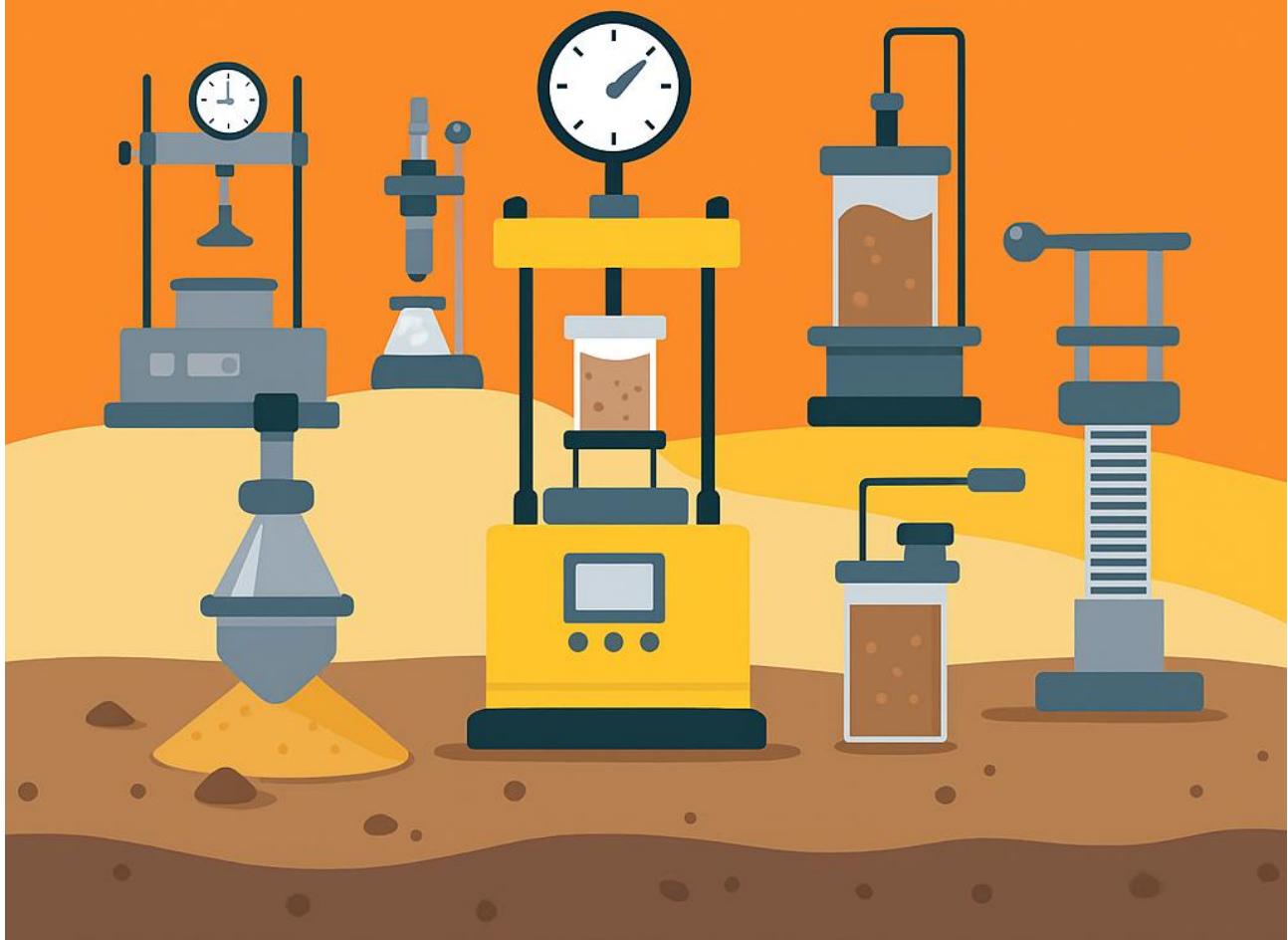


MODUL PRAKTIKUM MEKANIKA TANAH



**UIN MAULANA MALIK
IBRAHIM MALANG**
2025/2026

Dokumen :

Praktikum Mekanika Tanah

Edisi 01

Tanggal Terbit : 2025

Penyusun : Thilal Syihabuddin, S.T.,M.T.

KATA PENGANTAR

Modul ini disusun sebagai acuan pelaksanaan praktikum Mata Kuliah *Mekanika Tanah* bagi mahasiswa Program Sarjana (S-1) Teknik Sipil Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Kehadiran modul ini diharapkan dapat terus diperbarui dan disesuaikan dengan perkembangan ilmu pengetahuan serta teknologi geoteknik, sekaligus mengakomodasi tuntutan industri konstruksi, sehingga senantiasa relevan dan aplikatif dalam mendukung kompetensi lulusan.

Ruang lingkup materi modul meliputi penjelasan prinsip-prinsip dasar mekanika tanah, prosedur pengujian laboratorium, serta pedoman penyusunan laporan yang selaras dengan standar akademik mata kuliah. Melalui modul ini, mahasiswa diharapkan mampu memahami dan mengidentifikasi sifat-sifat fisik maupun mekanik tanah, termasuk konsistensi, kepadatan, permeabilitas, dan kekuatan geser. Pemahaman tersebut ditujukan agar mahasiswa dapat menerapkannya dalam kegiatan praktikum maupun dalam analisis teknis di bidang geoteknik.

Modul ini juga dirancang untuk memberikan pemahaman awal terhadap berbagai tantangan teknis yang umum dijumpai dalam analisis dan pengujian tanah. Pelaksanaan praktikum bertujuan melatih mahasiswa dalam mengolah dan menganalisis data uji, mengevaluasi karakteristik tanah, serta memanfaatkan hasil analisis tersebut sebagai dasar perencanaan fondasi, evaluasi stabilitas lereng, dan aplikasi lainnya di bidang rekayasa sipil.

Tim penyusun menyampaikan apresiasi dan terima kasih kepada seluruh pihak, baik dari lingkungan akademisi maupun praktisi laboratorium Mekanika Tanah, yang telah memberikan kontribusi dalam proses penyusunan modul ini. Saran dan kritik yang konstruktif sangat diharapkan demi peningkatan mutu modul ini pada edisi selanjutnya.

Sidoarjo, Agustus 2025

Penyusun

Daftar ISI

Daftar ISI.....	iv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
<i>A. PROFIL LABORATORIUM.....</i>	<i>1</i>
<i>B. MANAJEMEN LABORATORIUM.....</i>	<i>1</i>
<i>C. SISTEM PENGELOLAAN.....</i>	<i>2</i>
a. Waktu Dan Tempat Pelaksanaan.....	2
b. Tugas pihak terkait :	3
<i>D. PROSEDUR DAN MEKANISME</i>	<i>3</i>
<i>E. TATA TERTIB.....</i>	<i>6</i>
<i>F. PENGGUNAAN LABORATORIUM.....</i>	<i>7</i>
<i>G. KESEHATAN DAN KESELAMATAN KERJA.....</i>	<i>7</i>
BAB II KURIKULUM	9
BAB III MODUL 1 PEMERIKSAAN KADAR AIR TANAH.....	12
BAB IV MODUL 2 PEMERIKSAAN BERAT VOLUME TANAH.....	17
BAB V MODUL 3 PEMERIKSAAN BERAT JENIS TANAH	20
BAB VI MODUL 4.1 PEMERIKSAAN UKURAN BUTIRAN TANAH DENGAN ANALISIS SARINGAN	25
BAB VII MODUL 4.2 PEMERIKSAAAN UKURAN BUTIRAN TANAH DENGAN HIDROMETER	28
BAB VIII MODUL 5.1 PEMERIKSAAN <i>ATTERBERG LIMIT</i>	35
BAB IX MODUL 5.2 PEMERIKSAAN <i>ATTERBERG LIMIT: BATAS PLASTIK (PLASTIC LIMIT)</i>	39
BAB X MODUL 6 KONSOLIDASI	42
BAB XI MODUL 7 PEMERIKSAAN PERMEABILITAS TANAH	51
BAB XII MODUL 8 PEMERIKSAAN KEPADATAN TANAH.....	56
BAB XIII MODUL 9 PEMERIKSAAN NILAI <i>CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)</i>	62
BAB XIV MODUL 10 UJI GESER LANGSUNG.....	67
BAB XV MODUL 11 UJI TEKAN BEBAS (UCS)	72
BAB XVI MODUL 12 UJI TRIAKSIAL (UU).....	77
BAB XVII MODUL 13 CONE PENETRATION TEST (CPT)/SONDIR.....	84
DAFTAR PUSTAKA.....	91
FORMAT LAPORAN.....	93

BAB I

PENDAHULUAN

A. PROFIL LABORATORIUM

Laboratorium Terpadu Fakultas Teknik digunakan sebagai pusat pembelajaran secara praktek dan eksperimental. Mahasiswa diharapkan akan dapat menerapkan materi kuliah secara langsung pada alat yang telah disediakan, mempelajari alat secara langsung, melakukan pengambilan data, penelitian, dan konsultasi.

B. MANAJEMEN LABORATORIUM

a. Definisi

- [1] Praktikum Mekanika Tanah adalah kegiatan akademis yang wajib dilakukan oleh setiap Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil sebagai prasarat untuk menempuh matakuliah Mekanika Tanah Lanjut. Praktikum ini berbentuk praktek kerja yang menekankan aspek kognitif, yaitu pemahaman teori mengenai sifat dan perilaku tanah sebagai material konstruksi, serta aspek psikomotorik, berupa keterampilan praktis dalam mengolah dan menguji karakteristik tanah.
- [2] Ka.Prodi adalah penanggung jawab secara administratif segala aktifitas yang ada di lingkungan program studi.
- [3] Ka.Lab adalah penanggung jawab secara administratif segala aktifitas yang ada di laboratorium terpadu fakultas sains dan teknologi.
- [4] Laboran adalah wakil Ka.Lab dalam melaksanakan aktifitas sehari-hari yang ada dilingkungan masing-masing laboratorium program studi.
- [5] Dosen pembimbing praktikum tim staf pengajar yang dibentuk oleh Program Studi yang bertugas membuat modul praktikum, menguji mahasiswa dan membimbing mahasiswa dalam penulisan laporan praktikum secara menyeluruh.
- [6] Monitoring merupakan pemantauan yang dilakukan oleh Dosen pembimbing praktikum dan Ka.Lab untuk mengecek pelaksanaan

praktikum oleh mahasiswa. Monitoring dilakukan secara acak dan minimum sekali dilakukan dalam satu periode pelaksanaan praktikum.

- [7] *Logsheet* adalah lembar kerja yang berisi aktivitas kerja mahasiswa yang diketahui dan ditandatangani oleh asisten praktikum.
- [8] Ujian *pre-test* dan *post-test* praktikum adalah ujian yang dilaksanakan sebelum dan sesudah pelaksanaan praktikum yang dilakukan oleh asisten laboratorium dan dosen pembimbing untuk memperoleh nilai praktikum.
- [9] Laporan praktikum adalah naskah laporan praktikum yang ditulis sesuai panduan penulisan praktikum dilaboratorium yang sudah direvisi setelah ujian dan melaporkan aktivitas pelaksanaan praktikum di laboratorium. Laporan praktikum dibuat dalam bentuk *hardcopy* dan *softcopy*

C. SISTEM PENGELOLAAN

a. Waktu Dan Tempat Pelaksanaan

Waktu praktikum sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan. Tempat pelaksanaan praktikum di Laboratorium yang sudah tercantum pada jadwal.

a. Jumlah tatap muka

Jumlah tatap muka dalam praktikum Mekanika Tanah akan disesuaikan dengan jumlah kelompok mahasiswa praktikum, dengan memperhatikan kapasitas peralatan di laboratorium dan pengujian yang dilakukan.

b. Lama praktikum setiap tatap muka

Praktikum ini memiliki durasi 1 SKS, setara dengan 50 menit per tatap muka. Lama praktikum setiap kelompok adalah 50 menit yang akan dibagi menjadi beberapa sesi. Jika diperlukan, praktikum dapat dilakukan di luar jam perkuliahan untuk memenuhi durasi yang ditetapkan dan memberikan fleksibilitas bagi mahasiswa.

b. Tugas pihak terkait :

a. Praktikan

- Mendaftar sebagai calon praktikan
- Mengikuti praktikum sesuai jadwal
- Konsultasi kepada asisten dan dosen pembimbing
- Membuat laporan praktikum
- Mengikuti ujian akhir praktikum

b. Asisten Praktikum

- Menyiapkan segala perlengkapan praktikum
- Menjelaskan modul saat praktikum
- Membimbing praktikan membuat laporan
- Memberikan nilai praktikum
- Perawatan laboratorium

c. Laboran

- Membuat daftar peserta praktikum
- Menyusun jadwal praktikum
- Melakukan pengecekan dan perawatan segala perlengkapan di laboratorium
- Mengevaluasi kegiatan praktikum

d. Dosen Pembimbing

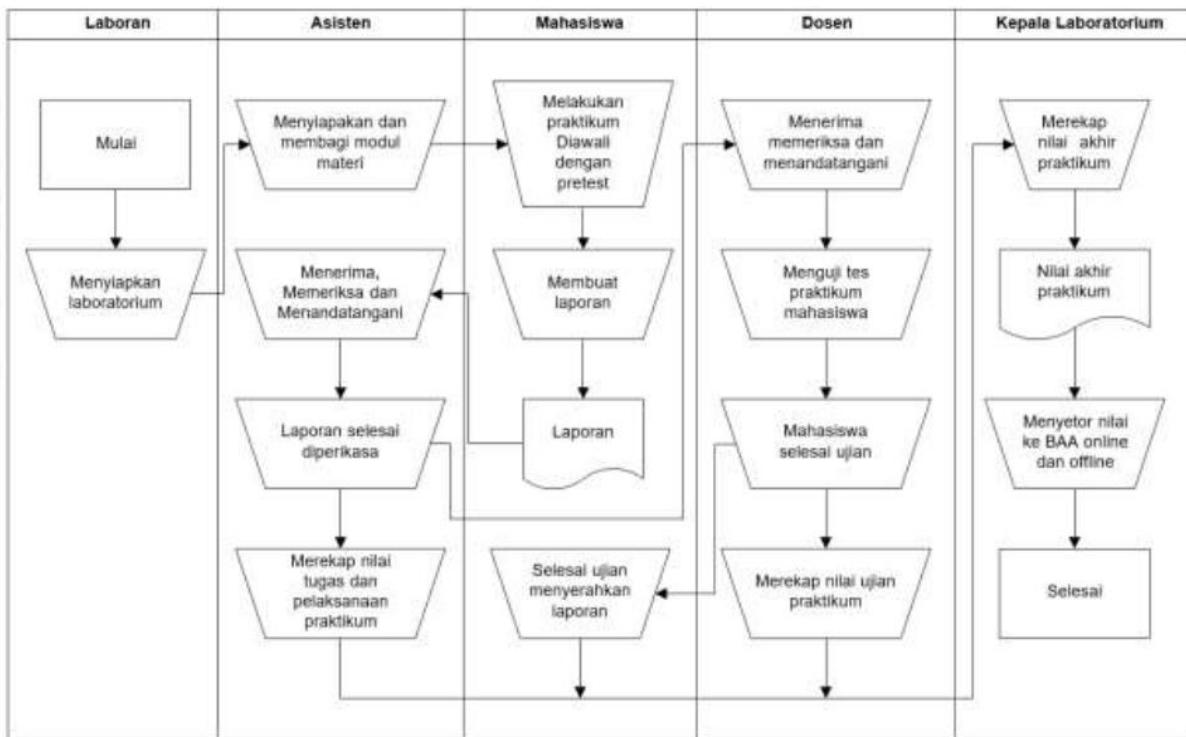
- Mendampingi kegiatan praktikum
- Membimbing perbaikan laporan praktikum
- Memberikan penilaian hasil praktikum

e. Kepala Laboratorium

- Menkoordinasikan laboran dan asisten praktikum
- Mengajukan penambahan alat praktikum
- Membuat program kerja tahunan
- Menjalin kerjasama antar laboratorium internal maupun external

D. PROSEDUR DAN MEKANISME

Langkah-langkah yang dilakukan oleh Laboran, Asisten, Mahasiswa, Dosen dan Ka.lab disajikan dalam diagram alir pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2 Diagram alir Langkah-langkah yang Dilakukan oleh Kepala Laboratorium, Mahasiswa, Asisten, Laboran dan Dosen Praktikum pada pelaksanaan praktikum.

Penjelasan :

- Laboran menyiapkan laboratorium dan perlengkapannya, peralatan alat-alat kelengkapan praktikum yang dipinjam praktikan ditulis dalam form pemimjaman alat yang ditandatangani asisten dan perwakilan praktikan sebagai penanggung jawab peralatan.
- Asisten menyiapkan materi praktikum berdasarkan modul praktikum
- Mahasiswa melaksanakan pretest terlebih dahulu kemudian dilanjutkan dengan praktikum didampingi asisten, di monitoring dosen pembimbing dan Ka.Lab secara acak.
- Mahasiswa membuat *Logsheets* atau laporan sementara dan diserahkan kepada asisten pada pertemuan berikutnya.
- Mahasiswa wajib absen untuk setiap sesi tatap muka praktikum, yang dilakukan oleh asisten praktikum.
- Asisten memeriksa dan menandatangai asistensi laporan praktikum mahasiswa, yang point koreksinya sesuai dengan petunjuk penulisan laporan praktikum kemudian yang menjadi point utama dalam koreksi diantaranya:

- Unsur originalitas.
 - Kesesuaian materi laporan dengan job sheet yang dikerjakan.
 - Kedalaman analisis data pengukuran produk/quality control.
 - Sistematika laporansesuai dengan petunjuk penulisan laporan praktikum.
- g. Laporan yang sudah dikoreksi/diperiksa asisten dikembalikan lagi kepada mahasiswa, untuk menjadi pertimbangan penulisan laporan yang lebih baik sebelum maju asistensi ke dosen pembimbing.
- h. Pada akhir praktikum, Dosen memberikan tes/ujian yang harus diikuti oleh semua mahasiswa praktikum.
- i. Dosen menyerahkan nilai hasil tes/ujian praktikum yang dilaksanakan mahasiswa ke Kepala Laboratorium.
- j. Asisten merekap nilai praktikum [10%P (tugas Pralab) + 10%K (Kehadiran) + 10%AS (Asistensi) + 10%LS (Laporan Sementara) + 30%LP (Laporan Praktikum) + 30%SH (Seminar Hasil / Ujian Praktikum)], kemudian Asisten menyerahkan nilai ke Laboran.

