

BAB IV

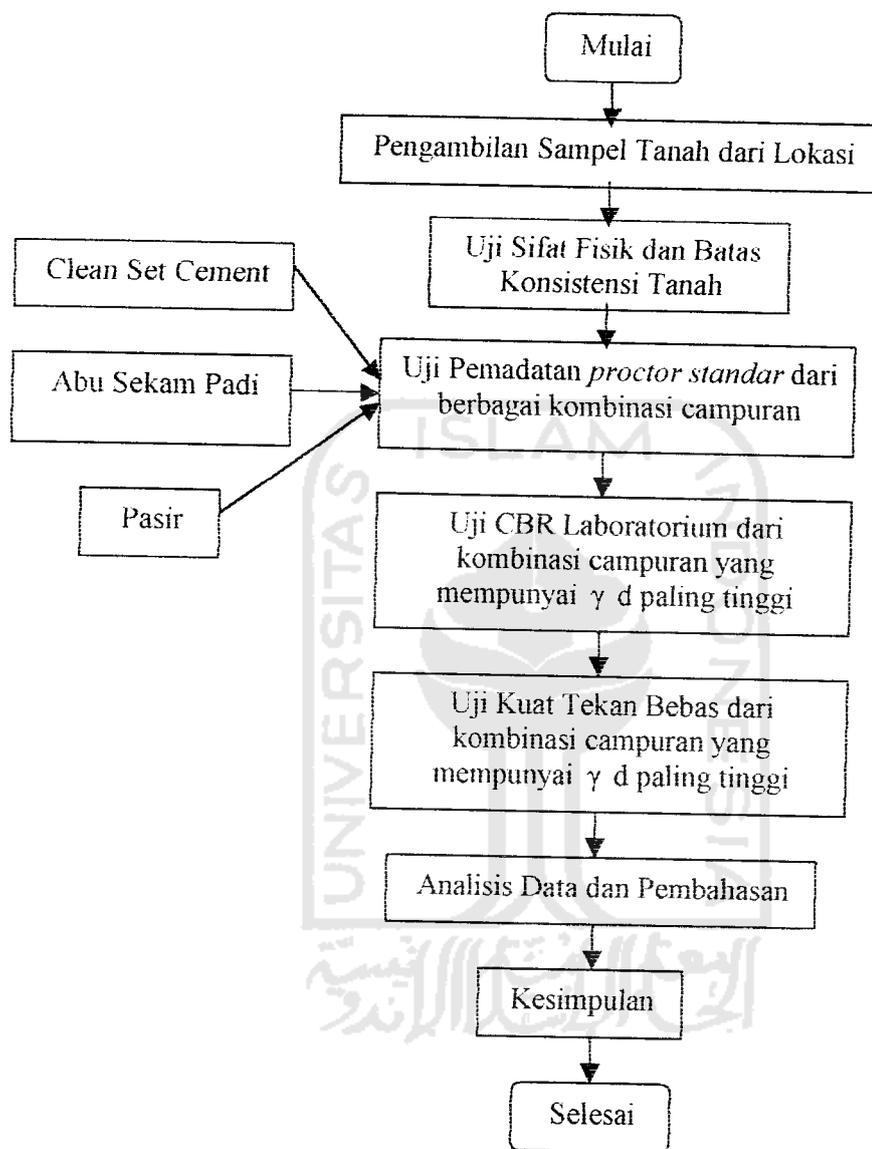
METODE PENELITIAN

4.1 Cara Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Jalannya penelitian di laboratorium dapat dilihat pada gambar 4.1.

