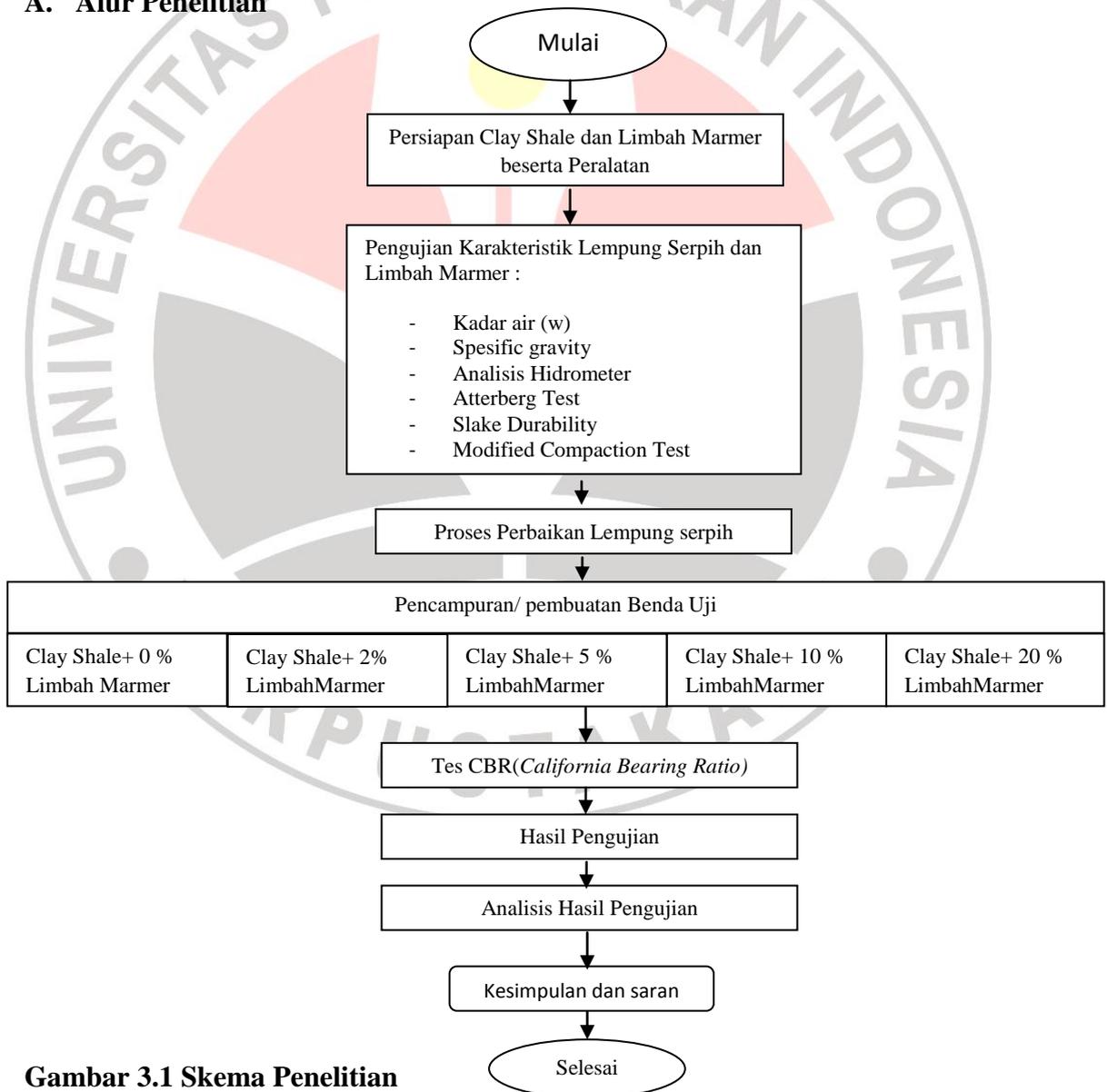


BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan secara umum adalah eksperimen di laboratorium dengan penyajian data secara deskriptif. Berdasarkan permasalahan yang diteliti, metode analisis yang digunakan adalah analisis data laboratorium.