4. Mata Kuliah Praktikum

Mata kuliah praktikum merupakan mata kuliah untuk mencapai capaian pembelajaran keterampilan khusus sekaligus pengetahuan. Penilaian untuk mata kuliah Praktikum meliputi aspek:

- a. Pralab (P)
- b. Kehadiran (K)
- c. Asisten (As)
- d. Laporan Sementara (LS)
- e. Laporan Praktikum (LP)
- f. Seminar Hasil (SH)

Sehingga dapat dirumuskan penilaian KKN sebagai berikut:

$$NA = \frac{1xP + 1xK + 1xAs + 1xLS + 3xLP + 3xSH}{10}$$

- k. Laboran merekap nilai praktikum dan menyerahkan nilai ke dosen pengampu yang nantinya nilai praktikum dimauukkan nilai tugas dari kompilasi [5%K (Kehadiran) + 5%P (Aktifitas Partisipasi Aktif) + 20%Pro (Hasil Proyek) + 10%Q (Quiz) + 20%T (Tugas) + 20%UTS (Ujian Tengah Semester + 20%UAS (Ujian Akhir Semester)].
1. Mahasiswa dinyatakan lulus praktikum dengan nilai minimal adalah C range nilai tertera seperti pada table 1.1 berikut :

Tabel 1.3 Range nilai huruf dan angka

Huruf	Angka	Range Nilai
A	4,00	$85 \leq NA \leq 100$
B+	3,33	$76 \leq NA < 84$
B	3,00	$70 \leq NA < 75$
B-	2,67	$65 \leq NA < 70$
C+	2,33	$60 \leq NA < 65$
C	2,00	$55 \leq NA < 60$
D	1,00	$40 \leq NA < 55$
E	0,00	$0 \leq NA < 40$

E. TATA TERTIB

Tata Tertib yang harus dipatuhi baik oleh peneliti maupun praktikan pada saat menggunakan laboratorium adalah sebagai berikut :

- a. Praktikum dilaksanakan tepat waktu sesuai dengan jadwal yang ditetapkan.
- b. Mahasiswa yang terlambat datang atau absen harus memberikan surat/bukti yang dapat dipercaya.
- c. Mahasiswa diperkenankan pindah kelompok/jam/hari praktikum dengan syarat mengkonfirmasi 1 minggu sebelum pelaksanakan praktikum melalui Asisten Laboratorium.
- d. Mahasiswa yang tidak hadir pada saat jadwal yang telah ditentukan diperkenankan mengikuti praktikum berikutnya dengan syarat penilaian sebelumnya akan dinilai kosong, jika ingin melakukan penambahan jam harus koordinasi dengan asisten laboratorium.
- e. Mahasiswa harus meminjam alat praktikum dengan cara mengisi lembaran form pinjam alat yang tersedia.
- f. Praktikum dianggap selesai jika mahasiswa telah menyerahkan laporan sementara dan alat yang dipinjam dalam keadaan baik, bersih, dan rapi.
- g. Kerusakan alat yang dipinjam oleh mahasiswa menjadi tanggung jawab penuh kelompok mahasiswa yang bersangkutan.
- h. Selama praktikum berlangsung, mahasiswa dilarang merokok, makan,

- bergurau, bermain alat, menghidupkan Handphone, atau pun keluar masuk ruangan tanpa seijin dosen pembimbing/asisten pendamping.
- i. Mahasiswa yang dinyatakan tidak lulus praktikum harus mengulang dijadwal praktikum berikutnya.
 - j. Laporan praktikum diserahkan ke laboratorium paling lambat 2 minggu dari pelaksanaan praktikum, jika lebih dari itu maka akan dikenakan sanksi sesuai arahan dari laboran.

F. PENGGUNAAN LABORATORIUM

Penggunaan laboratorium harus sesuai aturan yang berlaku yang sudah dijelaskan di atas dan lebih penekanan dan kesimpulannya sebagai berikut :

- a. Pengguna laboratorium khususnya mahasiswa praktikum, adalah mereka yang terdaftar sebagai praktikan.
- b. Penggunaan alat-alat praktikum sesuai dengan petunjuk kerja yang ada pada modul praktikum dengan sepengetahuan asisten laboratorium.
- c. Peminjaman kelengkapan alat-alat praktikum dengan mengisi form pemimjaman yang telah disediakan sesuai dengan modul praktikum.
- d. Pelanggaran atas aturan ini dikenakan sanksi tidak dapat mengikuti praktikum berikutnya.
- e. Asisten harus melaporkan terjadinya pelanggaran ke laboran dan mencatat pelanggaran yang terjadi.
- f. Kerusakan karena kelalaian praktikan menjadi tanggung jawab praktikan yang bersangkutan.

G. KESEHATAN DAN KESELAMATAN KERJA

Adapun keselamatan kerja yang harus di patuhi oleh seluruh mahasiswa, asisten lab ataupun dosen sebagai berikut :

- a. Pada saat akan memasuki ruang laboratorium, peneliti/mahasiswa/dosen melakukan pengisian pada *barcode* yang terdapat di depan tiap pintu laboratorium atau melalui link :

- b. Laboran dan Asisten Laboratorium menyiapkan alat dan bahan sebelum digunakan.
- c. Pengguna laboratorium diwajibkan menaati semua petunjuk keselamatan kerja dan memakai alat-alat perlindungan diri yang diwajibkan.
- d. Pengguna laboratorium mengisi logbook yang terdapat pada tiap ruang laboratorium
- e. Apabila terdapat pelanggaran penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) maupun peraturan lain yang ditetapkan, laboran/asisten laboratorium berhak memberikan sanksi.
- f. Setelah selesai menggunakan laboratorium, pengguna laboratorium harus merapikan kembali dan menjaga kebersihan laboratorium.

BAB II

KURIKULUM

A. PENDAHULUAN MATA KULIAH

Mata kuliah Mekanika Tanah II merupakan mata kuliah wajib dalam kurikulum Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Mata kuliah ini memiliki bobot 2 SKS, yang terdiri dari 1 jam kuliah dan 1 jam praktikum setiap minggu. Mata kuliah ini merupakan dasar penting dalam bidang rekayasa geoteknik, yang mendukung kemampuan mahasiswa dalam memahami perilaku tanah sebagai bahan konstruksi.

Kompetensi utama yang diharapkan:

1. Merencanakan sistem dan proses rekayasa tanah dengan mempertimbangkan kelayakan teknis dan efisiensi berdasarkan prinsip rekayasa.
2. Melakukan eksperimen pada mekanika tanah sesuai standar dan prosedur yang berlaku.
3. Mengaplikasikan panduan atau modul pengujian tanah secara efektif.
4. Mengembangkan desain geoteknik yang didasarkan pada hasil analisis data lapangan dan laboratorium untuk keperluan rekayasa tanah.

Modul praktikum ini dirancang untuk melatih mahasiswa dalam menganalisis sifat-sifat fisik dan mekanik tanah, menyusun desain rekayasa geoteknik yang akurat, serta memanfaatkan teknologi terkini untuk menyelesaikan permasalahan geoteknik secara profesional.

B. TUJUAN PEMBELAJARAN

Mata kuliah ini bertujuan untuk memberikan pemahaman mendalam tentang prinsip-prinsip dasar mekanika tanah, termasuk karakteristik fisik dan mekanik tanah, metode pengujian laboratorium dan lapangan, serta aplikasi analisis data untuk mendukung desain rekayasa geoteknik. Mahasiswa akan memiliki keterampilan praktis dan teoretis dalam menganalisis stabilitas lereng, desain pondasi, dan permasalahan geoteknik lainnya sesuai standar nasional dan internasional.

C. PRASYARAT MATAKULIAH

Mata kuliah Mekanika Tanah adalah mata kuliah wajib yang dapat diambil tanpa prasyarat khusus.

D. SILABUS PERKULIAHAN

Silabus modul praktikum mengacu pada kurikulum program studi Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang seperti berikut ini :

Sesi 1: Sosialisasi Praktikum dan Pengenalan Alat

1. Pengenalan laboratorium mekanika tanah dan standar keselamatan.
2. Penjelasan alat dan prosedur pengujian tanah.

Sesi 2: Pemeriksaan Kadar Air Tanah, Berat Volume Tanah, dan Berat Jenis Tanah

1. Pengujian kadar air tanah menggunakan metode oven.
2. Pengukuran berat volume tanah dengan metode silinder.
3. Penentuan berat jenis tanah dengan metode piknometer.

Sesi 3: Ukuran Butiran Tanah, Hidrometer, dan Pemeriksaan Atterberg Limit

1. Pengujian distribusi ukuran butiran tanah menggunakan analisis saringan.
2. Analisis ukuran butiran tanah dengan metode hidrometer.
3. Pemeriksaan batas Atterberg (batas cair, plastis, dan susut).

Sesi 4: Konsolidasi

1. Pengujian konsolidasi tanah menggunakan alat oedometer.
2. Analisis parameter pemampatan tanah.

Sesi 5: Pemeriksaan Permeabilitas Tanah dan Pemeriksaan Kepadatan Tanah

1. Pengujian permeabilitas tanah dengan metode falling head dan constant head.
2. Pemeriksaan kepadatan tanah menggunakan metode standar dan modified Proctor.

Sesi 6: Pemeriksaan Nilai California Bearing Ratio (CBR)

1. Pengujian nilai CBR untuk evaluasi daya dukung tanah.

Sesi 7: Uji Geser Langsung dan Uji Tekan Bebas (UCS)

1. Pengujian geser langsung untuk menentukan parameter geser tanah.
2. Uji tekan bebas (Unconfined Compression Test) untuk tanah kohesif.

Sesi 8: Uji Triaxial (UU)

1. Pengujian triaxial unconsolidated undrained (UU) untuk parameter kuat geser tanah.

Sesi 9: Cone Penetration Test (CPT)/Sondir

1. Pengujian CPT/Sondir untuk menentukan daya dukung tanah di lapangan.

Sesi 10: Ujian Praktikum

1. Evaluasi keterampilan mahasiswa dalam pengujian tanah.
2. Analisis dan pelaporan hasil ujian.

E. RENCANA PELAKSANAAN PEMBELAJARAN

Skenario pembelajaran yang digunakan saat pelaksanaan praktikum Mekanika Tanah sebagai berikut:

RENCANA PELAKSANAAN PEMBELAJARAN (RPP) TAHUN AJARAN 2024/2025

Satuan Pendidikan	: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Mata Kuliah	: Mekanika Tanah II
Program Studi	: S1 Teknik Sipil
Semester	: III
Materi Pokok	: Praktikum Mekanika Tanah
Alokasi waktu	: 100 menit/sesi

1. Kompetensi Dasar

- Memahami prinsip dasar mekanika tanah dan sifat fisik tanah.
- Melakukan pengujian sifat mekanik tanah di laboratorium.
- Menganalisis hasil pengujian dan menerapkannya dalam perencanaan fondasi.

2. Tujuan Pembelajaran

- Mahasiswa mampu menjelaskan konsep dasar mekanika tanah dan jenis-jenis tanah berdasarkan sifat fisiknya.
- Mahasiswa mampu melakukan pengujian laboratorium untuk menentukan sifat mekanik tanah seperti kohesi, sudut geser, dan kepadatan.
- Mahasiswa mampu menganalisis dan menginterpretasi hasil pengujian tanah untuk digunakan dalam perencanaan proyek konstruksi.

BAB III

MODUL 1 PEMERIKSAAN KADAR AIR TANAH

A. PENDAHULUAN

Pemeriksaan kadar air tanah merupakan pengujian penting untuk menentukan kandungan air dalam tanah, yang mempengaruhi sifat fisik dan mekaniknya, seperti kepadatan dan kekuatan tanah. Hasil pengujian ini digunakan untuk menghitung kadar air tanah yang dinyatakan dalam persentase. Pemeriksaan kadar air tanah sangat penting dalam perencanaan dan pelaksanaan proyek konstruksi, terutama untuk memastikan kestabilan dan daya dukung tanah yang digunakan sebagai fondasi.

B. TUJUAN

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

C. BENDA UJI

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

Ukuran partikel maksimum (100% lolos)	Ukuran saringan standar	Berat minimum benda uji basah yang direkomendasikan untuk kadar air yang dilaporkan pada $\pm 0,1\%$	Berat minimum benda uji basah yang direkomendasikan untuk kadar air yang dilaporkan pada $\pm 1\%$
$\leq 2,0\text{ mm}$	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

Gambar 3.1 Berat Minimum Sampel Tanah

Catatan:

- Sampel yang digunakan harus lebih atau sama dengan 20 gram
- Gunakan berat sampel yang lebih besar dari batas minimum berat sampel
- Jika sampel tanah yang digunakan kurang dari berat minimum yang disarankan maka harus disertai catatan khusus dalam pelaporan tes
- Jika sampel yang digunakan kurang dari 200 gram namun sampel

mengandung partikel kerikil yang relatif banyak maka partikel tersebut tidak termasuk sebagai benda uji

- Jika sampel terdiri dari batuan utuh maka berat minimum sampel adalah 500 gram dan sampel harus dihancurkan menjadi partikel-partikel kecil sesuai kapasitas cawan dan timbangan
- Gunakan sampel minimal 3
- Pengambilan sampel dalam kondisi tidak terganggu (*undisturbed*)

D. ALAT-ALAT

Jenis peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Alat penetrasi yang dapat menggerakkan pemegang jarum naik turun tanpa gesekan dan dapat mengukur penetrasi sampai 0,1 mm.
2. Oven pengering
Dilengkapi dengan pengatur suhu dan dapat memelihara keseragaman temperatur $110 \pm 5^\circ\text{C}$ untuk seluruh ruangan pengering.
3. Timbangan
Timbangan dengan ketelitian 0.01 gram untuk benda uji dengan berat maksimum 200 gram (termasuk berat cawan tempat benda uji) dan timbangan dengan ketelitian 0.1 gram untuk benda uji dengan berat lebih dari 200 gram.
4. Cawan tempat benda uji
Cawan yang terbuat dari material tahan karat dan tahan terhadap perubahan akibat pemanasan berulang, pendinginan, tahan untuk material dengan pH bervariasi, serta bersih.
5. Desikator
Berfungsi untuk menjaga penyerapan kadar air dari atmosfer.
6. Alat pemegang cawan
Alat pemegang cawan berupa kaos tangan, tang atau alat pemegang lainnya yang dapat digunakan untuk memindahkan atau mencapit cawan panas setelah pengeringan.
7. Peralatan lain

E. PELAKSANAAN

Prosedur praktikum adalah sebagai berikut:

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

Catatan:

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

Catatan:

- *Pada banyak kasus, durasi dari pengeringan sampel adalah sekitar 12 sampai 16 jam. Atau hingga perubahan berat tidak signifikan (setelah dilakukan pengeringan lanjutan)*
- *Sampel yang berupa pasir biasanya dikeringkan hingga mencapai berat konstan dengan waktu sekitar 4 jam.*
- *Sampel yang sudah kering dapat menyerap kadar air dari sampel yang masih basah. Sampel kering harus dikeluarkan sebelum sampel basah dimasukkan dalam oven yang sama. Tapi hal tersebut tidak berlaku apabila sampel yang dikeringkan sebelumnya tetap berada di dalam oven untuk penambahan waktu pengeringan.*
- *Beberapa jenis tanah organik terdekomposisi dalam pengeringan dibawah temperatur 110° C. Temperatur tersebut terlalu tinggi untuk tanah yang mengandung gypsum. Untuk tanah dengan jenis tersebut, berdasarkan ASTM, temperatur*

yang sesuai adalah 60°C.

5. Ambil cawan dengan sampel tanah yang sudah dikeringkan lalu dinginkan cawan beserta sampel tanah sesuai suhu ruangan atau sampai cawan dapat dipegang dengan tangan.

Catatan: Pendinginan dalam desikator dianjurkan untuk menghindari terserapnya kadar

6. Timbang cawan beserta sampel kering.

F. ANALISIS PERHITUNGAN

Berikut merupakan data-data yang diperlukan dan cara menghitungnya:

1. Data

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

Tabel 3.1 Data yang Diambil

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

2. Perhitungan

Berat cawan + tanah basah = W_1 (gram)

Berat cawan + tanah kering = W_2 (gram)

Berat cawan kosong = W_3 (gram)

Kadar air:

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

Kadar air rata-rata

$$W \text{ rata-rata} : \frac{W_1 + W_2 + W_3}{3} (\%)$$

W = kadar air hasil pengujian pertama

W = kadar air hasil pengujian kedua

W = kadar air hasil pengujian ketiga

Kadar air dilaporkan dalam persen dengan ketelitian satu angka dibelakang koma.

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

G. LAPORAN

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

BAB IV

MODUL 2 PEMERIKSAAN BERAT VOLUME TANAH

A. PENDAHULUAN

Pengujian berat volume tanah merupakan salah satu langkah penting dalam memahami karakteristik fisik tanah. Berat volume tanah, yang terdiri dari berat volume basah dan berat volume kering, diperlukan untuk berbagai analisis geoteknik, seperti perancangan pondasi, stabilitas lereng, dan pengelolaan konstruksi tanah. Dalam praktikum ini, pengujian dilakukan di laboratorium untuk memastikan data yang akurat, sehingga hasilnya dapat digunakan sebagai dasar perhitungan rekayasa sipil.

