

BAB III

METODE PENELITIAN

1.1. Uraian Umum

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode berbasis eksperimen laboratorium. Laboratorium yang digunakan untuk penelitian adalah Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan, Universitas Pendidikan Indonesia, jalan Dr. Setiabudi No. 27 Bandung 40154 Telp. 2013163.

Penelitian ini terdiri atas dua tahap, yaitu penelitian laboratorium dan analisis data hasil penelitian. Pada tahap awal penelitian dilakukan penyelidikan tanah untuk mengetahui sifat dan karakteristik tanah yang akan dipakai. Selanjutnya data dari hasil penyelidikan tanah tersebut akan digunakan sebagai dasar untuk pemodelan dengan kondisi tanah yang diinginkan.

1. Analisis data pengujian laboratorium

Pengujian yang dilakukan pada laboratorium akan menghasilkan nilai parameter keruntuhan Mohr-Coulomb tanah-geotekstil dan tanah-tanah. Material geotekstil yang digunakan adalah Mirafi PP, Mirafi PET dan Poyfelt PEC. Terdapat dua jenis tanah yang digunakan yaitu tanah clay dan silt.

2. Analisis dengan software Plaxis 8.2

Analisis menggunakan software plaxis dilakukan untuk mengetahui pengaruh perilaku interaksi permukaan antara geotekstil-tanah pada analisis stabilitas lereng.

1.2. Pengambilan Sampel

Sampel yang akan digunakan pada penelitian ini adalah tanah terganggu (disturbed sample) . Pengambilan sampel tanah diperlukan untuk keperluan pengujian karakteristik tanah dan pemodelan laboratorium

1.3. Penyeldikan Tanah

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa pengujian tanah untuk menentukan *index properties* dan *engineering properties* tanah. Pengujian dilakukan menggunakan standar ASTM sebagai acuan pengujian. Standar ASTM yang digunakan dalam penelitian ini adalah ASTM 854 -02 untuk pengujian berat jenis tanah (*specific gravity*), ASTM D 422 untuk pengujian saringan (*sieve analysis*), ASTM D 1140 untuk pengujian hydrometer, ASTM D 4318 untuk pengujian batas-batas atterberg, ASTM D 698 untuk pengujian kompaksi, ASTM D 3080 untuk pengujian geser langsung (*direct shear*).

1. Pengujian berat jenis tanah (*specific gravity*)

a) Lingkup Pengujian

Percobaan ini mencakup penentuan berat jenis (*specific gravity*) tanah dengan menggunakan botol Erlenmeyer. Tanah yang diuji harus lolos saringan No. 4. Bila nilai berat jenis dan uji ini hendak digunakan dalam perhitungan untuk uji hydrometer, maka tanah harus lolos saringan # 200 (diameter = 0.074 mm).

b) Maksud dan Tujuan

Berat jenis tanah digunakan pada hubungan fungsional antara fase udara, air, dan butiran dalam tanah dan oleh karenanya diperlukan untuk perhitungan-perhitungan parameter indeks tanah (*index properties*).

c) Standar Pengujian

Standar yang digunakan adalah standar ASTM D-854-02

d) Peralatan

Alat-alat yang digunakan terdiri dari :

1. Botol erlenmeyer
2. Aquades
3. Timbangan dengan ketelitian 0.01 gram
4. Termometer
5. Kompor Listrik
6. Oven
7. Dish

8. Piper
9. Batang pengaduk

e) Persiapan Uji

1. Erlenmeyer yang kosong dan bersih ditimbang, kemudian diisi aquades sampai batas kalibrasi (*calibration mark*). Disini untuk batas kalibrasi bisa ditandai sendiri pada bagian leher botol Erlenmeyer seperti gambar diatas.
2. Keringkan bagian luar Erlenmeyer dan juga di daerah leher botol.
3. Erlenmeyer yang berisi aquades ditimbang dan diukur suhunya. Harus diperhatikan bahwa suhu di dalam botol harus merata.
4. Erlenmeyer dan aquades tadi dipanaskan di atas kompor sampai suhunya naik 5 - 10° C. Maka air akan naik melewati batas kalibrasi. Kelebihan air diambil dengan pipet volume, kemudian ditimbang.
5. Dalam melakukan pengukuran suhu, air aquades dalam botol harus kita aduk dengan batang pengaduk agar suhunya merata.
6. Dengan cara di atas, suhunya dinaikkan lagi 5 - 10° C, kelebihan air diambil, ditimbang lagi. Proses ini dilakukan terus sampai suhunya $\pm 60^\circ$.
7. Hasil yang didapat digambarkan dalam suatu grafik dengan temperatur sebagai absis (sumbu X), berat Erlenmeyer + aquades sebagai ordinat (sumbu Y).

