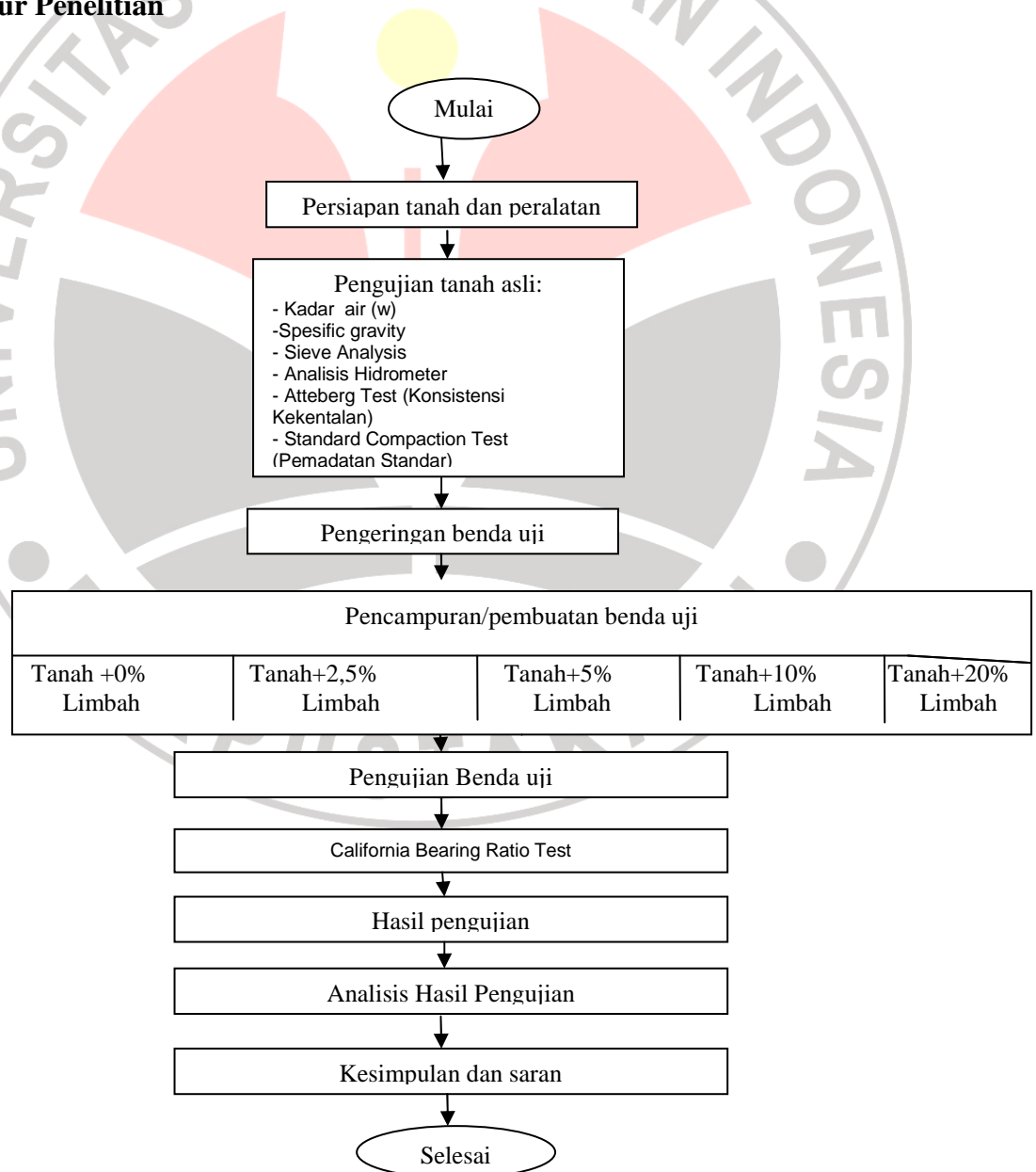


BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

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

3.1 Alur Penelitian



Gambar 3.1 Skema Penelitian

3.2 Prosedur Penelitian Laboratorium

Sebelum melakukan pengujian di laboratorium, terlebih dahulu mengambil sampel tanah di lapangan. Adapun sampel tanah uji pada penelitian ini diambil dari daerah Cikopo Cikampek dengan kedalaman 0.60 – 1.20 meter dari permukaan tanah (kondisi disturbed). Sampel tanah uji digunakan adalah tanah kohesif jenis lempung. Setelah sampel tanah uji diperoleh, maka dilakukan pengujian-pengujian di laboratorium. Sedangkan limbah marmer yang dipergunakan adalah limbah marmer yang telah dikeringkan dan lolos saringan No 4.

Dalam penelitian ini, pengujian-pengujian laboratorium dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah PT. Terutama Uni Shamadu yang berlokasi di Jl. Pinang Mas 2 F 5 Cimahi. Prosedur pengujian yang dilakukan berdasarkan pada standar ASTM . Pengujian-pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah:

3.2.1 Uji Kaidah Fisik Tanah (*Index Properties*)

Pengujian *Index Properties* bertujuan untuk mengetahui karakteristik fisik sampel tanah percobaan.