B. TUJUAN

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

C. BENDA UJI

Benda uji yang digunakan dalam praktikum ini berupa sampel tanah asli (undisturbed sample) yang diambil dari lokasi tertentu. Sampel tanah harus dijaga kondisinya agar tetap merepresentasikan keadaan di lapangan

D. ALAT-ALAT

Jenis peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Drive cylinder tanpa draat, dengan diameter (50-140 mm)
2. Cawan
3. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$.
4. Neraca dengan ketelitian 0,01 gram

E. PELAKSANAAN

Prosedur praktikum adalah sebagai berikut:

1. Siapkan cawan kosong dan timbang dengan menggunakan neraca.
2. Hitung volume drive cylinder dengan menggunakan alat ukur.

3. Masukkan tanah kedalam drive cylinder lalu keluarkan tanah dari drive cylinder kedalam cawan kosong dan timbang cawan berserta tanah tersebut untuk menentukan berat tanah basah.
4. Tanah bersama cawan dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam.
5. Setelah 24 jam, timbang cawan bersama isinya untuk menentukan berat tanah kering.

Catatan:

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

F. ANALISIS PERHITUNGAN

Berikut merupakan data-data yang diperlukan dan cara menghitungnya:

1. Data

Laporan hasil pengujian dituliskan pada formulir yang terlampir. Data yang diambil selama praktikum adalah seperti yang tertera pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data yang Diambil

No	Proses	Data yang Diambil	Simbol	Satuan	Jumlah Data Total	Keterangan
1	Pengukuran Volume Drive Cylinder	Diameter	D	mm	6	Masing-masing percobaan dilakukan dengan menggunakan 2 drive cylinder
		Tinggi	h	mm	6	
		Berat	m	gr	2	
2	Penentuan Kadar Air	Berat Cawan	W1	gr	2	Masing-masing percobaan dilakukan dengan menggunakan 2 drive cylinder
		Berat Cawan + Tanah Basah	W2	gr	2	
		Berat Cawan + Tanah Kering	W3	gr	2	
3	Penentuan Berat Volume	Berat Volume Basah (Berat Isi Tanah)	<i>m</i>	gr/cm ³	2	Masing-masing percobaan dilakukan dengan menggunakan 2 drive cylinder
		Berat Volume Kering (Dry Unit Weight)	<i>d</i>	gr/cm ³	2	

2. Perhitungan

Hitunglah parameter sampel tanah sebagai berikut:

- Hitung kadar air tanah:

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

W_1 = berat cawan + tanah basah

W_2 = berat cawan + tanah kering

W_3 = berat cawan

W = kadar air

- Hitung berat isi tanah

$$\gamma : \frac{\text{Berat total tanah}}{\text{Volume Cylinder}} \text{ (gr/cm}^3\text{)} \text{ cari rata-ratanya}$$

- Hitung dry unit weight

$$\gamma_d : \frac{\gamma}{1+\gamma} \text{ (gr/cm}^3\text{)} \text{ cari rata-ratanya}$$

G. LAPORAN

- Berikut adalah tabel yang harus disertakan didalam laporan:
 - Tabel Perhitungan Kadar Air
 - Tabel Perhitungan Berat Volume (moist, dry)
- Buatlah kesimpulan yang mengacu pada tujuan praktikum dan saran untuk perbaikan di masa mendatang.

BAB V

MODUL 3 PEMERIKSAAN BERAT JENIS TANAH

A. PENDAHULUAN

Berat jenis tanah (Gs) adalah rasio antara massa butiran tanah kering oven dengan massa air suling dalam volume yang sama pada suhu tertentu. Nilai ini merupakan salah satu parameter penting dalam mekanika tanah, yang digunakan untuk menentukan sifat fisik tanah, seperti kepadatan relatif dan porositas. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai berat jenis tanah secara akurat dengan menggunakan metode piknometer, sehingga dapat diaplikasikan dalam analisis geoteknik.

B. TUJUAN

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

C. BENDA UJI

Benda uji yang digunakan dalam praktikum ini adalah sampel tanah yang telah dikeringkan dalam oven. Sampel tanah ini diambil dari lokasi tertentu dan harus direpresentasikan dalam keadaan kering untuk memastikan hasil pengujian akurat. Ukuran benda uji harus disesuaikan agar mudah dimasukkan ke dalam piknometer, dengan metode penggerusan menggunakan mortar apabila diperlukan.

D. ALAT-ALAT

Jenis peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Piknometer dengan kapasitas minimum 100 ml
2. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$.
3. Neraca dengan ketelitian 0,01 gram
4. Termometer $(0 - 50)^\circ\text{C}$ dengan ketelitian pembacaan $0,5^\circ\text{C}$.
5. Tungku listrik (Cookplat)
6. Gliserine
7. Handuk Kering (Kain Lap)
8. Mortar + penumbuk
9. Cawan
10. Sample tanah
11. Botol berisi air suling

E. PELAKSANAAN

Prosedur praktikum yang dilakukan meliputi:

1. Kalibrasi piknometer
 - Siapkan piknometer, cuci dengan air suling dan keringkan. Timbang piknometer menggunakan timbangan dengan ketelitian 0.01gram sebanyak 5 kali pembacaan untuk mendapatkan M_p .
 - Isi piknometer dengan air suling sampai penuh atau sampai ketika ditutup, air menyemprot keluar dari lubang yang terdapat pada tutup piknometer. Keringkan bagian luar piknometer, lalu timbang piknometer beserta air di dalamnya menggunakan timbangan dengan ketelitian 0.01gram sebanyak 5 kali pembacaan untuk mendapatkan M_{pw} , c. Tutuplah piknometer dengan perlahan-lahan.
 - Ukur suhu air di dalam piknometer tersebut menggunakan termometer. Gunakan data suhu tersebut untuk menentukan berat jenis air (ρ_w , c).
2. Pengukuran berat jenis
 - Siapkan sample tanah secukupnya (maksimal 35 gram) kemudian oven sample tanah selama 24 jam, setelah itu dinginkan dalam desikator;
 - Masukkan benda uji kering oven ke dalam piknometer kosong kering yang telah dikalibrasi. Timbang piknometer beserta benda uji (tumbuk jika diperlukan) menggunakan timbangan dengan ketelitian 0.01gram untuk mendapatkan M_p , t

Catatan:

- *Apabila spesimen tanah tidak dapat dimasukkan kedalam piknometer perkecil ukuran specimen dengan cara menggerusnya dengan mortar sehingga dapat dimasukkan ke dalam piknometer*
- *Piknometer yang digunakan haruslah piknometer yang sama dengan yang dikalibrasi*
- Gunakan piknometer yang sama dengan yang di kalibrasi.
- Tambahkan air suling ke dalam piknometer berisi benda uji tersebut sampai terisi 1/2 piknometer. Kemudian goyang-goyangkan piknometer pada posisi tegaknya dengan arah goyangan berlawanan jarum jam untuk memastikan seluruh

tanah telah tercampur air. Volume benda uji dan air jangan melebihi 2/3 piknometer

- Didihkan piknometer selama beberapa menit dalam larutan gliserin diatas cookplant untuk menghilangkan udara yang terperangkap
- Tambahkan air suling kedalam campuran di dalam piknometer yang telah didihkan sampai dengan tinggi air. Untuk tanah lempung, diamkan benda uji tersebut selama 24 jam.
- Timbang berat piknometer tersebut untuk mendapatkan nilai $M_{pw,t}$
- Ukur suhu air menggunakan termometer untuk menentukan berat jenis air (ρ_w, t)

F. ANALISIS PERHITUNGAN

1. Data

Laporan hasil pengujian dituliskan pada formulir yang terlampir.

Data yang diambil selama praktikum adalah sebagai berikut.

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

b. Perhitungan

Hitung volume piknometer dengan rumus:

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

Dimana

V_p = Volume Picnometer

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

M_p = Berat piknometer kosong

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

Tabel 5.1 Density of Water and Temperature Coefficient (K) for Various Temperatures Table

Temperature (°C)	Density (g/mL) ^a	Temperature Coefficient (K)	Temperature (°C)	Density (g/mL) ^a	Temperature Coefficient (K)	Temperature (°C)	Density (g/mL) ^a	Temperature Coefficient (K)	Temperature (°C)	Density (g/mL) ^a	Temperature Coefficient (K)
15.0	0.99910	1.00090	16.0	0.99895	1.00074	17.0	0.99878	1.00057	18.0	0.99860	1.00039
.1	0.99909	1.00068	.1	0.99893	1.00072	.1	0.99876	1.00055	.1	0.99858	1.00037
.2	0.99907	1.00067	.2	0.99891	1.00071	.2	0.99874	1.00054	.2	0.99856	1.00035
.3	0.99906	1.00065	.3	0.99890	1.00069	.3	0.99872	1.00052	.3	0.99854	1.00034
.4	0.99904	1.00064	.4	0.99888	1.00067	.4	0.99871	1.00050	.4	0.99852	1.00032
.5	0.99902	1.00062	.5	0.99886	1.00066	.5	0.99869	1.00048	.5	0.99850	1.00030
.6	0.99901	1.00060	.6	0.99885	1.00064	.6	0.99867	1.00047	.6	0.99848	1.00028
.7	0.99899	1.00079	.7	0.99883	1.00062	.7	0.99865	1.00045	.7	0.99847	1.00026
.8	0.99898	1.00077	.8	0.99881	1.00061	.8	0.99863	1.00043	.8	0.99845	1.00024
.9	0.99896	1.00076	.9	0.99879	1.00059	.9	0.99862	1.00041	.9	0.99843	1.00022
19.0	0.99841	1.00020	20.0	0.99821	1.00000	21.0	0.99799	0.99979	22.0	0.99777	0.99957
.1	0.99839	1.00018	.1	0.99819	0.99998	.1	0.99797	0.99977	.1	0.99775	0.99954
.2	0.99837	1.00016	.2	0.99816	0.99996	.2	0.99795	0.99974	.2	0.99773	0.99952
.3	0.99835	1.00014	.3	0.99814	0.99994	.3	0.99793	0.99972	.3	0.99770	0.99950
.4	0.99833	1.00012	.4	0.99812	0.99992	.4	0.99791	0.99970	.4	0.99768	0.99947
.5	0.99831	1.00010	.5	0.99810	0.99990	.5	0.99789	0.99968	.5	0.99766	0.99945
.6	0.99829	1.00008	.6	0.99808	0.99987	.6	0.99786	0.99966	.6	0.99764	0.99943
.7	0.99827	1.00006	.7	0.99806	0.99985	.7	0.99784	0.99963	.7	0.99761	0.99940
.8	0.99825	1.00004	.8	0.99804	0.99983	.8	0.99782	0.99961	.8	0.99759	0.99938
.9	0.99823	1.00002	.9	0.99802	0.99981	.9	0.99780	0.99959	.9	0.99756	0.99936
23.0	0.99754	0.99933	24.0	0.99730	0.99909	25.0	0.99705	0.99884	26.0	0.99679	0.99858
.1	0.99752	0.99931	.1	0.99727	0.99907	.1	0.99702	0.99881	.1	0.99676	0.99855
.2	0.99749	0.99929	.2	0.99725	0.99904	.2	0.99700	0.99879	.2	0.99673	0.99852
.3	0.99747	0.99926	.3	0.99723	0.99902	.3	0.99697	0.99876	.3	0.99671	0.99850
.4	0.99745	0.99924	.4	0.99720	0.99899	.4	0.99694	0.99874	.4	0.99668	0.99847
.5	0.99742	0.99921	.5	0.99717	0.99897	.5	0.99662	0.99871	.5	0.99665	0.99844
.6	0.99740	0.99919	.6	0.99715	0.99894	.6	0.99669	0.99868	.6	0.99663	0.99842
.7	0.99737	0.99917	.7	0.99712	0.99892	.7	0.99667	0.99866	.7	0.99660	0.99839
.8	0.99735	0.99914	.8	0.99710	0.99889	.8	0.99664	0.99863	.8	0.99657	0.99836
.9	0.99732	0.99912	.9	0.99707	0.99887	.9	0.99661	0.99860	.9	0.99654	0.99833
27.0	0.99652	0.99831	28.0	0.99624	0.99803	29.0	0.99595	0.99774	30.0	0.99565	0.99744
.1	0.99649	0.99828	.1	0.99621	0.99800	.1	0.99592	0.99771	.1	0.99562	0.99741
.2	0.99646	0.99825	.2	0.99618	0.99797	.2	0.99589	0.99768	.2	0.99559	0.99738
.3	0.99643	0.99822	.3	0.99615	0.99794	.3	0.99586	0.99765	.3	0.99556	0.99735
.4	0.99641	0.99820	.4	0.99612	0.99791	.4	0.99583	0.99762	.4	0.99553	0.99732
.5	0.99636	0.99817	.5	0.99609	0.99788	.5	0.99580	0.99759	.5	0.99550	0.99729
.6	0.99635	0.99814	.6	0.99607	0.99785	.6	0.99577	0.99756	.6	0.99547	0.99726
.7	0.99632	0.99811	.7	0.99604	0.99783	.7	0.99574	0.99753	.7	0.99544	0.99723
.8	0.99629	0.99808	.8	0.99601	0.99780	.8	0.99571	0.99750	.8	0.99541	0.99720
.9	0.99627	0.99806	.9	0.99598	0.99777	.9	0.99568	0.99747	.9	0.99538	0.99716

^aReference: CRC Handbook of Chemistry and Physics, David R. Lide, Editor-in-Chief, 74th Edition, 1993-1994.
1mL = cm³.

Hitung Specific Gravity menggunakan rumus:

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

Dengan:

$$M_{\rho w,t} = M'_{\rho} + (V'_{\rho} \cdot \rho_{w,t})$$

$$M_s = M'_{\rho s,t} - M_{\rho}$$

Dimana:

$M'_{\rho s,t}$ = Berat piknometer dan tanah kering oven pada saat pengujian

M_s = Berat tanah kering oven

$M'_{\rho w,t}$ = Berat piknometer dan air pada saat pengujian

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

G_s = Berat jenis tanah

$M_{\rho ws,t}$ = Berat piknometer, tanah dan air pada suhu pengujian

V'_{ρ} = Volume piknometer rata-rata

M'_{ρ} = Berat piknometer rata-rata

G. LAPORAN

- a. Tabel yang harus dicantumkan dalam laporan adalah Tabel Perhitungan Kalibrasi dan Berat Jenis
- b. Buatlah kesimpulan yang mengacu pada tujuan praktikum dan saran untuk perbaikan di masa mendatang.

BAB VI

MODUL 4.1 PEMERIKSAAN UKURAN BUTIRAN TANAH DENGAN ANALISIS SARINGAN

A. PENDAHULUAN

Analisis ukuran butiran tanah merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menentukan distribusi ukuran partikel dalam suatu sampel tanah. Metode ini penting untuk mengklasifikasikan tanah berdasarkan sistem klasifikasi tanah seperti Unified Soil Classification System (USCS) dan untuk memahami karakteristik fisik tanah, seperti permeabilitas, kekuatan, dan kestabilan tanah. Distribusi butiran juga berperan dalam menentukan potensi aplikasi tanah untuk berbagai keperluan rekayasa sipil, seperti pondasi dan stabilitas lereng.

B. TUJUAN

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

C. BENDA UJI

Benda uji (sampel tanah) lebih besar dari saringan no. 200 dengan massa lebih dari 200 gram dengan prosedur persiapan seperti di bawah ini.

D. ALAT-ALAT

Peralatan yang digunakan dalam proses ini adalah sebagai berikut:

1. Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0,2 % dari berat benda uji.
2. Satu set saringan: No.4; No.10; No.20; No.40; No.60; No.140 dan No. 200 (ASTM) Note: untuk saringan yang ada di lab: no.4 ; no.10 ; no.18 ; no.35; no.60 ; no.100 dan no. 200.
3. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$.
4. Mesin pengguncang saringan

5. Talam-talam
6. Kuas, sikat kuningan, sendok dan alat-alat lainnya.

E. PELAKSANAAN

Prosedur yang digunakan dalam proses ini adalah sebagai berikut:

1. Siapkan sampel tanah **lebih dari 200 gram** untuk percobaan ini sekaligus percobaan analisis hidrometer.
 2. Cuci sampel dengan cara merendam tanah dengan sedikit air, lalu buang busa dan zat organik pada tanah. Hati-hati jangan sampai tanah di rendaman air terbuang.
 3. Oven sampel tanah selama 24 jam, kemudian gerus atau tumbuk perlahan dengan penumbuk karet untuk memisahkan partikel-partikel tanah, tetapi jangan sampai mengubah gradasi alami yang dimiliki sampel.
 4. Saring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama kira-kira 15 menit. Saring sampel tanah dengan set saringan hingga:
 - memperoleh 50 gram tanah di pan yang kemudian dipisahkan untuk percobaan analisis hidrometer;
 - menyisakan > 200 gram tanah di saringan nomor 4 hingga 200.
 5. Timbang berat cawan.
 6. Sampel yang melewati analisis saringan dikumpulkan kembali, untuk kemudian ditimbang beserta cawannya.
 7. Lakukan perhitungan Specific Gravity sesuai dengan modul Berat Jenis dari sampel analisis saringan
- Catatan: jika tanah yang lolos saringan No.200 < 50 gram maka dapat ditambahkan dengan cara menumbuk kembali tanah yang tertahan di saringan no.200 dan saringan no.100, setelah proses penyaringan dilakukan. Maka dari itu disarankan untuk melebihkan sampel agar tidak perlu dilakukan pengulangan, tetapi tetap secukupnya.*

F. ANALISIS PERHITUNGAN

1. Data

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

2. Perhitungan

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

$$\text{Berat Total Sampel} = \text{Berat Sampel lansar} + \text{Berat Sampel}_{\text{hydrometer}}$$

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

$$\% \text{ Kumulatif Tertahan} = \frac{\sum_{n=1} \text{Berat Sampel Tertahan}}{\text{Berat Total Sampel}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Lolos} = \frac{\text{Berat Total Sampel} - \sum_{n=1} \text{Berat Sampel Tertahan}}{\text{Berat Total Sampel}} \times 100\%$$

Setelah dilakukan perhitungan di atas, dihitung pula ukuran efektif (*effective size*), koefisien keseragaman (*uniformity coefficient*), dan koefisien gradasi (*coefficient of gradation*). Diameter dalam kurva distribusi ukuran butiran yang bersesuaian dengan 10% lolos ayakan didefinisikan sebagai ukuran efektif (D10). Selain D10, perlu dicari pula nilai D30 dan D60. Nilai- nilai D dapat diketahui dari kurva % Lolos vs Diameter Partikel (mm). Koefisien keseragaman dan koefisien gradasi masing- masing dinyatakan sebagai:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

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

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

C_c = koefisien gradasi

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

G. LAPORAN

1. Tabel Data Berat Tertahan di Setiap Ukuran Saringan: Data ini mencakup berat tanah yang tertahan di setiap saringan selama pengujian.
2. Perhitungan Koefisien Keseragaman (Cu) dan Koefisien Gradasi (Cc): Perhitungan ini digunakan untuk mengevaluasi karakteristik gradasi tanah.