A. Alur Penelitian



Gambar 3.1 Skema Penelitian

B. Prosedur Penelitian Laboratorium

Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian material *clay shale* (lempung serpih) yang akan diupayakan perbaikan daya dukungnya menggunakan limbah marmer. Lempung serpih ini diperoleh dari Kp. Cotak Desa Sagarkarya Kec Darangdang Kab. Purwakarta. Lokasinya berada tepat di belakang Rest. Area KM.97 Tol Cipularang. *Clay shale* diambil dalam kondisi yang terganggu (*disturbed*) dimana sampel uji ini telah terekspose oleh udara luar. Sedangkan limbah marmer didapatkan dari limbah pembungan PT. Multi Marmer Indonesia, dimana lokasi limbahnya berada di Kp. Giri Mulya Desa Gunungmasigit Kec. Cipatat-Padalarang. Kondisi limbah marmer yang didapatkan berupa butiran halus yang harus disaring terlebih dahulu dengan saringan no.4. Setelah kedua material ini diperoleh, peneliti melakukan pengujian-pengujian di laboratorium.

Dalam penelitian ini, pengujian dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Universitas Pendidikan Indonesia, Gedung FPTK lantai 2. Prosedur pengujian dilakukan berdasarkan standar ASTM. Pengujian-pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini diantara lain adalah :

1. Uji Kaidah Fisik tanah (*index properties*)

Untuk mengetahui karakteristik suatu sampel perlu dilakukan serangkaian pengujian *index properties*. Dimana dalam pengujian yang akan dilakukan, pengujian *index properties* dilakukan untuk lempung serpih (*clay shale*) dan Limbah marmer. Rangkaian Uji *index properties* adalah sebagai berikut :

a. Pengujian Kadar Air (*Water Content*)

1) Tujuan

Tujuan pengujian ini adalah untuk menentukan kadar air yang terkandung dalam material uji.

2) Standar yang digunakan

Standar yang digunakan adalah standar ASTM D-2216-1998

3) Alat yang digunakan

- a) Oven listrik yang dilengkapi dengan pengaturan suhu
- b) Cawan/ container
- c) Neraca dengan ketelitian 0,01 gr
- d) Alat pendingin/ *Desicator*

4) Prosedur Pengujian

a) Persiapan alat uji

- (1) Cawan di bersihkan
- (2) Timbangan dikalibrasi
- (3) Sampel uji di persiapkan

b) Pelaksanaan pengujian

- (1) Cawan bernomer dalam keadaan bersih dan kering ditimbang beratnya : $W_1 = \dots$ gr

- (2) Kemudian cawan tersebut di isi material uji, kemudian segera ditimbang kembali. Maka di peroleh berat material + cawan:

$$W_2 = \dots \text{ gr}$$

- (3) Setelah diketahui berat cawan yang sudah berisi material, cawan tersebut dimasukan kedalam oven listrik dengan suhu $\pm 105^\circ$ selama 24 jam
- (4) Setelah dioven, cawan berisi material uji dimasukan ke dalam *desictator* beberapa saat ± 1 jam.
- (5) Bila cawan berisi itu sudah dingin maka cawan tersebut ditimbang kembali, sehingga diperoleh berat material uji yang kering + cawan: $W_2 = \dots$ gr
- (6) Percobaan dilakukan minimal tiga kali agar diperoleh harga rata-ratanya. Hasil percobaan dicatat dalam format yang tersedia.

5) Perhitungan

$$w = \frac{(W_2 - W_1) - (W_3 - W_1)}{W_3 - W_1} \times 100\% \quad \text{atau} \quad w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\%$$

Dimana :

w = kadar air (%)

W_1 = berat cawan

W_2 = berat tanah basah + cawan

W_3 = berat tanah kering + cawan

W_w = berat air = $W_2 - W_1 - W_s$

W_s = berat butir = $W_3 - W_1$

b. Pengujian Batas Cair (*Liquid Limit*)

Casagrande adalah alat untuk menentukan batas cair pada pengujian ini. Material uji yang telah dicampur dengan air ditempatkan kedalam cawan dan didalamnya dibuat alur dengan memakai alat spatel (*grooving tool*). Engkel alat diputar hingga cawan dinaikan dan dijatuhkan pada dasar alat, dan banyaknya pukulan dihitung sampai kedua tepi alur tersebut berhimpit. Adapun tujuan alat yang digunakan dan prosedur percobaannya adalah :

1) Tujuan

Untuk mengetahui batas cair suatu material diperlukan alat uji yang disebut alat casagrande, sehingga dapat digunakan untuk menentukan sifat dan klasifikasi tanah.