Spesifikasi pengujian dan peralatan yang dipakai dalam penelitian ini mengacu pada standar *American Society Testing Materials* (ASTM). Jenis pengujian yang dilaksanakan dan standar yang dipakai terdiri dari:

1. pengujian kadar air (ASTM D2216-71)
2. pengujian berat jenis tanah (ASTM D854-72)
3. pengujian batas cair (ASTM D423-66)
4. pengujian batas plastis (ASTM D424-74)
5. pengujian analisis hidrometer (ASTM D421-72)
6. pengujian analisis saringan (ASTM D422-72)
7. pengujian proctor standar (ASTM D698-74)
8. pengujian CBR (ASTM D1883-73)
9. pengujian kuat tekan bebas (ASTM D2166-86)



Gambar 4.1 Diagram Tahapan Penelitian

4.2 Peralatan dan Bahan

- a. Sampel tanah yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari Giri Mulyo, Kulon Progo, Jogjakarta yang berupa tanah lempung.
- b. Bahan campuran *Clean Set Cement* jenis CS-10 yang diambil dari PT Indo *Clean Set Cement*, Jakarta.
- c. Bahan campuran pasir diambil dari sungai Progo Jogjakarta
- d. Bahan campuran abu sekam padi yang lolos saringan no.40 diambil dari daerah Godcan
- e. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian adalah peralatan yang ada dilaboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Perencanaan UII, yaitu :
 1. Alat uji pemeriksaan kadar air tanah :
 - a. cawan
 - b. timbangan ketelitian 0,01 gr
 - c oven dan desikator
 2. Alat uji pemeriksaan berat volume tanah
 - a. timbangan ketelitian 0,01 gr
 - b. ring berat volume dari baja
 - c. jangka sorong
 - d. pisau perata
 3. Alat pemeriksaan berat jenis tanah (*Specific Gravity*)
 - a. picnometer
 - b. timbangan dengan ketelitian 0,01 gr

- c. air destilasi bebas udara
 - d. termometer
 - e. mortal dan spatel
 - f. ayakan
 - g. desikator dan oven
4. Alat uji pemeriksaan batas cair tanah dan batas plastis tanah :
- a. mortar dan spatel
 - b. air destilasi
 - c. saringan no 40
 - d. cawan batas cair cassagrande
 - e. satu set perlengkapan pemeriksaan kadar air
5. Alat uji distribusi pembagian butir tanah
- a. hidrometer tipe 152 H atau 151 H
 - b. mixer
 - c. gelas ukur kapasitas 1000 cc
 - e. tabung pengendapan kapasitas 1000 cc
 - f. mortar dan spatel
 - h. termometer
 - h. air destilasi
 - i. cawan pengaduk
6. alat uji proctor standar
- a. alat pemeriksaan kadar air
 - b. tabung pemadatan $\Phi 4''$

- c. palu pemadatan Φ 2" berat 5,5 lbs
 - d. ayakan no. 4
7. alat pemeriksaan CBR laboratorium
- a. mesin penetrasi minimal berkapasitas 4,45 ton (10.000 lb) dengan kecepatan penetrasi sebesar 1,27 mm permenit
 - b. cetakan logam berbentuk silinder
 - c. piringan pemisah dari logam
 - d. alat penumbuk
 - e. alat pengukur pengembangan
 - f. keping beban dengan berat 2,27 kg (5 pound) dengan diameter 194,2 mm (21/8")
 - g. torak penetrasi logam berdiameter 49,5 mm (1,95") luas 193,5 mm (3") dan panjangnya tidak kurang dari 101,6 mm(4")
 - h. timbangan dengan ketelitian 0,1 gr dan 0,01 gr
 - i. peralatan bantu lainnya (talam, alat perata, bak perendam, dll)
8. alat Uji Kuat Tekan Bebas
- a. seperangkat alat uji tekan bebas
 - b. tabung belah pencetak sampel 3,725 cm dengan $t = 7,32$ cm
 - c. timbangan /neraca dengan ketelitian 0,01 gram
 - d. busur (pengukur sudut) dan spatel
 - e. spatel