3.2.1.1 Pengujian Kadar Air (*Water Content*)

a. Tujuan

Tujuan pengujian ini adalah untuk menentukan kadar air yang terkandung dalam tanah tersebut.

b. Standar yang digunakan

- ASTM : D-2216-1997

-

c. Alat yang digunakan

- Oven listrik yang dilengkapi dengan pengatur suhu
- Neraca dengan ketelitian 0,01 gram
- Cawan /container
- Alat Pendingin / *Desicator*

d. Prosedur Percobaan

1. Persiapan percobaan

- Cawan dibersihkan dari kotoran
- Timbangan dikalibrasi
- Sampel tanah dipersiapkan

2. Pelaksanaan percobaan :

- Cawan bernomor dalam keadaan bersih dan kering ditimbang beratnya : $W_T = \dots$ gram
- Ambil sebagian tanah yang akan diketahui kadar airnya dan masukkan ke dalam cawan tersebut, kemudian segera ditimbang beratnya pada neraca dan diperoleh berat tanah + cawan : $W_w = \dots$ gram.
- Setelah diketahui berat tanah basah +cawan, kemudian tanah basah + cawan tersebut dimasukkan ke dalam oven listrik dengan suhu $110 \pm 5^\circ$ selama ± 24 jam.



Gambar 3.2 Oven Pengering Sampel Tanah Uji.

- Setelah di oven, cawan berisi tanah dimasukkan ke dalam *desicator* beberapa saat.
- Bila cawan berisi tanah tersebut sudah dingin, kemudian ditimbang beratnya sehingga diperoleh berat tanah kering + cawan : $W_D = \dots \text{gram}$
- Percobaan dilakukan minimal tiga kali agar diperoleh harga rata-ratanya. Hasil percobaan dicatat dalam format yang tersedia.



Gambar 3.3 Tanah Uji yang sudah dikeringkan dalam oven.

e. Perhitungan

Dari data-data hasil percobaan, maka kadar tanah dapat dihitung dengan persamaan:

$$w = \frac{W_w - W_D}{W_D - W_T} \times 100\% , \text{ atau } w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\%$$

Dimana :

w = kadar air (persen)

W_w = berat tanah basah +cawan

W_D = berat tanah kering + cawan

W_T = berat cawan

W_w = berat air

W_s = berat butir

3.2.1.2 Pengujian Batas Cair (*Liquid Limit*)

Cara menentukan batas cair pada penelitian ini ialah memakai alat batas cair (Casagrande). Tanah yang telah dicampur dengan air ditempatkan kedalam cawan dan didalamnya dibuat alur dengan memakai alat spatel (*grooving tool*). Engkol alat diputar sehingga cawan dinaikkan dan dijatuhkan pada dasar alat, dan banyaknya pukulan dihitung sampai kedua tepi alur tersebut berhimpit. Adapun tujuan, alat yang digunakan dan prosedur percobaannya adalah :

a. Tujuan

Untuk mengetahui batas cair suatu sampel tanah dengan menggunakan alat Casagrande, sehingga dapat digunakan untuk menentukan sifat dan klasifikasi tanah.

b. Standar yang digunakan :

- ASTM : D-421-1997, D-423-1997, D-424-1997

c. Alat yang digunakan :

- Ayakan no.40 dengan lubang 0,425 mm
- Cawan / mangkuk besar

- Pisau pengaduk / spatula

- Alat Casagrande

- Pisau pembelah

- *Desicator*

- Oven listrik

- Neraca

- Cawan / container kadar air

d. Prosedur percobaan

- Letakkan 100 gram tanah yang melalui ayakan No.40 ke dalam cawan pengaduk.

- Dengan menggunakan spatula, aduklah contoh tanah tersebut dengan menambah air suling hingga homogen serta jenuh.

- Setelah menjadi campuran merata, ambil sebagian sampel tanah tersebut dan letakkan di dalam mangkuk Casagrande. Contoh tanah diratakan sedemikian rupasehingga sejajar dengan dasar alat, bagian yang tebal \pm 10mm.

- Membuat alur dengan cara membagi dua contoh tanah dalam mangkuk itu dengan menggunakan colet melalui garis tengah pemegang mangkuk dan simetris. Pada waktu membuat alur posisi alat pembuat alur/ colet harus tegak lurus permukaan mangkuk.

