

GANJIL

2024/2025

Modul Mekanika Tanah I

Ir. Muhammad Islah, S.T., M.T.

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

UNIVERSITAS PAHLAWAN TUANKU TAMBUSAI

Jl. Tuanku Tambusai No.23, Bangkinang, Kec. Bangkinang,

Kabupaten Kampar, Riau 2841

KATA PENGANTAR

Puji serta syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena hanya atas berkat, karunia, dan rahmat-Nya, Modul Praktikum Mekanika Tanah I 2024 ini dapat diselesaikan.

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

Modul Praktikum Mekanika Tanah 2024 ini dibuat untuk untuk memandu praktikan, baik dari segi peraturan praktikum maupun panduan prosedur pengujian tanah. Peraturan praktikum berlaku bagi seluruh praktikan selama masa praktikum.

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

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

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

Bangkinang, 22 Agustus 2024

Tim Penyusun

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	
Daftar Isi	3
Pedoman untuk Praktikan	4
Percobaan I : Pemeriksaan Kadar Air Tanah	5
Percobaan II : Pengujian Berat Jenis Tanah	7
Percobaan III : Penentuan Batas Cair Tanah	10
Percobaan IV : Penentuan Batas Plastis dan Indeks Plastisitas Tanah	13
Percobaan V : Penentuan Batas Susut dan Faktor-Faktor Susut Tanah	15
Percobaan VI : Pengujian Analisis Ukuran Butir Tanah.....	19
Percobaan VII : Pengujian Kepadatan Tanah.....	24
Percobaan VIII : Pengujian CBR Laboratorium.....	29
Percobaan IX : Pengujian Kepadatan Lapangan Dengan Alat Konus Pasir (Sand Cone).....	33
Lampiran : Laporan Sementara	
<i>Evaluation Form</i>	
Panduan Penulisan Laporan Praktikum	
Contoh Format Halaman Sampul Laporan	
Daftar Pustaka	

PEDOMAN UNTUK PRAKTIKAN

A. Umum

1. Praktikum dilaksanakan secara kelompok.
2. Pelajari dengan baik petunjuk mengenai percobaan yang akan dilaksanakan, sehingga metode praktikum sudah dikuasai sebelum melaksanakan praktikum, urutan pekerjaan, apa yang harus dicatat, perkiraan waktu, dan sebagainya.
3. Bekerjalah dengan hati-hati terhadap alat-alat yang digunakan. Setelah selesai praktikum, bersihkan alat-alat tersebut, susun kembali dengan baik dan serahkan kepada petugas.
Kerusakan dan kehilangan alat akan dibebankan kepada kelompok. Janganlah memindahkan alat-alat tanpa seijin petugas.
4. Sebelum menimbang, periksalah kemampuan/kapasitas dan ketelitian timbangan yang akan digunakan. Periksalah bahwa timbangan dalam keadaan seimbang atau membaca nol dalam keadaan tanpa beban.
5. Gunakan timbangan yang sama pada sesuatu percobaan tersebut.
6. Jangan mengubah-ubah setelan pada alat-alat yang ada, seperti *thermostat* pada oven, cincin beban yang terpasang, kecepatan gerak alat/mesin, dan sebagainya. Bila anda menganggap ada yang kurang tepat hubungi petugas.
7. Bekerjalah dengan teliti, misalnya tutup mangkok timbang jangan tertukar, contoh tanah yang diperiksa jangan tercecer, pembacaan arloji ukur yang keliru, dan sebagainya yang akan berpengaruh terhadap hasil percobaan. Selain itu, kebersihan dan keringnya alat berpengaruh pada hasil percobaan.
8. Biasakan mencatat hal-hal yang dilaksanakan dan hal-hal yang terjadi serta buatlah skets alat-alat, dan hal-hal lain apabila diperlukan.

B. Laporan

1. Setiap mahasiswa harus membuat dan menyerahkan laporan. Laporan harus sudah diserahkan paling lambat 2 minggu setelah selesai praktikum.
2. Format laporan mengacu pada PKTI/ Format skripsi dengan diketik komputer
3. Laporan praktikum harus memuat, antara lain:
 - a. Isi laporan bagi tiap jenis percobaan:
 - 1) Judul/jenis percobaan.
 - 2) Maksud dan Tujuan percobaan.
 - 3) Alat dan Bahan yang digunakan
 - 4) Pelaksanaan/ cara kerja
 - 5) Hitungan, grafik dan hasil pengujian.
 - 6) Pembahasan teori yang mendukung (secara ringkas, padat dan yang diperlukan).
 - 7) Kesimpulan.
 - 8) Daftar Pustaka
 - 9) Lampiran-lampiran (sesuai dengan yang diperlukan) yang meliputi antara lain: laporan sementara (ada pengesahan dari petugas), sketsa alir percobaan, dokumentasi dan sebagainya.
 - b. Ketelitian pengamatan dituliskan dengan desimal sesuai dengan ketelitian alat, tetapi hasil-hasil hitungan pada umumnya cukup dengan dua angka di belakang koma, kecuali besaran-besaran tertentu yang memang harus lebih teliti.

PERCOBAAN I
PEMERIKSAAN KADAR AIR TANAH
(ASTM D 2216; SNI 1965:2008)

A. Maksud

Maksud percobaan adalah untuk memeriksa kadar air suatu contoh tanah. Kadar air tanah adalah perbandingan antara berat air yang terkandung dalam tanah dan berat kering tanah yang dinyatakan dalam persen.

B. Peralatan

1. Oven pengering; dilengkapi dengan pengatur suhu untuk dapat memelihara keseragaman temperatur 110 °C. ± 5°C.
2. Cawan tempat benda uji.
3. Timbangan; semua timbangan yang memiliki ketelitian 0,01 gram diperlukan untuk benda uji dengan berat maksimum 200 gram (termasuk berat cawan tempat benda uji) dan timbangan yang memiliki ketelitian 0,1 gram diperlukan untuk benda uji dengan berat lebih dari 200 gram.
4. Desikator
5. Peralatan lain seperti: sendok, kaos tangan dan lainnya.

C. Benda Uji

Berat minimum material basah yang dipilih untuk mewakili contoh uji total, harus sesuai dengan ketentuan Tabel 1.

Tabel 1. Berat minimum benda uji berat jenis ⁽¹⁾

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

Keterangan * Harus digunakan untuk yang mewakili tidak kurang dari 20 gram. Jika berat contoh uji total yang digunakan tidak ditemukan berat persyaratan minimum yang tersedia pada tabel di atas. Laporkan bahwa seluruh contoh uji digunakan untuk pengujian.

⁽¹⁾Sumber: SNI 1965:2008

D. Pelaksanaan

1. Timbang dan catat berat cawan kering yang kosong tempat benda uji beserta tutupnya (W_1 , gram).

2. Pilih benda uji yang mewakili sesuai Tabel 1.
3. Masukkan benda uji dalam cawan dan pasang tutupnya hingga rapat. Tentukan berat cawan yang berisi material basah menggunakan timbangan, kemudian catat nilai tersebut (W_2 , gram).

CATATAN: Untuk menjaga kekeliruan benda uji yang dapat menghasilkan hasil uji yang tidak benar, semua cawan dan tutupnya harus diberi nomor. Nomor tutup harus cocok dengan nomor cawannya untuk mengurangi kekeliruan.

4. Buka tutupnya dan masukan cawan yang berisi benda uji basah ke dalam oven pengering. Keringkan benda uji hingga beratnya konstan. Pertahankan oven pengering pada temperatur $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

CATATAN: Pada banyak kasus, pengeringan benda uji semalaman (sekitar 12 sampai 16 jam) telah cukup. Jika terjadi keragu-raguan mengenai pengeringan yang memadai, maka pengeringan harus dilanjutkan sampai terjadi perubahan berat setelah dua waktu berturut-turut (lebih dari 1 jam) pengeringan yang menunjukkan tidak signifikan (kurang dari 0,1%). Agar pengeringan dapat berjalan sempurna, maka susunan benda uji di dalam oven harus diatur sedemikian sehingga pengeringan tidak terganggu (suhu dapat merata).

5. Setelah benda uji dikeringkan hingga beratnya konstan, keluarkan cawan dari dalam oven (dan tutup kembali). Masukkan ke dalam desikator agar benda uji dan cawannya menjadi dingin pada temperatur ruangan atau sampai cawan dapat dipegang dengan aman menggunakan tangan. Tentukan berat cawan dan berat material kering oven menggunakan timbangan dan catat nilai ini (W_3 , gram).

E. Hitungan

$$\omega = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \cdot 100\%$$

keterangan:

ω = kadar air tanah, %

W_1 = berat cawan kosong, gram

W_2 = berat cawan dan tanah basah, gram

W_3 = berat cawan dan tanah kering, gram

$(W_2 - W_3)$ = berat air, gram

$(W_3 - W_1)$ = berat tanah kering, gram

**PERCOBAAN II PENGUJIAN
BERAT JENIS TANAH
(ASTM D 854; SNI-1964-2008)**

A. Maksud

Maksud percobaan adalah untuk menentukan berat jenis suatu contoh tanah dengan piknometer. Berat jenis tanah adalah perbandingan antara berat butir tanah dan berat air suling pada suhu dan volume yang sama.

B. Peralatan

1. Piknometer dengan kapasitas minimum 100 ml atau botol ukur dengan kapasitas 50 ml.
2. Saringan No.4 (4,75 mm) dan No.10 (2,00 mm) serta pan penadah.
3. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.
4. Oven pengering.
5. Desikator
6. Termometer rentang pembacaan 0°C - 50°C dengan kemampuan baca 0,1°C.
7. *Wash bottle* untuk pengisian air destilasi ke dalam piknometer.
8. Tungku listrik (*hot plate*).
9. Panci untuk merebus piknometer
10. Cawan porselen.
11. Penggerus/penumbuk.
12. Corong kaca.