f) Prosedur Pengujian Berat Jenis Tanah

1. Ambil contoh tanah seberat ± 60 g. Contoh tanah dicampur dengan aquades di dalam suatu cawan sehingga menyerupai bubur yang homogen.
2. Adonan tanah ini kita masukkan ke dalam Erlenmeyer dan ditambahkan aquades.

3. Erlenmeyer yang berisi contoh larutan tanah ini dipanaskan di atas kompor listrik selama ± 10 menit supaya gelembung udaranya keluar.
4. Sesudah itu Erlenmeyer diangkat dari kompor dan ditambah dengan aquades sampai batas kalibrasi, lalu diaduk sampai suhunya merata.
5. Jika suhunya kurang dari 45°C , Erlenmeyer dipanaskan sampai $45 - 50^{\circ}\text{C}$. Muka air akan melewati batas kalibrasi lagi, kelebihan air diambil dengan pipet. Sebelum pengukuran suhu, selalu diaduk supaya suhunya merata.
6. Erlenmeyer direndam dalam suatu dish yang berisi air agar suhunya turun.
7. Aduk kembali agar temperaturnya merata. Setelah mencapai suhu 35°C , Erlenmeyer dikeluarkan dari dish, bagian luar botong Erlenmeyer dikeringkan kembali. Di sini permukaan air turun (dari batas kalibrasi) maka perlu ditambahkan aquades sampai batas kalibrasi, kemudian ditimbang. (jika ingin mempercepat prose penurunan suhu, bisa menggunakan Es).
8. Suhu diturunkan lagi hingga mencapai 25°C dengan cara yang sama, lalu Erlenmeyer dikeluarkan, bagian luar dikeringkan, ditambah air hingga batas kalibrasi dan ditimbang.
9. Sebelum larutan tanah dituang kedalam dish, timbang terlebih dahulu berat dish, kemudian baru tuangkan larutan tanah kedalam dish. Tidak boleh ada tanah yang tersisa dalam Erlenmeyer, jika perlu bilas dengan aquades hingga bersih.

g) Perhitungan Hasil Pengujian

$$G_s = \frac{W_s - G_t}{W_s + W_{bw} - W_{bws}}$$

Dimana :

G_s = Berat jenis tanah

W_s = Berat tanah kering (gr)

G_t = Faktor koreksi berat jenis

W_{bw} = Berat erlenmeyer + air (gr)

W_{bws} = Berat erlenmeyer + larutan tanah (gr)

Tabel 3.1 Faktor Koreksi Berat Jenis

C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0.9999	0.9999	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9999	0.9999	0.9998
10	0.9997	0.9996	0.9995	0.9994	0.9993	0.9991	0.9990	0.9988	0.9936	0.9984
20	0.9982	0.998	0.9978	0.9976	0.9973	0.9971	0.9968	0.9965	0.9963	0.9960
30	0.9957	0.9954	0.9951	0.9947	0.9944	0.9941	0.9937	0.9934	0.9930	0.9926
40	0.9922	0.9919	0.9915	0.9911	0.9907	0.9902	0.9898	0.9894	0.9890	0.9885
50	0.9881	0.9876	0.9872	0.9867	0.9862	0.9857	0.9852	0.9848	0.9842	0.9838
60	0.9832	0.9827	0.9822	0.9817	0.9811	0.9806	0.9800	0.9795	0.9789	0.9784
70	0.9778	0.9772	0.9767	0.9761	0.9755	0.9749	0.9743	0.9737	0.9731	0.9724
80	0.9718	0.9712	0.9706	0.9699	0.9693	0.9686	0.9680	0.9673	0.9667	0.9660
90	0.9653	0.9647	0.964	0.9633	0.9626	0.9616	0.9612	0.9605	0.9598	0.9591

2. Pengujian saringan (sieve analysis)

a) Lingkup Pengujian

Metode ini mencakup penentuan dari distribusi ukuran butir tanah yang tertahan oleh saringan No. 200

b) Maksud dan Tujuan

Percobaan ini dimaksudkan untuk mengetahui distribusi ukuran butir tanah butir kasar. Tujuannya adalah mengklasifikasikan tanah butir kasar berdasarkan nilai koefisien keseragaman (Cu) dan kurva distribusi ukuran butir.