- Alat pemutar Casagrande diputar sehingga mangkuk naik / turun dengan kecepatan 2 putaran per detik dengan tinggi jatuh \pm 10mm. Pemutaran dilakukan terus sampai dasar alur sampel tanah bersinggungan sepanjang

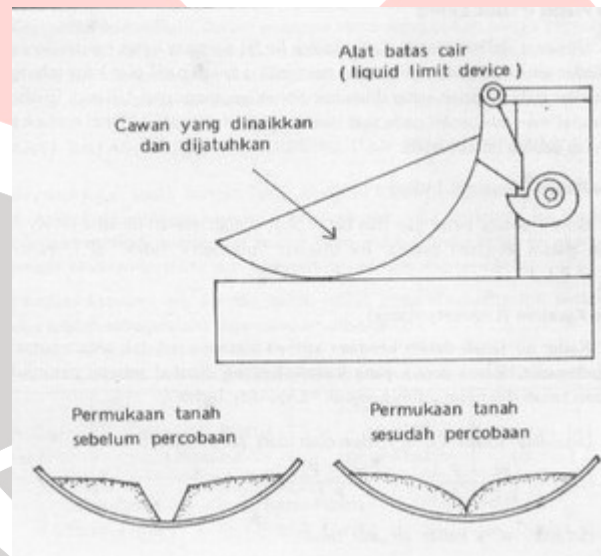
kira-kira 1,25 cm dan catat jumlah pukulannya sampai kedua sisi tanah yang dibelah tadi berimpit kembali.



Gambar 3.4 Alat Casagrande

- Ulangi pekerjaan 4 dan 5 beberapa kali samapi diperoleh jumlah pukulan yang sama. Hal ini dimaksudkan untuk meyakinkan apakah pengadukan sampel sudah betul-betul merata kadar airnya. Jika ternyata pada percobaan telah diperoleh jumlah pukualn sama,maka ambillah sebagian tanah dan masukkan ke dalam cawan yang telah dipersiapkan untuk menentukan kadar airnya sesuai dengan metode pengujian kadar air tanah.
 - Kembalikan sisa benda uji ke dalam cawan pengaduk, dan mangkuk alat Casagrande bersihkan. Sampel tanah uji diaduk kembali dengan merubah kadar airnya,kemudian ulangi langkah 2 dan 6 minimal 3 kali berturut-turut dengan variasi kadar air yang berbeda, sehingga akan diiperoleh perbedaan jumlah putaran sebesar 8 – 10 putaran.
- e. Penentuan batas cair
- Hasil-hasil percobaan tersebut digambar pada grafik, garis mendatar menunjukkan jumlah pukulan dengan skala log, dan garis tegak menunjukkan kadar air dalam skalaa linier.

- 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 tanah tersebut.
- Untuk memperoleh hasil yang diteliti, maka jumlah putaran diambil 2 titik diatas 25 putaran dan 2 titik dibawah 25 putaran, sehingga diperoleh 4 titik.



Gambar 3.5 Percobaan *Liquid Limit*

3.2.1.3 Pengujian Batas Plastis (*Plastic Limit*)

a. Tujuan

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

b. Standar yang digunakan

- ASTM : D-421-1997, D-423-1997, dan D-424-1997

c. Alat yang digunakan

- Ayakan No.40
- Mangkuk/ cawan
- Colet/pisau
- Neraca
- Plat kaca tebal 5 mm
- Cawan timbangn tanah
- *Desicator*
- Oven listrik

d. Prosedur percobaan

- Tanah yang melalui ayakan No.40 atau tanah yang digunakan untuk uji batas cair diambil sebagian, diberi dan diaduk hingga merata keseluruhan.
- Setelah kadar air cukup merata, buatlah bola-bola tanah dari sampel tanah seberat 8 gram, kemudian bola-bola tanah tersebut digulung di atas plat kaca.
- Penggulungan dilakukan terus sampai sampel tanah membentuk batang dengan berdiameter 3 mm. Jika pada waktu penggulungan sampel tanah retan sebelum mencapai diameter 3 mm sudah retak, maka sampel tanah disatukan kembali, kemudian ditamabah air sedikit dan diaduk samapi rata. Jika pada saat penggulungan bola-bola tersebut, samapel tanah bisa mencapai diameter lebih kecil dari diameter 3 mm tanpa menunjukkan gejala keretakan, maka sampel

tanah perlu dibiarkan beberapa saat di udara agar kadar airnya berkurang sedikit.

- Pengadukan dan penggulungan diulang terus sampai retakan-retakan itu terjadi tepat pada saat gulungan mencapai 3 mm.
 - Apabila batas gulungan sudah tercapai, periksa kadar air batang tanah tersebut dengan berat tanah uji untuk kadar air 5 gram.
- e. Analisis perhitungan

Kadar air rata-rata ditentukan menurut pengujian kadar air tanah. Kadar air yang didapat adalah merupakan batas plastis dari sampel tanah tersebut.

3.2.1.4 Pengujian Berat Jenis (*Spesifik Gravity*)

a. Tujuan

Untuk mengetahui berat jenis sampel tanah uji.

b. Standar yang digunakan :

- ASTM : D-854-1997

c. Alat-alat yang digunakan :

- Piknometer kapasitas 50ml atau botol ukur kapasitas 100ml (terbuat dari gelas pyrex) lengkap dengan penutupnya.
- Saringan No.4 dan penadahnya.
- Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.
- Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
- Bak perendam
- Thermometer kapasitas 0 - 50° C dengan ketelitian 0,1°C.