C. Benda Uji

Benda uji berat jenis dengan ketentuan sebagai berikut:

1. Tanah yang digunakan pada uji berat jenis dilakukan terhadap benda uji kering oven lolos saringan No.4 (4,75 mm) atau saringan No.10 (2,00 mm).
2. Apabila tanah mengandung partikel lebih besar saringan No.4 (4,75 mm), maka bagian yang tertahan saringan No.4 (4,75 mm) gumpalan tanah dihancurkan di dalam cawan porselen menggunakan penumbuk/penggerus dengan kepala berlapis plastik.
3. Apabila tanah merupakan gabungan dari partikel yang lebih besar dan lebih kecil dari saringan No.4 (4,75 mm), maka contoh tanah harus dipisahkan menggunakan saringan No.4 (4,75 mm). Kemudian masing-masing dikerjakan sendiri, nilai berat jenis tanah diambil dari rata-rata keduanya.
4. Berat dari contoh uji kering oven paling sedikit 25 gram dengan menggunakan botol ukur, dan sedikitnya 10 gram apabila menggunakan botol yang dilengkapi dengan penutupnya.
5. Contoh tanah harus dikeringkan selama paling kurang 12 jam atau sampai beratnya tetap, dalam sebuah oven dengan temperatur $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, kemudian dinginkan dalam desikator.

6. Pengujian berat jenis dilakukan dengan sistem ganda (duplo) dan hasilnya dirata-ratakan.

CATATAN: Contoh tanah basah dapat juga digunakan dan langsung dimasukkan ke dalam piknometer, asal diketahui kadar airnya. Apabila nilai berat jenis tanah digunakan dalam perhitungan yang berkaitan dengan pengujian hidrometer (SNI 03-3423-1994), pengujian berat jenis harus dilakukan terhadap tanah lolos saringan No.10 (2,00 mm).

D. Pelaksanaan

1. Keringkan benda uji dalam oven pada temperatur $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ selama 12-24 jam, setelah itu dinginkan dalam desikator.
2. Cuci piknometer, kemudian dikeringkan dan selanjutnya timbang (W_1 , gram).
3. Masukkan benda uji ke dalam piknometer menggunakan corong kaca, kemudian timbang (W_2 , gram).
4. Tambahkan air destilasi ke dalam piknometer yang berisi benda uji, sehingga piknometer terisi dua pertiganya. Biarkan selama paling kurang 12 jam.
5. Piknometer yang berisi rendaman benda uji direbus dengan hati - hati selama 10 menit atau lebih sehingga udara dalam benda uji ke luar seluruhnya. Untuk mempercepat proses pengeluaran udara, piknometer atau botol ukur dapat dimiringkan sekali – kali. Kemudian didinginkan dalam desikator.
6. Tambahkan air suling secukupnya sampai penuh. Keringkan bagian luarnya, lalu timbang (W_3 , gram). Air dalam piknometer diukur suhunya dengan termometer (T_x).
7. Mengkalibrasi piknometer: piknometer dikosongkan dan dibersihkan, kemudian diisi penuh dengan air destilasi, ditutup dan bagian luar dikeringkan lalu ditimbang (W_4 , gram). Termometer dicelupkan ke dalam air, dan temperatur (T_i) diukur dan dicatat dalam bilangan bulat.

E. Hitungan

1. Berat W_4 ditentukan dari temperatur pengujian T_i yang diamati, nilai tersebut harus dikalibrasi untuk temperatur T_x yang berlaku ketika berat W_3 ditentukan kemudian. Nilai W_4 dihitung sebagai berikut:

$$W_4 \text{ (pada } T_x) = \frac{\text{Kerapatan air pada } T_x}{\text{Kerapatan air pada } T_i} \cdot (W_4 \text{ (pada } T_i) - W_1) + W_1$$

keterangan:

$W_4 \text{ (pada } T_x)$ = berat piknometer dan air pada temperatur T_x , gram.

$W_4 \text{ (pada } T_i)$ = berat piknometer dan air pada temperatur T_i , gram.

W_1 = berat piknometer, gram.

T_i = temperatur air yang diamati (ketika W_4 ditentukan), $^{\circ}\text{C}$.

T_x = temperatur yang diperlukan/dikehendaki (ketika W_3 ditentukan), $^{\circ}\text{C}$.

Nilai kerapatan air diambil pada Tabel 2.

Tabel 2. Hubungan antara kerapatan relatif air dalam temperature ⁽²⁾

No.	Temperatur, derajat Celcius	Hubungan kerapatan relatif air
1.	18	0,9986244
2.	19	0,9984347
3.	20	0,9982343
4.	21	0,9980233
5.	22	0,9978019
6.	23	0,9975702
7.	24	0,9973286
8.	25	0,9970770
9.	26	0,9968156
10.	27	0,9965451
11.	28	0,9962652
12.	29	0,9939761
13.	30	0,9956780

⁽²⁾Sumber: SNI-1964-2008

2. Hitungan berat jenis tanah berdasarkan temperatur air, T_x sebagai berikut:

$$G = \frac{W_t}{W_t + W_4 \text{ (pada } T_x) - W_3}$$

keterangan:

W_t = berat contoh tanah kering ($W_2 - W_1$), gram.

$W_4 \text{ (pada } T_x)$ = berat piknometer dan air pada temperatur T_x , gram.

W_3 = berat piknometer berisi air dan tanah pada temperatur T_x , gram.

T_x = temperatur air dalam piknometer ketika berat W_3 ditentukan, °C

PERCOBAAN III

PENENTUAN BATAS CAIR TANAH

(ASTM D 4318; SNI-1967-2008)

A. Maksud

Maksud percobaan adalah untuk menentukan batas cair suatu tanah. Batas cair tanah adalah kadar air tanah tersebut pada keadaan batas peralihan antara cair dan keadaan plastis. Nilai batas cair tanah diterapkan untuk menentukan konsistensi perilaku material dan sifatnya tanah kohesif. Disamping itu nilai batas cair ini dapat digunakan untuk menentukan nilai indeks plastisitas tanah.

B. Peralatan

1. Alat uji batas cair mekanik (Casagrande).
2. Alat pembarut alur (*grooving tool*)
3. Plat Kaca
4. Cawan porselen
5. Spatula
6. Sendok
7. Neraca dengan ketelitian 0,01 gram
8. Oven dengan suhu maksimum $110 \pm 5^\circ\text{C}$
9. Penumbuk/penggerus
10. Saringan No.40 serta pan penadah.
11. Air Suling dalam botol cuci.

C. Benda Uji

Contoh tanah yang perlu disediakan untuk pemeriksaan ini sebanyak ± 100 gram. Contoh tanah harus bebas atau telah dibebaskan dari butir-butir yang lebih besar dari 0,425 mm (tertahan saringan No.40).

Untuk contoh tanah yang memang tidak mengandung butir-butir kasar lebih besar dari 0,425 mm dapat langsung diperiksa batas cairnya tanpa persiapan lebih dulu. Apabila contoh tanah mengandung butir-butir kasar, mula-mula keringkan dalam suhu udara (atau dengan pengering suhu 60°C). Pecahkan gumpalan-gumpalan tanah dengan digerus dalam cawan porselen dengan penumbuk/penggerus dengan kepala terbungkus beberapa lapisan plastik, sehingga butir-butir tidak rusak. Kemudian saring dengan saringan No.40. Bagian yang tertahan saringan No.40 disingkirkan dan bagian yang lewat saringan digunakan sebagai benda uji.

D. Pelaksanaan

1. Tempatkan benda uji di atas mangkok porselen dan aduklah sampai rata dengan menambahkan 15 ml sampai dengan 20 ml air destilasi dan ulangi pengadukan, peremasan dan pengirisan dengan memakai alat spatula. Tambahkan air sebanyak 1 ml sampai dengan 3 ml. Setiap penambahan air, aduklah tanah dengan air hingga rata.

CATATAN: Pada waktu pengujian dimulai, tidak ada penambahan tanah kering

terhadap tanah yang basah. Jika terlanjur penambahan air terlalu banyak, benda uji boleh diganti atau diaduk kembali dan diremas sampai terjadi penguapan alami. Terdapat beberapa jenis tanah yang lambat untuk menyerap air. Oleh karena itu, penambahan air yang terlalu cepat dapat menghasilkan nilai batas cair yang salah. Hal ini bisa dihindari dengan waktu untuk pengadukan yang cukup.

2. Jika air yang diberikan telah cukup untuk mencampur tanah hingga merata dan tanah menjadi konsistensi teguh, selanjutnya pindahkan benda uji ini ke dalam mangkok kuningan dan sisakan sebagian isi mangkok. Kemudian tekan dan sebar tanah ini dengan menggunakan spatula secara lateral hingga memperoleh garis mendatar mencapai ketebalan 10 mm pada titik kedalaman maksimum. Gerakan spatula secara perlahan sebagai perawatan untuk menjaga terjeratnya gelembung udara dalam tanah.

CATATAN: Kelebihan tanah pada mangkok kuningan harus dikembalikan ke dalam mangkok porselen dan diberi tutup, untuk memelihara kadar air yang berada dalam benda uji.

