

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 BAHAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah :

1. Tanah

Dalam penelitian ini tanah yang digunakan adalah tanah berbutir halus Jombor, Klaten, Jawa Tengah.

2. Air

Air yang digunakan adalah air PDAM yang ada di Laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

3. Geotekstil

Geotekstil yang digunakan woven jenis Woven Reinfox Type Hr 250 XT, Produksi PT. Puritek Purnama, Jakarta.

4.2 PERALATAN

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah semua alat yang berkaitan dengan pengujian sifat-sifat fisik tanah dan alat uji sifat mekanis tanah yaitu alat uji Proctor Standar, alat uji Konsolidasi, dan uji Geser Langsung, alat uji CBR di Laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia.

4.3 JADWAL PENELITIAN

Penelitian akan dilaksanakan kurang lebih selama tiga bulan. Penelitian mulai berjalan dari tanggal 20 Agustus 2006 s/d 15 November 2006. Waktunya antara jam 09.00 WIB – 15.00 WIB, setiap hari kecuali hari Minggu dan hari libur Nasional.

4.4 JALANNYA PENELITIAN

Jalannya penelitian dilaksanakan dalam tiga tahap, yaitu : tahap persiapan, tahap pekerjaan lapangan dan tahap pekerjaan laboratorium.

4.4.1 Tahap Persiapan

Tahap persiapan meliputi :

1. Studi pendahuluan yaitu studi literatur tentang :
 - a. Konsolidasi dan Penurunan.
 - b. Kuat Geser Tanah.
 - c. CBR laboratorium.
 - d. Geotekstil.
 - e. Perkuatan tanah dengan geotekstil.
2. Mengumpulkan informasi dan data mengenai tanah berbutir halus dan geotekstil.
3. Pengajuan proposal dan seminar proposal kepada dosen pembimbing serta mengurus perijinan untuk kegiatan penelitian.

4.4.2 Tahapan Pekerjaan Lapangan

Pekerjaan lapangan adalah menentukan tempat dan lokasi pengambilan sampel dilanjutkan pengambilan sampel tanah berbutir halus. Metode pengambilan sampel tanah yang diambil adalah tanah berbutir halus terganggu (*disturbed soil*) dari daerah Jombor, Klaten, Jawa Tengah.

4.4.3 Tahapan Pekerjaan Laboratorium

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Pekerjaan Laboratorium adalah pengujian sifat – sifat tanah asli dalam kondisi terganggu/disturbed. Perkuatan tanah dengan lapisan geotekstil dengan variasi campuran 1 lapis dimana pengujian yang dilakukan meliputi : pengujian sifat-sifat mekanis tanah,

pengujian Kepadatan tanah/Proctor, uji Konsolidasi dan Penurunan, uji CBR laboratorium dan pengujian parameter kuat geser tanah yaitu dengan uji Geser Langsung.

1. Pengujian jenis dan sifat fisik tanah asli
 - a. Pengujian Analisa saringan (ASTM D 422-72).
 - b. Pengujian Analisa hidrometer (ASTM D 421-72).
2. Pengujian sifat-sifat mekanis tanah asli

Pengujian sifat-sifat mekanis tanah yang dilakukan meliputi :

- a. Pengujian kadar air (ASTM D 2216-71).
- b. Pengujian berat jenis tanah (ASTM D 854-72).
- c. Pengujian batas-batas konsistensi (*Atterberg Limits*) :
 - Pengujian batas cair (ASTM D 423-66).
 - Pengujian batas plastis (ASTM D 424-74).
 - Pengujian batas susut (ASTM D 427-74).
3. Pemodelan Benda Uji

Tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah berbutir halus yang berasal dari daerah Jombor, Klaten, Jawa Tengah. Tanah yang digunakan untuk pembuatan benda uji ini adalah tanah yang sudah terganggu (*disturb*) sehingga nantinya dalam pengujian yang akan dilakukan (Uji Konsolidasi, Geser langsung dan CBR laboratorium) akan digunakan tanah benda uji yang mempunyai nilai γ_d mak dan $w_{optimum}$ yang diperoleh dari Uji Proctor standar. Kepadatan terbaik dari benda uji diperoleh apabila berat volume kering (γ_d) dan kadar air ($w_{optimum}$) benda uji adalah sama dengan γ_d mak dan $w_{optimum}$ tanah yang diperoleh dari uji pemadatan Proctor standar.