- Alat pendingin (*desicator*) berisi silica gel.
- Botol berisi air suling.
- Tungku listrik yang dilengkapi dengan plat asbes atau pompa hampa udara (*vacuum pump*).
- Cawan porselin.

d. Prosedur percobaan

1. Mempersiapkan sampel tanah

- Sampel tanah yang digunakan adalah tanah kering oven.
- Sampel tanah merupakan tanah yang butirnya lewat saringan No.4.
- Keringkan sampel tanah dalam oven pada suhu $\pm 110^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam, setelah itu dinginkan dalam *desicator*. Kemudian ditumbuk hingga halus dalam cawan porselin.

2. Cuci piknometer dengan air suling, kemudian dikeringkan. Selanjutnya ditimbang, didapat beratnya, $W_1 = \dots$ gram.

3. Masukkan sampel tanah ke dalam piknometer yang digunakan, kemudian ditimbang beratnya, $W_2 = \dots$ gram.

4. Tambahkan air suling ke dalam piknometer yang berisi sampel tanah, sehingga piknometer terisi dua pertiganya.

5. Untuk sampel tanah yang mengandung lempung, diamkan sampel tanah terendam selama 24 jam atau lebih.

6. Didihkan piknometer yang terisi rendaman contoh tanah dengan hati-hati selama 10 menit atau lebih sehingga udara dalam sampel tanah keluar seluruhnya. Untuk mempercepat proses pengeluaran udara sekali-kali piknometer dapat dimiringkan.

7. Untuk mengeluarkan air dapat pula dilakukan penyedotan dengan menggunakan pompa hampa udara di dalam piknometer minimal 100 mm air raksa.

8. Rendamlah piknometer dalam bak perendam sampai suhunya tetap. Tambahkan air suling secukupnya sampai penuh, setelah tanah mengendap, piknometer ditutup (waktu menutup air harus sampai keluar dari lubang tutup piknometer). Keringkan bagian luarnya, lalu timbang dan beratnya $W_3 = \dots$ gram.

9. Ukur suhu isi piknometer pada saat penimbangan $T^\circ\text{C}$.

10. Bila isi piknometer belum diketahui, isinya ditentukan sebagai berikut:

- Kosongkan dan bersihkan piknometer yang akan digunakan.
- Isi piknometer dengan air suling yang suhunya sama, kemudian dikeringkan dan ditimbang beratnya, $W_4 = \dots$ gram.

e. Analisis perhitungan

Tahap-tahap perhitungan dalam pengujian ini adalah :

- Berat jenis tanah pada suhu $T^\circ\text{C}$ 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 bahan kering

W_3 = berat piknometer, sampel dan air

W_4 = berat piknometer dan air

- Apabila hasil kedua berbeda lebih dari 0,03 pemeriksaan harus diulang.
- Berat jenis dilaporkan dalam dua angka dibelakang koma pada suhu 25°C yang dihitung sebagai berikut:

$$G_s (25^\circ) = K \times G_s (\text{pada suhu } T^\circ\text{C})$$

Keterangan : K = faktor koreksi (ditampilkan pada tabel 3.1)

Tabel 3.1 Kerapatan Relatif dan Faktor Koreksi (K)

Suhu (°C)	Kerapatan Relatif Air	Faktor Koreksi
18	0.9986244	1.0015
19	0.9989347	1.0013
20	0.9982343	1.0011
21	0.9980233	1.0009
22	0.9978019	1.0007
23	0.9975702	1.0005
24	0.9970770	1.0002
25	0.9970770	1.0000
26	0.9968156	0.9997
27	0.9965451	0.9994
28	0.9962652	0.9991
29	0.9959761	0.9988
30	0.9956780	0.9985



Gambar 3.6 Piknometer Alat untuk pengujian *Specific Gravity*

3.2.1.4 Pengujian Analisis Saringan (*Sieve Analysis*)

a. Tujuan

Untuk menentukan pembagian ukuran butir tanah (*grain size distribution*) dari suatu sampel tanah.

b. Standar yang digunakan

- ASTM : D-422-1997

c. Alat-alat yang digunakan :

- Satu set ayakan dengan ukuran lubang : 1.5 ”, 1”, 0.75”, 0.375”, No.4 (4,75mm), No.8 (2,36 mm), No. 30 (0,60 mm), No. 50 (0,30 mm), No.100 (0,15 mm), No. 200 (0,075mm).
- Neraca dengan ketelitian 0.01 gram.
- Oven Listrik.
- Mesin Penggetar Ayakan (*Sieve Shaker*)
- Alat pemisah sampel tanah
- Talam
- Kuas, sikat kuning,skop kecil,dll.

d. Prosedur percobaan

- Sampel tanah dikeringkan menggunakan oven.
- Ayak sampel tanah dengan susunan ayakan dengan lubang paling besar di atas dan terkecil di bawah serta alas.
- Ayakan digetarkan secara manual menggunakan tangan atau digetar dengan menggunakan mesin penggetas selama 15 menit.
- Sampel tanah yang tertahan pada tiap ayakan ditimbang beratnya.