3. Goreslah tanah yang berada dalam mangkok kuningan secara membagi dua dengan menggunakan alat pembuat alur berbentuk lengkung sepanjang diameter mangkok melalui garis tengahnya, sehingga alur terlihat jelas. Untuk menghindari terjadinya alur yang tidak baik atau tergesernya tanah dalam mangkok, barutlah dengan gerakan maju dan mundur beberapa kali dengan setiap kali sedikit lebih dalam.
4. Segera hidupkan casagrande sehingga mangkok terangkat dan jatuh pada alasnya dengan kecepatan 2 kali jatuh per detik, sampai kedua bagian tanah bertemu sepanjang kira-kira 13 mm. Catatlah jumlah pukulan yang diperlukan tersebut.
Catatan: Untuk validitas data, ulangi langkah 4-6 sampai menghasilkan jumlah ketukkan yang kurang lebih sama (± 2 ketukkan) untuk sampel dengan kadar air yang sama.
5. Sayatlah tanah kira-kira selebar spatula, masukan irisan tersebut ke dalam cawan dan diuji kadar airnya.
6. Pindahkan tanah yang masih berada dalam mangkok kuningan ke dalam mangkok pengaduk. Mangkok kuningan dan alat pembuat alur kemudian dibersihkan dan dikeringkan, siap untuk digunakan pada pengujian berikutnya.
7. Untuk pekerjaan berikutnya harus diulangi sekurang-kurangnya dua pengujian tambahan lagi dari benda uji yang telah ditambah air secukupnya, hingga tanah kondisinya lebih lunak. Tujuan dari cara ini adalah untuk mendapatkan benda uji dengan konsistensi tertentu, dan sekurang-kurangnya satu ketentuan yang akan diambil untuk setiap rentang pukulan pada 25 sampai 35; 20 sampai 30; 15 sampai 25 pukulan, sehingga rentang pada tiga ketentuan tersebut minimal 10 pukulan.

E. Hitungan

1. Batas cair (LL)

Setiap data hubungan antara kadar air dan jumlah pukulan merupakan satu titik dalam grafik, dengan jumlah pukulan sebagai absis (dengan skala log) dan kadar air sebagai ordinat (dalam persen dan skala biasa). Tarik garis lurus penghubung

terbaik dari titik-titik yang diperoleh, batas cair tanah adalah kadar air yang diperoleh pada perpotongan garis penghubung tersebut dengan garis vertikal 25 pukulan. Batas cair dilaporkan sebagai bilangan bulat yang terdekat.

$$LL = W_n (N/25)^{0,121} \dots\dots\dots (2)$$

atau

$$LL = k.W_n \dots\dots\dots (3)$$

dengan pengertian:

N adalah jumlah pukulan yang menyebabkan tertutupnya alur pada kadar air tertentu;

LL adalah batas cair terkoreksi untuk tertutupnya alur pada 25 pukulan (%);

W_n adalah kadar air (%);

k adalah faktor koreksi yang diberikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Faktor koreksi

Jumlah pukulan (N)	Faktor batas cair (k)
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014

Flow indeks (IF)

Kemiringan dari garis dalam kurva didefinisikan sebagai indeks aliran (*flow indeks*).

Nilai ω_1 dan ω_2 diambil masing-masing dibawah dan diatas 25 pukulan. Perhatikan bahwa nilai ω_1 dan ω_2 dapat ditukarkan untuk memperoleh nilai positifnya, walaupun kemiringan kurva sebenarnya negatif (Hardiyatmo: 2018)

PERCOBAAN IV

PENENTUAN BATAS PLASTIS DAN INDEKS PLASTISITAS TANAH

(ASTM D 4318; SNI-1966-2008)

A. Maksud

Maksud percobaan adalah untuk menentukan batas terendah kadar air ketika tanah dalam keadaan plastis, dan angka indeks plastisitas suatu tanah. Batas plastis dihitung berdasarkan persentasi berat air terhadap berat tanah kering pada benda uji. Angka indeks plastisitas tanah didapat setelah pengujian batas cair dan batas plastis selesai dilakukan. Angka indeks plastisitas tanah merupakan selisih angka batas cair (*liquid limit*, LL) dengan batas plastis (*plastic limit*, PL).

B. Peralatan

1. Plat Kaca
2. Cawan porselen
3. Spatula
4. Sendok
5. Neraca dengan ketelitian 0,01 gram
6. Oven dengan suhu maksimum $110 \pm 5^\circ\text{C}$
7. Penumbuk/penggerus
8. Saringan No.40 serta pan penadah.
9. Air Suling dalam botol cuci.

C. Benda Uji

Contoh tanah yang perlu disediakan untuk pemeriksaan ini sebanyak 15 sampai dengan 20 gram. Contoh tanah harus bebas atau telah dibebaskan dari butir-butir yang lebih besar dari 0,425 mm (tertahan saringan No.40).

Untuk contoh tanah yang memang tidak mengandung butir-butir kasar lebih besar dari 0,425 mm dapat langsung diperiksa batas cairnya tanpa persiapan lebih dulu. Apabila contoh tanah mengandung butir-butir kasar, mula-mula keringkan dalam suhu udara (atau dengan pengering suhu 60°C). Pecahkan gumpalan-gumpalan tanah dengan digerus dalam cawan porselen dengan penumbuk/penggerus dengan kepala terbungkus beberapa lapisan plastik, sehingga butir-butir tidak rusak. Kemudian saring dengan saringan No.40. Bagian yang tertahan saringan No.40 disingkirkan dan bagian yang lewat saringan digunakan sebagai benda uji.

D. Pelaksanaan

1. Letakan tanah kering ke dalam cawan dan campur dengan air destilasi, aduk sampai benar-benar merata sampai massa menjadi cukup plastis untuk dibentuk menjadi bola serta tidak lengket di jari ketika diremas. Ambil sebagian dari tanah tersebut, sekitar 8 gram, untuk diuji.
2. Gelengkan tanah menjadi bentuk bulat panjang berdiameter 3 mm dengan kecepatan 80 gelengan sampai dengan 90 gelengan per menit, dengan

menghitung satu gelengan sebagai satu gerakan tangan bolak balik hingga kembali ke posisi awal.

3. Apabila tanah hasil gelengan telah berdiameter 3 mm tetapi belum terjadi retakan, maka tanah gelengan dibagi menjadi enam atau delapan potongan. Satukan dan remas semua potongan dengan kedua tangan dan geleng kembali dengan jari tangan hingga membentuk bulat panjang. Sedangkan apabila tanah gelengan telah berdiameter 3 mm dan terjadi retakan, maka prosedur dilanjutkan ke tahap 5.
4. Tanah gelengan sebagaimana tahap 3, digeleng sampai terjadi retakan atau sampai tanah tidak dapat lebih panjang lagi untuk digeleng.
5. Kumpulkan/gabungkan bagian-bagian tanah yang retak dan masukan ke dalam cawan dan segera tutup cawan tersebut, kemudian timbang.
6. Ulangi prosedur yang telah diuraikan pada D.1 hingga D.5, sampai benda uji 8gram seluruhnya diuji. Tentukan kadar air tanah yang ada di dalam wadah sesuai dengan Percobaan I dan catat hasilnya.

E. Hitungan

1. Nilai batas plastis adalah kadar air yang diperoleh pada pemeriksaan tersebut diatas yang dinyatakan dalam persen.
2. Hitung indeks plastisitas tanah sebagai selisih antara batas cair dengan batas plastisnya, sebagai berikut:
 - a. Indeks plastisitas (PI) = batas cair (LL) – batas plastis (PL)
3. Klasifikasi tanah Sesuai Unified Soil Classification System (USCS)
4. Tulis selisih perhitungan tersebut sebagai indeks plastisitas tanah, kecuali terjadi kondisi sebagai berikut:
 - a. Jika batas cair atau batas plastis tidak dapat ditentukan, indeks plastisitas dinyatakan dengan: NP (*non plastis*);
 - b. Jika batas plastis sama atau lebih besar dari batas cair, indeks plastisitas dinyatakan juga dengan: NP (*non plastis*).

PERCOBAAN V
PENENTUAN BATAS SUSUT DAN FAKTOR-FAKTOR SUSUT
TANAH
(SNI-4144-2012)

A. Maksud

Maksud percobaan adalah untuk menentukan faktor-faktor susut meliputi batas susut, rasio susut, susut linier dan susut volume terhadap tanah-tanah berbutir halus yang kuat terhadap pengeringan pada temperatur ruang.

Istilah batas susut dinyatakan sebagai kadar air dalam persen, yang khusus diasumsikan untuk menyatakan sejumlah air yang diperlukan untuk mengisi rongga-rongga suatu tanah kohesif pada angka pori minimum yang terbentuk lewat pengeringan (biasanya oven).

B. Peralatan

1. Cawan porselen.
2. Spatula
3. Penumbuk/penggerus.
4. Saringan No.40 serta pan penadah.
5. Cawan susut (*monedish*) diameter 45 mm, tinggi 12,7 mm dengan alas datar yang telah dilumasi dengan oli/vaselin.
6. Cawan gelas (*cristalizing dish*).
7. Cawan petri/penguap (*overlow dish*).
8. Plat transparan (*prong plate*).
9. Plat kaca.
10. Air destilasi dalam *wash bottle*.
11. Air raksa.
12. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram.
13. Oven pengering dengan kapasitas temperatur $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
14. Desikator

C. Benda Uji

Siapkan ± 30 gram contoh tanah yang telah dibersihkan dari butir-butir tertahan saringan No.40 (0,425 mm). Jika contoh tanah dari lapangan mengandung butir-butir yang lebih besar dari 0,425 mm, keringkan tanah pada ruangan terbuka. Kemudian hancurkan tanah dalam cawan porselen menggunakan penumbuk/penggerus yang kepalanya terbugkus lapisan plastik, sehingga butir-butir akan terpisah tanpa merusak butir-butir tersebut. Kemudian saring dengan saringan No.40 (0,425 mm), maka bagian yang lewat saringan digunakan sebagai benda uji.