4.3 Model Benda Uji

Untuk mendapatkan tujuan penelitian maka pelaksanaan percobaan pengujian sampel melalui prosedur-prosedur laboratorium yang ditentukan oleh standar ASTM. Adapun pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Pengambilan tanah sampel dari lokasi dengan cara dicangkul sampai kedalaman kurang lebih satu meter dari permukaan tanah. Kemudian dilakukan pengujian sifat-sifat fisik dan batas konsistensi tanah.
2. Pelaksanaan Pemadatan *proctor standar* dengan benda uji sampel tanah yang sudah kering dengan berbagai kombinasi campuran sebanyak 6 buah masing-masing seberat 2 kg. Tiap sampel dicampur dengan kadar air yang bervariasi.
3. Pelaksanaan pengujian CBR dari kombinasi campuran yang mempunyai nilai γ_d paling tinggi berdasarkan uji pemadatan. Pengujian dilakukan pada tiga kondisi yaitu tanpa perendaman, dengan 3 hari perendaman dan dengan 5 hari pemeraman
4. Pelaksanaan Uji Kuat Tekan Bebas dari kombinasi campuran yang mempunyai nilai γ_d paling tinggi . Pengujian dilakukan pada tiga kondisi yaitu tanpa perendaman, dengan 3 hari perendaman dan dengan 5 hari pemeraman

4.4 Pengujian Sifat Fisik tanah

4.4.1 Pemeriksaan Kadar Air Tanah

Langkah kerja pemeriksaan kadar air adalah sebagai berikut ini :

1. Cawan dibersihkan lalu ditimbang beserta tutupnya dan dicatat beratnya (w_1) gram.
2. Contoh tanah yang akan diperiksa dimasukkan kedalam cawan timbang, kemudian bersama tutupnya ditimbang (w_2) gram.
3. Dalam keadaan terbuka (tanah tidak ditutup oleh cawan) dimasukkan kedalam oven, suhu oven konstan 110^0 C diatur selama 24 jam, cawan ditutup jangan sampai tertukar dengan cawan lain.
4. Setelah oven, tanah didinginkan dalam desikator, kemudian bersama tutupnya ditimbang (w_3) gram, lalu kadar airnya dihitung dengan persamaan 4.1.

$$w = \frac{\text{berat air}}{\text{berat tanah kering}} \times 100\% = \frac{(w_2 - w_3)}{(w_3 - w_1)} \times 100\% \quad (4.1)$$

dengan : w = kadar air (%)

w_1 = berat cawan timbang (gram)

w_2 = berat tanah basah + cawan timbang (gram)

w_3 = berat tanah kering + cawan timbang (gram)

4.4.2 Pemeriksaan Berat Jenis Tanah

Langkah kerja pemeriksaan berat jenis tanah adalah sebagai berikut :

1. Picnometer dibersihkan bagian luar dan dalamnya kemudian ditimbang bersama tutupnya (w_1).
2. Menyiapkan contoh tanah yang akan diperiksa, yaitu tanah yang sudah kering dari oven, ditumbuk dengan mortar kemudian disaring dengan ayakan no.10.
3. Sampel tanah pada butir (2) dimasukkan kedalam picnometer dan ditimbang beratnya, yaitu berat picnometer + tanah (w_2).
4. Air destilasi dimasukkan kedalam picnometer yang sudah diisi tanah kering $\pm 2/3$ penuh, kemudian direbus dengan hati-hati selama ± 10 menit. Sekali-sekali picnometer dimiringkan untuk membantu keluarnya udara yang terperangkap diantara butir-butir tanah, kemudian didinginkan.
5. Air destilasi ditambah sampai penuh kedalam picnometer, kemudian ditutup. Bagian luar picnometer dibersihkan dengan kain kering dan ditimbang (w_3) dan suhu pada saat penimbangan diukur dengan termometer ($t^{\circ}C$).
6. Picnometer segera dikosongkan dan dibersihkan, kemudian diisi penuh air destilasi, ditutup, bagian luarnya dibersihkan sampai kering dan ditimbang (w_4).