- Lakukan hal yang sama terhadap limbah marmer, yang digunakan sebagai bahan stabilisator adalah butir limbah yang lolos saringan No.4.

e. Analisis perhitungan

- Hitung berat sampel tanah yang tertahan pada tiap-tiap ayakan dan dijumlah.
- Hitung persentase sampel tanah yang tertahan pada tiap-tiap ayakan dan dijumlah.
- Hitung persentase yang lolos pada tiap-tiap ayakan.
- Hasil-hasil tersebut digambar pada kertas grafik yang sudah disediakan. Dari kurva yang diperoleh akan diketahui jenis tanahnya dan gradasinya.



Gambar 3.7 Ayakan dan Sieve Shaker

3.2.1.5 Pengujian Analisa Hidrometer (*Hydrometer Analysis*)

a. Tujuan

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

b. Standar yang digunakan :

- ASTM : D-422-1997

c. Alat-alat yang digunakan :

- Hidrometer dengan skala-skala konsentrasi 5 – 60 gram/liter
- Tabung gelas ukuran kapasitas 1000 ml.

- Thermometer kapasitas 0 -50°C dengan ketelitian 0.1°C
- Pengaduk mekanis (Mixer) dan mangkuk dispersi.
- Ayakan No.200
- Neraca dengan ketelitian 0.01 gram
- Oven listrik.
- Batang pengaduk
- Stop watch.



Gambar 3.8 Alat- alat pengujian *Hydrometer Analysis*

d. Prosedur percobaan :

- Timbang sampel tanah kering seberat ± 50 gram, campur sampel tanah dengan air suling sambil diaduk hingga menjadi bubur. Masukkan 125 ml *dispersing agent* (jenis *dispersing* yang digunakan adalah : *Sodium polyphosphate*, *Sodium hexametaphosphate*, *Sodium carbonate*, *Sodium hydroxite*, *Sodium silicate*, *sodium oxalate* dan lain-lain) ke dalam campuran tersebut dan kocok dengan mixer. Larutan tersebut dikocok selama 10 menit untuk memisahkan akatan antara butir-butirnya. Setelah pengocokan selesai, cucilah larutan tersebut dengan ditahan oleh saringan No.200. Kemudian campuran yang lolos saringan No.200

dimasukkan ke dalam tabung ukur kapasitas 1000ml, lalu tambahkan air suling hingga mencapai 1000 ml. Tanah yang tertahan oleh ayakan No.200 bisa digunakan untuk analisa ayakan.

- Tutup bagian atas tabung telapak tangan dan kocoklah berulang-ulang dengan membalik-balikkan tabung. Perhatikan pada saat tabung dalam keadaan terbalik, tak ada tanah yang melekat pada dasar tabung. Setelah membalik-balikkan selama 30 detik, letakkan tabung diatas meja, masukkan hidrometer dan siapkan stop watch.

- Lakukan pembacaan hidrometer pada waktu $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, 1 dan 2 menit tanpa memindahkan hidrometernya. Kemudian suspensi kembali dikocok dan dilakukan pembacaan kembali seperti di atas, dan diulang hingga 4 kali sampai didapat 2 kali pembacaan yang sama.

- Setelah pembacaan 2 menit pertama selesai, pindahkan hidrometer ke dalam tabung berisi air suling yang telah dipersiapkan sebelumnya. Kocok kembali suspensi tersebut dan diamkan tanpa dilakukan pembacaan selama 2 menit pertama. Untuk pembacaan pada 2 menit ini dan pembacaan selanjutnya, hidrometer dimasukkan tepat sebelum pembacaan dimulai. Setiap pembacaan selesai dilakukan, keringkan tangkai hidrometernya. Lakukan pembacaan pada jarak 2.5 , 5 , 10 ,15,30 menit dan seterusnya dengan waktu \pm dua kali dari waktu pembacaan sebelumnya. Catatlah perubahan temperatur pada suspensi selama pengujian dilakukan.

- Untuk mempertahankan temperatur suspensi tetap sama, disarankan untuk menempatkan tabung hidrometer jauh dari tempat-tempat yang panas seperti radiator,sinar matahari atau jendela terbuka. Lebih baik bila ditempatkan dalam

bak pengatur temperatur untuk pengujian hidrometer. Usahakan untuk menutup bahan atas tabung dari udara dan lain-lainnya.

- Pembacaan dilakukan sampai pembacaan hidrometer mendekati 1, atau sampai pembacaan yang diinginkan (± 24 jam). Setelah pembacaan selesai, tuangkan suspensi ke dalam cawan besar, hindarkan kehilangan tanah dan keringkan dalam oven.