2) Standar yang digunakan

ASTM : D-4318-00

3) Alat yang digunakan

1) Ayakan no.40 dengan lubang 0,425 mm

2) Cawan / mangkuk besar

3) Pisau pengaduk / spatula

4) Alat Casagrande

e) *Desicator*

f) Oven Listrik

g) Cawan / container kadar air

4) Prosedur percobaan

- a) Letakan 100 gr material uji yang melalui ayakan no.40 kedalam cawan pengaduk.
- b) Dengan menggunakan spatula, aduklah material tersebut dengan menambahkan air suling hingga homogen serta jenuh.
- c) Setelah menjadi campuran merata, ambil sebagian sampel tersebut dan letakan di dalam mangkuk Casagrande. Sampel itu diratakan sedemikian rupa hingga sejajar dengan dasar alat, bagian yang tebal ± 10 mm.
- d) Membuat alur dengan dengan cara membagi dua sampel dalam mangkuk itu dengan menggunakan colet melalui garis tengah pemegang mangkuk dan harus simetris. Pada waktu membuat alur posisi alur/ colet harus tegak lurus dengan permukaan mangkuk.
- e) Alat pemutar Cassagrande diputar sehingga mangkuk naik/turun dengan kecepatan 2 putaran per detik dengan tinggi jatuh ± 10 mm. Pemutaran dilakukan terus sampai dasar alur sampel bersinggungan sepanjang kira-kira 1,25 cm dan catat jumlah pukulannya sampai kedua sisi sampel yang dibelah tadi berhimpit kembali.
- f) Ulangi pekerjaan 4 dan 5 kali sampai diperoleh jumlah pukulan yang sama. Hal ini dilakukan untuk meyakinkan apakah pengadukan sampel sudah benar-benar meratakadar airnya. Jika ternyata pada percobaan telah diperoleh jumlah pukulan yang

sama, maka ambillah sampel dan masukan ke dalam cawan untuk menentukan kadar airnya sesuai dengan metode pengujian kadar air tanah.

- g) Kembalikan sisa benda uji ke dalam mangkuk pengaduk, dan alat Casagrande di bersihkan. Sampel tersebut diaduk kembali dengan merubah kadar airnya, hal yang seperti dijelaskan dilakukan kembali hingga 2 – 3 kali berturut-turut dengan variasi kadar air yang berbeda, sehingga akan diperoleh perbedaan jumlah putaran sebesar 8 – 10 putaran.

5) Penentuan Batas Cair

- a) Untuk menapatkan hasil dari uji ini, material yang dijadikan sampel harus di cek kadar airnya. Cara menentukan kadar air sama dengan perhitungan kadar air alami seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.
- b) Hasil-hasil percobaan tersebut digambar pada grafik, garis mendatar merupakan jumlah pukulan dengan skala log, dan garis tegak menunjukkan kadar air dalam skala linier.
- c) Buatlah garis lurus melalui titik-titik itu. Jika ternyata titik-titik yang diperoleh tidak terletak pada satu garis lurus, maka buatlah garis lurus melalui titik-titik berat titik-titik tersebut. Tentukan besarnya kadar air pada jumlah putaran 25 dan kadar air inilah yang merupakan batas cair (*liquid limit*) dari sampel tersebut.

- d) Untuk memperoleh hasil yang teliti, maka jumlah putaran diambil 2 titik diatas 25 putaran dan 2 titik dibawah 25 putaran, sehingga diperoleh 4 titik.

c. Pengujian Batas Plastis (*Plastic Limit*)

1) Tujuan

Untuk mengetahui batas plastis suatu sampel uji, yaitu batas antara keadaan plastis dan semi plastis.

2) Standar yang digunakan

ASTM : D-4318-00

3) Alat yang digunakan

- a) Ayakan no.40
- b) Mangkuk/ cawan
- c) Colet/pisau
- d) Neraca
- e) Plat kaca setebal 5 mm
- f) Cawan timbangan tanah
- g) *Desicator*
- h) Oven listrik

4) Prosedur pengujian

- a) Material yang melalui ayakan no.40 atau yang digunakan untuk uji batas cair diambil sebagian, diberi air dan diaduk merata keseluruhan.