CATATAN: Jumlah benda uji minimal 3 (tiga) buah untuk setiap contoh yang di uji

D. Pelaksanaan

1. Tempatkan contoh tanah lolos saringan No.40 sebanyak 30 gram dalam cawan porselen dan campur dengan air destilasi sehingga contoh tanah jenuh dan tidak terdapat lagi gelembung-gelembung udara, aduk sampai menjadi pasta dan cetak. Kadar air yang dibutuhkan sama dengan atau lebih besar sedikit dari kadar air batas cair.
2. Tempatkan contoh tanah di tengah-tengah cawan susut sebanyak 1/3 bagian volume cawan dan ketuk-ketuk perlahan-lahan sampai tanah menyentuh dinding cawan. Isi lagi cawan dengan contoh sebanyak 1/3 bagian dan ketuk-ketuk kembali. Terakhir cawan diisi kembali sampai melebihi isi cawan dan ketukan dilanjutkan kembali sampai cawan secara keseluruhan penuh dan bagian tanah yang mencuat diratakan dengan spatula dan tanah yang menempel pada tepi cawan dibersihkan.
3. Timbang dan catat berat contoh tanah basah dan cawan.
4. Biarkan contoh tanah dalam suhu kamar sampai warnanya berubah dari gelap menjadi lebih terang, dan selanjutnya masukkan dalam oven sampai kering atau berat menjadi konstan pada temperatur $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ minimal 16 jam.
5. Setelah keluar dari oven dinginkan dalam desikator. Kemudian timbang dan catat berat contoh tanah kering dan cawan dan kemudian keluarkan tanah dari cawan tersebut.
6. Timbang cawan susut kosong yang telah dibersihkan.
7. Ukur volume cawan susut dengan cara:
 - a. Tempatkan cawan susut kedalam cawan petri lalu tuangkan air raksa pada cawan susut sampai meluap. Kemudian ratakan dengan plat transparan dengan kuat sehingga kelebihan air raksa akan keluar melimpah di cawan petri.
 - b. Timbang cawan susut berisi air raksa
 - c. Hitung volume cawan susut yaitu berat air raksa dibagi kepadatan air raksa sebesar $13,5 \text{ gram/cm}^3$. Volume cawan susut ini sama dengan volume tanah basah.
8. Ukur volume tanah kering dengan cara:
 - a. Tempatkan cawan gelas kedalam cawan petri lalu tuangkan air raksa pada cawan gelas sampai meluap. Kemudian ratakan dengan plat transparan dengan kuat sehingga kelebihan air raksa akan keluar melimpah di cawan petri.
 - b. Angkat cawan gelas dari dalam cawan petri, kemudian air raksa dalam cawan petri tersebut dipindahkan dalam botol penyimpanan.
 - c. Bersihkan cawan petri dari air raksa yang tersisa lalu ditimbang.
 - d. Letakan kembali cawan gelas berisi air raksa tadi kedalam cawan petri. Kemudian contoh tanah kering diletakan diatasnya. Tekan contoh tanah tersebut dengan plat transparan sampai tenggelam.
CATATAN: Jangan sampai ada udara yang terperangkap dibawah plat transparan.
 - e. Timbang cawan petri yang berisi tumpahan air raksa akibat terdesak contoh

tanah kering.

- f. Tumpahan air raksa tersebut merupakan volume tanah kering. Dihitung dengan cara berat air raksa dibagi kepadatan air raksa sebesar 13,5 gram/cm³.

E. Hitungan

1. Batas susut dari suatu tanah adalah kadar air maksimum dimana pengurangan kadar air selanjutnya tidak menyebabkan berkurangnya volume tanah.
2. Batas susut (S) dapat dihitung dari data yang dihasilkan pada penentuan perubahan volume susut dengan rumus sebagai berikut:

$$S = \omega - \left(\frac{V - V_o}{W_o} \right) \cdot 100\%$$

Keterangan

S = batas susut (%).

ω = kadar air (%).

V = volume basah benda uji (cm³).

V_o = volume kering oven benda uji (cm³).

W_o = berat kering oven benda uji (gram).

Sebagai alternatif, bila berat jenis G dan rasio susut R didapat maka batas susut dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$S = \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{G} \right) \cdot 100\%$$

Keterangan: $\left| \frac{1}{R} - \frac{1}{G} \right| \cdot 100\%$

S = batas susut

(%). R = rasio susut.

G = berat jenis contoh tanah.

Berat jenis dapat dihitung dengan rumus pendekatan berikut:

$$G = \frac{W_o}{(V \cdot \gamma_w - W_w)}$$

keterangan:

G = berat jenis contoh tanah

W_o = berat kering oven benda uji (gr)

V = volume basah benda uji (cm³)

γ_w = berat isi air (g/cm³)

W_w = berat basah benda uji (gram)

3. Rasio susut (R) dapat dihitung dari data yang dihasilkan pada penentuan susut volume dengan rumus berikut:

$$R = \frac{W_o}{V_o}$$

keterangan:

R = rasio susut

W_o = berat kering oven benda uji (gram)

V_o = volume kering oven benda uji (cm^3)

4. Volume susut atau perubahan volume (VC), dapat dihitung dari data yang dihasilkan dari penentuan perubahan volume susut dengan rumus berikut:

$$VC = (\omega - S) \cdot R$$

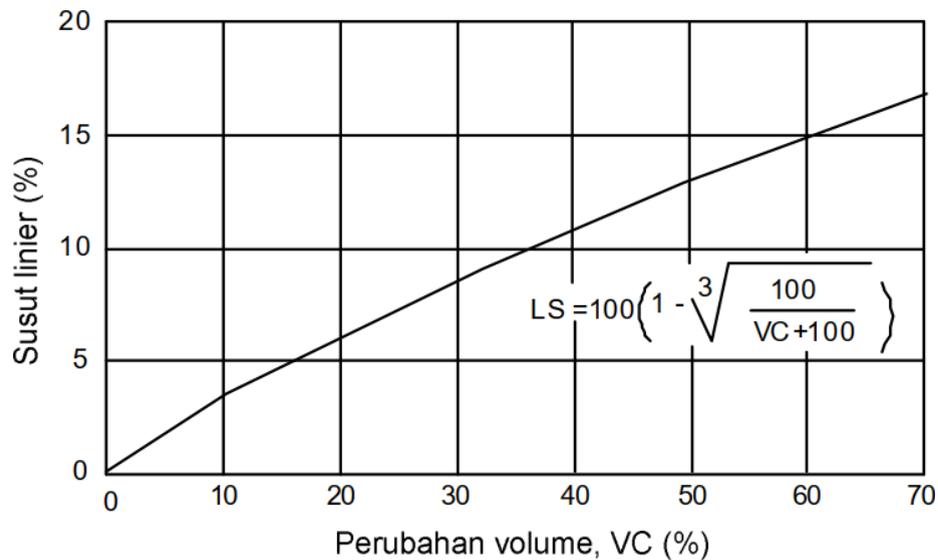
keterangan:

VC = volume susut (%)

ω = kadar air awal (%)

5. Susut lineal (LS) dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$LS = 100 \left(1 - \sqrt[3]{\frac{100}{VC + 100}} \right)$$



PERCOBAAN VI
PENGUJIAN ANALISIS UKURAN BUTIR TANAH
(SNI-3423-2008)

A. Maksud

Maksud percobaan adalah untuk menentukan pembagian ukuran butir (gradasi) dari tanah lolos saringan No.10 (2,00 mm) dengan metode analisis hidrometer dan saringan.

B. Peralatan

1. Hidrometer 151 H atau 152 H.
2. Tabung gelas ukuran kapasitas 1000 ml.
3. Termometer dengan ketelitian 0,5°C.
4. Gelas kimia kapasitas minimal 250 ml dan tidak lebih besar dari 500 ml.
5. Mangkok disperse
6. Saringan No.10, 20, 40, 60, 140 dan 200.
7. Oven pengering dengan kapasitas temperatur $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
8. Desikator
9. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram.
10. Alat pengaduk mekanis (*mixer*)
11. Spatula
12. Wadah/cawan
13. Arloji (*stopwatch*)

C. Bahan Dispersi

Bahan dispersi berupa larutan sodium heksametaphospat (NaPO_2) sebanyak 40 gram yang dilarutkan dalam 1000 ml air destilasi. Larutan harus diperbaruhi paling sedikit satu kali sebulan.

D. Benda Uji

Contoh tanah dengan ketentuan sebagai berikut:

1. Jenis tanah yang tidak mengandung batu hampir semua butirannya lebih halus dari saringan No.10 (2,00 mm). Benda uji tidak perlu dikeringkan dan tidak perlu disaring dengan saringan No.10 (2,00 mm).
2. Jenis tanah yang mengandung batu atau mengandung banyak butiran yang lebih kasar dari saringan No.10 (2,00 mm). Untuk benda uji jenis ini perlu mengeringkan contoh tanah di udara terbuka sampai bisa disaring dengan saringan No.10 (2,00 mm). Ambil benda uji yang lolos saringan No.10 (2,00 mm), untuk pengujian hidrometer, diperkirakan 100 gram untuk tanah kepasiran dan 50 gram untuk tanah kelanauan atau kelempungan, dan untuk penentuan air higroskopis paling sedikit 10 gram.

E. Pelaksanaan

1. Timbang sekitar 100 gram atau 50 gram (sesuai ketentuan poin D.2.) contoh untuk analisis hidrometer, tempatkan dalam gelas kimia, dan tambahkan 125 ml

cadangan larutan dispersi. Campur dan aduk dengan spatula sampai seluruh tanah tercampur dengan larutan, rendam selama 12 jam.