Secara keseluruhan langkah kerja pembuatan sampel benda uji adalah sebagai berikut :

- a. Menumbuk bongkahan tanah *disturbed*, kemudian disaring dengan menggunakan saringan No. 4 sebanyak tanah yang dianggap cukup.
- b. Mencari kadar air tanah (w asli, %).
- c. Menimbang sejumlah tanah (W_t) gram, sesuai dengan berat tanah yang akan dibutuhkan untuk dapat memenuhi satu seri pengujian, kemudian

ditambahkan air (W_a) cc dan diaduk sampai rata (homogen) untuk mendapatkan pemadatan yang terbaik. Penambahan air dapat dihitung dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$W_a = W_t \times \left[\left(\frac{100 + w_{optm}}{100 + W_{asli}} \right) - 1 \right] \dots\dots\dots(4.1)$$

w_{optm} adalah kadar air tanah yang diperoleh dari pengujian proctor.

- d. Membersihkan cetakan benda uji untuk masing-masing pengujian, olesi dengan pelumas jika perlu agar tanah benda uji tidak lengket pada cetakan.
- e. Menghitung dan menimbang sejumlah tanah yang harus dimasukkan kedalam cetakan untuk membuat satu benda uji. Berat tanah tersebut dapat dihitung dengan menggunakan rumus-rumus dibawah ini :

$$\gamma_b = \gamma_d (1 + w_{optm}) \dots\dots\dots(4.2)$$

$$W = \gamma_b \cdot V \dots\dots\dots(4.3)$$

Dengan :

W = berat tanah untuk 1 buah benda uji (gr).

γ_b = berat volume basah (gr/cm^3).

γ_d = berat volume kering yang diperoleh dari uji proktor (gr/cm^3).

w_{optm} = kadar air optimum (%).

V = volume cetakan (cm^2).

- f. Membuat tanah benda uji dengan memasukkan tanah pada cetakan benda uji. Tanah benda uji adalah tanah berbutir halus murni tanpa lapisan geotekstil dan tanah berbutir halus dengan perkuatan menggunakan 1 lapis geotekstil dimana metode pemasangannya adalah dengan arah horizontal/mendatar disetiap satu satuan benda uji. Pada masing-masing pengujian yang akan dilakukan (Uji Konsolidasi, Geser Langsung dan CBR laboratorium), lapisan geotekstil akan dipasang tepat di tengah-tengah benda uji dengan jarak yang telah ditentukan.
- g. Setelah proses pembuatan sampel tanah benda uji selesai, maka dapat dilakukan jalannya pengujian.

4.4.3.1 Pengujian Kepadatan Tanah

Pengujian kepadatan tanah dilakukan dengan uji Proctor standar yang mengacu pada standar ASTM D 698-70.

1. Tujuan percobaan

Menentukan hubungan kadar air dengan kepadatan tanah apabila dipadatkan dengan alat pematik tertentu.

2. Alat-alat yang digunakan

- a. Mold pematik dengan diameter 4" = 10,20 cm.
- b. Palu pematik dengan diameter 2" = 5,05 cm.
- c. Timbangan/neraca dengan ketelitian 1 gram.
- d. Jangka sorong.
- e. Saringan No.4 (# 4.75 mm).
- f. Pisau perata.
- g. Loyang.
- h. Satu set alat pemeriksa kadar air.