- Dinginkan dalam desicator, dan timbang dengan kepekaan 0.01 gram. Sehingga berat tanah kering yang dipakai dalam pengujian dapat ditentukan.



Gambar 3.9 Pengujian *Hydrometer Analysis*

e. Analisis perhitungan :

1. Kecepatan mengendap dari partikel-partikel tanah :

$$V = \frac{D \cdot 2(\gamma_s - \gamma_w)}{18\eta}$$

Dimana :

V = kecepatan mengendap

D = diameter partikel tanah

γ_s = berat isi partikel

γ_w = berat isi air

η = kekentalan air dinamis = μ / g

μ = kekentalan mutlak atau viskositas air

g = percepatan gravitasi

2. Diameter efektif (D) dapat dihitung menggunakan rumus :

$$D = \sqrt{\frac{18 \cdot \mu}{\gamma_s - \gamma_w}} \times \sqrt{\frac{H_r}{t}}$$

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

Dimana :

μ = viskositas air pada temperatur pengujian (tabel 3.2)

K= faktor viskositas (tabel 3.3)

H_r = kedalaman efektif (tabel 3.4)

t = total selang waktu

Tabel 3.2 Viskositas air (μ)

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	17.94	17.32	16.74	16.19	15.68	15.19	14.73	14.29	13.87	13.48
10	13.10	12.74	12.39	12.06	11.75	11.45	14.16	10.88	10.60	10.34
20	10.09	9.81	9.61	9.38	9.16	8.95	8.75	8.55	8.36	8.18
30	8.00	7.83	7.67	7.51	7.36	7.31	7.06	6.92	6.79	6.66
40	6.54	6.42	6.30	6.18	6.08	5.97	5.87	5.77	5.68	5.58
50	5.49	5.40	5.32	5.24	5.15	5.07	4.99	4.92	4.84	4.77
60	4.70	4.63	4.56	4.50	4.43	4.37	4.31	4.24	4.19	4.13
70	4.07	4.02	3.96	3.91	3.86	3.81	3.76	3.71	3.66	3.62
80	3.57	3.53	3.48	3.44	3.40	3.36	3.32	3.28	3.24	3.20
90	3.17	3.13	3.10	3.06	3.03	2.99	2.96	2.93	2.90	2.87
100	2.84	2.82	2.79	2.76	2.73	2.70	2.67	2.64	2.62	2.59

Sumber : G. Djamiko Soedarmo dkk,1977 :79

Keterangan Nilai dalam millipoise

1 dyne / cm² = 1 poise

1 gr / cm² . det = 980.7 poise

1 psf = 178.69 poise

1 poise = 1000 millipoise

Tabel 3.3 Faktor Viskositas

° C	$\gamma_s = 2.50$	$\gamma_s = 2.60$	$\gamma_s = 2.65$	$\gamma_s = 2.70$	$\gamma_s = 2.75$	$\gamma_s = 2.80$
15	0.1528	0.1479	0.1458	0.1435	0.1414	0.1395
16	0.1508	0.1460	0.1438	0.1417	0.1396	0.1377
17	0.1490	0.1442	0.1420	0.1399	0.1379	0.1360
18	0.1470	0.1423	0.1402	0.1381	0.1361	0.1342
19	0.1452	0.1406	0.1384	0.1364	0.1344	0.1325
20	0.1434	0.1389	0.1367	0.1347	0.1328	0.1309
21	0.1417	0.1372	0.1351	0.1331	0.1311	0.1294
22	0.1400	0.1355	0.1335	0.1315	0.1296	0.1278
23	0.1383	0.1339	0.1313	0.1291	0.1280	0.1262
24	0.1367	0.1323	0.1305	0.1284	0.1265	0.1248
25	0.1351	0.1308	0.1288	0.1269	0.1251	0.1233
26	0.1335	0.1293	0.1273	0.1254	0.1236	0.1219
27	0.1321	0.1279	0.1259	0.1241	0.1224	0.1206
28	0.1305	0.1264	0.1244	0.1226	0.1208	0.1191
29	0.1291	0.1250	0.1231	0.1213	0.1192	0.1178
30	0.1277	0.1236	0.1217	0.1199	0.1182	0.1165
31	0.1264	0.1224	0.1205	0.1187	0.1170	0.1154
32	0.1251	0.1211	0.1193	0.1175	0.1158	0.1142
33	0.1238	0.1199	0.1180	0.1163	0.1146	0.1130
34	0.1225	0.1186	0.1168	0.1151	0.1134	0.1118
35	0.1212	0.1174	0.1156	0.1139	0.1120	0.1107
36	0.1199	0.1161	0.1144	0.1127	0.1110	0.1095
37	0.1188	0.1150	0.1133	0.1116	0.1100	0.1084
38	0.1176	0.1139	0.1122	0.1105	0.1089	0.1074
39	0.1165	0.1128	0.1110	0.1094	0.1079	0.1064
40	0.1155	0.1118	0.1101	0.1084	0.1069	0.105