Berat jenis dihitung dengan persamaan 4.2.

$$G_s = \frac{\text{berat butir}}{\text{berat air pada vol. yg sama}} = \frac{(w_2 - w_1)}{(w_4 - w_1) - (w_3 - w_2)} \quad (4.2)$$

dengan : G_s = berat jenis tanah

W_1 = berat picnometer (gram)

W_2 = berat picnometer + tanah (gram)

W_3 = berat picnometer + tanah + air (gram)

W_4 = berat picnometer + air (gram)

4.4.3 Pemeriksaan Batas Konsistensi (Atterberg Limit)

1. Batas Cair Tanah

Langkah kerja pemeriksaan batas cair tanah seperti berikut ini :

1. contoh tanah yang lolos saringan no. 40 sebanyak \pm 500 gram dimasukkan dalam mangkuk porselen.
2. kedalam mangkuk ditambahkan air sedikit demi sedikit sambil diaduk sampai merata (homogen).
3. adukan tanah dimasukkan kedalam mangkuk cassagrande dan diratakan dengan spatel sehingga permukaanya rata dengan permukaan mangkuk cassagrande bagian depan dan paling bawah.
4. dengan alat pembarut dibuat alur lurus pada garis tengah mangkuk searah dengan sumbu alat sehingga tanah terbagi rata dua bagian secara simetris.

5. mangkuk cassagrande diputar sehingga terangkat dan terjatuh pada alasnya dengan kecepatan 2 putaran per detik dan pukulan dihentikan apabila sudah terlihat ada dua bagian tanah yang berimpit sepanjang 12,7 mm (0,5") dan dihitung banyaknya pukulan serta dicatat dalam tabel.
6. tanah diambil sebagian diberi tanda pada pukulan berapa tanah merapat, kemudian dimasukkan kedalam oven untuk dicari kadar airnya.
7. sisa tanah diambil dan dikembalikan kedalam mangkuk porselen, mangkuk cassagrande dibersihkan sebelum digunakan untuk percobaan selanjutnya.
8. percobaan dilakukan sebanyak dua kali, hasil percobaan dibuat grafik hubungan antar kadar air tanah dan banyaknya pukulan.

2. Batas Plastis Tanah

Langkah kerja pemeriksaan batas plastis tanah seperti berikut ini :

1. sampel tanah diambil kira-kira 100 gram yang lolos saringan no. 40 lalu dimasukkan kedalam cawan porselin dan dicampur dengan air sedikit demi sedikit diaduk dengan spatula hingga homogen. Campuran ini harus berada dalam keadaan plastis, dengan ciri sebagai berikut :
 - a. tanah tersebut mudah dibentuk
 - b. tanah tersebut tidak mengotori tanah bila dipegang
 - c. tanah tersebut tidak lengket dengan kaca, dan

- d. apabila digiling hingga 3 mm tanah tersebut mulai kelihatan retak-retak.
2. tanah plastis tersebut digiling hingga hingga mencapai 3 mm dan kelihatan mulai retak.
3. gilingan tanah tersebut dimasukkan kedalam cawan timbang sebanyak 8 buah, dua kaleng kemudian dicari kadar airnya.

4.4.4 Indeks Plastisitas (IP)

Penentuan indeks plastisitas tanah didapat berdasarkan hasil dari pengujian batas cair dan batas plastis. Nilai indeks plastisitas adalah nilai batas cair dikurangi nilai batas plastis.

4.4.5 Distribusi Ukuran Butiran

Distribusi ukuran butiran adalah suatu cara menentukan prosentase ukuran butir-butir tanah, yang selanjutnya akan dipergunakan untuk menentukan gradasi tanah dan klasifikasi tanah. Ada dua macam cara yang umum dipergunakan dalam penentuan butir tanah yaitu dengan menggunakan analisis hidrometer dan analisis saringan.

1. Analisis hidrometer

Langkah kerja analisa hidrometer adalah seperti berikut ini.

a. Membuat larutan standar

1. Reagen (water glass) diambil sebanyak 2 gram, kemudian dilarutkan dalam 300 cc air destilasi hingga larut pada gelas ukur (A).