BAB VII

MODUL 4.2 PEMERIKSAAN UKURAN BUTIRAN TANAH DENGAN HIDROMETER

A. PENDAHULUAN

Analisis ukuran butiran tanah dengan metode hidrometer digunakan untuk menentukan distribusi ukuran partikel tanah yang lolos saringan No. 200 atau lebih kecil dari 0,075 mm. Metode ini sangat berguna untuk mengidentifikasi karakteristik tanah berbutir halus seperti lempung dan lanau, yang sulit dianalisis menggunakan metode saringan biasa. Hasil dari analisis ini memberikan data penting untuk klasifikasi tanah, seperti dalam Unified Soil Classification System (USCS), dan membantu dalam memahami perilaku tanah dalam aplikasi rekayasa sipil, termasuk desain fondasi, stabilitas lereng, dan drainase.

B. TUJUAN

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

C. BENDA UJI

Benda uji yang digunakan dalam praktikum ini berupa sampel tanah kering oven yang telah lolos saringan No. 200. Sampel ini harus memiliki berat minimal 50 gram untuk tanah lempung atau 100 gram untuk tanah berpasir. Pengambilan benda uji harus dilakukan secara hati-hati untuk memastikan bahwa sampel yang digunakan merepresentasikan kondisi tanah asli di lapangan.

D. ALAT-ALAT

Peralatan yang digunakan dalam proses ini adalah:

1. Hydrometer dengan skala-skala konsentrasi (5 – 60 gram per liter) atau untuk pembacaan berat jenis campuran (0,995 – 1,038).
2. Sampel tanah 50 gr untuk tanah lempung, dan 100 gr untuk pasir

3. Larutan dispersi berupa water glass sebanyak 20ml atau dengan sodium hexametafosfat sebanyak 125ml.(bandingkan)
4. Mortar
5. Tabung-tabung gelas ukuran kapasitas 1000 ml, dengan diameter 6,5 cm. (ASTM)
6. Termometer 0 – 50 °C ketelitian 0,1°C (ASTM 0,5 C)
7. Pengaduk mekanis dan mangkuk dispersi (mechanical stirrer)
8. Neraca dengan ketelitian 0,01 gram
9. Saringan no. 200
10. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai (110 ± 5) °C
11. Batang pengaduk dari gelas
12. Stopwatch
13. Beaker 250 ml

E. PELAKSANAAN

Prosedur yang dilakukan adalah:

1. Ambil sampel tanah kering oven yang telah melalui saringan no.200 seberat 50gr (sampel tanah harus sama dengan sampel tanah pada analisis saringan).
2. Rendam benda uji dengan larutan dispersi, tambahkan air hingga semua tanah terendam, lalu aduk sampai merata dengan pengaduk dan biarkan terendam selama seminimal-minimalnya 16 jam (SNI 12 jam)
3. Pindahkan hasil dispersi ke mangkuk dispersi, tambahkan air hingga mangkuk setengah penuh. Aduk hasil dispersi dengan mechanical stirrer selama 5 menit (kalau di SNI tergantung nilai PI, Tanah dengan $PI \leq 5$ membutuhkan waktu pengadukan selama 5 menit, tanah dengan $6 \leq PI \leq 20$ perlu waktu aduk 10 menit dan tanah dengan $PI > 20$ perlu waktu aduk 15 menit, sedangkan tanah yang mengandung banyak mika diperlukan waktu pengadukan hanya 1 menit)
4. Segera setelah diaduk, masukkan hasil dispersi ke dalam tabung gelas, lalu tambahkan air hingga 1000 mL.
5. Tutup rapat-rapat mulut tabung dengan telapak tangan, kocok tabung

secara vertikal dengan dibolak-balik selama 1 menit, dengan 60 kali pengocokan. Pengocokan ke arah bawah dan ke arah atas dihitung sebanyak 2 kali.

6. Pada periode bergejolaknya air dalam tabung, jika perlu material yang lengket pada
7. dinding atas tabung harus dibilas dengan sedikit air.
8. Segera setelah dikocok letakkan tabung dengan hati-hati, masukkan hydrometer. Biarkan hydrometer terapung bebas dan tekanlah stopwatch. Bacalah angka skala (R) pada $\frac{1}{2}$, 1 dan 2 menit dan catat pada formulir pemeriksaan hydrometer. Sesudah pembacaan pada menit kedua, angkatlah hydrometer dengan hati-hati, cuci dengan air suling dan masukkan ke dalam tabung yang berisi air suling yang bersuhu sama seperti suhu tabung percobaan. Cek temperatur dari dispersi setelah hidrometer dikeluarkan.
9. Pembacaan hidrometer dilakukan pada batas atas cekungan permukaan dalam tabung (meniskus).
10. Baca skala hidrometer pada tabung yang berisi air untuk menentukan faktor koreksi dari air (R_a).
11. Baca skala hidrometer pada interval 5, 15, 30, 60, 250, 1440 menit. Kemudian, 20-25 detik sebelum pembacaan hidrometer dilakukan, masukkan kembali hidrometer dengan hati-hati ke dalam larutan dispersi, lalu baca skalanya ketika interval tersebut. Setelah pembacaan dilakukan, angkat hidrometer dan masukkan ke dalam tabung yang berisi air. Catat temperatur pada setiap pembacaan.
12. Setelah pembacaan terakhir, buang campuran pada tabung dan cucilah tabung sampai air pencucinya jernih dan biarkan air ini mengalir terbuang.

F. ANALISIS PERHITUNGAN

1. Data

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

Tabel 7.1 Formulir Data yang Diperlukan

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

2. Perhitungan

Dalam analisis hidrometer digunakan rumus berikut:

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

P = persentase tanah lolos (%)

R = bacaan hidrometer pada dispersi

Ra = bacaan hidrometer pada air

α = faktor koreksi terhadap Gs (lihat tabel Faktor Koreksi (α) terhadap nilai Gs

Tabel 7.2 Faktor Koreksi (α) terhadap nilai Gs

Berat Jenis G _s	Faktor koreksi a
2,95	0,94
2,90	0,95
2,85	0,96
2,80	0,97
2,75	0,98
2,70	0,99
2,65	1,00
2,60	1,01
2,55	1,02
2,50	1,04

Tentukan diameter partikel yang terjadi pada setiap interval pembacaan hidrometer. Persamaan untuk menentukan diameter partikel tersebut adalah sebagai berikut:

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

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

Dimana

K = fungsi dari temperatur dan Gs. (Lihat Tabel Nilai K untuk menghitung

Diameter Pertikel dalam Analisis Hidrometer)

D = diameter partikel (mm)

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

T = interval pembacaan hidrometer (menit)

Tabel 7.3 Nilai K untuk menghitung Diameter Pertikel dalam Analisis Hidrometer

Temperature °C	Specific Gravity of Soil Particles									
	2.45	2.50	2.55	2.60	2.65	2.70	2.75	2.80	2.85	
16	0.01510	0.01505	0.01481	0.01457	0.01435	0.01414	0.0394	0.01374	0.01356	
17	0.01511	0.01486	0.01462	0.01439	0.01417	0.01396	0.01376	0.01356	0.01338	
18	0.01492	0.01467	0.01443	0.01421	0.01399	0.01378	0.01359	0.01339	0.01321	
19	0.01474	0.01449	0.01425	0.01403	0.01382	0.01361	0.01342	0.01323	0.01305	
20	0.01456	0.01431	0.01408	0.01386	0.01365	0.01344	0.01325	0.01307	0.01289	
21	0.01438	0.01414	0.01391	0.01369	0.01348	0.01328	0.01309	0.01291	0.01273	
22	0.01421	0.01397	0.01374	0.01353	0.01332	0.01312	0.01294	0.01276	0.01258	
23	0.01404	0.01381	0.01358	0.01337	0.01317	0.01297	0.01279	0.01261	0.01243	
24	0.01388	0.01365	0.01342	0.01321	0.01301	0.01282	0.01264	0.01246	0.01229	
25	0.01372	0.01349	0.01327	0.01306	0.01286	0.01267	0.01249	0.01232	0.01215	
26	0.01357	0.01334	0.01312	0.01291	0.01272	0.01253	0.01235	0.01218	0.01201	
27	0.01342	0.01319	0.01297	0.01277	0.01258	0.01239	0.01221	0.01204	0.01188	
28	0.01327	0.01304	0.01283	0.01264	0.01244	0.01225	0.01208	0.01191	0.01175	
29	0.01312	0.01290	0.01269	0.01269	0.01230	0.01212	0.01195	0.01178	0.01162	
30	0.01298	0.01276	0.01256	0.01236	0.01217	0.01199	0.01182	0.01165	0.01149	

Tabel 7.4 Kedalaman Efektif Hidrometer

Hydrometer 151H Actual Hydrometer Reading	Hydrometer 152H					
	Effective Depth, L. (cm)	Actual Hydrometer Reading	Effective Depth, L. (cm)	Actual Hydrometer Reading	Effective Depth, L. (cm)	
1.000	16.3	0	16.3	31	11.2	
1.001	16.0	1	16.1	32	11.1	
1.002	15.8	2	16.0	33	10.9	
1.003	15.5	3	15.8	34	10.7	
1.004	15.2	4	15.6	35	10.6	
1.005	15.0	5	15.5	36	10.4	
1.006	14.7	6	15.3	37	10.2	
1.007	14.4	7	15.2	38	10.1	
1.008	14.2	8	15.0	39	9.9	
1.009	13.9	9	14.8	40	9.7	
1.010	13.7	10	14.7	41	9.6	
1.011	13.4	11	14.5	42	9.4	
1.012	13.1	12	14.3	43	9.2	
1.013	12.9	13	14.2	44	9.1	
1.014	12.6	14	14.0	45	8.9	
1.015	12.3	15	13.8	46	8.8	
1.016	12.1	16	13.7	47	8.6	
1.017	11.8	17	13.5	48	8.4	
1.018	11.5	18	13.3	49	8.3	
1.019	11.3	19	13.2	50	8.1	
1.020	11.0	20	13.0	51	7.9	
1.021	10.7	21	12.9	52	7.8	
1.022	10.5	22	12.7	53	7.6	
1.023	10.2	23	12.5	54	7.4	
1.024	10.0	24	12.4	55	7.3	
1.025	9.7	25	12.2	56	7.1	
1.026	9.4	26	12.0	57	7.0	
1.027	9.2	27	11.9	58	6.8	
1.028	8.9	28	11.7	59	6.6	
1.029	8.6	29	11.5	60	6.5	
1.030	8.4	30	11.4			
1.031	8.1					
1.032	7.8					
1.033	7.6					
1.034	7.3					
1.035	7.0					
1.036	6.8					
1.037	6.5					
1.038	6.2					
1.039	5.9					

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

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

P' = persentase tanah lolos yang telah dikoreksi

(%) Wc = berat tanah kering pada uji hidrometer
(gr)

Ws = berat tanah kering pada analisis saringan dan uji hidrometer (gr)

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

G. LAPORAN

1. Berikut adalah tabel dan grafik (Tabel 7.5) yang harus disertakan dalam laporan:
 - Data Berat yang Tertahan di masing-masing Saringan
 - Perhitungan Analisis Saringan setelah Analisis Hidrometer
 - Spesifikasi Data yang Diambil Selama Praktikum
 - Hidrometer
 - Pengolahan Data Analisis Hidrometer
 - Buatlah kesimpulan yang mengacu pada tujuan praktikum dan saran untuk perbaikan di masa mendatang.

Tabel 7.5 Grafik Analisis Gradasi

No.	Grafik	Hal-hal yang Perlu Dianalisis
1	Grafik 5.1 Kurva Gradasi Ukuran Butir Analisis Hidrometer, dengan D(mm) sebagai absis dengan skala logaritmik dan P(%) sebagai kordinat dengan skala normal.	<ul style="list-style-type: none"> • Tujuan pembuatan grafik tersebut. • Jenis kurva yang didapatkan.

2	<p>Grafik 5.2 Kurva Distribusi Ukuran Butiran (<i>Particle Size Distribution Curve</i>). Satukan kurva dari analisis saringan dan uji hidrometer dengan $D(\text{mm})$ sebagai absis dengan skala logaritmik dan persentase lolos $P'(\%)$ sebagai ordinat dengan skala normal.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tujuan pembuatan grafik tersebut. • Jenis kurva yang didapatkan. • Tentukan jenis tanah berdasarkan persentase pembagian butiran <i>Unified Soil Classification System</i> (USCS). • Hubungan antara kurva analisis saringan dengan kurva uji hidrometer.
---	---	--

BAB VIII
MODUL 5.1 PEMERIKSAAN *ATTERBERG LIMIT*
(PEMERIKSAAN *Liquid Limit*)

A. PENDAHULUAN

Batas cair (Liquid Limit) adalah kadar air minimum di mana tanah berbutir halus berada dalam keadaan transisi antara konsistensi cair dan plastis. Parameter ini penting dalam memahami sifat fisik tanah, terutama dalam klasifikasi tanah dan analisis geoteknik. Pengujian ini dilakukan menggunakan alat Cassagrande untuk menentukan jumlah ketukan yang dibutuhkan agar tanah dengan kadar air tertentu menyatu sepanjang 13 mm pada alur yang dibuat di mangkuk alat tersebut. Hasil pengujian ini memberikan informasi penting tentang perilaku tanah pada kadar air tertentu, yang sangat berpengaruh pada desain pondasi, stabilitas lereng, dan pekerjaan tanah lainnya. Dengan demikian, pemeriksaan ini menjadi salah satu langkah fundamental dalam karakterisasi tanah berbutir halus.

B. 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.

C. BENDA UJI

Sampel tanah kering yang telah lolos saringan no. 40 (lihat prosedur bagian persiapan sampel)

D. ALAT-ALAT

Peralatan yang digunakan dalam proses ini adalah:

1. Plat kaca 45 x 45 x 0,9 cm
2. Sendok dempul
3. Sendok plastik
4. Neraca dengan ketelitian 0,01 gram

5. Cawan untuk menentukan kadar air 3 buah
6. Tempat air suling
7. Air suling
8. Oven yang dilengkapi dengan pengukur suhu untuk memanasi sampai (110 ± 5)°C
9. Alat uji Cassagrande
10. Alat pembuat alur (grooving tool)

E. PELAKSANAAN

Prosedur yang dilakukan adalah:

1. Persiapan Sample

- Ambil sample tanah ± 200 gram (tanah dapat bersifat disturbed).
- Masukkan sample tanah ke dalam oven dengan suhu 1100 °C selama 24 jam atau sampai berat konstan.
- Tumbuk tanah sehingga terpecah menjadi pecahan-pecahan individu menggunakan mortar dan penumbuk.

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

- Saringlah sampel tanah melewati saringan no. 40.

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

2. Pelaksanaan Praktikum

- Ambillah tanah secukupnya, dan letakkan diatas plat kaca.
- Atur kadar air tanah dengan menambahkan air secukupnya sehingga didapat kondisi kadar air yang diinginkan. Campurkan hingga rata menggunakan sendok dempul.
- Dengan menggunakan sendok dempul tempatkan campuran tanah pada alat Cassagrande (mangkok), ratakan permukaanya sehingga menyerupai seperti permukaan air yang dituangkan pada mangkok tersebut.
- Bagi sampel di dalam mangkok tersebut menjadi dua (dari titik tertinggi hingga terendah pada mangkok), tegak lurus permukaan tanah, menggunakan alat pembuat alur (grooving tool).
- Naik dan turunkan mangkok (dengan menggunakan alat pemutar) dengan

kecepatan 2 kali jatuh per detik hingga terjadi kontak antara tanah yang terbagi tersebut sepanjang 13mm. Catat jumlah ketukan (N).

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

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

F. ANALISIS PERHITUNGAN

1. Data

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

Tabel 8.1 Formulir Data yang Diperlukan

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

2. Perhitungan

Silahkan lihat perhitungan Kadar Air di Modul 1.

G. LAPORAN

1. Berikut adalah tabel yang harus disertakan di dalam pelaporan adalah Tabel Data Praktikum *Liquid Limit*
2. Dari hasil perhitungan data yang telah diperoleh sebelumnya, buatlah grafik dan lakukan analisis sebagai berikut:

Tabel 8.2 Grafik Analisis Kadar Air

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

BAB IX

MODUL 5.2 PEMERIKSAAN ATTERBERG LIMIT: BATAS PLASTIK (PLASTIC LIMIT)

A. PENDAHULUAN

Batas plastis (Plastic Limit) adalah kadar air minimum di mana tanah berbutir halus berada dalam keadaan transisi antara konsistensi plastis dan semi-padat. Pemeriksaan batas plastis bertujuan untuk menentukan kadar air tanah pada kondisi tersebut, yang sangat penting untuk memahami sifat deformasi dan kekuatan tanah. Batas plastis merupakan parameter kunci dalam pengelompokan tanah berdasarkan sistem klasifikasi tanah seperti Unified Soil Classification System (USCS) dan sangat berperan dalam analisis geoteknik untuk berbagai aplikasi, termasuk stabilitas lereng, daya dukung tanah, dan desain pondasi. Pengujian ini dilakukan dengan cara menggulung tanah hingga diameter tertentu untuk mengamati kemampuan tanah mempertahankan bentuk tanpa retak atau hancur.