Sumber : G. Djatmiko Soedarmo dkk, 1997 : 7

Tabel 3.4 Kedalaman Efektif (Hidrometer 152 H)

Pembacaan Hidrometer	Kedalaman Efektif (cm)	Pembacaan Hidrometer	Kedalaman Efektif (cm)	Pembacaan Hidrometer	Kedalaman Efektif (cm)
0	16.3	21	12.7	42	9.4
1	16.1	22	12.5	43	9.2
2	16.0	23	12.4	44	9.1
3	15.8	24	12.2	45	8.9
4	15.6	25	12.1	46	8.8
5	15.5	26	12.0	47	8.6
6	15.3	27	11.9	48	8.4
7	15.2	28	11.7	49	8.3
8	15.0	29	11.5	50	8.1
9	14.8	30	11.4	51	7.9
10	14.7	31	11.2	52	7.8
11	14.3	32	11.1	53	7.6
12	14.2	33	10.9	54	7.4
13	13.8	34	10.7	55	7.1
14	13.7	35	10.6	56	7.0
15	13.7	36	10.4	57	6.8
16	13.5	37	10.2	58	6.6
17	13.3	38	10.1	60	6.5
18	13.2	39	9.9		
19	13.0	40	9.7		
20	12.9	41	9.6		

Pembacaan hidrometer (R_a) harus ditambah koreksi meniskus C_m untuk mendapatkan pembacaan hidrometer sebenarnya (R).

$$R = R_a + C_m$$

Besarnya koreksi miniskus pada umumnya sekitar 0.5 sampai dengan 1 (satu).

Kalibrasi hidrometer biasanya dilakukan pada temperatur biasanya dilakukan pada temperatur yang berbeda, maka kerapatan air dan kepadatan hidrometer akan berbeda. Hasil kalibrasi hidrometer pada penelitian ini ditampilkan pada lampiran. Jadi pembacaan hidrometer terkoreksi seluruhnya adalah :

$$R_c = \frac{R_z \cdot V}{(1000 - Z + C_t)}$$

Dimana :

V = volume tabung = 1000ml

Z = zero correction = 4

C_t = faktor koreksi suhu (tabel 3.5)

Tabel 3.5 Harga-Harga Faktor Koreksi Suhu (C_t)

Suhu (°C)	C_t	Suhu (°C)	C_t
15	-1.10	24	+1.00
17	-0.90	25	+1.30
18	-0.70	26	+1.66
19	-0.50	27	+2.00
20	0.00	28	+2.50
21	+0.20	29	+3.05
22	+0.40	30	+3.80
23	+0.70		

Sumber : G. Djatniko Soedarmo dkk, 1997 : 93

Berat jenis suspensi tergantung konsentrasi butir-butir yang terkandung didalamnya, maka dengan mengetahui berat jenis suspensi kita dapat menghitung banyaknya tanah yang ada di dalam campuran tersebut.

$$P = \frac{1000}{W_s} \left(\frac{G_s}{G_s - 1} \right) \cdot G_t \cdot R \cdot 100\%$$

$$P = \frac{R_c \cdot a}{W_d} \cdot 100$$

Dimana:

P = persentase ukuran butiran

W_s = berat tanah dalam suspensi

G_s = berat jenis tanah

G_t = berat jenis air pada temperatur pengujian

R_c = pembacaan hidrometer terkoreksi

a = koreksi berat jenis = 1

W_d = berat total tanah kering.

3.2.2 Pengujian Pemadatan (*Compaction Test*)

Percobaan pemadatan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah percobaan pemadatan standar 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 di dapat kadar air optimum dan berat isi kering maksimum.

b. Standar yang digunakan:

- ASTM : D-698-1997

c. Alat-alat yang digunakan:

1. Alat kompaksi :

- Mold dengan 4.6", diameter 4", volume 1/30 ft³ (947,87 cm³)

- Collar dengan tinggi 2.5', diameter 4"
 - Palu dengan berat 5.5 lb, diameter 2", tinggi jatuh 12".
2. Sprayer untuk menyemprot air ke tanah
 3. Ayakan No.4
 4. Pisau, scoop, palu karet
 5. Timbangan dengan ketelitian 0.01 gram dan 0.1 gram
 6. Oven, desicator, container.
- d. Prosedur percobaan
- Siapkan sampel tanah yang akan diuji 25 kg dalam keadaan bersih dari akar-akar dan kotoran lainnya.
 - Tanah dijemur sampai kering udara atau dikeringkan dalam oven dengan suhu 60° C.
 - Gumpalan-gumpalan tanah dihancurkan dengan palu karet agar butir tanah tidak hancur.
 - Sampel tanah kering dalam keadaan lepas diayak dengan ayakan No.4, tanah yang lolos ayakan No.4 digunakan sebagai tanah uji.
 - Tanah hasil ayakan sebanyak 2.5 kg disemprot air untuk mendapatkan hasil contoh tanah dengan kebasahan merata sehingga bisa dikepal tapi masih mudah dilepas (hancur).
 - Mold yang akan digunakan dibersihkan, ditimbang beratnya dan diukur volumenya. Isi sampel tanah ke dalam mold.
 - Tumbuk dengan palu sebanyak 25 kali pada tempat yang berlainan. Palu yang dipergunakan disesuaikan dengan cara percobaan.