2. Larutan standar ini dibagi menjadi dua bagian, yang satu bagian dimasukkan ke dalam tabung kapasitas 1000 cc tabung (B), sedangkan yang sebagian lagi tetap berada dalam gelas A (gelas ukur semula).
- b. Pembacaan hidrometer
1. Pembacaan dilakukan pada setiap interval waktu 2, 5, 30, 60, 250 dan 1440 menit, dari T_0
 2. Pembacaan hidrometer dilaksanakan setelah suspensi dikocok sebanyak 60 kali, jam pada waktu meletakkan suspensi tersebut dianggap sebagai T_0 .
 3. Cara melakukan pembacaan adalah sebagai berikut :
 - a. kira-kira 20 atau 25 detik sebelum pembacaan, hidrometer dari tabung gelas ketiga diambil, lalu dicelupkan secara hati-hati dan pelan-pelan sampai mencapai kedalaman taksiran yang akan terbaca, kemudian hidrometer tersebut dilepaskan (jangan sampai timbul guncangan). Pada saatnya skala yang ditunjuk oleh puncak meniskus muka air dibaca = R_1 (pembacaan belum dikoreksi).
 - b. Setelah dibaca, secara pelan-pelan hidrometer dipindahkan ke dalam silinder kedua. Dalam air tabung gelas kedua ini skala hidrometer dibaca = R_2 (koreksi pembacaan).
 - c. Setelah pembacaan hidrometer selesai, dilakukan pengamatan suhu suspensi dengan termometer.

4. Setelah pembacaan terakhir, larutan dituangkan diatas ayakan no. 200, kemudian sampel tanah yang tertahan diatas ayakan ini dicuci dengan menggunakan kuas sampai air yang keluar dari ayakan benar-benar bersih. Hasil pencucian ini digunakan sebagai sampel pada analisa saringan.

Perhitungan

1. Hitungan ukuran butir-butir kasar terbesar D (mm), yang ada didalam suspensi yang berada pada kedalaman efektif L (cm). Untuk setiap saat pembacaan T (menit) dengan persamaan 4.3.

$$D = K \sqrt{\frac{L}{T}} \quad (4.3)$$

dengan : D = diameter butiran (mm)

K = konstanta yang besarnya dipengaruhi oleh temperatur suspensi dan berat jenis butir

L = kedalaman efektif hidrometer (cm)

T = saat pembacaan (menit)

2. Hitungan prosentase berat (P) dari butir yang lebih kecil daripada (D) terhadap berat kering seluruh tanah yang diperiksa dengan persamaan 4.4.

$$P = \frac{R \times a}{W} \times 100\% \quad (4.4)$$

dengan : P = prosentase berat butir yang lebih kecil (%)

R = pembacaan hidrometer terkoreksi

W = berat kering tanah

a = angka koreksi

2. Analisis Saringan

Langkah kerja analisis saringan seperti berikut ini :

1. Dari percobaan dengan analisis hidrometer kita sudah mendapatkan butiran tanah yang tertinggal pada saringan no. 200 yang sudah dikeringkan.
2. Sisa butir tanah tersebut ditimbang = W_s , kemudian dilakukan penyaringan dengan menggunakan saringan dengan urutan dari atas, no.10, 20, 40, 60, 140, 200 dan bawah sendiri pan.
3. Butir-butir tanah yang tertahan pada tiap saringan ditimbang, lalu dicatat dan dimasukkan dalam tabel hitungan.

4.5 Pemeriksaan Sifat Mekanik Tanah

4.5.1 Uji Pemadatan (Percobaan Proctor)

Langkah kerja uji pemadatan seperti berikut ini

a. Persiapan Benda Uji

1. Tanah yang sudah kering disiapkan, kemudian gumpalan-gumpalannya dihancurkan dengan palu karet atau kayu diatas loyang.
2. Tanah yang sudah hancur diayak dengan saringan no. 4

3. Sampel tanah sebanyak 6 buah dipisahkan masing-masing seberat 2 kg, lalu dimasukkan kedalam kantong plastik.
4. Bagian tanah pertama dalam loyang kemudian dicampur dengan air sebanyak 5% (100 cc). Kemudian diaduk sampai merata dan dimasukkan dalam plastik lalu diikat. Untuk selanjutnya tanah bagian kedua ditambah dengan 10 % (200 cc), bagian ketiga 15 % (300 cc), bagian keempat 20 % (400 cc), bagian kelima 25 % (500 cc) dan bagian keenam 30 % (550 cc).
5. Sampel tanah tersebut disimpan selama kurang lebih 24 jam, agar didapat kadar air yang benar-benar merata.