- b) Setelah kadar air cukup merata, buatlah bola-bola dari sampel seberat 8 gram, kemudian bola-bola tersebut digulung di atas plat kaca.
 - c) Penggulungan dilakukan terus sampai sampel membentuk batang dengan berdiameter 3 mm. Jika pada waktu penggulungan sampel rentan sebelum mencapai 3 mm sudah retak, maka sampel tersebut disatukan kembali dan diberi air sedikit sebelum digulung kembali. Jika dalam penggulungan sampel bisa mencapai lebih kecil dari 3 mm tanpa menunjukkan gejala apa pun, maka sampel tersebut bisa dibiarkan beberapa saat dulu di udara agar kadar airnya berkurang sedikit.
 - d) Pengadukan dan penggulungan dilakukan terus menerus sampai retakan terjadi saat gulungan mencapai 3mm.
 - e) Apabila batas gulungan sudah tercapai, periksa kadar air batang sampel tersebut dengan berat sampel uji untuk kadar air 5 gram.
- 5) Analisis perhitungan
- Kadar air rata-rata ditentukan menurut pengujian kadar air sampel uji. Kadar air yang didapat adalah merupakan batas plastis dari sampel tanah tersebut.

d. Pengujian Berat Jenis (*specific gravity*)

1) Tujuan

Untuk mengetahui berat jenis sampel uji. 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).

2) Standar pengujian

ASTM : D-854-02 Piknometer

3) Alat-alat yang digunakan

- a) Botol piknometer
- b) Aquades
- c) Timbangan dengan ketelitian 0,01 g.
- d) Termometer
- e) Alat pemanas berupa kompor listrik
- f) Oven
- g) Evaporating dish dan mangkok porselin
- h) Pipet
- i) Alat pengaduk batang dari gelas

4) Prosedur pengujian

- a) Dilakukan kalibrasi terhadap piknometer, yaitu dengan melakukan:
 - (1) Piknometer yang kosong dan bersih ditimbang (W_1), kemudian diisi aquades sampai batas kalibrasi (*kalibration mark*).
 - (2) Keringkan bagian luar piknometer dan juga didaerah tutupnya.
 - (3) Piknometer dan aquades ditimbang (W_4) dan diukur suhunya.
Harus diperhatikan bahwa pembagian suhu harus merata.
- b) Ambil contoh sampel seberat ± 50 gr. Untuk sampel kering langsung dimasukkan ke dalam piknometer lalu ditimbang (W_2).

- c) Piknometer yang berisi tanah ditambahkan aquades sampai mencapai 2/3 bagian. Lalu diaduk sampai homogen.
- d) Piknometer yang berisi contoh tanah ini dipanaskan di atas kompor listrik selama ± 10 menit supaya gelembung udaranya keluar.
- e) Sesudah itu Piknometer diangkat dari kompor dan disimpan dalam *desicator* sampai suhunya sesuai dengan suhu ruangan 25°C.
- f) Piknometer diambil, bagian luar dikeringkan, ditambah air hingga batas kalibrasi dan ditimbang (W_3).
- g) Percobaan diatas dilakukan tiga kali sehingga didapatkan 3 harga G_s yang kemudian dirata-ratakan.

5) Analisis perhitungan

Tahap-tahap perhitungan dalam pengujian ini adalah :

- a) Berat jenis sampel pada suhu T°C dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$G_s = \frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$$

Dimana :

G_s = berat jenis

W_1 = berat piknometer

W_2 = berat piknometer dan sampel kering

W_3 = berat piknometer, sampel dan air

W_4 = berat piknometer dan air

- b) Apabila hasil kedua berada lebih dari 0,03 pemeriksaan harus diulang.

e. Pengujian Analisis Hidrometer (*Hydrometer Analysis*)

1) Tujuan

Untuk menentukan susunan ukuran butir tanah khusus berbutir halus lolos saringan no.200