B. TUJUAN

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

C. BENDA UJI

Sampel tanah kering yang telah lolos saringan no. 40

D. ALAT-ALAT

Peralatan yang digunakan dalam proses ini adalah:

1. Plat kaca 45 x 45 x 0,9 cm
2. Sendok dempul
3. Sendok plastik
4. Neraca dengan ketelitian 0,01 gram
5. Cawan untuk menentukan kadar air 2 buah
6. Tempat air suling
7. Air suling

- Oven yang dilengkapi dengan pengukur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$.

E. PELAKSANAAN

Prosedur yang dilakukan adalah:

- Ambil 20 gram tanah dari bahan yang sama yang digunakan untuk tes Liquid Limit atau tanah yang tersisa dari tes Liquid Limit.
- Ambil tanah (secukupnya), letakkan specimen di dalam cawan.
- Atur kadar air tanah dengan menambahkan air hingga tanah mampu digulung tanpa menempel ke tangan dengan menyebarkan secara kontinyu pada cawan. *Catatan: Tambahkan air setetes demi setetes*
- Gulung specimen tanah tersebut dengan menggunakan telapak tangan (atau jari-jari) terhadap pelat kaca dengan tekanan yang cukup sehingga membentuk gulungan tanah yang seragam dengan diameter 3,2 mm. *Catatan: Waktu menggulung tidak lebih dari 2 menit.*
- Kumpulkan gulungan-gulungan tanah tersebut, dan masukkan ke 2 wadah yang telah diketahui beratnya sampai kira-kira beratnya 6 gram.
Catatan: Hanya digunakan satu campuran tanah dan air
- Periksa kadar air pada keduanya (lihat prosedur pada modul pemeriksaan kadar air).

F. ANALISIS PERHITUNGAN

1. Data

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

Tabel 9.1 Formulir Data yang Diperlukan

No	Proses	Data yang Diambil	Simbol	Sat.	Jumlah Data Total	Keterangan
1	Penentuan Kadar Air (Plastic Limit)	Berat Cawan	W1	g	2	Diperoleh 2 data kadar air
		Berat Cawan + Tanah Basah	W2	g	2	
		Berat Cawan + Tanah Kering	W3	g	2	

2. Perhitungan

Silahkan lihat perhitungan Kadar Air di Modul 1.

G. LAPORAN

1. Berikut adalah tabel yang harus disertakan di dalam pelaporan adalah Tabel Perhitungan Kadar Air *Plastic Limit*
2. Berikut ini adalah analisis yang perlu dilakukan:

Tabel 9.1 Analisis yang Perlu Dilakukan

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

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

BAB X

MODUL 6 KONSOLIDASI

A. PENDAHULUAN

Konsolidasi adalah proses perubahan volume tanah akibat keluarnya air dari pori-pori tanah ketika beban diterapkan. Pengujian konsolidasi bertujuan untuk memahami sifat mampatan tanah dan laju konsolidasi, yang sangat penting dalam analisis kestabilan tanah, perencanaan fondasi, dan desain struktur tanah lainnya. Pengujian ini dilakukan untuk menentukan hubungan antara tekanan efektif, penurunan tanah, dan waktu, yang berkontribusi pada pemahaman perilaku tanah jenuh dalam mendukung beban struktural.

B. TUJUAN

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

C. BENDA UJI

Benda uji yang digunakan dalam praktikum konsolidasi adalah sampel tanah asli (undisturbed sample) yang diambil dengan hati-hati untuk menjaga struktur dan kondisi awal tanah. Sampel tanah ditempatkan dalam cincin khusus dengan ukuran yang sesuai (diameter minimum 50 mm dan tinggi minimum 12 mm) untuk memastikan hasil pengujian yang representatif. Sampel ini juga harus jenuh air agar proses konsolidasi dapat terjadi secara optimal.

D. ALAT-ALAT

Peralatan yang digunakan dalam proses ini adalah:

1. Load device dengan akurasi $\pm 0,5\%$ dari tekanan yang diberikan.
2. Beban yang digunakan sebesar 0,316 kg ; 0,632 kg ; 1,264 kg ; 3,16 kg ; 7,9 kg ; 15,8 kg. (beban akan berbeda menyesuaikan pada konversi alat tertentu bisa menggunakan 0.1 kg; 0.2 kg; 0.4 kg; 1 kg;

2.5 kg; dan 5 kg)

3. Consolidometer dengan toleransi diameter dalam ring sebesar 0,075 mm, minimum diameter spesimen sebesar 50 mm, minimum tinggi spesimen sebesar 12 mm, minimum ratio diameter dan tinggi spesimen sebesar 2,5.
4. Batu pori
5. Pengukur deformasi (ketelitian 0,0025 mm)
6. Alat pengeluar contoh dari dalam tabung (extruder)
7. Pemotong yang terdiri dari pisau tipis dan tajam serta pisau kawat
8. Cincin sampel
9. Neraca dengan ketelitian 0,1 gram
10. Oven yang dilengkapi dengan pengukur suhu untuk memanasi sampai $110^{\circ}\pm 5^{\circ}\text{C}$
11. Kertas saring
12. Stopwatch
13. Sampel Undisturbed

E. PELAKSANAAN

Prosedur yang dilakukan adalah:

1. Siapkan sampel tanah dari tabung.

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

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

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

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

alat pembebanan.

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

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

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

8. Lakukanlah pembebanan dengan kenaikan setiap interval waktu tertentu (24jam). Kenaikan beban yang digunakan kurang lebih dua kali lipat dari beban sebelumnya, yakni 0,1 ; 0,2 ; 0,4 ; 1 ; 2,5 ; 5kg/cm².

Catatan: Beberapa consolidometer dilengkapi dengan waterpass. Agar beban yang terpasang dapat terus menggantung tepat tegak lurus, tuas beban disesuaikan terlebih dahulu sebelum pelaksanaan penambahan beban. Pastikan pada setiap saat sampel terendam air.

9. Catat kembali penurunan sampel, d, akibat beban yang digunakan dengan waktu pencatatan seperti pada poin d.
10. Setelah semua pembebanan sudah dikenakan pada sampel, lakukan juga *unloading* sebanyak dua kali dan *reloading* satu kali.

Catatan: Pembacaan unloading dilaksanakan pada saat t= 0 dan t = 1440 menit.

11. 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.

12. Kemudian keluarkan sampel dari ring dan timbang berat tanah basah.
13. Setelah tanah ditimbang, oven selama 24 jam pada temperatur 110°C dan catat berat kering tanah.

F. ANALISIS PERHITUNGAN

1. Data

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

Tabel 10.1 Formulir Data yang Diperlukan

No.	Proses	Data yang Diambil	Simbol	Sat.	Jumlah Data Total	Keterangan
1	Persiapan Sample	Tinggi Sample	Ho	mm	1	
		Diameter Sample	D	mm	1	
2	Pembacaan dial reading	Dial Reading ($t = 0 ; 0,15 ; 1 ; 2,15 ; 4 ; 6,15 ; 9 ; 12,15 ; 16 ; 20,15 ; 25 ; 36 ; 64 ; 100 ; 1440$ menit)	d	mm	16	16 data diperoleh pada setiap pembebanan, untuk unloading hanya saat $t = 0$ dan $t = 1440$ menit
3	Kadar Air	Berat cawan	W1	g	1	
		Berat cawan + tanah basah	W2	g	1	
		Berat cawan + tanah kering	W3	g	1	
4	Penentuan berat jenis (Gs)	Berat picnometer + tutup	Mp, c	g	1	
		Berat picnometer + tutup + air	Mpw, c	g	1	
		Suhu air awal	ρ_w, c	°C	1	
		Berat picnometer + tutup + tanah	Mps, t	g	1	
		Berat picnometer + tutup + tanah + air	Mpws, t	g	1	
		Suhu air akhir	ρ_w, t	°C	1	

2. Perhitungan

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

$$H_t = \frac{Bk}{A \cdot G}$$

Dimana:

Ht = tinggi efektif benda uji
= tinggi butiran-butiran tanah (jika dianggap menjadi satu)

A = luas benda uji
G = *Specific Gravity*
Bk = berat tanah kering

- Hitung besar penurunan total (ΔH) yang terjadi pada setiap pembebahan.
 ΔH = pembacaan arloji pada permulaan percobaan dikurangi pembacaan arloji sesudah pembebahan yang bersangkutan.

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

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

H₀ = tinggi contoh semula

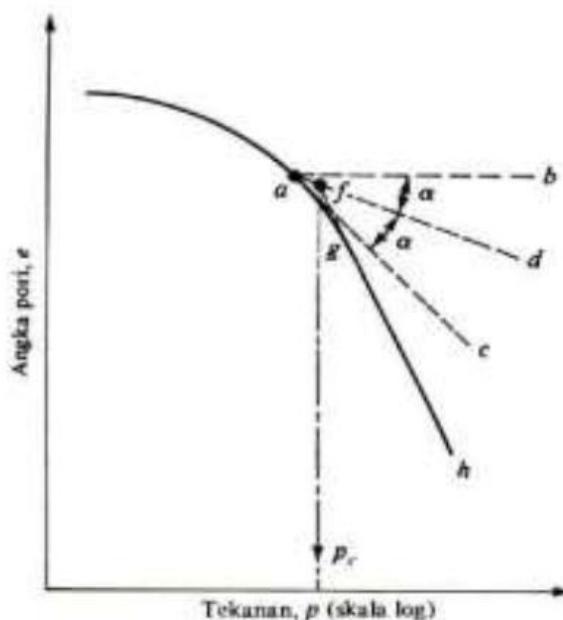
- Hitung perubahan angka pori (Δe) pada setiap pembebahan dari rumus:

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

- Hitung angka pori (e) pada setiap pembebahan dengan rumus:

$$e = e_0 - \Delta e$$

- Gambarkanlah harga-harga angkapori ini pada grafik angka pori terhadap tekanan, dengan mempergunakan skala logaritmis untuk tekanan. Dari grafik angka pori terhadap tekanan dapat ditentukan nilai *preconsolidation pressure* (Pc) dengan metode cassagrande (Braja edisi ke-5, hal. 276) sebagai berikut:
 1. Dengan melakukan pengamatan secara visual pada grafik, tentukan titik a di mana grafik e versus log p memiliki jari-jari kelengkungan yang paling minimum.
 2. Gambar garis datar ab.
 3. Gambar garis singgung ac pada titik a.
 4. Gambar garis ad yang merupakan garis bagi sudut bac.
 5. Perpanjang bagian grafik e versus log p yang merupakan garis lurus hingga memotong garis ad di titik f.
 6. Absis untuk titik f adalah besarnya tekanan prakonsolidasi (pc).



Gambar 10.1 Cara menentukan P_c

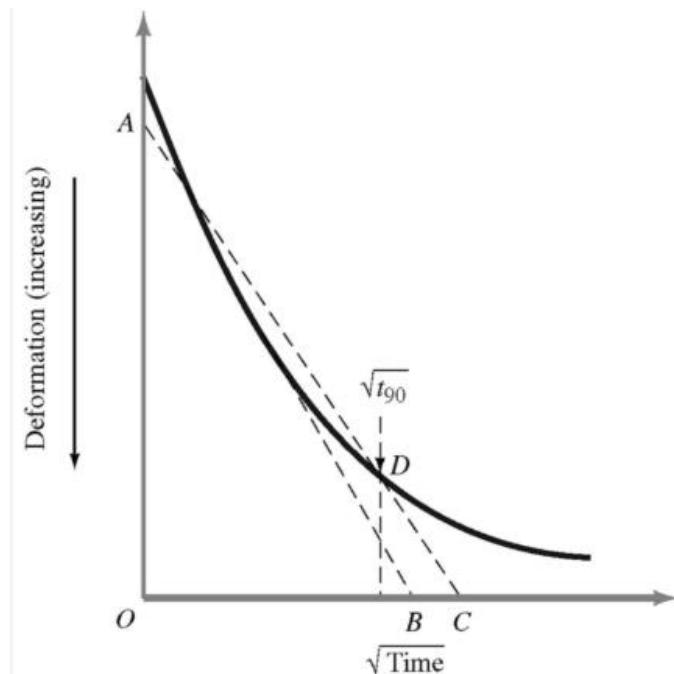
- Perhitungan nilai C_v dapat dilakukan dengan rumus berikut

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

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

- Gambar suatu garis AB melalui bagian awal kurva (ambil kurva yang lurus).
- Gambar suatu garis AC sehingga $OC = 1.15 OB$. Absis titik D, yang

merupakan perpotongan antara garis AC dan kurva konsolidasi merupakan perpotongan antara garis AC dan kurva konsolidasi, memberikan harga akar waktu untuk tercapainya konsolidasi 90 %.



Gambar 10.2 Metode akar-waktu (Square-root of time method)

- Hitunglah derajat kejenuhan sebelum dan sesudah percobaan dengan rumus:

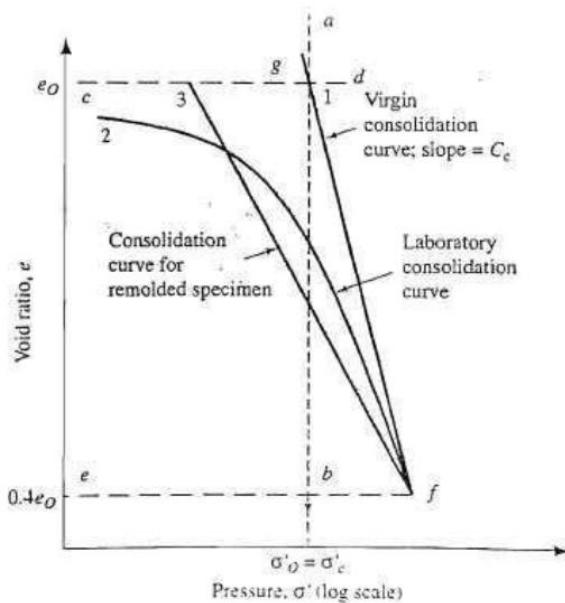
S_r = derajat kejenuhan

W = kadar air

G = *Specific Gravity*

e = angka pori

- Tentukan nilai C_c



Gambar 10.3 Kurva Asli Lapangan

- Gambar gari ab. Dimana garis ab adalah besar Pc tanah.
 - Gambar garis cd, dimana garis cd adalah besar $e0$.
 - Gambar gari ef, dimana garis ef adalah besar nilai $0.4e0$
 - Buat garis yang menyambungkan titik f dan g. Dimana g adalah titik potong gari ab dan cd.
 - Cc adalah kemiringan garis fg.

$$C_c = \frac{e1 - e2}{\log \frac{p1}{p2}}$$

- Tentukan nilai Cs
Cs dapat ditentukan dengan melihat kemiringan grafik reloading pada grafik angka pori terhadap $\log p$. Pada umumnya nilai Cs lebih kecil dari pada nilai Cc.

$$C_c \cong \frac{1}{5} to \frac{1}{10} C_c$$

G. LAPORAN

1. Berikut adalah tabel yang harus disertakan didalam laporan:

- Tabel Data umum tanah (ukuran, kadar air, Gs)
 - Tabel Tabel Dial Reading
 - Tabel Angka Pori
 - Tabel Perhitungan Cv

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

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

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

BAB XI

MODUL 7 PEMERIKSAAN PERMEABILITAS TANAH

A. PENDAHULUAN

Permeabilitas adalah kemampuan tanah untuk mengalirkan air melalui pori-porinya. Uji permeabilitas sangat penting dalam menentukan koefisien permeabilitas (κ) tanah, yang merupakan parameter utama dalam analisis geoteknik untuk fondasi, sistem drainase, dan stabilitas lereng. Falling head permeability test digunakan untuk tanah berbutir halus dengan nilai koefisien permeabilitas lebih kecil dari 10^{-3} cm/s, memberikan metode pengujian yang sensitif terhadap perubahan tekanan air.

B. TUJUAN

Benda uji yang digunakan adalah sampel tanah asli (undisturbed sample) dengan kondisi alami yang diambil menggunakan extruder. Sampel ini harus memiliki panjang dan diameter yang sesuai untuk dimasukkan ke dalam cetakan permeabilitas. Sampel dikerik setebal ± 2 mm pada bagian bawah untuk memastikan tidak terjadi kebocoran selama pengujian.

C. BENDA UJI

Contoh bahan mengandung bitumen sebanyak (200 – 0,1) gram.

D. ALAT-ALAT

Peralatan yang digunakan dalam proses ini adalah:

1. Alat Permeabilitas (*Falling Head*)
2. Batu pori
3. Kertas saring
4. Buret
5. *Stopwatch*
6. Pisau Kawat
7. Thermometer
8. Sampel tanah *Undisturbed*
9. Extruder

E. PELAKSANAAN

Prosedur yang dilakukan adalah:

1. Mengambil sample tanah undisturbed dari extruder
2. Mencetak sample tanah undisturbed dengan cetakan permeabilitas.

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

3. Mengukur suhu air dengan thermometer

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

4. Mengukur dan Mencatat diameter dalam dari buret dan permeameter.

Catatan: Pengukuran diameter pipa dapat dilakukan dengan pendekatan volume..

5. Mengukur panjang (L) dari sample tanah

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

6. Masukkan Sample tanah Undisturbed kedalam permeameter ratakan permukaan sample tanah dengan pisau kawat. Bagian bawah sample dikerik 2 mm.