c) Peralatan

Alat-alat yang digunakan :

- Satu set ayakan (sieve), yang lengkap dengan saringan dengan urutan ukuran diameter lubang sesuai dengan standar, yaitu no 4, 10, 20, 40, 80, 100, 200, dan pan
- Stopwatch
- Timbangan dengan ketelitian 0.01 g

- Kuas
 - Mesin pengayak (sieve shaker)
 - Palu karet
- d) Persiapan Uji
- Contoh tanah yang akan digunakan harus dikeringkan terlebih dahulu (hingga kering udara) dan tidak berbongkah-bongkah. Gunakan palu karet untuk menghancurkan bongkahan tanah. Tanah harus kering dan jumlah tanah yang diuji kurang lebih 500 gr.
- e) Prosedur Uji
1. Ayakan dibersihkan dengan menggunakan kuas kering, sehingga lubang-lubang dari ayakan bersih dari butir-butir yang menempel
 2. Masing-masing ayakan dan pan ditimbang beratnya.
 3. Kemudian ayakan tadi disusun menurut nomor ayakan (ukuran lubang terbesar diatas)
 4. Ambil contoh tanah seberat 500 gram, lalu masukkan ke dalam ayakan teratas dan kemudian ditutup.
 5. Susunan ayakan dikocok dengan bantuan sieve shaker selama kurang lebih 10 menit.
 6. Diamkan selama 3 menit agar debu-debu mengendap.
 7. Masing-masing ayakan dengan contoh tanah yang tertinggal ditimbang, diperoleh berat tanah tertahan
- f) Perhitungan
- Hitung berat tanah yang tertahan oleh masing-masing saringan
 - Hitung jumlah berat tanah yang lolos saringan tersebut secara kumulatif
 - Hitung persentase jumlah berat tanah yang lolos saringan tersebut terhadap total berat tanah
 - Dari hasil-hasil percobaan tersebut digambarkan suatu grafik dalam suatu susunan koordinat semilog, yaitu dimana ukuran diameter butir sebagai absis dalam skala log dan % lebih halus sebagai ordinat dengan skala linier (skala biasa)

- Dari grafik di atas didapat koefisien keseragaman :

dimana :

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

D_{60} = diameter kebersamaan (diameter sehubungan dengan 60% lebih halus)

D_{10} = diameter efektif (diameter sehubungan dengan 10% lebih halus)

Dari grafik tersebut didapat pula koefisien kelengkungan (Coefficient of Curvature)

di mana :

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

D_{30} = diameter sehubungan dengan 30% lebih halus

Catatan :

Berdasarkan USCS (Unified Soil Classification System), ditentukan bahwa tanah yang bergradasi baik (well graded) adalah yang memenuhi :

- Untuk gravel :
 $Cu > 4$ dan $1 < Cc < 3$
- Untuk pasir :
 $Cu > 6$ dan $1 < Cc < 3$

Bila syarat di atas tidak terpenuhi, maka tanah tersebut bergradasi buruk (poor graded)

3. Pengujian hydrometer

a) Lingkup Pengujian

Metode ini mencakup penentuan dari distribusi ukuran butir tanah yang lolos saringan No. 200

b) Maksud dan Tujuan

Analisis hidrometer adalah metode untuk menghitung distribusi ukuran butir tanah berdasarkan sedimentasi tanah dalam air, kadang disebut juga uji sedimentasi. Analisis hidrometer ini bertujuan untuk mengetahui pembagian ukuran butir tanah yang berbutir halus.

c) Standar Pengujian

Standar yang digunakan adalah standar ASTM D-422-63

d) Peralatan

Alat-alat yang digunakan terdiri dari :

1. Satu buah hidrometer tipe ASTM - 152 H
2. Dua buah tabung gelas dengan volume 1000 cc
3. Stopwatch
4. Mixer dan mangkoknya
5. Air gelas (defloculating agent atau dispersing agent), digunakan dengan maksud mencegah penggumpalan butir-butir tanah dalam larutan.
6. Timbangan dengan ketelitian 0.01 g
7. Termometer
8. Dish
9. Oven
10. Aquades

e) Persiapan Uji

1. Siapkan contoh tanah dengan mengayak contoh tanah tersebut hingga lolos saringan No. 200
2. Contoh tanah yang digunakan 50 gr, diberi air dan larutan tanah dicampur dengan dispersing agent berupa sodium hexametaphosphate sebanyak 40 gr untuk tiap liter larutan. Air yang

digunakan harus aquades. Kemudian diaduk dengan mixer selama 15 menit.