2) Standar yang digunakan

ASTM : D-422

3) Alat-alat yang digunakan

- a) Hidrometer dengan skala konsentrasi 5-60 gr/lit
- b) Tabung gelas ukur kapasitas 1000 ml
- c) Thermometer kapasitas 0-50°C dengan ketelitian 0,1°C
- d) Pengaduk mekanis (*mixer*) dan mangkuk dispersi
- e) Ayakan no.200
- f) Neraca dengan ketelitian 0,01 gr
- g) Oven listrik
- h) Batang pengaduk
- i) Stop watch

4) Prosedur pengujian

- 1) Timbang sampel kering seberat ± 50 gr yang lolos saringan no.200, campur sampel uji dengan air suling sambil diaduk rata hingga menjadi bubur. Masukkan *dispersing agent*(sodium *hexametaphosphate*) sebanyak 40 gr kedalam campuran tersebut lalu dikocok dengan mixer. Larutan tersebut dikocok selama 10 menit untuk memisahkan ikatan antara butir-butirnya. Setelah

pengocokan selesai, masukan larutan kedalam tabung ukur kapasitas 1000 ml, lalu tambahkan air suling hingga mencapai 1000 ml.

- 2) Bagian atas ditutup dengan telapak tangan dan dikocok berulang-ulang dengan membalikan tabung. Kocokan ini dilakukan selama 30 detik lalu tabung disimpan diatas meja dan dimasukan alat hidrometer dan persiapkan stopwatch.
- 3) Lakukan pembacaan hidrometer pada waktu 0, 1, 2 dan 4 menit tanpa memindahkan hidrometernya. Kemudian suspensi dikocok dan dilakukan pembacaan kembali seperti yang telah dilakukan hingga 3 kali pembacaan yang sama kemudian diambil harga rata-ratanya.
- 4) Setelah ini dilanjutkan pembacaan dilakukan pada menit ke 8, 16, 30, 45, 90, 210, 1290, 1440. Pada tiap-tiap pembacaan hidrometer diangkat dan diukur temperturnya.
- 5) Setelah semua pembacaan selesai, larutan dituang dalam dish yang telah ditimbang beratnya, kemudian dimasukan 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 curve*.

5) Analisis perhitungan

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

Dimana :

a = faktor koreksi

$$= \frac{1.65 \times G_s}{2.65 \times (G_s - 1)}$$

= atau dapat juga dilihat dari Tabel 2

R_c = koreksi pembacaan hidrometer

$$= R_a - C_0 - C_t$$

R_a = pembacaan hidrometer sebenarnya

C₀ = koreksi nol (zero correction)

C_t = koreksi suhu, dilihat dari Tabel 3

b) Diameter efektif (D) dapat dihitung menggunakan rumus :

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

Dimana :

D = diameter butir (mm)

L = effective depth (cm), dari Tabel 5

t = elapsed time (menit)

η = viskositas aquades (poise), dari Tabel 1

G_s = specific gravity of soil

G_w = specific gravity of water, dilihat dari Tabel 1

$$K = \sqrt{\frac{30\eta}{g(G_s - G_w)}} \text{ atau dari Tabel 4}$$

c) Pembuktian rumus Stokes

$$\text{Gaya geseran } F = 6 \pi \cdot \eta \cdot R \cdot v$$

$$\text{Berat} = mg = \frac{4}{3} \pi \cdot R^3 \cdot \gamma_s \cdot g$$

$$\text{Gaya ke atas} = \frac{4}{3} \pi \cdot R^3 \cdot \gamma_w \cdot g = B$$

Jadi untuk butiran yang jatuh dalam larutan

$$\frac{4}{3} \pi \cdot R^3 \cdot \gamma_w \cdot g + 6 \pi \cdot \eta \cdot R \cdot v = \frac{4}{3} \pi \cdot R^3 \cdot \gamma_s \cdot g$$

$$\text{sehingga } v = \frac{2R^2 g}{9\eta} (\gamma_s - \gamma_w)$$

$$v = \frac{1}{18} \frac{D \times g}{\eta} (\gamma_s - \gamma_w)$$

dimana :