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

7. Menempatkan batu pori dibagian atas dan bawah dari permeameter, sehingga benda uji yang sudah dilapis kertas saring terapit oleh kedua batu pori.

8. Meletakkan permeameter yang sudah berisi benda uji pada posisinya kemudian ditutup dan dihubungkan dengan buret.

Catatan: Permameter harus ditutup dengan sangat kencang agar tidak terjadi kebocoran. Pemutaran mur dapat menggunakan tang agar lebih kencang.

9. Menyuplai air ke dalam buret.
10. Memastikan bahwa tidak terdapat kebocoran dan tidak terdapat gelembung udara pada buret.

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

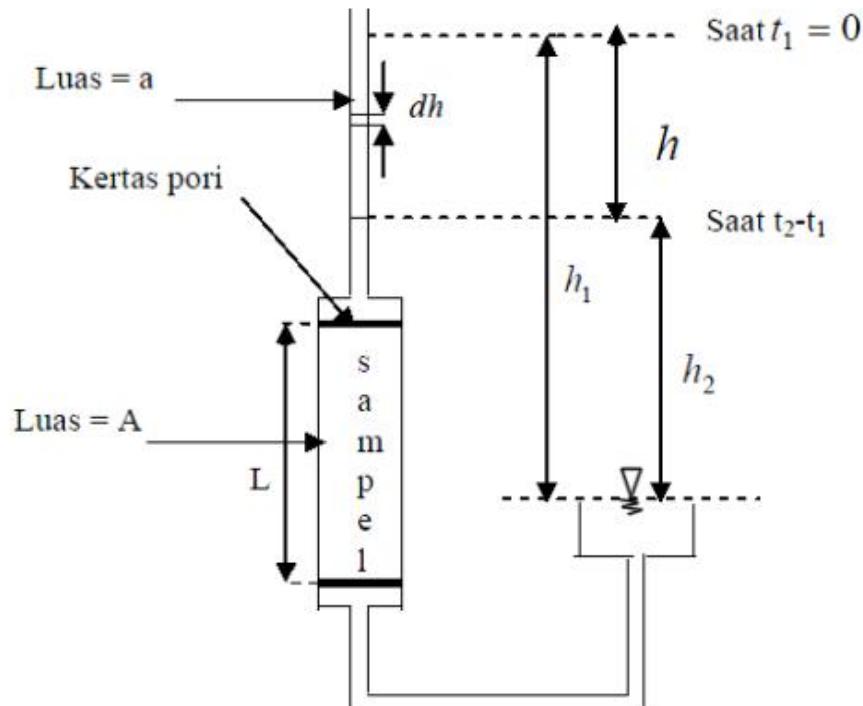
11. Jika sudah tidak ada gelembung isi kembali buret dengan air kemudian biarkan tanah jenuh. Ciri tanah telah jenuh adalah air akan keluar dari outlet permeameter

Catatan: Tahap ini tidak perlu dilakukan bila waktu tidak memungkinkan.

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

13. Jika sudah dicatat alirkan air dan tekanlah stopwatch. Pengaliran air dilakukan selama kurang lebih 24 jam.

14. Catat penurunan muka air dalam buret dalam selang waktu 2 jam dan 24 jam.



Gambar 11.1 Skema pengujian tanah dengan Falling Head.

F. ANALISIS PERHITUNGAN

1. Data

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

Tabel 11.1 Formulir Data yang Diperlukan

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

2. Perhitungan

Regangan yang terjadi dapat diketahui melalui rumus berikut:

Hitunglah parameter sampel tanah sebagai berikut:

- Koefisien permeabilitas (k) dalam cm/s

• Jenis tanah berdasarkan

nilai k Koefisien

Permeabilitas

•

$$k = \left(\frac{a \cdot L}{A \cdot t} \right) \log \frac{h_1}{h_2}$$

$$k = 2.303 \left(\frac{a \cdot L}{A \cdot t} \right) \log \frac{h_1}{h_2}$$

Dimana:

A = Luas penampang melintang pada contoh tanah

a = Luas penampang melintang pipa-tegak

L = Panjang spesimen

h_1 = Posisi ketinggian air pada saat $t_1 = 0$

h_2 = Posisi ketinggian air pada $t_2 - t_1$

Koreksi Koefisien Permeabilitas

$$k_{20^{\circ}C} = K_{T^{\circ}C} \frac{\mu_{T^{\circ}C}}{\mu_{20^{\circ}C}}$$

$K_{T^{\circ}C}$ = Koefisien permeabilitas sesuai dengan hasil praktikum pada suhu lab

$k_{20^{\circ}C}$ = Koefisien permeabilitas berdasarkan standar temperature suhu 20°

Tabel 11.2 Koreksi Berdasarkan Suhu Air

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

G. LAPORAN

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

BAB XII

MODUL 8 PEMERIKSAAN KEPADATAN TANAH

A. PENDAHULUAN

Pemeriksaan kepadatan tanah bertujuan untuk menentukan hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah. Uji ini membantu menemukan kadar air optimum yang menghasilkan berat volume kering maksimum. Dalam praktikum ini, sampel tanah dipadatkan secara bertahap menggunakan cetakan silinder dan alat penumbuk sesuai standar, sehingga didapatkan data penting untuk desain konstruksi tanah, seperti stabilitas lereng, daya dukung tanah, dan kebutuhan pemasangan di lapangan.

B. TUJUAN

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

C. BENDA UJI

Benda uji yang digunakan adalah sampel tanah dengan berat sekitar 25 kg yang telah lolos saringan 9,5 mm. Sampel tanah harus homogen dan memiliki distribusi partikel yang merata agar hasil pengujian akurat. Sampel dicampur dengan variasi kadar air sebelum proses pemasangan dilakukan.

D. ALAT-ALAT

Peralatan yang digunakan dalam proses ini adalah:

1. Cetakan terbuat dari logam berdiameter 152 mm (6"), tinggi $116,43 \pm 0,1270$ mm, kapasitas $0,002124 \pm 0,000021$ m³, dan dilengkapi dengan leher sambung yang terbuat dari bahan yang sama.
2. Alat tumbuk tangan dari logam yang dengan berat 4,5 kg (10 lbs)
3. Timbangan kapasitas 11,5 kg dengan ketelitian 5 gram

4. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai (110 ± 5)°C
5. Pisau
6. Talam, alat pengaduk dan sendok
7. Sampel tanah 25 kg lolos saringan 9.5 mm
8. Extruder

E. PELAKSANAAN

1. Pengaturan Variasi Kadar Air

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

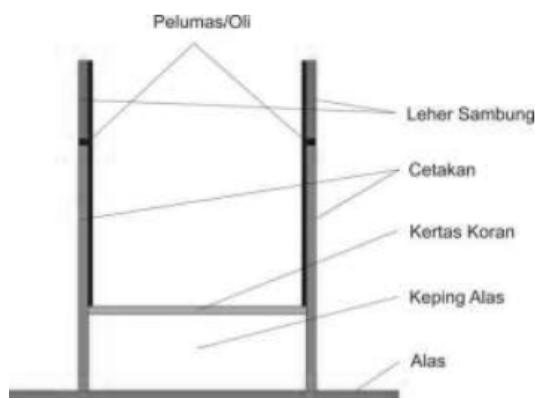
Catatan:

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

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

2. Proses Pemadatan

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



Gambar 12.1 Posisi pemasangan cetakan

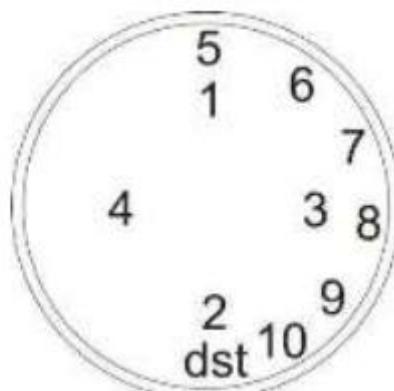
Catatan:

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

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

Catatan:

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



Gambar 12.2 Posisi tumbukan kompaksi

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

Catatan:

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

perhitungan.

3. Perhitungan Kadar Air dan Berat Jenis (Gs)

- Keluarkan sampel dari cetakan dengan menggunakan extruder atau secara manual.

Catatan: gunakan alat sondir sebagai extruder

- Potong sebagian kecil dari sampel pada bagian atas, tengah, dan bawah untuk pemeriksaan kadar air. Tentukan kadar air (w) dari sampel tanah
- Tentukan Gs dari sampel tanah (lihat bab Pemeriksaan Berat Jenis).
- Masukkan tanah kedalam drive cylinder lalu keluarkan tanah dari drive cylinder kedalam cawan kosong dan timbang cawan berserta tanah tersebut untuk menentukan berat tanah basah.

F. ANALISIS PERHITUNGAN

1. Data

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

Tabel 12.1 Formulir Data yang Diperlukan

No.	Proses	Data yang Diambil	Simbol	Sat.	Jumlah Data Total	Keterangan
1	Uji Kompaksi	Berat Mold	W1	kg	5	
		Berat Mold + tanah	W2	kg	5	
2	Penentuan Kadar Air	Berat Cawan	W3	g	15	
		Berat Cawan + tanah basah	W4	g	15	Diperoleh 15 data karena untuk masing- masing sampel, diuji kadar air di lapisan tanah atas, tengah dan bawah pada mold
		Berat Cawan + tanah kering	W5	g	15	
		Berat Piknometer + tutup	M _p , c	g	1	

3	Penentuan <i>Specific Gravity</i>	Berat Piknometer + tutup + air	Mpw, c	g	1	
		Suhu air awal	ρ_w, c	°C	1	
		Berat Piknometer + tutup + tanah	Mps, t	g	1	
		Berat Piknometer + tutup + tanah + air	Mpws, t	g	1	
		Suhu air akhir	ρ_w, t	°C	1	

2. Perhitungan

Hitunglah parameter sampel tanah sebagai berikut:

- Hitung Kadar air (ω) dalam % (Lihat Modul 1 tentang kadar air)
- Hitung Specific gravity (Gs) (Lihat Modul 3 tentang berat jenis)
- Hitung berat volume basah (γ), berat volume kering (γ_d), berat volume ZAV (γ_{zav}) dengan mempergunakan rumus sebagai berikut:

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

γ = berat isi basah (gr/cm³) W_1 = Berat mold (gram)

W_2 = Berat mold dan tanah (gram)

V = isi cetakan (cm³)

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

γ_d = berat isi kering (gr/cm³)

ω = kadar air (%)

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

γ_{zav} = berat isi tanah dimana tidak ada lagi rongga udara

Gs = berat jenis tanah

γ_w = berat isi air (gr/cm³)

ω = kadar air (%)

G. LAPORAN

1. Berikut adalah tabel yang harus disertakan didalam laporan:
 - Tabel Perhitungan Kadar Air
 - Tabel Perhitungan Berat Volume (moist, dry dan ZAV)
2. Dari hasil perhitungan sebelumnya, buatlah grafik lalu lakukanlah analisis sebagai berikut:

Tabel 12.2 Grafik dan Analisis

No.	Grafik	Hal-hal yang Perlu Dianalisis
1	Grafik Berat Volume Kering (γ_d) vs Kadar Air (ω) dan garis ZAV	<ul style="list-style-type: none">• Tujuan pembuatan grafik tersebut.• Hubungan γ_d dan ω• Hubungan γ_d dan γ_{ZAV}

BAB XIII

MODUL 9 PEMERIKSAAN NILAI *CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)*

A. PENDAHULUAN

California Bearing Ratio (CBR) adalah pengujian untuk menentukan daya dukung relatif suatu tanah atau bahan dasar jalan dibandingkan dengan bahan standar. Nilai CBR digunakan untuk merancang ketebalan perkerasan jalan dan menentukan klasifikasi material tanah atau agregat dalam konstruksi jalan. Dalam pengujian ini, dilakukan jenis uji **soaked**, yaitu pengujian tanah dalam kondisi jenuh air untuk mensimulasikan keadaan di lapangan saat musim hujan. Praktikum ini bertujuan untuk mengevaluasi kekuatan tanah yang dipadatkan di laboratorium berdasarkan metode standar.

B. TUJUAN

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

C. BENDA UJI

Benda uji yang digunakan adalah sampel tanah sebanyak 3 buah dengan berat masing-masing sekitar 5 kg. Sampel tanah harus lolos saringan 9,5 mm untuk memastikan distribusi ukuran partikel sesuai standar.

D. ALAT-ALAT

Peralatan yang digunakan dalam proses ini adalah:

1. Mesin penetrasi (loading machine) dengan kapasitas minimal 4.45 ton (10.000 lbs) dengan kecepatan penetrasi sebesar 1.27 mm (0.05") per menit.
2. Cetakan terbuat dari logam berdiameter 152 mm (6"), tinggi 116.43 \pm 0.1270 mm, kapasitas $0.002124 \pm 0.000021 \text{ m}^3$, dan dilengkapi dengan leher sambung yang terbuat dari bahan yang sama.

3. Piringan pemisah dari logam dengan diameter 150.8 mm dan tebal 61.4 mm.
4. Alat tumbuk (manual hammer) tangan dari logam dengan berat 4.5 kg (10 lbs), sesuai dengan Pemeriksaan Kepadatan Modified.
5. Keping beban dengan berat 2.27 kg.
6. Torak penetrasi dari logam.
7. Satu buah arloji beban, satu buah arloji pengukur penetrasi, dan peralatan lain seperti talam, alat perata, pisau, dan tempat untuk merendam.
8. Timbangan.
9. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai (110 ± 5)°C.
10. Extruder (menggunakan alat sondir).

E. PELAKSANAAN

Prosedur yang dilakukan adalah:

1. Penambahan Kadar Air

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

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

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

2. Proses Pemadatan

- Timbang cetakan logam diameter 152 mm (6").
- Cetakan, leher dan keping alas dipasang jadi satu dan tempatkan pada landasan yang kokoh. Letakkan kertas koran di atas keping alas agar tanah tidak menempel saat cetakan dibuka.
- Catatan: sebaiknya oleskan pelumas atau oli terlebih dahulu pada

bagian dalam cetakan, terutama bidang pertemuan antara cetakan dan leher sambung.

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

3. Proses Penetrasi

- Balik cetakan dan letakkan keping beban 2.27 kg di atas permukaan benda uji.
- Posisikan torak penetrasi pada permukaan benda uji dan pastikan bahwa torak penetrasi telah menyentuh permukaan benda uji.

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

- Pasangkan pemberat selanjutnya (piringan pemisah) pada benda uji(total beban = 4,54 kg).
- Proses penetrasi dapat dimulai dan pembacaan dilakukan setiap 30 detik selama 10 menit.

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

- Keluarkan tanah dari cetakan, ambil bagian atas, tengah, dan bawah minimal 100 gram untuk tanah berbutir halus atau 500 gram untuk tanah berbutir kasar.
- Masukkan tanah ke dalam cawan, timbang, lalu oven.

F. ANALISIS PERHITUNGAN

1. Data

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

Tabel 13.1 Formulir Data yang Diperlukan

No.	Proses	Data yang Diambil	Simbol	Sat.	Jumlah Data Total	Keterangan
1	Penentuan Kadar Air	Berat Cawan	W1	g	9	Diperoleh 9 data karena untuk masing-masing sampel, diuji kadar air di lapisan tanah atas, tengah dan bawah pada mold
		Berat Cawan + tanah basah	W2	g	9	
		Berat Cawan + tanah kering	W3	g	9	
2	Penentuan nilai berat volume tanah kering γ_d	Berat Mold	W4	g	3	
		Berat Mold + tanah	W5	g	3	
		Volume Mold	V1	cm ³	3	
3	Uji CBR	Dial reading setiap 30 detik	R	10 ⁻⁴ inch	63	Diperoleh 63 data karena masing-masing sampel diuji selama 10 menit dengan data

2. Perhitungan

Hitunglah parameter tanah dan parameter nilai CBR sebagai berikut:

- Kadar air, W (%) untuk masing-masing sample (10, 25, dan 56x tumbukan)
- Berat volume tanah kering (γ_d) untuk masing-masing sample (gr/cm³)

- Load (lbs) dan Pressure (lbs/inch)
 - Load = dial reading \times kalibrasi
 - Pressure = load / luas piston
- Harga CBR 0.1 dan CBR 0.

$$CBR_{0.1} = \frac{Presssure \text{ pada penetrasi } 0,1"}{1000} \times 100\%$$

$$CBR_{0.2} = \frac{Presssure \text{ pada penetrasi } 0,2"}{1500} \times 100\%$$

- Harga CBR desain

Harga CBR pada saat nilai berat volume tanah 95% γ_d max

G. LAPORAN

1. Berikut adalah tabel yang harus disertakan didalam laporan:
 - Tabel Perhitungan Kadar Air
 - Tabel Perhitungan Berat Volume Tanah Kering
 - Tabel Perhitungan Pressure
2. Buatlah kesimpulan yang mengacu pada tujuan praktikum dan saran untuk perbaikan di masa mendatang.

BAB XIV

MODUL 10 UJI GESER LANGSUNG

A. PENDAHULUAN

Uji geser langsung adalah metode pengujian laboratorium untuk menentukan parameter kuat geser tanah, seperti kohesi (σ) dan sudut geser dalam (ϕ). Parameter ini penting dalam analisis stabilitas lereng, daya dukung tanah, dan perancangan struktur tanah lainnya. Pengujian ini dilakukan dengan memberikan beban normal dan pembebahan horizontal secara terkontrol pada benda uji yang ditempatkan dalam kotak geser (shear box). Dengan metode ini, dapat diperoleh hubungan antara tegangan geser, tegangan normal, dan regangan geser, yang menjadi dasar dalam memahami perilaku tanah di bawah beban

B. TUJUAN

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

C. BENDA UJI

Benda uji merupakan spesimen tanah undisturbed dengan diameter minimum benda uji berbentuk lingkaran 50 mm dan lebar minimum benda uji berbentuk persegi 50 mm. Tebal minimum benda uji 12,5 mm. Perbandingan diameter dengan tebal benda uji adalah 1:2. Selain itu, bahan penunjang uji lain adalah air yang digunakan untuk merendam benda uji pada shear box.