2. Tuangkan campuran tersebut dalam mangkok dispersi. Lakukan pembilasan menggunakan air destilasi agar tidak ada butir contoh yang tertinggal dan tuangkan air bilasan ke dalam mangkok dispersi serta tambahkan air destilasi sampai lebih dari separuh mangkok. Kemudian pasang mangkok dispersi pada alat pemutar mekanis (*mixer*), putar selama 60 detik.
3. Setelah di-dispersi, pindahkan campuran langkah No.2 ke dalam tabung gelas ukur, lalu tambahkan air destilasi sampai volume campuran menjadi 1000 ml.
4. Tutup mulut tabung rapat-rapat (menggunakan plastik/karet) dan kocok secara bolak balik selama 60 detik sampai pergolakan campuran berhenti.
CATATAN: Jumlah kocokan diperkirakan 60 putaran, dihitung 1 putaran untuk 1 kocokan bolak balik. Tanah yang tersisa pada dasar tabung selama beberapa putaran pertama akan terlepas dengan menggoncangkan tabung pada posisi terbalik.
5. Sambil menunggu langkah No.4, sediakan tabung gelas kedua untuk membuat cairan standart yang terdiri larutan dispersi 125 ml dan ditambah air destilasi hingga mencapai 1000 ml. Sediakan juga tabung gelas ketiga yang hanya diisi air bersih 1000 ml untuk pembilas/pencuci hidrometer sebelum atau sesudah pembacaan.
6. Jalankan *stopwatch* pada saat berhentinya gejolak campuran dalam tabung (pada langkah No.4). Masukkan alat hidrometer ke dalam tabung dan biarkan hidrometer terapung bebas. Kemudian lakukan pembacaan pertama yaitu pada $T = 5$ menit, bacalah skala yang ditunjuk oleh puncak meniskus muka air (R_1). Selanjutnya lakukan pembacaan hidrometer pada $T = 15$ menit, 30 menit, 60 menit, 250 menit dan 1440 menit.
7. Setelah pembacaan pada tabung gelas pertama (suspensi) segera ambil hidrometer lalu celupkan ke tabung gelas ketiga untuk dicuci/dibilas. Angkat dan celupkan ke tabung gelas kedua (cairan standart), baca skala hidrometer (R_2). Kemudian ambil hidrometer dan celupkan kembali pada tabung gelas ketiga (air pencuci/pembilas).
8. Setiap setelah pembacaan hidrometer, amati dan catat temperatur suspensi dengan mencelupkan termometer.
9. Sekitar 25 atau 30 detik sebelum pembacaan, alat hidrometer diambil dari tabung gelas ketiga (air pencuci/pembilas), dan secara perlahan-lahan celupkan kedalam tabung gelas pertama (suspensi), hal ini dilakukan untuk menjamin ketepatan waktu dalam pembacaan.
10. Setelah pembacaan terakhir ($T = 1440$ menit), tuangkan suspensi ke saringan No.200, dan cuci sampai airnya jernih, kemudian keringkan dengan oven pada temperatur 110 ± 5 °C.

CATATAN: Untuk menghindari hilangnya butir tanah, Pencucian contoh dan pembilasan bahan yang tertahan saringan No.200 (0,075 mm) disaring kembali, tidak ada air yang harus dituangkan dari saringan kecuali melewati saringan No.200 (0,075 mm). Air yang keluar pembilasan harus diupkan dari contoh didalam proses pengeringan.

11. Dinginkan dalam desikator lalu timbang serta catat berat tanah kering yang diperoleh (B_1), gram.
12. Saringlah tanah kering tersebut dengan saringan No.10, 20, 40, 60, 140 dan 200. Timbang dan catat berat bagian tanah yang tertinggal di atas tiap saringan. Periksalah bahwa seharusnya jumlah berat dari masing-masing bagian sama atau mendekati dengan berat sebelum disaring. Tanah yang hilang selama pengujian analisis saringan harus kurang dari 2%.

F. Hitungan

1. Persentase air hidroskopis

Air higroskopis harus dinyatakan sebagai presentase dari berat kering tanah dan ditentukan sebagai berikut:

$$\text{Persentase air hidroskopis} = \frac{W - W_o}{W_o} \cdot 100$$

keterangan:

W = berat kering udara contoh tanah.

W_o = berat kering oven contoh tanah.

2. Persentase tanah dalam larutan (suspensi)

Persentase sisa tanah yang telah terurai dihitung sebagai berikut:

$$\text{Untuk hidrometer 152 H, } P = \frac{R \cdot a}{W} \cdot 100$$

$$\text{Untuk hidrometer 151 H, } P = \frac{1606 \cdot (R - 1) \cdot a}{W} \cdot 100$$

Harga a dapat diperoleh dengan rumus:

$$a = \frac{2,65 - 1,00}{2,65} \cdot \frac{G}{G - 1} \quad \text{atau dicari pada Tabel 3 (terlampir)}$$

keterangan:

- P = persentase sisa tanah yang telah terurai dalam suspensi.
- R = koreksi pembacaan hidrometer, $R = R_1 - R_2$
- R_1 = pembacaan hidrometer dalam suspensi.
- R_2 = pembacaan hidrometer dalam larutan standar.
- W = berat kering udara contoh tanah yang diuji.
- a = konstanta yang tergantung dari kepadatan suspensi.
- G = berat jenis butiran tanah.

3. Diameter butiran tanah dalam suspensi

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

keterangan:

- L = jarak dari permukaan suspensi ke tempat kepadatan suspensi yang diukur, mm. Jarak L ini dinamakan kedalaman efektif, yang harganya diberikan pada Tabel 4 dan Tabel 5 (terlampir).
- K = konstanta tergantung temperatur suspensi dan berat jenis dari butiran tanah. Harga K untuk jarak temperatur dan berat jenis diberikan dalam Tabel 6 (terlampir).
- T = interval waktu dari mulainya pengendapan sampai waktu pembacaan, menit.

4. Analisis saringan butir halus

- a. Persentase berat tanah tertahan saringan, $b_n = \frac{w_n}{W_o} \cdot 100$
- b. Persentase kumulatif dari tanah yang tertahan, $c_n = c_{n-1} + b_n$
- c. Persentase tanah yang lolos saringan, $e_n = 100 - c_n$
- d. Tanah yang hilang selama pengujian analisis saringan $\equiv \frac{W_o - W_1}{W_o} \cdot 100$
... harus < 2%.

keterangan:

- b_n = persentase berat tanah tertahan saringan ke-n, %.
- w_n = berat tanah yang tertahan saringan ke-n, gram.
- c_n = persentase kumulatif dari tanah yang tertahan ke-n, gram.
- e_n = persentase tanah yang lolos saringan ke-n, gram.
- W_o = berat kering oven contoh tanah yang diuji (sebelum dianalisis saringan)
- W_1 = berat kering oven contoh tanah yang diuji (setelah dianalisis saringan).

Laboratorium Mekanika Tanah UTY
Modul Praktikum Mekanika Tanah I 2020

5. Penggambaran grafik

Akumulasi persentase butir dengan diameter yang berbeda digambar pada kertas semi logaritmis untuk memperoleh kurva akumulasi ukuran butir, dengan ukuran butiran dalam mm sebagai absis dengan skala logaritma dan persentase butir yang lolos saringan sebagai ordinat dengan skala biasa.

PERCOBAAN VII
PENGUJIAN KEPADATAN TANAH
(ASTM D 1557; SNI 1742-2008)

A. Maksud

Pemadatan tanah di laboratorium dimaksudkan untuk menentukan kadar air optimum dan kepadatan kering maksimum apabila dipadatkan dengan tenaga pemadatan tertentu. Kadar air dan kepadatan maksimum ini dapat digunakan untuk menentukan syarat yang harus dicapai pada pekerjaan pemadatan tanah di lapangan. Berdasarkan besarnya tenaga pemadatan yang dilaksanakan ada dua macam cara pemadatan, yaitu pemadatan ringan dan pemadatan berat.

B. Peralatan

1. Cetakan

Cetakan dilengkapi dengan leher sambung yang dibuat dari bahan yang sama dengan cetakan, dengan tinggi kurang lebih 60 mm. Cetakan dan leher sambung harus dipasang kuat-kuat pada keping alas yang dibuat dari bahan yang sama dan dapat dilepaskan.

- a. Cetakan kecil, diameter 101,60 mm mempunyai kapasitas $943 \text{ cm}^3 \pm 8 \text{ cm}^3$ dengan diameter dalam $101,60 \text{ mm} \pm 0,41 \text{ mm}$ dan tinggi $116,43 \text{ mm} \pm 0,13 \text{ mm}$.
- b. Cetakan besar, diameter 152,40 mm mempunyai kapasitas $2124 \text{ cm}^3 \pm 21 \text{ cm}^3$ dengan diameter dalam $152,40 \text{ mm} \pm 0,66 \text{ mm}$ dan tinggi $116,43 \text{ mm} \pm 0,13 \text{ mm}$.

2. Penumbuk

Penumbuk terbuat dari logam dan mempunyai permukaan berbentuk bundar dan rata, diameter $50,80 \text{ mm} \pm 0,25 \text{ mm}$. Berdasarkan berat dan tinggi jatuh bebas dibedakan menjadi dua, yaitu:

- a. Penumbuk dengan massa $2,495 \text{ kg} \pm 0,009 \text{ kg}$ dan jatuh bebas setinggi $305 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$. Penumbuk jenis ini digunakan untuk pemadatan ringan.
- b. Penumbuk dengan massa $4,536 \text{ kg} \pm 0,009 \text{ kg}$ dan jatuh bebas setinggi $457 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$. Penumbuk jenis ini digunakan untuk pemadatan berat.