3. Sambil menunggu larutan di mixer, dilakukan koreksi pembacaan hidrometer, yaitu Meniscus Correction dan Zero Correction, dengan cara :

- ◇ Isi tabung gelas dengan aquades volumenya 1000 cc.
- ◇ Masukkan hidrometer dalam tabung gelas tersebut lalu dilakukan pembacaan pada ujung permukaan air yang menempel pada permukaan hidrometer. Pembacaan ini yang disebut zero correction, dengan ketentuan bila di atas angka 0 (nol) berharga negatif dan bila di bawah angka 0 (nol) berharga positif.

Meniscus correction diperoleh dengan cara pembacaan permukaan air yang mendatar dikurangi dengan zero correction.

f) Prosedur Pengujian Hidrometer

1. Larutan dimasukkan ke dalam satu tabung gelas dan tambah air hingga volumenya 1000 cc. Tabung gelas yang satu lagi diisi dengan air untuk tempat hidrometer.
2. Tabung yang berisi larutan tanah dikocok selama 30 detik, hidrometer dimasukkan. Pembacaan dilakukan pada menit ke 0, 1, 2, 4 dengan catatan untuk tiap-tiap pembacaan, hidrometer hanya diperkenankan 10 detik dalam larutan, selebihnya hidrometer dimasukkan dalam tabung yang berisi aquades. Temperatur juga diukur pada setelah pembacaan.
3. Tabung dikocok lagi dan pembacaan diulang seperti di atas; ini dilakukan 3 kali dan diambil harga rata-ratanya.
4. Setelah ini dilanjutkan pembacaan tanpa mengocok, pembacaan dilakukan pada menit ke 8, 16, 30, 45, 90, 210, 1290, 1440. Pada tiap-tiap pembacaan hidrometer diangkat dan diukur temperaturnya.
5. Setelah semua pembacaan selesai, larutan dituang dalam dish yang telah ditimbang beratnya; kemudian dimasukkan dalam oven

selama 24 jam pada temperatur 105 -110°C untuk mendapatkan berat keringnya.

6. Dari percobaan di atas dapat dihitung persen lebih halusya, dan dengan menggunakan chart dapat dihitung ekuivalennya.
7. Dari hasil perhitungan di atas dapat dibuat grain size distribution curvenya.

g) Perhitungan Hasil Pengujian

$$\% \text{ Finer} = \frac{R_c \times a}{W_s} \times 100\%$$

Dimana :

R_c = Koreksi pembacaan hidrometer

a = Faktor koreksi berat jenis

W_s = Berat tanah kering (gr)

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

Dimana :

D = Diameter butir (mm)

L = Kedalaman efektif (cm)

t = Waktu (menit)

Tabel 3.2 Properties Air Distilasi dan Faktor Koreksi Berat Jenis

Temperatur (°C)	Specific Gravity of Water, G_w	Viscosity of Water, η	Unit Weight of Soil Solid, G_s	Correction Factor, a
4	1.00000	0.01567	2.85	0.96
16	0.99897	0.01111	2.80	0.97
17	0.99889	0.01083	2.75	0.98
18	0.99862	0.01056	2.70	0.99
19	0.99844	0.01030	2.65	1.00
20	0.99823	0.01005	2.60	1.01
21	0.99802	0.00981	2.55	1.02
22	0.99780	0.00958	2.50	1.04
23	0.99757	0.00936		
24	0.99733	0.00914		
25	0.99708	0.00894		
26	0.99682	0.00874		
27	0.99655	0.00855		
28	0.99627	0.00836		
29	0.99598	0.00818		
30	0.99568	0.00801		

4. Pengujian batas batas atterberg

a) Lingkup Pengujian

Percobaan ini mencakup penentuan batas-batas Atterberg yang meliputi Batas Susut, Batas Plastis, dan Batas Cair.

b) Maksud dan Tujuan

Maksud dari Uji Batas - Batas Atterberg adalah untuk menentukan angka-angka konsistensi Atterberg, yaitu :