D. ALAT-ALAT

Peralatan yang diperlukan adalah sebagai berikut:

1. Oven pengering Alat geser

2. Terbuat dari bahan yang tidak mudah korosi dan kaku untuk mencegah distorsi selama pengujian.
3. Batu pori
Berfungsi untuk memberikan akses drainase air pori dengan pori-pori halus agar dapat mencegah penyusupan tanah.
4. Alat pembeban gaya vertikal
Ketelitian alat kurang lebih 1% dari penyimpangannya selama pengujian.
5. Alat pembeban gaya horizontal
Memberikan pembebanan horizontal dengan kecepatan konstan (penyimpangan yang diperbolehkan kurang dari 10%)
6. Arloji ukur deformasi
Dapat mengukur perubahan tebal beban uji dan regangan dengan ketelitian sampai 0,01 mm
7. Peralatan lain
Peralatan lain berupa necara (dengan ketelitian 0,1 gram), wadah benda uji, alat cetak ulang atau alat pematat benda uji, alat ukur waktu, penyuling air, pisau, dan penggaris.

E. PELAKSANAAN

Prosedur yang dilakukan dalam proses ini adalah sebagai berikut:

1. Persiapkan alat untuk pengujian dan pastikan dapat berfungsi dengan baik.
2. Cetak benda uji dari tabung atau silinder uji dengan menggunakan cincin cetak dengan kondisi benda uji undisturbed.
3. Lakukan pengujian kadar air dan berat jenis tanah sesuai dengan prosedur pengujian pada modul sekian.
4. Pasang pelat dasar pada bagian bawah kotak geser, selanjutnya pasang batu pori, kertas filter, pelat berlubang yang beralur, sampel uji pada cincin cetak, pelat berlubang yang beralur, kertas filter, batu pori dan landasan pembebanan berurutan dari bagian bawah kotak geser.
5. Jenuhkan benda uji dengan mengisi bak hingga benda uji dan batu pori terendam seluruhnya.
6. Lakukan pembebanan konsolidasi dengan memasang beban vertikal.

Atur pembacaan arloji geser sehingga menunjukan angka nol.

7. Buka kunci lengan pembebahan dan baca deformasi pada arloji ukur gerak vertikal untuk $t=0; 0,25; 1,0; 4,0; 6,25; 9,0; 12,25; 16,0; 20,25; 60; 120; 240; 480$; dan 1440 menit.
8. Lakukan pembebahan horizontal dengan membuka baut pengunci kotak geser kemudian set kecepatan pembebahan menjadi 1 mm/menit dan nyalakan tombol listrik alat penggeser.
9. Catat waktu, deformasi vertikal, deformasi horizontal, dan gaya geser cincin pembebahan setiap 0,5 menit.
10. Berikan beban normal pada benda uji kedua sebesar dua kali beban normal yang pertama dan lakukan langkah-langkah (f), (g), (h) dan (i).
11. Berikan beban normal pada benda uji ketiga sebesar tiga kali beban normal yang pertama dan lakukan langkah-langkah (f), (g), (h) dan (i)..

F. ANALISIS PERHITUNGAN

1. Data

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

Tabel 14.1 Formulir Data yang Diperlukan

No.	Proses	Data yang diambil	Simbol	Sat	Jumlah Data	Keterangan
1	Persiapan sampel	Berat Spesimen	W1	gr	3	
		Luas ring	A1	cm ²	3	
		Faktor koreksi			3	
2	Shearing	Beban kerja	W2	kg	3	Dial reading dicatat hingga spesimen mengalami keruntuhan
		Berat alat	W3	kg	3	
		Dial Reading			Disesuaikan	

2. Perhitungan

- Hitung luas dan volume dari benda uji
- Hitung tegangan normal (σ')

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

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

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

G. LAPORAN

1. Berikut merupakan tabel yang perlu dicantumkan dalam laporan:
 - Tabel Pengolahan Data Shear Stress
 - Tabel Pengolahan Data Normal Stress
2. Lakukan analisis untuk kedua grafik berikut:

Tabel 14.2 Analisis Grafik *Normal Stress vs Shear Stress*

No.	Grafik	Hal-hal yang Perlu Dianalisis

1	<p>Grafik 10.1 <i>Normal Stress vs Shear Stress</i></p> <ul style="list-style-type: none"> i. Plot τ terhadap regangan geser ii. Plot regangan vertikal vs regangan geser iii. Plot tegangan normal vs tegangan geser untuk semua pengujian iv. Hubungan ketiga titik yang diperoleh sehingga membentuk garis lurus yang memotong sumbu vertical pada harga kohesi (c) dan memotong sumbu horizontal (σ) dengan sudut-sudut geser tanah (ϕ) sesuai dengan persamaan: $\tau = \sigma \tan \phi$ 	<ul style="list-style-type: none"> • Tujuan pembuatan grafik tersebut. • Hubungan tegangan geser dan tegangan normal • Besarnya nilai geser • Besarnya sudut geser
---	--	--

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

BAB XV

MODUL 11 UJI TEKAN BEBAS (UCS)

A. PENDAHULUAN

Pengujian kuat tekan bebas (Unconfined Compressive Strength/UCS) adalah metode untuk menentukan kekuatan tanah, khususnya tanah lempung atau lanau, dalam kondisi tanpa tekanan lateral (unconfined). Tujuan pengujian ini adalah mengukur kekuatan tanah menahan gaya aksial hingga keruntuhan geser, yang digunakan untuk menghitung kuat tekan bebas, kekuatan geser undrained, dan derajat kepekaan tanah, yaitu perbandingan kekuatan tanah dalam kondisi asli (undisturbed) dan terganggu (remolded).

B. TUJUAN

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

1. Kekuatan geser undrained (cu)
2. Derajat kepekaan (degree of sensitivity), yaitu rasio antara kuat tekan bebas dalam kondisi asli (undisturbed) dan dalam kondisi remolded.

C. BENDA UJI

1. Sampel Uji *Undisturbed*

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

2. Sampel Uji *Remolded*

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

D. ALAT-ALAT

Peralatan yang diperlukan adalah sebagai berikut:

1. Compression Device

Perangkat kompresi dengan kapasitas dan kontrol yang memadai untuk memberikan pembebahan yang telah ditentukan. Untuk tanah dengan kekuatan tekan kurang dari 100 kPa, perangkat kompresi harus mampu mengukur tegangan tekan sampai 1 kPa. Sedangkan untuk tanah dengan kekuatan tekan lebih dari sama dengan 100 kPa, perangkat kompresi harus mampu mengukur tegangan tekan sampai 5 kPa.

2. Timbangan

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

3. Stopwatch

Berfungsi untuk menunjukkan lamanya waktu pengujian.

4. Drive Cylinder

Berfungsi sebagai pencetak sampel uji dengan diameter 30 mm dan rasio antara tinggi dan diameter bernilai 2-2,5.

5. Deformation Indicator

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

Peralatan lain

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

E. PELAKSANAAN

Tata cara yang dilakukan dalam proses ini adalah sebagai berikut:

1. Letakkan sampel tanah pada alat pengujian dengan benar (sampel tanah diletakkan di tengah sehingga dapat menyentuh dial).
2. Letakkan deformation dial pada sampel dan atur pada angka nol (0).

3. Catat pembacaan awal dari proving ring dial dan lamanya waktu pengujian.
4. Atur kecepatan regangan 0,5-2% per menit dengan mengganti gear pada alat pengujian. Agar kecepatan regangan sesuai maka digunakan kecepatan regangan 1,14 mm/ menit.
5. Catat pembacaan dari proving ring dial pada lembar pencatatan.
6. Hentikan pengujian jika pembacaan pada proving ring dial menunjukkan nilai yang sama atau mulai terjadi penurunan (min 3 kali pembacaan).
7. Ulangi tahap a –f untuk sampel uji remolded.

Catatan:

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

F. PERHITUNGAN

1. Data

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

Tabel 15.1 Formulir Data yang Diperlukan

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

3	Akhir Percobaan	Kadar Air	w	%	1	
---	--------------------	-----------	---	---	---	--

2. Perhitungan

- Regangan yang terjadi dapat diketahui melalui rumus berikut:

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

ε_1 = axial strain

ΔL = perubahan tinggi sampel

L_0 = tinggi sampel awal

- Luas sampel pada saat dilakukan pengujian:

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

A_0 = luas sampel awal (mm^2)

- Deviator stress:

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

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

A = corrected area (mm^2)

- Kuat Geser Undrained (cu):

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

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

- Derajat Kepakaan (St)

$$S_t = \frac{q_u \text{ undisturbed}}{q_u \text{ remolded}}$$

G. LAPORAN

- Berikut adalah tabel yang harus disertakan di dalam laporan:

- Tabel Perhitungan Load, Deviator Stress, q_u dan C_u Tanah Undisturbed

- Tabel Perhitungan Load, Deviator Stress, q_u dan c_u Tanah Remolded
2. Dari hasil perhitungan sebelumnya, buatlah grafik lalu lakukanlah analisis sebagai berikut:

Tabel 15.2 Analisis Grafik Deviator Stress

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

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

BAB XVI

MODUL 12 UJI TRIAKSIAL (UU)

A. PENDAHULUAN

Uji triaxial tidak terkonsolidasi dan tidak terdrainase (UU) merupakan metode untuk mengukur kuat geser tanah kohesif serta hubungan antara tegangan dan regangan dalam kondisi tertekan. Pengujian ini dilakukan dengan memberikan tekanan cairan ke segala arah pada spesimen berbentuk silinder di dalam triaxial chamber.

B. TUJUAN

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

C. BENDA UJI

Benda uji untuk uji triaksial (UU) berupa tanah kohesif berbentuk silinder dengan kondisi undisturbed (tidak terganggu) atau remolded (dibentuk ulang) yang memiliki diameter antara 38 mm hingga 100 mm dan rasio panjang terhadap diameter 2:1.

D. ALAT-ALAT

Peralatan yang diperlukan adalah sebagai seberikut:

1. Axial Loading Device

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

2. Axial Load Measuring Device

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

3. Pressure Control Device

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

4. Triaxial Compression Chamber

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

5. Axial Load Piston

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

6. Speciment Cap dan Speciment Base

Cap yang impermeable dan kaku dapat digunakan untuk mencegah drainase. Dibuat dari bahan tahan karat, berpenampang bulat. Berat cap harus kurang dari 1kN/m². Diameter speciment cap dan base harus sama dengan diameter inisial spesimen. Speciment base dihubungkan dengan triaxial chamber sedemikian rupa sehingga tidak dapat bergeser pada arah horizontal (tetap sentris) dan eksentrisitas dari piston ke cap tidak boleh melebihi 1.3 mm (0.05 in). Speciment

cap dibuat sedemikian rupa agar dapat memegang piston tetap sentries. Permukaan silinder dari specimen base dan cap yang berhubungan dengan membrane (karet pembungkus tanah) harus rata dan bebas dari geseran-geseran agar tidak terjadi kebocoran-kebocoran.

7. Deformation Indicator

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

8. Rubber Membranes

Digunakan untuk membungkus specimen dan menjaga kebocoran, tebal total membrane tidak boleh melebihi 1% dari diameter specimen. Untuk memberikan tahanan yang minimal pada spesimen, diameter membran sebelum ditarik harus berkisar antara 90-95% diameter spesimen. Membrane diikat pada specimen base dan cap dengan ring karet yang memiliki ukuran diameter dalam sebelum ditarik 75-85% dari diameter base dan cap. Membrane harus diperiksa terlebih dahulu sebelum dipakai, jika ada kebocoran harus diganti.

9. Sample Extruder

Harus dapat mengeluarkan inti tanah dari tabung sample pada arah yang sama seperti waktu sample tersebut dimasukkan ke dalam tabung, dan tidak merusak sample. Jika sampel tidak dikeluarkan secara vertikal hati-hati terhadap bending stresses yang terjadi yang diakibatkan gravitasi. Keadaan sampel pada saat dikeluarkan sangat bergantung terhadap arah pengeluaran sampel. Hal yang perlu diperhatikan adalah menjaga agar diturbansi yang terjadi sangat kecil.

10. Speciment size measuring device

Harus cocok untuk menetapkan ukuran specimen sampai ketelitian 0,1 % dari panjang aktual dan alat yang digunakan dipastikan tidak membuat sample menjadi terganggu.

11. Timer

12. Alat pengukur kelangsungan waktu sampai ketelitian 1 second

digunakan untuk menetapkan strain seperti yang diuraikan pada prosedur

13. Perlengkapan / alat-alat lainnya

- Speciment trimming
- Membrane expander
- Remolding apparatus
- Moisture content containers
- Data sheets yang diperlukan

E. PELAKSANAAN

Prosedur perencanaan adukan dengan metode ini terdiri atas beberapa tahap pekerjaan:

1. Cetak 2 specimen dengan ukuran 3" dan diameter 3/2"

Catatan:

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

2. Meletakkan spesimen pada specimen base dengan bagian atas dan bawah spesimen ditutup dengan batu pori dan kertas saring
3. Memasang membran pada spesimen dan ikatkan pada specimen base
4. Mengatur posisi axial loading device
5. Memasang triaxial chamber dan isi triaxial chamber dengan air

Catatan:

- *Pastikan semua udara pada chamber keluar dengan membuka sedikit ventilasi yang berada di bagian atas chamber*
- *Pastikan specimen menyentuh specimen cap*

6. Mengatur confining pressure yang bekerja di dalam triaxial chamber
7. Mengatur posisi triaxial chamber dengan memutar tuas secara manual hingga menyentuh axial loading

Catatan:

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

8. Menjalankan alat dengan kecepatan regangan 1,5 mm/menit (gear 1) dan catat dial reading setiap 0,5 menit

9. Menghentikan tes bila terdapat 3 bacaan yang sama atau regangan spesimen telah mencapai 20 %.
10. Mengulangi percobaan untuk tiga buah spesimen dengan confining pressure $0,5 \text{ kg/cm}^2$, 1 kg/cm^2 , dan $1,5 \text{ kg/cm}^2$

F. PERHITUNGAN

1. Data

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

Tabel 16.1 Formulir Data yang Diperlukan

No	Proses	Data	Simbol	Satuan	Jumlah data total	Keterangan
1	Pencetakan Benda Uji	Diameter spesimen	D	cm	3	Mencatat deskripsi visual tanah seperti tergolong lempung atau pasir dan tingkat kekerasan tanah
		Tinggi Spesimen	Ho	cm	3	
2	Test Triaxial	Confining Pressure	σ_3	kg/cm^2	3	data dial reading dicatat hingga spesimen mengalami failure
		Dial Reading			disesuaikan	
		Angka Kalibrasi			3	

2. Perhitungan

Berikut adalah langkah-langkah perhitungan yang harus dilakukan :

1. Menghitung tinggi specimen rata-rata dari pengambilan data sebanyak 3 kali (H_o)
2. Menghitung luas penampang awal specimen (A_o) dengan rumus lingkaran
3. Hitung axial strain atau strain rate (ϵ), untuk setiap perubahan beban axial sebagai berikut:

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

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

A_0 = luas penampang awal specimen

ε = strain rate untuk setiap penambahan beban

ν = volumetric strain, untuk saturated specimen nilainya adalah 0

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

Hitung axial load (P)

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

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

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

:

Dimana,

P = axial load

A = Luas penampang rata-rata terkoreksi

6. Grafik stress – strain

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

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

- Minor principal stress = σ_3 = chamber pressure
- Mayor principal stress = σ_1 = principal stress difference pada saat failure + chamber pressure
- Buat lingkaran tegangan Mohr pada saat failure pada skala biasa (arithmetic) dengan shear stress sebagai ordinat dan normal stress sebagai absis. Titik pusat lingkaran diletakkan pada absis sebesar $\frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2}$ dan jari-jari $\frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}$
- Bila jumlah sampel yang digunakan lebih dari satu, dilakukan plot lingkaran Mohr untuk setiap sampel dalam satu grafik yang sama. Kemudian buatlah garis singgung yang menyinggung ketiga lingkarang Mohr untuk

mendapatkan persamaan keruntuhan Mohr- Coulomb. Garis singgung ini diteruskan memotong sumbu tegangan geser yang menyatakan besar kohesi (C) dan sudut kemiringan garis singgung dengan sumbu mendatar menyatakan sudut perlawanan geser (ϕ). Harga C dan ϕ dapat juga dihitung secara geometri.

G. LAPORAN

1. Berikut ini adalah table yang harus dicantumkan didalam laporan adalah Tabel Perhitungan deviator stress dan major stress
2. Dari hasil perhitungan sebelumnya, buatlah grafik untuk setiap spesimen lalu lakukanlah analisis sebagai berikut:

Tabel 16.2 Analisis Grafik Deviator Stress vs strain & Lingkaran Mohr

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

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

BAB XVII

MODUL 13 CONE PENETRATION TEST (CPT)/SONDIR

A. PENDAHULUAN

Cone Penetration Test (CPT) atau uji sondir adalah metode pengujian lapangan yang digunakan untuk mengevaluasi sifat mekanik tanah secara in-situ dengan menusukkan konus ke dalam tanah secara perlahan dan mengukur perlawanan tanah terhadap penetrasi ujung konus dan gesekan pada selubung pipa. Data yang dihasilkan, seperti perlawanan konus (qc), perlawanan geser lokal (fs), dan rasio gesekan (fr), dapat digunakan untuk menentukan profil tanah, mengestimasi parameter tanah seperti kekuatan geser, kekakuan, permeabilitas, koefisien konsolidasi, kapasitas dukung tiang, serta untuk mengidentifikasi kedalaman tanah keras yang menjadi acuan dalam perencanaan pondasi dan struktur tanah.