3. Persiapan benda uji

- a. Tanah sampel dari lapangan dikeringkan terlebih dahulu sehingga menjadi gembur. Pengerinan dilakukan di udara atau dengan alat pengering lain dengan suhu sekitar 60° C, kemudian gumpalan tanah ditumbuk tetapi butir asli tidak pecah.
- b. Tanah yang sudah ditumbuk disaring dengan saringan No.4.
- c. Jumlah sampel untuk pengujian kurang lebih sebanyak 15 kg.
- d. Benda uji dibagi dalam 6 bagian, tiap bagian dicampur dengan air yang ditentukan dan diaduk sampai merata. Penambahan air diatur sehingga diperoleh benda uji seperti berikut :
 - Tiga buah sampel dengan kadar air kira-kira dibawah optimum dan tiga buah sampel yang lain diatas optimum.
 - Perbedaan kadar air masing-masing antara 3% sampai 5%.
 - Masing-masing benda uji dimasukkan ke dalam kantong plastik dan didiamkan selama 12 jam sampai kadar air merata.

4. Prosedur pengujian
- Timbang berat cetakan dan keping alas dengan ketelitian 5 gram.
 - Cetakan leher dan keping alas dipasang jadi satu dan ditempatkan pada landasan yang kokoh.
 - Ambil salah satu dari kelima sampel yang sudah disiapkan, diaduk dan dipadatkan dalam cetakan dengan cara sebagai berikut :
 - Jumlah seluruh cetakan tanah harus tepat sehingga tinggi kelebihan tanah yang diratakan setelah leher dilepas dari 5 mm.
 - Pemadatan dilakukan dengan alat tumbuk standard dengan berat 2,477 kg dengan tinggi jatuh 30,48 cm.
 - Tanah dipadatkan dalam tiga lapis, tiap lapis ditumbuk sebanyak 25 kali tumbukan.
 - Melepas leher sambung, kemudian kelebihan tanah dipotong dari bagian keliling dengan pisau perata. Timbang cetakan yang berisi benda uji beserta keping alas dengan ketelitian 5 gram (W_2).
 - Benda uji dikeluarkan dengan alat ekstruder dan ambil sebagian kecil dari benda uji untuk pengujian kadar air, kemudian tentukan nilai kadar airnya.
5. Analisis hasil pengujian
- Hitung berat volume tanah basah

$$\gamma = \left(\frac{W_2 - W_1}{V} \right) \dots \dots \dots (4.4)$$
 - Hitung kadar air sampel tanah yang digunakan.
 - Hitung berat volume kering dengan rumus :

$$\gamma_d = \left(\frac{\gamma}{1 + w} \right) \dots \dots \dots (4.5)$$
 - Buat kurva hubungan antara kadar air (w) sebagai absis dan berat volume kering sebagai ordinat (γ_d).
 - Puncak kurva merupakan nilai (γ_d) maksimum, dari titik puncak kurva ditarik garis vertikal memotong absis, pada titik ini merupakan kadar air optimumnya.

4.4.3.2 Pengujian Konsolidasi dan Penurunan

Pengujian Konsolidasi dan penurunan mengacu pada standar ASTM D-2436.

1. Tujuan percobaan

Untuk menentukan angka pori (e), koefisien konsolidasi (C_v), serta sifat pemampatan tanah atau indeks kompresi (C_c) suatu jenis tanah, yaitu sifat-sifat perubahan isi dan proses keluarnya air dari dalam tanah yang diakibatkan adanya perubahan tekanan vertikal pada tanah tersebut.

2. Alat-alat yang digunakan

- a. Satu set alat konsolidasi (*rapidmeter*) yang terdiri dari alat pembebanan dan sel konsolidasi.
- b. Arloji pengukur dengan ketelitian 0,01 mm.
- c. Beban-beban normal.
- d. Alat pengeluar contoh tanah (*exstruder*).
- e. Pemotong (pisau).
- f. Pemegang cincin contoh.
- g. Neraca dengan ketelitian 0,01 gr.
- h. Oven dengan pengatur suhu 110°C .
- i. Stopwatch.