- Batas Susut/ Shringkage Limit (w_s)
- Batas Plastis/ Plastic Limit (w_p)
- Batas Cair/ Liquid Limit (w_L)

Tujuan uji ini adalah untuk klasifikasi tanah butir halus.

c) Standar Pengujian

Standar yang digunakan adalah standar ASTM D-4318-00

d) Peralatan

Batas Plastis :

1. Pelat kaca
2. Timbangan dengan ketelitian 0.01 g
3. Kontainer
4. Mangkok porselin
5. Stikmaat/jangka sorong
6. Oven dan desikator

Batas Cair :

1. Pelat kaca, dan pisau dempul
2. Timbangan dengan ketelitian 0.01 g
3. Kontainer sebanyak 5 buah
4. Alat Cassagrande dengan pisau pemotongnya
5. Cawan porselin
6. Oven dan desikator
7. Aquades
8. Spatula

e) Prosedur Pengujian

Batas Plastis

1. Masukkan contoh tanah dalam mangkok, diremas-remas sampai lembut, ditambahkan aquades sedikit dan diaduk sampai homogen.
2. Letakkan contoh tanah adukan itu di atas pelat kaca dan digulung-gulung dengan telapak tangan sampai diameternya kira-kira 1/8 inch (3 mm). Akan dijumpai 3 keadaan :
 - ✓ gulungan terlalu basah sehingga dengan diameter 1/8 inch tanah belum retak.
 - ✓ gulungan terlalu kering sehingga sewaktu diameter belum mencapai 1/8 inch, gulungan tanah sudah mulai retak.
 - ✓ gulungan dengan kadar air tepat, yaitu gulungan mulai retak sewaktu mencapai diameter 1/8 inch.
3. Timbang kontainer sebanyak 3 buah
4. Gulungan tanah tersebut dimasukkan ke dalam kontainer, tiap kontainer berisi 5 buah gulungan, dengan berat masing-masing minimum ± 5 gr. Ketiga kontainer yang berisi gulungan tanah tersebut dimasukkan dalam oven ± 24 jam pada suhu $105 - 110^{\circ}$ C.
5. Setelah dioven lalu dimasukkan ke dalam desikator selama kurang lebih 1 jam, lalu ditimbang
6. Harga rata-rata kadar air dari percobaan di atas adalah batas plastisnya.

Batas Cair

1. Contoh tanah diambil secukupnya, ditaruh dalam cawan porselin dan ditumbuk dengan penumbuk karet, diberi aquades dan diaduk sampai homogen.
2. Pindahkan tanah tersebut ke atas plat kaca dan diaduk sampai homogen dengan pisau dempul, bagian yang kasar dibuang.
3. Ambil sebagian dari contoh tanah, dan dimasukkan dalam alat Casagrande, ratakan permukaannya dengan pisau. Contoh tanah dalam

mangkok Casagrande dipotong dengan grooving tool dengan posisi tegak lurus, sehingga didapat jalur tengah.

4. Alat Casagrande diputar dengan kecepatan konstan 2 putaran/detik. Mangkok akan terangkat dan jatuh dengan ketinggian 10 mm (sudah distel)
5. Percobaan dihentikan jika bagian yang terpotong sudah merapat, dan dicatat banyaknya ketukan, biasanya harus berkisar antara 10 -100 ketukan.
6. Tanah pada bagian yang merapat diambil dan dimasukkan dalam oven, ditempatkan dalam kontainer yang telah ditimbang beratnya. Sebelum dimasukkan dalam oven tanah + kontainer ditimbang.
7. Setelah dioven selama 24 jam pada temperatur 105° - 100° C, baru dimasukkan dalam desikator selama ± 1 jam untuk mencegah penyerapan uap air dari udara.
8. Percobaan di atas dilakukan 5 kali.
9. Segera dilakukan penimbangan sesudah keluar dari desikator.
10. Setelah kadar air didapat, dibuat grafik hubungan antara kadar air dengan jumlah ketukan dalam kertas skala semi-log. Grafik ini secara teoritis merupakan garis lurus.
11. Kadar air dimana jumlah ketukan 25 kali disebut Batas Cair. Batas Cair ini diulangi dengan tanah yang telah dimasukkan dalam oven; tanah tersebut ditambahkan aquades secukupnya, prosedur selanjutnya sama dengan di atas; dan Batas Cair yang didapatkan disebut “ w_L oven”.