- Sampel tanah masukkan lagi pada mold untuk lapis berikutnya dan tumbuk sebanyak 25 kali.
- Pengisian diteruskan sampai 3 lapisan untuk standar. Pada penumbukan lapisan terakhir harus dipergunakan sambungan tabung (Collar) pada mold agar pada waktu penumbukkan meleset ke luar.
- Buka sambungan tabung di atasnya dan ratakan permukaan tanahnya dengan pisau.
- Mold dan sampel tanah ditimbang.
- Tanah dikeluarkan dengan bantuan dongkrak dan diambil bagian atas, tengah dan bawah masing-masing ± 30 gram untuk diuji kadar airnya.
- Percobaan dilakukan, sehingga dapat dibuat grafik setiap kali percobaan kadar airnya bertambah banyak, sehingga dapat dibuat grafik berat isi kering terhadap kadar air.

e. Analisa perhitungan

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

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

Dimana:

W = berat total tanah kompaksi basah dalam mold

V = volume mold

w = kadar air tanah kompaksi

2. Dari hasil percobaan-percobaan tersebut dapat dibuat suatu kurva yang menunjukkan hubungan antara kadar air dan berat isi tanah kering dan dari kurva tersebut akan diperoleh kadar air optimum (

Optimum Moisture Content) dan berat isi tanah kering maksimum (*Maximum dry density*).



Gambar 3.10 Alat Pengujian Pemasatan Tanah.

3.2.3 Pengujian *California Bearing Ratio*

a. Tujuan

Untuk menentukan nilai CBR pada tanah yang dipadatkan dengan cara pemasatan standar proctor.

b. Standar yang digunakan :

- ASTM : D-1983-1997

c. Alat-alat yang digunakan :

1. Peralatan untuk pengujian kompaksi (lengkap)

2. Peralatan untuk pengujian CBR :

- Mold dengan ukuran : tinggi 7", diameter 6", berikut collar

- Spacer dish : tinggi 2" – 2.5", diameter 6".

- Palu : berat 5.5, tinggi jatuh 12"

- *Surcharge load* berat 10lb (2 buah)

- Alat pengukur CBR.

d. Prosedur percobaan

- Siapkan sampel tanah kering seperti pada uji pemadatan masing-masing 5 kg.
- Sampel tanah tersebut kemudian disemprot dengan air sehingga diperoleh kadar airnya menjadi w optimum tersebut. Namun dalam penelitian ini, kadar air yang digunakan untuk uji CBR tidak hanya pada kadar air optimum saja, tetapi semua kadar air dari hasil percobaan pemadatan yang dilakukan sebelumnya (kadar air yang berbeda-beda).
- Kemudian sampel tanah tersebut didiamkan selama 24 jam (*curing periode*) agar kadar airnya merata dan ditutup rapat-rapat agar airnya tidak menguap.
- Mold CBR disiapkan, *spacer dish* diletakkan di bawah, selanjutnya *mold* diisi dengan sampel tanah asli sedemikian banyaknya sehingga setelah ditumbuk mempunyai ketinggian $1/3$ tinggi *mold* (standar) per lapis. Penumbukan dilakukan setiap lapis seperti pada uji kompaksi, yaitu tiga lapis dengan jumlah tumbukan 25 tumbukan per lapis.
- Setelah permukaan atas tanah diratakan, *mold* dibalikkan, *spacer dish* dikeluarkan, lalu ditimbang.
- Kemudian kedua permukaan tanah diberi kertas pori, dalam keadaan terbalik bagian bawah diberi perforated based plate dan di atas diberi *surcharge load* minimum 10 lb yang terdiri dari 2 bagian masing-masing 5 lb (beban statis untuk mencegah mengembangnya tanah dan kehilangan kadar air sampel tanah).
- Piston dipasang pada sampel tanah, kemudian arloji pembacaan beban dan arloji penetrasi ditujukan pada angka nol.

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

e. Analisa perhitungan

Dari hasil percobaan tersebut diplot pada kertas kurva dan diadakan koreksi bila diperlukan. Nilai CBR dihitung pada penetrasi 0.1 inchi dan 0.2 inchi dengan persamaan berikut :

$$CBR_1 = \frac{X}{P_s} \cdot 100\% = \frac{X}{3 \cdot 1000} \cdot 100\%$$

$$CBR_2 = \frac{Y}{P_s} \cdot 100\% = \frac{Y}{3 \cdot 1500} \cdot 100\%$$

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



Gambar 3.11 Alat-alat pengujian CBR