b. Jalannya Percobaan

1. Mold standar ditimbang dengan timbangan ketelitian 1 gram dan diberi tanda agar tidak tertukar.
2. Collar dipasang, mur dieratkan penjepitnya dan ditempatkan pada tumpuan yang kokoh.
3. Salah satu sampel tanah diambil dalam kantong plastik yang sudah dipersiapkan, kemudian dimasukkan kedalam mold sampai setengah tinggi lalu ditumbuk dengan palu standar (5,5 lb) sebanyak 25x pukulan secara merata, sehingga setelah memadat tanah tersebut mengisi 1/3 tinggi mold.
4. Hal yang sama dilakukan untuk lapisan kedua dan ketiga sehingga lapisan yang terakhir mengisi sebagian collar.

5. Collar dilepaskan dan diratakan kelebihan tanah dengan menggunakan pisau perata.
6. Mold dan tanah ditimbang dan dicatat beratnya.
7. Contoh tanah dikeluarkan dengan menggunakan extruder lalu sebagian tanah pada bagian atas, tengah dan bawah untuk dicari kadar airnya.
8. prosedur 3 sampai 7 diulangi untuk sampel tanah yang lain, kemudian data tersebut dimasukkan kedalam formulir (tabel) sehingga didapatkan 6 buah data pemadatan.

c. Perhitungan

1. Menggunakan tabel pada pelaksanaan percobaan.
2. Membuat grafik hubungan antara γ_d dengan w .
3. Membuat grafik ZAV (*Zero Air Void*) sebagai kontrol.

4.5.2 Uji CBR Laboratorium

Langkah kerja uji CBR seperti berikut ini.

a. Persiapan benda uji

1. Contoh tanah kering udara seperti yang digunakan pada percobaan pemadatan dengan proctor diambil sebanyak 5 kg.
2. Tanah tersebut dicampur dengan air sampai kadar air optimum. Untuk mencapai kadar optimum diperlukan penambahan air dengan menggunakan persamaan 4.5.

$$\text{Penambahan air} = 5000 \left\{ \frac{100 + B}{100 + A} - 1 \right\} \quad (4.5)$$

dengan : A = kadar air mula-mula (%)

5000 = jumlah contoh (gram)

B = kadar air optimum (%)

3. Setelah diaduk hingga rata, contoh tanah tadi dimasukkan dalam kantong plastik, diikat kemudian diampkan selama 24 jam.
4. Cetakan (mold) ditimbang lalu dicatat beratnya. Cetakan dipasang pada keping alas dan dimasukkan kedalam *spencer disk*, kemudian kertas filter dipasang diatasnya.
5. Contoh tanah yang sudah dicampur air dipadatkan pada keadaan optimum kedalam cetakan, kemudian dilaksanakan pemadatan sesuai dengan percobaan pemadatan.
6. Leher sambungan (collar) dibuka dan tanah diratakan dengan pisau. Lubang-lubang yang mungkin terjadi karena lepasnya butir-butir kasar ditambal dengan bahan yang lebih halus, benda uji beserta cetakanannya ditimbang kemudian dicatat beratnya.
7. Untuk pemeriksaan CBR langsung, benda uji ini telah siap untuk diperiksa nilai CBR nya.

b. Jalannya percobaan

1. Benda uji beserta keping alas diletakkan diatas mesin penetrasi. Keping pemberat diletakkan diatas permukaan benda uji seberat minimal 4,5 kg.
2. Torak penetrasi dipasang dan diatur pada permukaan benda uji sehingga arloji beban menunjukkan beban permukaan sebesar 4,5 kg.

Pembebanan permulaan ini diperlukan untuk menjamin bidang sentuh yang sempurna antara permukaan benda uji dengan torak penetrasi.