3. Persiapan benda uji dan prosedur pengujian

- a. Timbang cincin cetak bagian sel konsolidasi dengan ketelitian 0,01 gr
 - Apabila contoh tanah cukup lunak, masukkan tanah ke dalam cincin cetak. Dengan menekan cincin ke dalam tanah yang telah didorong keluar dari tabung contoh tanah secukupnya. Potong tanah rata bagian atas dan bawah cincin cetak.
 - Apabila contoh tanah agak keras, contoh tanah dapat dipotong dan dibubut sehingga sesuai dengan cincin tempat benda uji. Masukkan tanah dalam cincin konsolidasi dan potong hingga permukaannya rata dengan cincin bagian atas dan bawahnya, kemudian ditimbang.
 - Dalam penelitian ini contoh tanah sebagai sampel yang akan digunakan sebagai benda uji adalah tanah padat yang diperoleh dari hasil pengujian

pemadatan atau uji proctor standar sehingga akan diperoleh kadar air optimum guna mencapai kepadatan terbaik. Setelah didapatkan contoh tanah yang telah diinginkan segera dilakukan pembuatan benda uji yaitu dengan memasukkan tanah ke dalam sel konsolidasi dengan menekan tanah secara hati hati sehingga didapatkan permukaan tanah disisi atas dan bawah tempat benda uji yang halus dan rata.

- Berikutnya pembuatan sampel benda uji dengan geotekstil sebagai bahan perkuatan tanah adalah pada dasarnya sama dengan proses pembuatan sampel diatas yang selanjutnya akan dipasang geotekstil tepat di tengah-tengah tanah sampel benda uji sebab variasi dari penggunaan geotekstil ini adalah 1 lapis.
- Periksa alat alat dalam keadaan normal dengan memeriksa bahwa lengan beban telah seimbang dan batu pori dalam keadaan bersih dan tidak tersumbat.
- Batu pori ditempatkan bagian atas dan bawah cincin, sehingga benda uji yang sudah dilapisi kertas saring terapat oleh oleh dua buah batu pori kemudian dimasukkan kedalam sel konsolidasi.
- Sel konsolidasi yang sudah berisi benda uji diletakkan pada alat konsolidasi, sehingga bagian yang runcing dari lengan beban penumpu/penyentuh tepat pada alat perata pembebanan pada sel konsolidasi.
- Kedudukan arloji diatur kemudian dibaca dan dicatat.
- Selama proses pengujian sel konsolidasi harus tetap penuh dengan air.
- Pada beberapa macam tanah tertentu, ada kemungkinan pembebanan pertama mengalami pengembangam (*swelling*) setelah sel konsolidasi diisi dengan air. Bila hal tersebut terjadi segera dipasang beban selanjutnya kemudian dilakukan pembacaan penurunan seperti diatas.

4. Pembebanan dan pembacaan penurunan

- a. Beban pertama dipasang sehingga tekanan pada benda uji sebesar $0,25 \text{ kg/cm}^2$, kemudian arloji dibaca pada saat 9,6 detik, 21,6 detik, 38,4 detik,

1 menit, 2,25 menit, 4 menit, 9 menit, 16 menit, 25 menit, 36 menit, 47 menit hingga 1440 menit/ 24 jam.

Setelah 1 menit pembacaan, sel konsolidasi diisi air (sebelum pembacaan 4 menit). Benda uji harus selalu terendam air, dengan muka air kira-kira sama tinggi dengan permukaan atas benda uji.

- b. Setelah pembacaan menunjukkan angka yang tetap atau setelah 24 jam, catat pembacaan arloji yang terakhir yang kemudian dilanjutkan memasang beban yang kedua sebesar dua kali beban pertama sehingga tekanan menjadi dua kalinya.
 - c. Setelah pembacaan maksimum dan sudah menunjukkan pembacaan tetap pembebanan dikurangi dalam dua langkah yaitu 4 kg/cm^2 (beban rebound).
 - d. Setelah pembacaan terakhir dicatat, cincin dan benda uji dikeluarkan dari sel konsolidasi lalu dikeringkan.
 - e. Benda uji dikeluarkan dari cincin kemudian dilakukan pengujian kadar air, dan hitung berat kering serta tinggi sampel keringnya.
5. Analisis hasil pengujian
- a. Berat tanah basah dihitung sebelum dan sesudah pengujian dan berat kering. Berat isi dan kadar air benda uji dihitung sebelum dan sesudah percobaan selesai.
 - b. Gambar kurva hubungan antar akar waktu dalam menit sebagai absis dengan penurunan sebagai ordinat, untuk setiap pembebanan.
 - c. Hitung koefisien konsolidasi = C_v (cm^2/menit) bagi masing-masing tahap pembebanan, yang dapat dilakukan dengan kurva diatas dengan cara sebagai berikut :
 - Tarik atau perpanjang bagian lurus awal kurva ke atas sampai memotong sumbu ordinat (t_0), yaitu titik A, panjang garis ini merupakan garis B.
 - Perpanjangan garis B tersebut sebesar 0,15 A, pada ujung perpanjangan garis ini adalah titik C.
 - Hubungkan garis dari O t_0 ke titik C, garis ini memotong kurva penurunan pada titik D.