D = diameter butir

v = kecepatan terminal

γ_s = berat isi butir

γ_w = berat isi air = 1 gr/cm³

η = viskositas larutan (air)

$$\gamma_s = G_s \cdot \gamma_w = G_s$$

$$v = \frac{1}{18} \left[\frac{D}{10} \right]^2 \frac{(G_s - G_w) \times g}{\eta} = \frac{(G_s - G_w) \times g}{1800\eta} \times g \times D^2$$

$$D = \sqrt{\frac{1800 \times \eta \times v}{(G_s - G_w) \times g}} \text{ (mm)}$$

Bila partikel / butir berdiameter D jatuh pada ketinggian L cm dalam waktu t menit, maka :

$$D = \sqrt{\frac{1800 \times \eta \times L}{(G_s - G_w) \times t \times g}} = \sqrt{\frac{30 \times \eta \times L}{(G_s - G_w) \times t \times g}}$$

$$D = K \sqrt{\frac{L}{t}} \text{ (mm)}$$

Tabel 3.1 Properties of Distilled Water

Temperatur (°C)	Specific Gravity of Water, G_w	Viscosity of Water, η
4	1.00000	0.01567
16	0.99897	0.01111
17	0.99889	0.01083
18	0.99862	0.01056
19	0.99844	0.01030
20	0.99823	0.01005
21	0.99802	0.00981
22	0.99780	0.00958
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

Sumber : HerwanDermawan (2010:3)

Tabel 3.2 Correction Faktor for Unit Weight of Solid

Unit Weight of Soil Solid, G_s	Correction Faktor, a
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

Sumber : HerwanDermawan (2010:3)

Tabel 3.3 Properties Correction Factors

Temperatur (°C)	Ct
15	-1.10
16	-0.90
17	-0.70
18	-0.50
19	-0.30
20	0.00
21	0.20
22	0.40
23	0.70
24	1.00
25	1.30
26	1.65
27	2.00
28	2.50
29	3.05
30	3.80

Sumber : Herwan Dermawan (2010:3)

Tabel 3.4 Values of K for Several

Unit Weight of Soil Solids and Temperature Combination

Temperatur (°C)	Unit Weight of Soil Solid							
	2.50	2.55	2.60	2.65	2.70	2.75	2.80	2.85
16	0.0151	0.0148	0.0146	0.0144	0.0141	0.0139	0.0137	0.0136
17	0.0149	0.0146	0.0144	0.0142	0.0140	0.0138	0.0136	0.0134
18	0.0148	0.0144	0.0142	0.0140	0.0138	0.0136	0.0134	0.0132
19	0.0145	0.0143	0.0140	0.0138	0.0136	0.0134	0.0132	0.0131
20	0.0143	0.0141	0.0139	0.0137	0.0134	0.0133	0.0131	0.0129
21	0.0141	0.0139	0.0137	0.0135	0.0133	0.0131	0.0129	0.0127
22	0.0140	0.0137	0.0135	0.0133	0.0131	0.0129	0.0128	0.0126
23	0.0138	0.0136	0.0134	0.0132	0.0130	0.0128	0.0126	0.0124
24	0.0137	0.0134	0.0132	0.0130	0.0128	0.0126	0.0125	0.0123
25	0.0135	0.0133	0.0131	0.0129	0.0127	0.0125	0.0123	0.0122
26	0.0131	0.0131	0.0129	0.0127	0.0125	0.0124	0.0122	0.0120
27	0.0132	0.0130	0.0128	0.0126	0.0124	0.0122	0.0120	0.0119
28	0.0130	0.0128	0.0126	0.0124	0.0123	0.0121	0.0119	0.0117
29	0.0129	0.0127	0.0125	0.0123	0.0121	0.0120	0.0118	0.0116
30	0.0128	0.0126	0.0124	0.0122	0.0120	0.0118	0.0117	0.0115

Sumber : Herwan Dermawan (2010:4)

Tabel 3.5 Value of L (Effective Depth) for Use in Stokes Formula for Diameter of Particles from ASTM Soil Hydrometer 152 H