f) Perhitungan Hasil Pengujian

Indeks Plastisitas (Plasticity Index) - I_P

Selisih antara batas cair dan batas plastis, daerah diantaranya disebut daerah keadaan plastis.

$$I_P = w_L - w_P$$

Indeks Alir (Flow Index) - I_f

Perbandingan antara selisih kadar air pada keadaan tertentu dengan selisih antara jumlah pukulan pada kadar air tersebut. Indeks Alir menyatakan kemiringan kurva percobaan batas cair.

$$I_f = \frac{\Delta w}{\Delta \log N}$$

5. Pengujian kepadatan modified (modified proctor test)

a) Definisi

Pemadatan adalah suatu proses dimana udara pada pori-pori tanah dikeluarkan dengan suatu cara mekanis (digilas/ditumbuk). Pada proses pemadatan untuk setiap daya pemadatan tertentu, kepadatan yang tercapai tergantung pada banyaknya air di dalam tanah tersebut, yaitu kadar airnya. Apabila kadar air rendah mempunyai sifat keras atau kaku sehingga sukar dipadatkan.

Bilamana kadar airnya ditambah maka air itu akan berlaku sebagai pelumas sehingga tanah akan lebih mudah dipadatkan. Pada kadar air yang lebih tinggi lagi kepadatannya akan turun karena pori-pori tanah menjadi penuh terisi air yang tidak dapat lagi dikeluarkan dengan cara memadatkan.

Berat isi kering maksimum ($\rho_d \text{ max}$) adalah berat isi terbesar yang dicapai pada pengujian kompaksi pada energi tertentu.

Kadar air optimum adalah nilai kadar air di mana pada energi kompaksi tertentu dicapai ρ_d maksimum

b) Maksud dan tujuan serta aplikasi

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

Kepadatan tanah biasanya dinilai dengan menentukan berat isi keringnya (ρ_d).

Kadar air optimum ditentukan dengan melakukan percobaan pemadatan di laboratorium. Hasil percobaan ini dipakai untuk menentukan syarat-syarat yang harus dipenuhi pada waktu pemadatan di lapangan. Pada percobaan di laboratorium, kadar air optimum

ditentukan dari grafik hubungan antara berat isi kering dengan kadar air.

Tujuan uji kompaksi adalah untuk mendapatkan Kadar Air Optimum dan Berat Isi Kering Maksimum pada suatu proses pemadatan.

c) Peralatan

1. Alat kompaksi

- a. Mold dengan tinggi 4.6", diameter 4" volume 1/30 cu-ft.
- b. Collar dengan tinggi 2.5", diameter 4".
- c. Hammer dengan berat 5.5 lb atau 10 lb, diameter 2", tinggi jatuh 12" atau 18".

2. Sprayer untuk menyemprot air ke tanah

3. Ayakan no 4.

4. Pisau, scoop, palu karet.

5. Timbangan ketelitian 0.1 g atau 0.01 g.

6. Oven, desikator, container

d) Proserdur Uji

1. Siapkan contoh tanah yang akan diuji \square 25 kg dimana tanah sudah dibersihkan dari akar-akar dan kotoran lain.
2. Tanah dijemur sampai kering udara (air drained), atau dikeringkan dalam oven dengan suhu $60 \square C$.
3. Gumpalan-gumpalan tanah dihancurkan dengan palu karet agar butir tanah tidak ikut hancur.
4. Contoh tanah kering dalam keadaan lepas diayak dengan ayakan no 4, hasil ayakan dipergunakan.
5. Tanah hasil ayakan sebanyak \square 3 kg disemprot air untuk mendapat hasil contoh tanah dengan kebasahan merata sehingga bisa dikepal tapi masih mudah lepas (hancur).
6. Mold yang akan dipergunakan dibersihkan, ditimbang beratnya dan diukur volumenya (biasanya volume mold = 1/30 cu-ft). Isikan contoh tanah ke dalam mold setelah 1" - 2" (modified) atau 2" - 4" (standard).