- Titik D menunjukkan akar $\sqrt{t_{90}}$ dengan t_{90} adalah waktu untuk mencapai konsolidasi 90%.
- Hitung $C_v = \frac{0,848 (d/2)^2}{t_{90}}$ (4.6)

Dengan :

d = setengah tinggi contoh tanah rata-rata (cm).

$d = \frac{1}{2} \cdot H$.

$H = \frac{1}{2} (H_1 + H_2)$ untuk dua arah aliran.

$H = d$ untuk satu arah aliran.

H_1 = tebal sampel pada awal setiap beban.

H_2 = tebal akhir pada akhir setiap beban.

d. Hitung indeks kompresi (*compression indeks*) atau C_c .

e. Hitung tinggi efektif (tebal bagian padat) benda uji :

$$H_t = \frac{W_k}{A \cdot G_s} \text{ (cm)} \dots\dots\dots(4.7)$$

Dengan :

W_k = berat kering benda uji.

A = luas benda uji (cm^2).

G_s = berat jenis tanah.

f. Hitung angka pori awal (e_0)

$$e_0 = \frac{H_0 - H_t}{H_t} = \frac{\Delta H}{H_t} \dots\dots\dots(4.8)$$

g. Hitung angka pori saat pembebanan :

$$e_1 = \frac{H_1 - H_t}{H_t} \text{ atau } e_1 = e_0 - \Delta e \dots\dots\dots(4.9)$$

h. Hitung derajat kejenuhan sebelum dan sesudah pengujian :

$$Sr = \frac{W_k \cdot G_s}{e} \times 100\% \dots\dots\dots(4.10)$$

4.4.3.3 Pengujian Geser Langsung

Pengujian Geser Langsung mengacu pada standar ASTM D-3088.

1. Tujuan pengujian ini adalah untuk menentukan besar parameter geser langsung pada kondisi CU (*Consolidated Undrained*). Consolidated Undrained berarti pelaksanaan penggeseran akan dilakukan setelah tanah benda uji telah melalui tahap konsolidasi terlebih dahulu hingga sudah tidak mengalami penurunan dan selama proses penggeseran air pori tanah tidak diberi kesempatan untuk mengalir keluar.
2. Alat yang digunakan
 - a. Alat pengeluar contoh tanah (*exstruder*).
 - b. Kotak geser untuk benda uji berbentuk bulat atau berbentuk persegi.
 - c. Perlengkapan pembebanan normal (4 kg, 8 kg, 16 kg).
 - d. Perlengkapan untuk menggeser tanah (dengan motor listrik atau dengan manual tangan).
 - e. Cincin beban dengan arloji pengukurnya untuk mengukur gaya geser.
 - f. Arloji pengukur untuk penurunan benda uji.
 - g. Arloji pengukur untuk regangan penggeseran.