3. Alat pengeluar benda uji (*extruder*).

4. Jangka sorong (*vernier caliper*) dengan keterlitan 0,1 mm.

5. Timbangan, dua buah timbangan masing-masing berkapasitas 11,5 kg dengan ketelitian 1 gram dan kapasitas 311 gram dengan ketelitian 0,01 gram.

6. Oven pengering dengan kapasitas temperatur $(110 \pm 5)^\circ \text{C}$.

7. Pisau perata.

8. Saringan 19,00 mm dan saringan 4,75 mm.

9. Cawan kadar air.

10. Desikator.

11. Alat pencampur terdiri dari loyang, sendok pengaduk, sekop, spatula dan alat-alat bantu lainnya.

C. Ketentuan Pengujian

Pada dasarnya cara pengujian kepadatan tanah, baik untuk pemadatan ringan dan pemadatan berat adalah sama. Perbedaannya terletak pada penggunaan jenis penumbuk dan jumlah lapis dalam satu cetakan. Masing-masing jenis uji kepadatan ditetapkan 4 pilihan cara uji, yaitu cara A, cara B, cara C dan cara D. Lebih detailnya dijelaskan pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 7. Cara uji kepadatan ringan untuk tanah ⁽⁶⁾

Uraian	Cara A	Cara B	Cara C	Cara D
Diameter cetakan, mm	101,60	152,40	101,60	152,40
Tinggi cetakan, mm	116,43	116,43	116,43	116,43
Volume cetakan, cm ³	943	2124	943	2124
Massa penumbuk, kg	2,5	2,5	2,5	2,5
Jumlah lapis	3	3	3	3
Jumlah tumbukan per lapis	25	56	25	56
Bahan lolos saringan, mm	4,75	4,75	19,00	19,00
Jumlah minimal untuk contoh tanah berbutir halus (min. 5 contoh tanah), kg	2,5	5	3	6
Jumlah minimal untuk contoh tanah berbutir kasar (1 contoh tanah), kg	3	7	5	11

(6) Sumber: SNI-1742-2008

Tabel 8. Cara uji kepadatan berat untuk tanah ⁽⁷⁾

Uraian	Cara A	Cara B	Cara C	Cara D
Diameter cetakan, mm	101,60	152,40	101,60	152,40
Tinggi cetakan, mm	116,43	116,43	116,43	116,43
Volume cetakan, cm ³	943	2124	943	2124
Massa penumbuk, kg	4,54	4,54	4,54	4,54
Jumlah lapis	5	5	5	5
Jumlah tumbukan per lapis	25	56	25	56
Bahan lolos saringan, mm	4,75	4,75	19,00	19,00
Jumlah minimal untuk contoh tanah berbutir halus (min. 5 contoh tanah), kg	2,5	5	3	6
Jumlah minimal untuk contoh tanah berbutir kasar (1 contoh tanah), kg	3	7	5	11

(7) Sumber: SNI-1743-2008

D. Benda Uji

1. Bila contoh tanah yang diterima dari lapangan masih dalam keadaan basah atau lembab, contoh tanah tersebut harus dikeringkan terlebih dahulu sehingga menjadi gembur. Pengeringan dapat dilakukan di udara atau dengan alat pengering lain dengan temperatur tidak lebih dari 60°C. Kemudian gumpalan- gumpalan tanah tersebut ditumbuk sedemikian rupa untuk menghindari pengurangan ukuran butiran aslinya atau pecah.

CATATAN: Tanah vulkanik tidak boleh dikeringkan dengan menggunakan alat pengering.

2. Saring sejumlah tanah yang mewakili dengan saringan 4,75 mm untuk cara A dan cara B, dan dengan saringan 19,00 mm untuk cara C dan cara D.
3. Contoh tanah yang telah disaring dipersiapkan dengan jumlah yang sesuai dengan cara ujinya (lihat Tabel 7 atau Tabel 8).
4. Masing-masing contoh tanah ditambahkan air dan diaduk sampai merata. Perbedaan kadar air pada masing-masing contoh tanah sekitar 1% sampai dengan 3%.
5. Masing-masing contoh uji dimasukkan ke dalam kantong plastik atau wadah lainnya dan ditutup rapat, kemudian didiamkan selama; 3 jam untuk contoh uji berupa kerikil dan pasir kelanauan/kelempungan; 12 jam untuk contoh uji berupa lanau dan 24 jam untuk contoh uji berupa lempung, sedangkan untuk contoh uji berupa kerikil dan pasir tidak perlu didiamkan.

E. Pelaksanaan

1. Bersihkan cetakan dan timbang berat cetakan dan keping alas dengan ketelitian 1 gram (B_1) serta ukur diameter dalam dan tingginya dengan ketelitian 0,1 mm.
2. Pasang leher sambung pada cetakan dan keping alas, kemudian dikunci dan ditempatkan pada landasan dari beton dengan berat tidak kurang dari 100 kg yang diletakkan pada dasar yang stabil.
3. Ambil contoh uji yang akan dipadatkan, tuangkan ke dalam loyang dan aduk sampai merata.
4. Padatkan contoh uji di dalam cetakan (dengan leher sambung) dalam 3 lapis (untuk kepadatan ringan) atau 5 lapis (untuk kepadatan berat) dengan ketebalan yang sama. Pematatan dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:
 - a. Untuk lapis pertama, isi contoh uji ke dalam cetakan dengan jumlah yang sedikit melebihi $1/3$ (untuk kepadatan ringan) atau $1/5$ (untuk kepadatan berat) dari ketebalan padat total, sebarkan secara merata dan ditekan sedikit dengan alat penumbuk atau alat lain yang serupa agar merata. Padatkan secara merata pada seluruh bagian permukaan contoh uji di dalam cetakan dengan menggunakan alat penumbuk dengan berat 2,5 kg (untuk kepadatan ringan) atau 4,54 kg (untuk kepadatan berat) yang dijatuhkan secara bebas dari ketinggian 305 mm (untuk kepadatan ringan) atau 457 mm (untuk kepadatan berat) di atas permukaan contoh uji tersebut sebanyak 25 atau 56 kali (sesuai dengan cara ujinya).
 - b. Lakukan pematatan untuk lapis selanjutnya dengan cara seperti lapis

pertama.

5. Lepaskan leher sambung, potong kelebihan contoh uji yang telah dipadatkan dan ratakan permukaannya menggunakan pisau perata, sehingga betul-betul rata dengan permukaan cetakan.
6. Timbang massa cetakan yang berisi benda uji dan keping alasnya dengan ketelitian 1 gram (B_2).
7. Buka keping alas dan keluarkan benda uji dari dalam cetakan menggunakan alat pengeluar benda uji (*extruder*). Belah benda uji secara vertikal menjadi 2 bagian yang sama, kemudian ambil sejumlah contoh yang mewakili dari salah satu bagian untuk pengujian kadar air.
8. Pecahkan benda uji sampai secara visual lolos saringan 4,75 mm (untuk cara A dan B) atau saringan 19,00 mm (untuk cara C dan D) campurkan dengan sisa contoh uji di dalam loyang. Tambahkan air secukupnya sehingga kadar airnya meningkat 1% sampai dengan 3% dari kadar air benda uji pertama, kemudian diaduk sampai merata.
9. Ulangi langkah-langkah yang diuraikan dalam butir 4 sampai dengan 8 diatas beberapa kali sehingga didapat minimal 5 data pengujian dengan kadar air yang berbeda-beda.

F. Hitungan

1. Hitung kepadatan basah dengan rumus sebagai berikut:

$$\rho = \frac{(B_2 - B_1)}{V}$$

keterangan:

- ρ = kepadatan basah, gram/cm³
 B_1 = berat cetakan dan keping alas, gram
 B_2 = berat cetakan, keping alas dan benda uji, gram
 V = volume benda uji atau volume cetakan, cm³

2. Hitung kadar air benda uji. Masing-masing pengujian diambil minimal 2 contoh tanah dari bagian yang berbeda (misal: dari bagian atas dan tengah).
3. Hitung kepadatan (berat isi) kering dengan rumus sebagai berikut:

$$\rho_d = \frac{\rho}{(100 + \omega)} \cdot 100\%$$

keterangan:

- ρ_d = kepadatan kering, gram/cm³
 ρ = kepadatan basah, gram/cm³
 ω = kadar air, %

4. Hitung kepadatan (berat isi) kering untuk derajat kejenuhan 100% dengan rumus sebagai berikut:

$$\rho_{zav} = \frac{G_s \cdot P_w}{(100 + G_s \cdot \omega)} 100\%$$

Laboratorium Mekanika Tanah UTY
Modul Praktikum Mekanika Tanah I 2020

keterangan:

ρ_{zav} = kepadatan kering untuk derajat kejenuhan 100%, gram/cm³

G_s = berat jenis tanah

ρ_w = kepadatan air, gram/cm³

ω = kadar air, %

5. Penggambaran grafik

- a. Gambarkan titik-titik hubungan antara kepadatan kering (sumbu X) dan kadar air (sumbu Y) dari hasil uji pada sebuah grafik, kemudian gambarkan sebuah kurva yang halus yang menghubungkan titik-titik tersebut. Dari kurva yang telah digambarkan, tentukan kepadatan kering maksimum pada puncak kurva dan kadar air optimum.
- b. Gambarkan grafik hubungan antara kepadatan kering dan kadar air pada derajat kejenuhan 100% (garis jenuh). Grafik pemadatan tidak boleh memotong garis jenuh dan pada harga kadar air yang tinggi grafik pemadatan menjadi sejajar dengan garis jenuh tersebut.

PERCOBAAN VIII
PENGUJIAN CBR LABORATORIUM
(ASTM D 1883-99; SNI 1744-2012)

A. Maksud

Pengujian CBR (*California Bearing Ratio*) laboratorium dimaksudkan untuk menentukan nilai CBR contoh material tanah, agregat atau campuran tanah dan agregat yang dipadatkan di laboratorium pada kadar tertentu. CBR (*California Bearing Ratio*) adalah perbandingan antara beban penetrasi suatu jenis material dan beban standar pada kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama.

