung (direct shear) terdiri dari
 - Stang penekan dan pemberi beban
 - Alat penggeser lengkap dengan cincin penguji (proving ring) dan dua buah arloji geser (ekstensiometer)
 - Cincin pemeriksa yang terbagi dua dengan penguncinya, terletak dalam kotak
 - Beban
 - Dua buah batu pori



- b. Extruder dan sendok perata
- c. Cincin cetak benda uji
- d. Neraca ketelitian 0.01 gr
- e. Stopwatch
- f. Kertas pori (whatman filter paper)

Prosedur

1. Timbang benda uji dengan cincinnya
2. Masukkan benda uji ke dalam kotak pemeriksaan yang telah terkunci menjadi satu dan pasang batu pori dan kertas pori pada permukaan atas dan permukaan bawah benda uji di dalam kotaknya. Kotak benda uji tersebut diletakkan pada alat *direct shear*. Masukkan air dan jenuhkan sampel.
3. Stang penekan dipasang pada arah vertikal untuk memberikan beban normal pada benda uji.
4. Penggeser benda uji dipasang pada arah mendatar untuk memberikan beban mendatar pada bagian atas cincin pemeriksaan. Atur pembacaan arloji geser sehingga menunjukkan angka nol.
5. Dengan beban normal yang ada, pembebanan geser pada kecepatan konstan diberikan dengan menyalakan mesin pada alat.
6. Lakukan pembacaan dial pada regangan tertentu (kelipatan 1%) sampai terjadi keruntuhan, dimana jarumnya berputar membalik.
7. Lakukan hal yang sama pada benda uji kedua sebesar 2x beban normal yang pertama dan lakukan juga untuk benda uji ketiga dengan beban 3x beban normal yang pertama.

NOTED:

Strain rate

For NC use 0.2 - 1 mm/min

OC use 0.1 - 0.2 mm/min

12. Triaxial Compression Test Unconsolidated Undrained (UU)- Manual Triaxial

Standar ASTM yang Berlaku

- ASTM D4767-11 : Standard Test Method for Consolidated Undrained Triaxial Compression Test for Cohesive Soil.
- ASTM D2850-15 : Standard Test Method for Unconsolidated Undrained Triaxial Compression Test for Cohesive Soil.
- ASTM D7181-11 : Standard Test Method for Consolidated Drained Triaxial Compression Test for Soil

Tujuan

Maksud dari uji Triaxial UU adalah untuk mengetahui kekuatan geser tanah, yaitu c (kohesi) dan ϕ (sudut geser dalam), dalam tegangan total ataupun efektif yang mendekati keadaan aslinya di lapangan.

Tujuan nya adalah untuk di gunakan dalam analisis kestabilan jangka pendek (short term stability analysis)

Jumlah data yang dibutuhkan : 3 data sample

Alat dan Bahan

- Aparatus triaxial
- Dua buah karet O ring
- Ring stainless
- Membran lateks.
- Stopwatch
- Kertas pori
- Desikator
- Peregang membran.

Prosedur

Persiapan Percobaan Triaxial UU

1. Ukur diameter dan tinggi Contoh tanah, kemudian ditimbang.
2. Jenuhkan terlebih dahulu kertas pori dan batu pori.
3. Seluruh permukaan Contoh tanah di lapiasi dengan kertas pori yang telah disiapkan, beri bagian atas dan bawah batu pori.
4. Letakan contoh tanah di atas bottom cap, lalu letakan top cap diatasnya.

Catatan : alat harus bersih dari kotoran agar tidak terjadi kebocoran pada chamber.

5. Bungkus sampel tanah dengan membrane menggunakan bantuan alat peregang membran, lalu bagian atas dan bawah diikat dengan membrane karet (O ring) menggunakan bantuan alat ring stainless.
6. Lalu chamber di letakan pada alat triaxial dan kunci alat tersebut secara bersamaan.

Prosedur Pelaksanaan

1. Chamber di isi dengan air destilasi melalui Cell Pressure hingga penuh dan meluap.
2. Lalu tegangan CP air regulator dinaikan hingga sesuai dengan Cell pressure yang diinginkan (contoh: 0,5kg/cm²; 1 kg/cm²; 1,5 kg/cm²; 2 kg/cm²).
3. Atur speed rate pada alat triaxial dengan kecepatan yang sudah ditentukan.
4. Naikan sampel sampai bacaan load dan deformasi berubah.

Tujuan: untuk menjamin bidang sentuh yang sempurna antara piston dengan permukaan benda uji serta jarum bacaan deformasi.

5. Nol-kan load reading dan deformasi, tekan tombol RUN pada speed rate alat triaxial, setelah itu tekan tombol UP agar alat berjalan.
6. Lakukan pembacaan load reading dan deformasi reading pada proving ring
7. Pembacaan dihentikan bila Load reading memperlihatkan penurunan sebanyak 3 kali dan deformasi telah mencapai 5%-10%
8. Jika sudah selesai, turunkan tegangan CP air regulator, lalu keluarkan air yang ada pada chamber melalui Cell Pressure.
9. Keluarkan contoh tanah dari alat triaxial.
10. Percobaan selanjutnya dilakukan dengan tegangan Cell Pressure yang berbeda. Biasanya pada percobaan selanjutnya nilai lebih besar dari yang sebelumnya.

NOTED:

Strain rate $\epsilon = 0.3 \% - 1 \%$

For sand or stiff clay using ϵ

ϵ (sand or stiff soil) = 0.3 %, If Height of sample was 70 mm so that 0.3% x 70 mm = 0.21 mm/min

ϵ (clay or soft clay) = 1 %, If Height of sample was 70 mm so that 0.3% x 70 mm = 0.7 mm/min

13. Unconfined Compressive Strength Test (UCS)

Standar ASTM yang Berlaku

ASTM D2166/2166M-16 : Standard Test Method Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil.

Alat dan Bahan

- a. Alat (Unconfined Compressive Machine)
- b. Ekstruder
- c. Alat pendek sampel berbentuk silinder
- d. Pisau tipis dan tajam
- e. Stopwatch
- f. Oven dengan pengatur suhu sampai $(110 \pm 5^\circ)\text{C}$
- g. Neraca O'Houss / Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.

Prosedur

Persiapan Pengujian

1. Contoh tanah asli diambil dengan alat pencetak sampel
2. Kedua ujung contoh diratakan, kemudian didorong keluar dengan memakai piston.

Pelaksanaan Pengujian

1. Siapkan Alat Tekan Bebas (*Unconfined Compression Test*).
2. Contoh tanah diletakan pada alat uCST jalankan.
3. Berikan tekanan vertikan dengan kecepatan regangan 0,5-2% per menit dengan cara memutar
Karena sesuai dengan besarnya pembacaan deformation dial dan waktu pada lembar pencatatan
4. Setiap pembacaan arloji dengan kelipatan 0,70 mm dilakukan pembacaan pada dial beban.
5. Percobaan dilakukan sampai terjadi keruntuhan pada sampel. Selanjutnya sampel yang telah hancur tersebut dicetak lagi untuk percobaan *remoulded*, dengan syarat massa dan berat tanah sama seperti diatas.
6. Percobaan 1-4 diulang lagi untuk sampel yang *remoulded* (buatan).