Original Hyd. Reading (Corrected for Meniscus Only)	Effective Depth, L (cm)	Original Hyd. Reading (Corrected for Meniscus Only)	Effective Depth, L (cm)
0	16.3	31.	11.2
1	16.1	1	11.1
2	16.0	2	10.9
3	15.8	3	10.7
4	15.6	4	10.5
5	15.5	5	10.4
6	15.3	6	10.2
7	15.2	7	10.1
8	15.0	8	9.9
9	14.8	9	9.7
10	14.7	10	9.6
11	14.5	11	9.4
12	14.3	12	9.2
13	14.2	13	9.1
14	14.0	14	8.9
15	13.8	15	8.8
16	13.7	16	8.6
17	13.5	17	8.4
18	13.3	18	8.3
19	13.2	19	8.1
20	13.0	20	7.9
21	12.9	21	7.8
22	12.7	22	7.6
23	12.5	23	7.4
24	12.4	24	7.3
25	12.2	25	7.1
26	12.0	26	7.0
27	11.9	27	6.8
28	11.7	28	6.6
29	11.5	29	6.5
30	11.4		

Sumber : Herwan Dermawan (2010:5)

2. Pengujian Pemadatan (*compaction test*)

Percobaan pemadatan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah percobaan pemadatan *modified proctor*.

a. Tujuan

Untuk menentukan hubungan antara kadar air dan berat isi kering. Dari kadar air dan berat isi kering yang diperoleh dari hasil-hasil percobaan ini akan didapat kadar air optimum dan berat isi kering maksimum.

b. Standar yang digunakan

ASTM : D-698

c. Alat-alat yang digunakan

- 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 10 lb, diameter 2", tinggi jatuh 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
- 7) Cawan

d. Prosedur pengujian

- 1) Siapkan contoh sampel yang akan diuji ± 25 kg, dimana sampel sudah dibersihkan dari akar-akar dan kotoran lain.
- 2) Sampel dijemur sampai kering udara (air drained), atau dikeringkan dalam oven dengan suhu 60°C .
- 3) Gumpalan-gumpalan sampel dihancurkan dengan palu karet agar butir tanah tidak ikut hancur
- 4) Sampel kering dalam keadaan lepas diayak dengan ayakan no.4, hasil ayakan dipergunakan.
- 5) Sampel hasil ayakan sebanyak ± 3 kg disemprot air untuk mendapatkan 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 sampel kedalam mold setelah 1" – 2" (modified).
- 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 lapis untuk modified. 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) Sampel dikeluarkan dengan bantuan dongkrak, kemudian diambil bagian atas, tengah, dan bawah masing-masing ± 30 gram, kemudian di oven selama 24 jam.
- 13) Setelah 24 jam dioven, cawan + sampel kering ditimbang
- 14) Dengan mengambil harga rata-rata dari kadar air ketiganya, di dapat nilai kadar airnya
- 15) Percobaan dilakukan sebanyak 5 kali dengan setiap kali menambah kadar airnya sehingga dapat dibuat grafik berat isi kering terhadap kadar air.

e. Analisa 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 :

$$\gamma_d = \frac{G_s \cdot \gamma_w}{1 + \frac{w \cdot G_s}{S_r}}$$

Dimana :

G_s = berat jenis tanah

γ_w = berat volume air

w = kadar air

S_r = derajat kejenuhan (100%)

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.

3. Dari hasil percobaan tersebut dapat dibuat kurva yang menunjukkan hubungan antara kadar air dan berat isi kering sampel, dan dari kedua kurva tersebut akan diperoleh kadar air optimum (*optimum moisture content*) dan berat isi kering maksimum (*maximum dry density*).

3. Pengujian CBR (*california bearing ratio*)

a. Tujuan

Untuk menentukan nilai CBR pada suatu material yang dipadatkan dengan cara pemadatan modified proctor

b. Standar yang digunakan

16) ASTM : D-1983-1997

c. Alat-alat yang digunakan

- 1) Peralatan untuk percobaan kompaksi, lengkap.
- 2) Peralatan untuk percobaan CBR :
 - a) Mold ukuran tinggi 7", diameter 6" berikut collar (3 buah)
 - b) Spacer dish tinggi 2" - 2.5", diameter 6"
 - c) Hammer berat 5.5 atau 10 lb, tinggi jatuh 12" atau 18"
 - d) Surcharge load berat 10 lb (2 buah)
 - e) Alat pengukur CBR
- 3) Ayakan ukuran $\frac{3}{4}$ " dan no. 4
- 4) Sprayer untuk menyemprot air ke tanah
- 5) Pisau, scoop, tali karet