B. Peralatan

1. Cetakan berupa silinder dari logam dengan ukuran diameter bagian dalam $(152,40 \pm 0,66)$ mm dan tinggi $(177,80 \pm 0,46)$ mm. Cetakan harus dilengkapi leher sambung (*extension collar*) dengan tinggi ± 50 mm dan keping alas yang berlubang banyak.
2. Keping pemisah terbuat dari logam, berpenampang bundar dengan diameter $(150,80 \pm 0,80)$ mm dan tinggi $(61,37 \pm 0,25)$ mm.
3. Penumbuk; sesuai ketentuan pada pengujian kepadatan tanah (SNI-1742-2008 atau SNI-1743-2008).
4. Peralatan pengukur pengembangan tanah terdiri atas plat berlubang-lubang dengan batang pengatur, *tripod* dan arloji pengukur penetrasi berkapasitas 25 mm dengan ketelitian pembacaan sampai 0,02 mm.
5. Keping beban terbuat dari logam dan berpenampang bundar dengan massa setiap keping $(2,27 \pm 0,04)$ kg.
6. Piston penetrasi terbuat dari logam dan berpenampang bundar dengan diameter $(49,63 \pm 0,13)$ mm, luas penampang 1935 mm^2 (3 inchi^2) dan panjang tidak kurang dari 102 mm.
7. Alat penetrasi yang mampu memberikan peningkatan beban yang seragam pada kecepatan penetrasi piston ke dalam benda uji sebesar 1,27 mm/menit. Kapasitas alat ini harus melebihi kapasitas kekuatan material yang diuji.
8. Bak perendam.
9. Cawan kadar air.
10. Oven pengering dengan kapasitas temperatur $(110 \pm 5)^\circ \text{C}$.
11. Peralatan bantu, seperti loyang, sendok pengaduk, pisau pemotong, alat perata (*straightedge*), kertas filter, jangka sorong, timbangan dan desikator.

C. Benda Uji

1. Ambil contoh tanah kering udara seperti yang digunakan pada percobaan pengujian kepadatan tanah, sebanyak 3 contoh dengan berat masing-masing $\pm 6,8$ kg.
2. Bila kadar air tanah $\omega_o > \omega_{opt}$ maka contoh tanah boleh dikeringkan udara. Bila kadar air telah dicapai maka kadar air telah sesuai dan berat tanah menjadi:

$$W_{baru} = W \cdot \left(\frac{100 + \omega_{opt}}{100 + \omega_o} \right)$$

W_{baru} = berat contoh tanah yang disiapkan, gr.

W = berat contoh tanah yang disiapkan pada pengujian kepadatan tanah, gr.

ω_{opt} = kadar air optimum, %

ω_o = kadar air asli, %

W_w = berat penambahan air, gr.

Campur material tanah dengan air tersebut sampai agar mencapai kadar air optimum.

CATATAN: Jumlah air yang ditambahkan boleh sedikit lebih besar (0,5 % atau 1%) untuk mengantisipasi penguapan.

- Masukan contoh tersebut ke dalam kantong plastik dan tutup agar tidak terjadi penguapan. Diamkan selama; 3 jam untuk contoh uji berupa kerikil dan pasir kelanauan/kelempungan; 12 jam untuk contoh uji berupa lanau dan 24 jam untuk contoh uji berupa lempung, sedangkan untuk contoh uji berupa kerikil dan pasir tidak perlu didiamkan.

D. Pelaksanaan

- Pasang cetakan CBR pada keping alas, dikunci dan ditimbang. Masukan keping pemisah ke dalam cetakan dan pasang kertas filter kasar pada permukaan keping pemisah. Pasang leher sambung pada permukaan cetakan dan dikunci pada batang dari keping alas.
- Padatkan masing-masing contoh tersebut di dalam cetakan CBR dengan jumlah tumbukan 10, 30 dan 65 tumbukan per lapis.
CATATAN: Jika densitas kering ditentukan dari pemadatan ringan maka penumbukan dilakukan dalam 3 lapis. Jika densitas kering ditentukan dari pemadatan berat maka penumbukan dilakukan dalam 5 lapis.
- Jika contoh tanah direndam, tentukan kadar air material yang dipadatkan. Berat contoh kadar air minimum 100 gram untuk material berbutir halus dan 500 gram untuk material berbutir kasar.
- Buka leher sambung, potong kelebihan benda uji dengan pisau pemotong dan ratakan permukaannya sampai rata dengan permukaan cetakan menggunakan alat perata. Permukaan yang tidak beraturan atau berlubang harus diisi dengan material halus, kemudian dipadatkan dan diratakan.
- Keluarkan keping pemisah dan kertas saring dari dalam cetakan, balikan dan pasang kembali cetakan berisi contoh pada alas, kemudian timbang.
- Untuk pemeriksaan CBR langsung, contoh ini siap diperiksa. Bila dikehendaki CBR yang direndam (*soaked CBR*) harus dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:
 - Pasang keping pengembangan dengan batang atau tangkai pengatur di atas benda uji dalam cetakan dan pasang keping beban minimum 4,54 kg.
 - Pasang kaki tiga dengan arloji ukur pengembangan pada permukaan cetakan, atur dan tentukan pembacaan awalnya.

- c. Masukkan cetakan berisi benda uji ke dalam air dan biarkan air meresap atau masuk secara bebas dari permukaan dan dasar benda uji. Selama perendaman, pertahankan permukaan air di dalam cetakan dan bak perendaman sekitar 25 mm di atas permukaan benda uji. Rendam benda uji sekitar 96 jam (4 hari). Selama perendaman setiap hari dibaca besarnya pengembangan yang terjadi.
 - d. Setelah pembacaan akhir arloji pengembangan, keluarkan benda uji dari bak perendam, tuangkan air dari permukaan benda uji dan biarkan selama 15 menit. Lakukan secara hati-hati, permukaan benda uji tidak boleh terganggu selama penuangan air.
 - e. Setelah air dituangkan, keluarkan keping beban beserta keping berlubang banyak, kemudian timbang dan catat berat tanah bersama cetakan.
7. Pasang kembali keping beban di atas benda uji. Letakan contoh tanah bersama cetakan di atas piringan penekan pada alat penetrasi CBR. Atur piston penetrasi sampai menyentuh permukaan benda uji, kemudian atur arloji pengukur penetrasi dan arloji beban pada posisi nol.
 8. Berikan pembebanan dengan teratur sehingga kecepatan penetrasi seragam pada 1,27 mm/menit. Catat beban apabila penetrasi menunjukkan 0,32 mm (0,0125 inch); 0,64 mm (0,025 inch); 1,27 mm (0,050 inch); 1,91 mm (0,075 inch); 2,54 mm (0,10 inch); 3,81 mm (0,15 inch); 5,08 mm (0,20 inch); 7,62 mm (0,30 inch); 10,16 mm (0,40 inch); dan 12,70 mm (0,50 inch).
 9. Keluarkan benda uji dari cetakan dan tentukan kadar air sekurang-kurangnya 100 gram untuk tanah berbutir halus dan sekurang-kurangnya 500 gram untuk tanah berbutir kasar.

E. Hitungan

1. Beban penetrasi

Beban penetrasi didapat dari:

$$P = a.k$$

keterangan:

a = pembacaan arloji ukur beban, div

k = kalibrasi proving ring, lbs/div

2. Grafik hubungan antara beban dan penetrasi

Gambarkan grafik hubungan antara beban dan penetrasi setiap benda uji, dengan penetrasi sebagai absis dan beban penetrasi sebagai ordinat. Ada kemungkinan grafik yang diperoleh, pada bagian awalnya tidak berupa garis lurus, maka dalam hal ini diadakan koreksi titik nolnya.

3. Nilai CBR

Nilai beban terkoreksi harus ditentukan untuk setiap benda uji pada penetrasi 2,54 mm (0,10 inch) dan 5,08 mm (0,20 inch). Nilai CBR dinyatakan dalam persen, diperoleh dengan membagi nilai beban terkoreksi pada penetrasi 2,54 mm (0,10 inch) dan 5,08 mm (0,20 inch) dengan beban standar.

$$CBR_{0,1"} = \frac{P_{0,1"}^1}{P_{s1}} \cdot 100$$

$$CBR_{0,2''} = \frac{P'_2}{P_{s2}} \cdot 100$$

keterangan:

$CBR_{0,1''}$	= nilai CBR pada penetrasi 0,1'' (%)
$CBR_{0,2''}$	= nilai CBR pada penetrasi 0,2'' (%)
P'_1	= nilai beban terkoreksi pada penetrasi 0,1'' (lbs)
P'_2	= nilai beban terkoreksi pada penetrasi 0,2'' (lbs)
P_{s1}	= beban standar pada penetrasi 0,1'' (3000 lbs)
P_{s2}	= beban standar pada penetrasi 0,2'' (4500 lbs)

CBR umumnya dipilih pada penetrasi 2,54 mm (0,10 inch). Jika CBR pada penetrasi 5,08 mm (0,20 inch) lebih besar dari CBR pada penetrasi 2,54 mm (0,10 inch), pengujian CBR harus diulang. Jika setelah diulang, tetap memberikan hasil yang serupa, CBR pada penetrasi 5,08 mm (0,20 inch) harus digunakan.

4. CBR desain

Data hasil pengujian dari 3 benda uji digambarkan dalam bentuk grafik hubungan nilai CBR dengan densitas kering/kepadatan kering. CBR desain ditentukan pada persentase densitas kering maksimum yang diperlukan, umumnya pada persentase minimum yang disyaratkan sesuai spesifikasi ($\pm 95\%$).