7. Tumbuk dengan hammer sebanyak 25 kali pada tempat yang berlainan. Hammer yang dipergunakan disesuaikan dengan cara percobaan.
8. Isikan lagi untuk lapis berikutnya dan tumbuk sebanyak 25 kali.
9. Pengisian diteruskan sampai 5 lapisan untuk modified atau 3 lapisan untuk standard. Pada penumbukan lapisan terakhir harus dipergunakan sambungan tabung (collar) pada mold agar pada waktu penumbukan hammer tidak meleset keluar.
10. Buka sambungan tabung di atasnya dan ratakan permukaan tanahnya dengan pisau.
11. Mold dan contoh tanah ditimbang.
12. Tanah dikeluarkan dengan bantuan dongkrak dan diambil bagian atas (A), tengah (T), dan bawah (B) masing-masing \square 30 gram kemudian dioven selama 24 jam.
13. Setelah 24 jam dioven, container + tanah kering ditimbang.
14. Dengan mengambil harga rata-rata dari kadar air ketiganya didapat nilai kadar airnya.
15. Percobaan dilakukan sebanyak minimum 5 kali dengan setiap kali menambah kadar airnya sehingga dapat dibuat grafik berat isi kering terhadap kadar air.

e) Perhitungan

1. Berat isi kering (γ_d) dapat dihitung dari rumus :

$$\gamma_d = \frac{W}{V(1 + w)}$$

dimana :

W = berat total tanah kompaksi bahan dalam mold

V = volume mold

w = kadar air tanah kompaksi

2. Untuk menggambarkan Zero Air Voids Curve dihitung dengan memakai rumus :

$$\gamma_d = \frac{G_s \times \gamma_w}{1 + \left(\frac{w \times G_s}{S_r} \right)}$$

dimana :

G_s	=	Berat Jenis tanah
γ_w	=	Berat Volume Air
w	=	Kadar Air
S_r	=	Derajat Kejenuhan

Garis ZAV adalah hubungan antara Berat Isi Kering dengan Kadar Air bila derajat kejenuhan 100%, yaitu bila pori tanah sama sekali tidak mengandung udara. Grafik ini berguna sebagai petunjuk pada waktu menggambarkan grafik compaction tersebut akan selalu berada di bawah ZAV biasanya tidak lurus tetapi agak cekung ke atas.

Hasil percobaan pemadatan biasanya dinyatakan sebagai grafik hubungan antara Berat Isi Kering dengan Kadar Air.

Kadar Air Optimum didapatkan dengan cara sebagai berikut:

Dari 6 contoh dengan kadar air berbeda-beda kita dapat menghitung γ_d masing-masing. Setelah itu digambarkan dengan skala biasa w (%) sebagai absis dan γ_d sebagai ordinat sehingga akan diperoleh Lengkung Kompaksi. Pada grafik ini juga digambarkan ZAVC dan grafik pada derajat kejenuhan $S = 80\%$. Dari puncak Lengkung Kompaksi ditarik garis vertikal dan horisontal sampai memotong sumbu-sumbu grafik. Dari garis horisontal akan diperoleh harga γ_d maksimum sedangkan dari garis vertikal akan diperoleh $w_{optimum}$ yang dicari.

Pada pelaksanaannya dilapangan, biasanya nilai γ_d maksimum sulit untuk dicapai, lagipula sulit untuk menjaga agar nilai kadar air tetap konstan pada $w_{optimum}$. Untuk mengatasi hal tersebut, maka biasanya diberikan toleransi sebesar 5%, sehingga nilai kepadatan tanah yang harus dicapai adalah minimum 95% γ_d maksimum. Pada nilai ini, akan diperoleh suatu rentang nilai kadar air, sehingga yang perlu dijaga pada pelaksanaan di lapangan adalah kadar air pada rentang ini.

Nilai berat jenis tanah adalah parameter yang diperlukan dalam pengolahan data dan cukup sensitif terhadap hasil akhir, sehingga jika nilai G_s belum ada, maka perlu dilakukan pengujian specific gravity,

baik menggunakan erlenmeyer maupun menggunakan piknometer, gunakan modul uji berat jenis tanah.

6. Pengujian direct shear

a) Maksud dan Tujuan

Maksud dari uji geser langsung adalah untuk memperoleh besarnya tahanan geser tanah pada tegangan normal tertentu. Tujuannya adalah untuk mendapatkan kuat geser tanah.