- 6) Timbangan ketelitian 0.1 gr
- 7) Ember untuk merendam mold + tanah
- 8) Alat pengukur swelling.

d. Prosedur pengujian

- 1) Siapkan sampel kering seperti pada percobaan kompaksi sebanyak 3 contoh masing-masing 5 kg.
- 2) Tanah disaring dengan ayakan ukuran 20 mm.
- 3) Contoh tanah tersebut kemudian disemprot dengan air sehingga kadar airnya menjadi w_{optimum} dari percobaan kompaksi yang dilakukan sebelumnya, dengan toleransi yang diijinkan 3% dari w_{optimum} tersebut.
- 4) Kemudian contoh tanah tersebut didiamkan selama 24 jam (curing periode) agar kadar airnya merata dan ditutup rapat-rapat agar airnya tidak menguap.
- 5) Mold CBR disiapkan, spacer dish diletakkan di bawah, selanjutnya mold diisi dengan contoh tanah tadi sedemikian banyaknya sehingga setelah ditumbuk mempunyai ketinggian 1/5 tinggi mold (*modified*).

Penumbukan dilakukan setiap lapis seperti pada percobaan kompaksi (tetapi dengan jumlah tumbukan yang berbeda untuk ketiga contoh). Setiap contoh sampel dibuat dua buah sampel, untuk sampel terendam dan sampel tak terendam. Penumbukan pada setiap contoh adalah :

contoh sampel I : 5 lapis (modified), 10x/lapis
contoh sampel II : 5 lapis (modified), 25x/lapis
contoh sampel III : 5 lapis (modified), 56x/lapis

- 6) Mold dibalikkan, spacer dish dikeluarkan, lalu ditimbang. Dengan menimbang mold kosong bersih maka γ_d dari setiap contoh tanah dapat dihitung.
- 7) Kemudian untuk sampel yang akan direndam kedua permukaan tanah diberi kertas pori, dalam keadaan terbalik bagian bawah diberi perforated based plate di atas diberi surcharge load minimum 10 lb, yang terdiri dari 2 bagian masing-masing 5 lb.
- 8) Mold + tanah yang sudah dipadatkan kemudian direndam dalam air selama sampel tanah berhenti melakukan pengembangan, air harus dapat masuk baik dari atas (swell plate) maupun dari bawah (perforated plate) ke dalam tanah yang direndam. Perendaman ini disebut Soaking.
- 9) Selama perendaman setiap hari dibaca besarnya swelling yang terjadi akhirnya dihitung swelling totalnya dalam % terhadap tinggi tanah semula. Syarat swelling total adalah $\pm 3\%$, yang baik 1%.
- 10) Mold + contoh tanah diangkat dari dalam air, buang air yang tergenang di atas contoh tanah yang ada di dalam mold.
- 11) Dengan beban yang sama besar seperti pada perendaman tadi, contoh sampel yang kering dan basah diperiksa CBR-nya, yaitu

dengan penekanan penetration piston yang luas bidang penekannya = 3 inci². Kecepatan penetrasi 0.05 in/menit. Dibaca penetrasi dan ekanan yang diperlukan untuk penetrasi itu setiap ½ menit atau setiap penetrasi 0.025 in.

12) Pembebanan dimulai dengan teratur, kemudian pembacaan pada penetrasi dicatat dalam format yang tersedia. Hasil pemeriksaan digambarkan dalam kertas kurva.

e. Analisis Perhitungan

Dari hasil perhitungan tersebut diplot pada kertas kurva dan diadakan koreksi bila diperlukan. Nilai CBR dihitung pada penetrasi 0,1 inchi dan 0,2 inchi dengan persamaan :

$$CBR = \frac{\text{corrected load}}{\text{standard load}} \times 100\% , \text{ Jadi}$$

$$CBR_{0,1} = \frac{X}{P_s} \times 100\% = \frac{X}{3.1000} \times 100\%$$

$$CBR_{0,2} = \frac{Y}{P_s} \times 100\% = \frac{Y}{3.1500} \times 100\%$$

Dimana :

X = beban pada sampel tanah untuk penetrasi 0,1 inchi

Y = beban pada sampel tanah untuk penetrasi 0,2 inchi

P_s = beban standar