5. Pengembangan

Pengembangan dinyatakan sebagai persentase tinggi benda uji awal. Dihitung dengan rumus:

$$\Delta_h = \frac{h_1 - h_0}{h_0} \cdot 100$$

keterangan:

Δ_h	= pengembangan, %
h_0	= tinggi awal benda uji (=116,43 mm)
h_1	= tinggi akhir benda uji setelah perendaman, mm

PERCOBAAN IX
PENGUJIAN KEPADATAN LAPANGAN DENGAN ALAT
KONUS PASIR (*SAND CONE*)
(SNI 2828-1992)

A. Maksud

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan kepadatan lapisan tanah di lapangan dengan cara menggunakan volume lubang secara langsung.

B. Peralatan

Peralatan yang dipergunakan adalah sebagai berikut:

1. Botol transparan untuk tempat pasir dengan isi lebih kurang 4 liter.
2. Corong kalibrasi pasir dengan diameter dasar 16,51 cm, dan pelat corong.
3. Plat untuk dudukan corong pasir ukuran 30,48 cm x 30,48 cm dengan lubang berdiameter 16,51 cm.
4. Kaleng lapangan.
5. Peralatan kecil yaitu: meteran, mistar, palu karet, palu besi, pahat, kuas, pahat, cetok, sendok tanah dan paku 2" empat buah.
6. Peralatan untuk menentukan kadar air.
7. Satu buah timbangan dengan kapasitas minimum 10 kg dengan ketelitian sampai 1,0 gram.
8. Bahan pembantu, bahan pasir standar sesuai ketentuan yang berlaku; harus bersih, keras, kering dan bisa mengalir bebas, tidak mengandung bahan pengikat dengan gradasi 0,075 mm sampai 2 mm.

C. Benda Uji

Lapisan tanah atau lapis pondasi bawah berupa sirtu dan batu pecah yang akan diuji yang mengandung butir berukuran tidak lebih dari 5 cm, harus dipersiapkan terlebih dahulu dengan membuat lubang berdiameter 16,51 cm, kedalaman 10 cm sampai 15 cm.

D. Pelaksanaan

1. Menentukan kalibrasi pasir
 - a. Menentukan isi botol pasir = volume botol (V_b)
 - 1) Timbang berat botol kosong serta corong (W_1)
 - 2) Buka kran, lalu isi botol dengan air jernih sampai penuh di atas kran, tutup kran dan bersihkan kelebihan air. Ukur suhu air kemudian ditimbang (W_2).
 - 3) Hitung volume botol (V_B) setelah dikoreksi dengan koreksi temperatur.
 - 4) Lakukan langkah a.1), a.2) dan a.3) sampai tiga kali dan ambil harga rata-rata dari ketiga hasil. Perbedaan volume botol masing-masing dengan harga rata-ratanya tidak boleh lebih dari 3 cm³.
 - b. Menentukan berat isi pasir (γ_p)
 - 1) Kosongkan botol lalu keringkan.

- 2) Letakan alat dengan botol dibawah pada dasar yang rata, tutup kran dan isi corong besar pelan-pelan dengan pasir.
 - 3) Buka kran, isi botol sampai penuh dan jaga agar selama pengisian corong selalu terisi paling sedikit setengahnya.
 - 4) Tutup kran, bersihkan kelebihan pasir diatas kran dan timbang (W_3).
Kemudian hitung berat isi pasir (γ_p).
 - 5) Ulangi langkah b.1) samapai b.4) tiga kali berturut-turut. Ambil harga rata-ratanya, perbedaan antara berat masing-masing dengan harga rata-ratanya tidak boleh lebih dari 1%.
- c. Menentukan berat pasir dalam corong (W_6)
- 1) Masukkan pasir ke dalam botol secukupnya, kemudian pasang corongnya, lalu timbang (W_4).
 - 2) Letakan plat lapangan pada permukaan yang datar dan bersih, kemudian pasang corong berikut botol tersebut di atasnya.
 - 3) Buka kran corong dan biarkan pasir mengisi corong bawah.
 - 4) Setelah pasir berhenti mengalir, kran corong ditutup kembali. Timbang corong serta botol yang berisi sisa pasir didalamnya (W_5).
 - 5) Hitung berat pasir dalam corong ($W_6 = W_4 - W_5$).
 - 6) Ulangi langkah c.1) sampai c.5) tiga kali berturut-turut. Ambil harga rata-ratanya, perbedaan antara berat masing-masing dengan harga rata-ratanya tidak boleh lebih dari 1%.
2. Menentukan kepadatan tanah
- a. Bersihkan dan ratakan permukaan tanah yang akan diuji, letakan pelat corong pada permukaan yang telah rata tersebut dan kokohkan dengan paku di keempat sisinya.
 - b. Galilah lubang bulat sesuai dengan diameter lubang plat sedalam minimal 10 cm.
 - c. Timbang kaleng lapangan yang telah dibersihkan dalam keadaan kosong (W_7).
 - d. Masukkan semua tanah hasil galian ke dalam kaleng lapangan, lalu timbang beratnya (W_8).
 - e. Ambil sebagian tanah tersebut untuk diperiksa kadar airnya (ω).
 - f. Isilah botol *sand cone* dengan pasir yang telah dikalibrasi secukupnya.
Kemudian timbang beratnya bersamaan dengan corong (W_{10}).
 - g. Letakan alat diatas plat corong dengan corong besar menghadap ke bawah, buka kran pelan-pelan sehingga pasir masuk ke dalam lubang. Setelah pasir berhenti mengalir tutup kran kembali dan timbanglah alat dengan sisa pasir (W_{11}).

E. Hitungan

1. Berat isi botol pasir = volume botol (V_b)

$$V_b = \frac{W_2 - W_1}{\rho_w}$$

keterangan:

- V_b = berat isi botol pasir/volume botol, cm^3
 W_1 = berat botol kosong + corong, gr
 W_2 = berat botol + air + corong, gr
 ρ_w = kerapatan relatif air berdasarkan temperatur air ketika W_2 ditentukan.

2. Berat isi pasir (γ_p)

$$\gamma_p = \frac{W_3 - W_1}{V_b}$$

keterangan:

- γ_p = berat isi pasir, gr/cm^3
 W_1 = berat botol kosong + corong, gr
 W_3 = berat botol + pasir + corong, gr
 V_b = berat isi botol pasir/volume botol, cm^3

3. Berat isi tanah kering

$$\gamma_{Lap} = \frac{\gamma_b}{100 + \omega} \cdot 100\%$$

keterangan:

- γ_{Lap} = berat isi tanah kering, gr/cm^3
 $\gamma_b = \frac{W_9}{V_e}$ = berat isi tanah basah, gr/cm^3
 $V_e = \frac{W_{13}}{\gamma_p}$ = volume pasir dalam lubang, cm^3
 ω = kadar air tanah lapangan, %
 $W_9 = (W_8 - W_7)$ = berat tanah basah, gr
 $W_{13} = (W_{12} - W_6)$ = berat pasir dalam lubang, gr
 $W_{12} = (W_{10} - W_{11})$ = berat pasir dalam corong dan lubang, gr
 W_8 = berat kaleng/wadah + tanah basah, gr
 W_7 = berat kaleng/wadah kosong, gr
 $W_6 = W_4 - W_5$ = berat pasir dalam corong, gr
 W_{11} = berat botol + sisa pasir + corong, gr
 W_{10} = berat botol + pasir + corong, gr
 W_4 = berat botol + pasir + corong (saat kalibrasi), gr
 W_5 = berat botol + sisa pasir + corong (saat kalibrasi), gr

4. Derajat kepadatan

$$\text{Derajat kepadatan} = \frac{\gamma_d \text{Lap.}}{\gamma_d \text{Lab.95\%}} \cdot 100\%$$

keterangan:

$\gamma_d \text{Lap.}$ = berat isi tanah kering, gr/cm^3

$\gamma_d \text{Lab.95\%}$ = kepadatan laboratorium 95%, gr/cm^3

Penguji/Mahasiswa

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2010), *Modul Praktikum Mekanika Tanah I*, Universitas Teknologi Yogyakarta, Yogyakarta.
- Anonim, SNI-2828-1992, *Metode Pengujian Kepadatan Lapangan dengan Alat Konus Pasir*, Pusjatan-Balitbang PU.
- Anonim, SNI-1965-2008, *Cara Uji Penentuan Kadar Air untuk Tanah dan Batuan di Laboratorium*, Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim, SNI-1966-2008, *Cara Uji Penentuan Batas Plastis dan Indeks Plastisitas Tanah*, Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim, SNI-1742-2008, *Cara Uji Kepadatan Ringan untuk Tanah*, Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim, SNI-1743-2008, *Cara Uji Kepadatan Berat untuk Tanah*, Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim, SNI-1964-2008, *Cara Uji Berat Jenis Tanah*, Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim, SNI-1967-2008, *Cara Uji Penentuan Batas Cair Tanah*, Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim, SNI-3422-2008, *Cara Uji Penentuan Batas Susut Tanah*, Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim, SNI-3423-2008, *Cara Uji Analisis Ukuran Butir Tanah*, Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim, SNI-1744-2012, *Metode Uji CBR Laboratorium*, Badan Standardisasi Nasional.
- Dermawan, H. Uji California Bearing Ratio (CBR) ASTM D1883, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.
- Hardiyatmo, H. C. (2012), *Mekanika Tanah*, Gadjha Mada University Press, Yogyakarta.
- Umam, S. (2014), *Laporan Praktikum Mekanika Tanah I*, Universitas Teknologi Yogyakarta, Yogyakarta.