Hasil uji geser langsung dapat digunakan untuk analisis kestabilan dalam bidang geoteknik, di antaranya untuk analisis kestabilan lereng, daya dukung pondasi, analisis dinding penahan, dan lain-lain.

b) Peralatan

Alat-alat yang digunakan :

- Shear box / kotak geser
Terdiri dari 2 buah rangka untuk memegang contoh tanah dengan baik dan dapat disatukan satu sama lain dengan sekrup pada waktu konsolidasi. Kedua rangka diusahakan mempunyai bidang persentuhan yang sekecil mungkin untuk mengurangi gesekan. Kedua rangka terletak di dalam kotak yang dapat diisi air untuk merendam contoh tanah selama percobaan berlangsung. Rangka bagian atas mempunyai dudukan yang dihubungkan dengan piston yang berhubungan dengan proving ring. Proving ring ini dipergunakan untuk mengukur gaya geser horisontal yang digunakan untuk menggeser contoh tanah.
- Bagian untuk menggeser shear box
Dilengkapi dengan sistem transmisi yang memungkinkan digantigantinya kecepatan penggeseran yaitu dengan mengganti susunan gigi transmisinya. Penggeseran horisontal ini dapat dilakukan secara manual atau dengan menggunakan motor listrik.
- Proving ring
- Dial untuk mengukur deformasi vertikal dan horisontal
- Beban konsolidasi
- Batu pori dari bahan yang tidak berkarat ($k = 0.1 \text{ cm/det}$)
- Pelat untuk menjepit contoh tanah
- Ring untuk mengambil/mencetak contoh tanah dari tabung sampel
- Dolly, untuk memindahkan contoh tanah dari ring ke shear box

- Timbangan dengan ketelitian 0.01 gr
- Kertas filter
- Oven
- Stopwatch
- Pisau dan palet

c) Prosedur Uji

1. Siapkan semua peralatan yang diperlukan
2. Keluarkan shear box dari tempat airnya. Jadikan satu shear box bagian atas dan bawah dengan memasang baut penguncinya. Masukkan pelat dasar pada bagian paling bawah dari shear box dan di atasnya dipasang batu pori yang sebelumnya telah dicelupkan dalam aquades atau direbus dahulu untuk mengeluarkan udara yang ada di dalam pori-porinya. Di atas batu pori diberi kertas filter yang sebelumnya juga telah dicelupkan dalam aquades. Dan di atas kertas filter ini dimasukkan pelat berlubang yang beralur, alur ini harus menghadap ke atas dan arah alurnya harus tegak lurus arah penggeseran, hal ini dimaksudkan agar contoh tanah benar-benar terjepit secara kuat pada waktu dilakukan penggeseran. Masukkan kembali shear box ke dalam tempat airnya. Dan tempatkan kedudukannya dengan mengencangkan dua buah baut penjepit yang ada.
3. Masukkan contoh tanah ke dalam shear box.
4. Atur agar pelat pendorong tepat menempel pada shear box bagian bawah.
5. Piston proving ring diatur agar tepat menyinggung shear box bagian atas, ini berarti proving ring belum menerima beban. Jadi dial proving ring juga harus diatur tepat pada nol, demikian juga dial pengukur deformasi horisontal.
6. Atur kedudukan loading yoke dalam posisi kerja, tempatkan juga kedudukan dial untuk mengukur deformasi vertikal. Atur kedudukan dial ini pada posisi tertentu.

7. Siapkan beban konsolidasinya. Lengan pembebanan ini mempunyai perbandingan panjang 1:10, jadi beban yang bekerja juga mempunyai perbandingan 1 : 10.
8. Contoh tanah siap digeser, dengan lebih dahulu menentukan kecepatan penggeserannya.
9. Periksa sekali lagi apakah jarum dial proving ring dan dial deformasi horisontal tepat pada posisi normal. Sekarang penggeseran dapat dimulai, tapi jangan lupa melepaskan kedua baut yang menyatukan shear box bagian atas dan bawah. Periksa juga clutch, apakah sudah terkunci.

1.4. Pengujian di Laboratorium

Untuk mengetahui nilai friksi antara tanah dan geotekstil pertama disiapkan dulu bahan uji yaitu tanah dengan kepadatan beragam, dengan cara kompaksi. Setelah kompaksi maka diambil sampel tanah sesuai dengan ring direct shear hanya saja diisi setengahnya sesuai dengan gambar pada bab 2. Setelah pengujian selesai maka didapatkan tegangan geser interface antara tanah dan geotekstil

1.5. Pemodelan Lereng dengan Software Plaxis

Setelah nilai sudut gesek interface antara tanah dan geotekstil didapatkan maka dapat dilakukan analisis stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil pada aplikasi plaxis.

1.6. Alur Penelitian