B. TUJUAN

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

1. Untuk memperoleh parameter perlawanan konus (qc)
2. Untuk memperoleh parameter perlawanan geser (fs)
3. Untuk memperoleh parameter angka banding geser (Rf)
4. Untuk memperoleh parameter geseran total tanah (Tf)
5. Untuk menginterpretasikan profil perlapisan tanah
6. Untuk mengetahui kedalaman tanah keras

C. BENDA UJI

Benda uji pada CPT adalah tanah di lokasi uji yang diuji langsung di tempat tanpa diambil sampelnya ke laboratorium, sehingga sifat asli tanah

tetap terjaga. Pengujian dilakukan pada berbagai jenis tanah, seperti tanah kohesif (lempung) dan tidak kohesif (pasir atau lanau), dalam kondisi jenuh atau tidak jenuh.

D. ALAT-ALAT

Peralatan yang diperlukan adalah sebagai berikut:

1. Sondir ringan (2,5 ton)
2. Seperangkat pipa sondir lengkap dengan batang dalam, sesuai kebutuhan dengan panjang masing-masing 1 m
3. Bikonus, konus, dan batang konus
4. Manometer (2 buah) untuk sondir ringan
 - kapasitas 0 – 50 kg/cm²
 - kapasitas 0 – 250 kg/cm²
5. 4 buah angker dengan perlengkapan (angker daun atau spiral), dan beban jika dibutuhkan.
6. Kunci –kunci pipa, alat-alat pembersih, oli, minyak hidrolik dan lain-lain

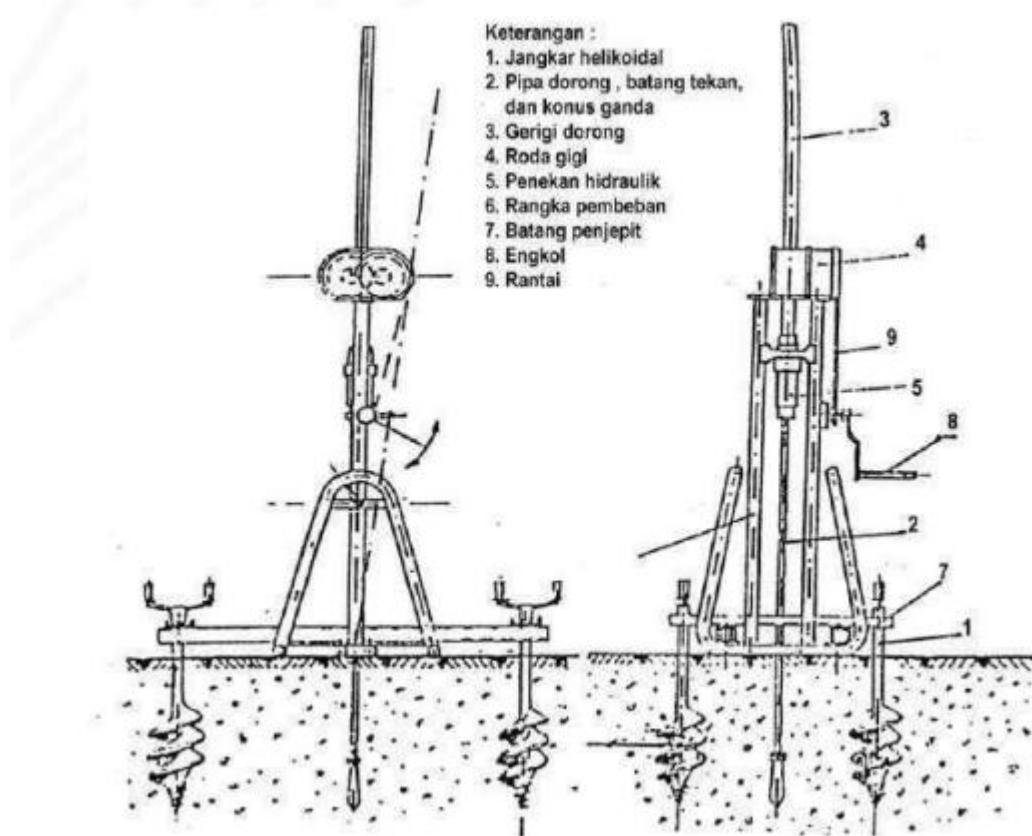
E. PELAKSANAAN

Persiapan pengujian sondir di lapangan sebagai berikut:

1. Siapkan lubang untuk penusukan konus pertama kalinya, biasanya digali dengan linggis sedalam sekitar 5 cm.
2. Masukkan 4 buah angker ke dalam tanah pada kedudukan yang tepat sesuai dengan letak rangka pembeban.
3. Pasang dan sesuaikan rangka pembeban, sehingga kedudukan rangka berdiri vertical.
4. Pasang manometer 0 kg/cm² s.d 50 kg/cm² kemudian manometer 0 kg/cm² s.d 250 kg/cm² (menggantikan manometer sebelumnya) untuk penyondiran.
5. Periksa sistem hidraulik dengan menekan piston hidraulik menggunakan kunci piston, dan jika kurang tambahkan oli serta cegah terjadinya gelembung udara dalam system.
6. Tempatkan rangka pembeban, sehingga penekan hidraulik berada tepat di atasnya.
7. Pasang balok-balok penjepit pada jangkar dan kencangkan dengan memutar baut pengencang, sehingga rangka pembeban berdiri kokoh

dan terikat kuat pada permukaan tanah. Apabila tetap bergerak pada waktu pengujian, tambahkan beban mati di atas balok-balok penjepit.

8. Sambung konus ganda dengan batang dalam dan pipa dorong serta kepala pipa dorong; dalam kedudukan ini batang dalam selalu menonjol keluar sekitar 8 cm di atas kepala pipa dorong. Jika ternyata kurang panjang, bisa ditambah dengan potongan besi berdiameter sama dengan batang dalam.

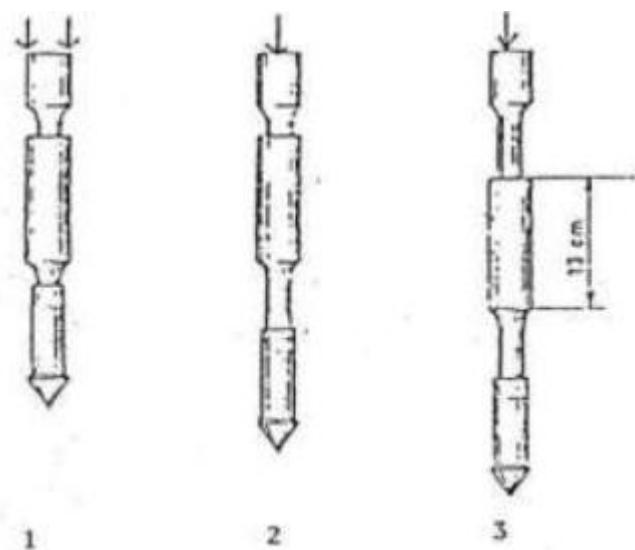


Gambar 17.1 Rangkaian alat penetrasi konus (sondir Belanda) Langkah-langkah pengujian penetrasi konus ganda sebagai berikut:

1. Tegakkan batang dalam dan pipa dorong di bawah penekan hidraulik pada kedudukan yang tepat.
2. Dorong kunci pengatur pada kedudukan siap tekan, sehingga penekan hidraulik hanya akan menekan pipa dorong.
3. Putar engkol searah jarum jam secara konstan, sehingga gigi penekan dan penekan hidraulik bergerak turun dan menekan pipa luar sampai

mencapai kedalaman 20 cm sesuai interval pengujian (interval 20 cm ditandai terlebih dahulu pada batang).

4. Pada tiap interval 20 cm lakukan penekanan batang dalam dengan menarik kunci pengatur, sehingga penekan hidraulik hanya menekan batang dalam saja (kedudukan 1, lihat Gambar 3).
5. Putar engkol searah jarum jam dan jaga agar kecepatan penetrasi konus berkisar antara 10 mm/s sampai 20 mm/s \pm 5. Selama penekanan batang pipa dorong tidak boleh ikut turun, karena akan mengacaukan pembacaan data.
6. Baca nilai perlawanan konus (cone resistnace) pada penekan batang dalam sedalam kira-kira 4 cm pertama (kedudukan 2, lihat Gambar 3) dan catat pada formulir (Lembar data) pada kolom Cw .
7. Baca jumlah nilai perlawanan geser dan nilai perlawanan konus (total resistance) pada penekan batang sedalam kira-kira 4 cm yang ke-dua (kedudukan 3, lihat Gambar 3) dan catat pada formulir (Lembar data) pada kolom Tw.
8. Ulangi prosedur percobaan setiap interval 20 cm. Jika kedalaman sudah mencapai 1 meter, batang sondir disambung. Kemudian jika pembacaan sudah maksimum pada manometer kapasitas 50 kg/cm², ganti manometer dengan kapasitas yang lebih besar.



Gambar 17.2 Pergerakan konus pada waktu pengujian sondir

F. PERHITUNGAN

1. Data

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

Tabel 17.1 Formulir Data yang Diperlukan

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

2. Perhitungan

- Perlawanan konus (qc)

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

$$P_{konus} = P_{pstn}$$

$$qc \times A_c = Cs \times P_p$$

Dimana:

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

$$qc = Cw$$

- Perlawanan Geser/ *Local Friction* (fs)

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

$$P_{konus} + P_{geser} = P_{pstn}$$

$$(qc \times A_c) + (Fs \times A_s) = Ts \times Ap$$

$$(Cw \times Ap) + (Fs \times As) = Ts \times Ap$$

$$Fs = (Tw - Cw) \times \frac{Ap}{As}$$

Dimana

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

- *Friction* (Hambatan Lekat)

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

$$Friction = 20 fs$$

- *Friction (Total Cumulative Friction) (T_f)*

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

- *Friction Ratio (f_r)*

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

$$F_r = \frac{fs}{qc} \times 100\%$$

G. LAPORAN

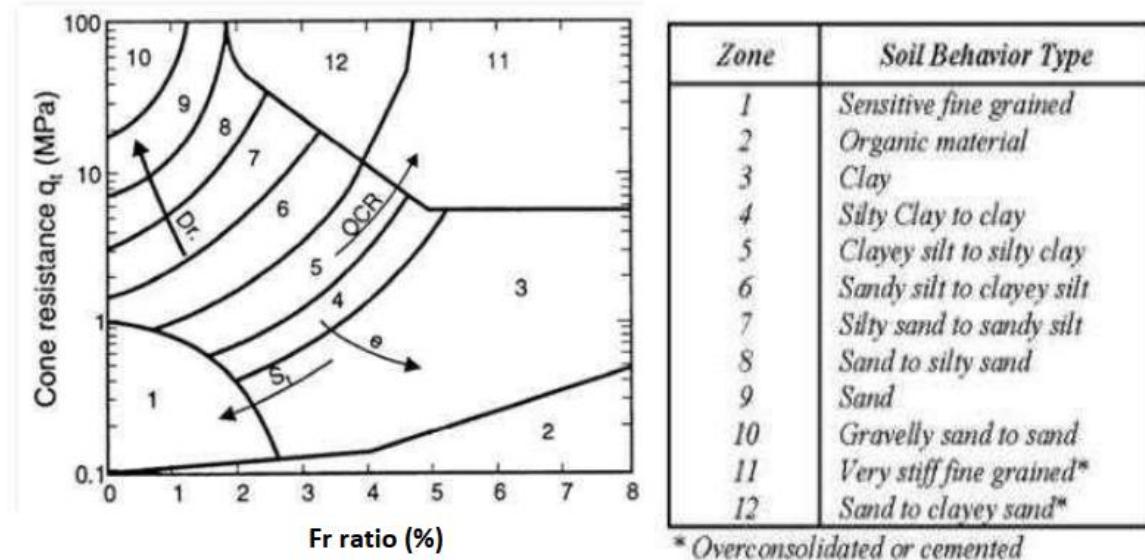
1. Berikut adalah tabel yang harus disertakan didalam laporan:

Tabel 17.2 Analisis Grafik Deviator Stress vs strain & Lingkaran Mohr

No.	Grafik	Hal-hal yang Perlu
1	Grafik antara kedalaman terhadap <i>cone resistance</i> (qc)	
2	Grafik antara kedalaman terhadap <i>local friction</i> (fs)	
3	Grafik antara kedalaman terhadap <i>total cumulative friction</i> (T_f)	
4	Grafik antara kedalaman terhadap <i>friction ratio</i> (f_r)	
5	Gabungan grafik kedalaman <i>cone resistance</i> , <i>local friction</i> , dan <i>total cumulative friction</i>	Kedalaman tanah keras resistancenya serta nilai <i>lo</i>

Dari grafik dapat dilihat.

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



Gambar 17.3 Hubungan nilai konus dan rasio gesek dengan karakteristik tanah

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

Contoh Tabel Data:

Depth (m)	C_w (kg/cm ²)	T_w (kg/cm ²)	C_w (MPa)	f_s (kg/cm ²)	Friction (kg/cm)	T_f	fr (%)	Jenis Tanah

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO. (2018). AASHTO T88: Particle Size Analysis of Soils. Washington, DC: AASHTO.
- ASTM International. (2017). ASTM D4318-17: Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- ASTM International. (2019). ASTM D698-12: Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- ASTM International. (2020). ASTM D422-63: Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- Badan Standardisasi Nasional. (2018). SNI 3423:2018: Tata Cara Uji Kepadatan Tanah dengan Alat Uji Ringan (Sand Cone Method). Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 1743:2019: Metode Uji Geser Langsung pada Tanah. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 1964:2019: Metode Pengujian Penentuan Kadar Air Tanah Secara Oven. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). SNI 2831:2020: Tata Cara Pengujian Pemadatan Tanah di Laboratorium. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2021). SNI 8420:2021: Cara Uji Konsistensi Tanah Menggunakan Atterberg Limit. Jakarta: BSN.
- Bowles, J. E. (2019). Analisis dan Desain Pondasi (Edisi Terjemahan). Jakarta: Erlangga.
- Cheng, L., & Wang, Y. (2022). "Advances in Soil Stabilization Techniques." *Journal of Ground Improvement*, 13(1), 45-58.
- Coduto, D. P., Yeung, M. R., & Kitch, W. A. (2016). Geotechnical Engineering: Principles and Practices (2nd Edition). London: Pearson.
- Das, B. M. (2020). Mekanika Tanah: Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik. Jakarta: Erlangga.
- Das, B. M., & Sobhan, K. (2020). Principles of Geotechnical Engineering (9th Edition). Boston, MA: Cengage Learning.
- Hardiyatmo, H. C. (2018). Mekanika Tanah I. Yogyakarta: Gadjah Mada University

- Press.
- Holtz, R. D., Kovacs, W. D., & Sheahan, T. C. (2019). *An Introduction to Geotechnical Engineering* (2nd Edition). Boston, MA: Pearson.
- Institut Teknologi Bandung. (2021). *Modul Praktikum Mekanika Tanah II*. Bandung: Laboratorium Mekanika Tanah ITB.
- ISO. (2019). *ISO 17892-4: Geotechnical Investigation and Testing – Determination of Particle Size Distribution*. Geneva: International Organization for Standardization.
- Lambe, T. W., & Whitman, R. V. (2021). *Soil Mechanics* (3rd Edition). New York: John Wiley & Sons.
- Santamarina, J. C., & Cho, G. (2018). "Soil Behaviour: The Role of Particle Shape." *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 144(9), 455-467.
- Setiawan, A. (2018). *Mekanika Tanah dan Dasar-Dasar Geoteknik*. Bandung: ITB
- Press.
- Siswosoebroho, B. (2021). *Pengantar Mekanika Tanah*. Surabaya: ITS Press.
- Terzaghi, K., Peck, R. B., & Mesri, G. (2020). *Soil Mechanics in Engineering Practice* (4th Edition). Hoboken, NJ: Wiley.
- Universitas Brawijaya. (2019). *Modul Praktikum Uji Kepadatan Tanah*. Malang: Jurusan Teknik Sipil UB.
- Universitas Diponegoro. (2022). *Modul Praktikum Laboratorium Mekanika Tanah*. Semarang: Fakultas Teknik UNDIP.
- Universitas Gadjah Mada. (2020). *Modul Praktikum Mekanika Tanah I*. Yogyakarta: Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan.
- Universitas Indonesia. (2021). *Modul Mekanika Tanah dan Geoteknik*. Depok: Fakultas Teknik UI.
- Zhang, J., & Ng, C. W. W. (2020). "Effects of Soil Suction on the Shear Strength of Unsaturated Soils." *Canadian Geotechnical Journal*, 57(8), 1023-1035.
- Zhang, L., & Fredlund, D. G. (2021). "Recent Advances in Unsaturated Soil Mechanics." *International Journal of Geomechanics*, 21(3), 123-135.

FORMAT LAPORAN

1. Hasil Pengujian ditulis pada tempat yang sudah disediakan di laporan.
2. Analisis Hitungan, Pembahasan, Kesimpulan, dan Referensi ditulis pada format laporan yang telah disediakan menggunakan kertas HVS ukuran A4 dengan format margin 4333.
3. Lampiran
 - a. Identitas kelompok (Nama kelompok dan nama asisten)
 - b. Alat-alat
 - c. Bahan
 - d. Langkah kerja (Menggunakan kalimat pasif)
 - e. SNI yang digunakan
4. SNI dilampirkan hanya bagian yang diperlukan (cover, deskripsi, lampiran).
5. Susunan laporan akhir:
 - a. Cover
 - b. Lembar Pengesahan
 - c. Lembar Asistensi
 - d. Kata Pengantar
 - e. Daftar Isi
 - f. Isi Laporan, setiap bab terdiri dari :
 - 1) Latar Belakang
 - 2) Tujuan
 - 3) Benda uji
 - 4) Alat-alat
 - 5) Pelaksanaan
 - 6) Hasil Pengujian
 - 7) Analisis Hitungan
 - 8) Pembahasan
 - 9) Kesimpulan
 - 10) Referensi
 - 11) Lampiran
 - g. Penutup
 - h. Daftar Pustaka