3. Pembebanan diberikan secara teratur sehingga kecepatan penetrasi mendekati kecepatan 1,27 mm/menit (0,05"/menit). Pembacaan pembebanan dilakukan pada interval penetrasi 0,025" (0,64mm).
4. Benda uji dikeluarkan dari cetaknya dan kadar airnya dihitung.

4.5.3 Uji Kuat Tekan Bebas

a. Jalannya percobaan :

1. sampel tanah dipasang secara sentris pada plat dasar alat tekan
2. sampel tanah menyentuh plat atas tanah, dial diatur sampai menunjukkan angka nol
3. pemberian tekanan dengan mengatur kecepatan pembebanan dengan kecepatan 0,5 % tiap menit atau 1,2 mm/menit dan dilakukan pembacaan pada interval 35 detik
4. pembebanan dihentikan ketika dial regangan dianggap maksimum atau sampel tanah telah mengalami perpendekan 20%
5. uji tekan bebas diulangi sebanyak dua kali pada masing-masing kadar air yang sama.
6. nilai kohesi (c), sudut gesek dalam (ϕ), dan kuat tekan bebas (q_u) dihitung dengan menggunakan persamaan 3.7 sampai dengan persamaan 3.9.

Tegangan aksial diatas benda uji berangsur-angsur ditambah sampai benda uji mengalami keruntuhan. Dengan demikian proses pengujian harus berlangsung cepat sampai keruntuhan. Pada tanah lempung yang mempunyai permeabilitas tinggi, setiap tambahan tegangan yang diberikan pada waktu singkat, diikuti dengan menghamburnya seluruh kelebihan tekanan pori, sehingga tambahan tegangan secara cepat tidak mengakibatkan timbulnya kelebihan tekanan air pori tanah. Tanah harus terdiri dari butiran yang sangat halus.

4.4 Analisis Hasil

Setelah dilakukan penelitian dilaboratorium didapatkan data hasil penelitian sebagai berikut :

- a. kadar air benda uji
- b. berat jenis benda uji
- c. berat benda uji
- d. berat volume benda uji
- e. pembacaan arloji penetrasi

Dari data tersebut diatas dapat dihitung nilai-nilai kepadatan dan CBR.

1. Nilai kepadatan

Nilai kepadatan dapat diukur dengan menentukan berat volume tanah kering. Untuk mendapatkan nilai kepadatan terlebih dahulu harus dihitung pula nilai-nilai sebagai berikut :

a. Berat jenis benda uji

Berat jenis benda uji digunakan untuk menghitung ZAV yang berfungsi sebagai kontrol nilai kepadatan. Dimana garis ZAV harus berada diatas kurva kepadatan serta tidak memotong kurva tersebut. Untuk menghitung berat jenis benda uji digunakan persamaan 4.2.

b. Berat benda uji

Dihitung berdasarkan persamaan 4.6

$$X = Y - Z \quad (4.6)$$

dengan X = berat benda uji (gram)
 Y = berat benda uji dan cetakan (gram)
 Z = berat cetakan (gram)

c. Kadar air benda uji, dihitung dari persamaan 4.1.

b. Berat volume benda uji

Dihitung dengan persamaan 4.7.

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1 + w} \quad (4.7)$$

dengan : γ_d = berat isi kering (gr/cc)

γ_b = berat volume benda uji basah (gr/cc)

w = kadar air benda uji (%)

2. Nilai CBR

Nilai CBR diperoleh dari hasil pembacaan dial penetrasi. Dari nilai penetrasi ini masih perlu dilakukan koreksi dengan mengalikan nilai

kalibrasi. Nilai yang didapatkan setelah pengalihan koreksi inilah yang dipakai sebagai nilai CBR. Nilai CBR dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 4.8 dan 4.9.

a. Penetrasi 0,1"

$$\text{CBR} = \frac{\text{Tekanan koreksi (lbs / in}^2\text{)}}{1000} \times 100\% \quad (4.8)$$

b. Penetrasi 0,2"

$$\text{CBR} = \frac{\text{Tekanan koreksi (lbs / in}^2\text{)}}{1500} \times 100\% \quad (4.9)$$