- h. Stopwatch.
 - i. Alat penyiapan benda uji dan alat-alat pemeriksa kadar air.
3. Persiapan benda uji dan prosedur pengujian
- a. Benda uji yang perlu disediakan sekurang-kurangnya sebanyak 3 buah.
 - b. Apabila contoh tanah yang dipersiapkan berupa tanah asli dari tabung, maka keluarkan contoh tanah (dengan arah dari ujung tabung pangkal tabung tanah) dan desak masuk ke dalam cincin cetak. Kemudian potong tanah agak lebih sedikit dan ratakan sehingga contoh tanah rata dengan permukaan cincin cetak bagian atas maupun bagian bawah.
 - c. Apabila yang diperiksa berupa tanah yang dipadatkan dalam laboratorium maka dapat digunakan alternatif cara :
 - Tanah dipadatkan dalam silinder pemadatan dengan kadar air dan kepadatan sesuai dengan yang diinginkan. Kemudian desak contoh tanah keluar tabung pemadatan masuk ke dalam cincin cetak. Masukkan pelan-pelan sambil iris tanah diluar cincin. Potong rata dengan cincin cetak atas dan bawah. Hindarkan tambahnya udara dalam pori tanah. Kemudian bentuk kembali dan padatkan dalam cetakan sehingga kepadatannya sama dengan aslinya.
 - Tanah padat dari silinder pemadatan seperti pada a, dikeluarkan dari silinder pemadatan kemudian dipotong dan dibubut sesuai dengan bentuk benda uji yang akan diperiksa.
 - Contoh dipadatkan tidak dalam silinder tetapi langsung dalam ruang contoh tanah dalam kotak geser dengan kadar air dan kepadatan yang dikehendaki.
 - Periksa dan catat kadar air dan berat volume contoh tanah.
4. Prosedur pengujian
- a. Kotak geser yang terdiri atas dua bagian yaitu bagian atas dan bawah. Satukan kedua bagian tersebut dengan sekrup pengunci yang ada.

- b. Pasang dan atur pada kotak geser, berturut-turut :
- Paling bawah tempatkan batu pori yang sebelumnya dikenyangkan air (direbus dalam air sekitar 15 menit atau direndam dalam waktu 4 – 8 jam).
 - Pasang di atasnya pelat bergerigi menghadap ke atas. Buatlah arah gigi tegak lurus pada arah geseran.
 - Pasang atau masukkan benda uji di atas pelat bergerigi dengan mendorong benda uji keluar dari cincin cetakan.
 - Pasang di atasnya lagi pelat bergerigi ke dua (berlubang-lubang) dengan gigi menghadap ke bawah tegak lurus arah geseran. Tekan secara merata pelat ini sehingga gigi pelat bagian atas dan bawah masuk tertanam ke dalam benda uji.
 - Pasang batu pori kedua yang sebelumnya di buat kenyang air di atas pelat bergerigi.
 - Paling atas letakkan pelat penerus beban secara sentris.
- c. Atur perlengkapan alat untuk menggeser benda uji, sehingga setiap untuk melakukan penggeseran, termasuk cincin beban (proving ring). Atur arloji cincin beban pada pembacaan nol.
- d. Atur perlengkapan beban normal di atas pelat penerus beban.
- e. Tambahkan beban pada perlengkapan beban. Beban yang dipasang adalah sedemikian sehingga berat beban dan berat rangka penggantung (perhitungkan pengaruh pengungkit) akan memberikan tekanan normal pada benda uji yang diinginkan.
5. Pelaksanaan penggeseran
- a. Bukalah sekrup pengunci bagian atas dan bawah, renggangkan kedua bagian ring geser sehingga terdapat kerenggangan sekitar 0,25 mm putarlah sekrup perenggang sebanyak setengah putaran dihitung setelah sekrup menempel pada bagian bawah. Putar kedua sekrup secara bersama-sama.

- b. Setelah kedua ring merenggang lepaskan kedua sekrup perenggang benda uji siap geser.
 - c. Penggeseran benda uji dilakukan secara cepat sehingga selama penggeseran air pori tidak sempat mengalir keluar dari benda uji lewat batu pori.
 - d. Kecepatan penggeseran diambil antara 1mm/menit (untuk tanah lempung).
 - e. Setelah selesai keluarkan benda uji dari ring geser, lakukan lagi pengujian kadar air terhadap benda uji.
 - f. Lanjutkan lagi untuk benda uji kedua dan ketiga sesuai dengan prosedur pengujian diatas.
6. Analisis hasil pengujian
- a. Tentukan gaya geser maksimum yang bekerja pada setiap benda uji.
 - b. Gambarkan kurva hubungan antara regangan sebagai absis dengan gaya geser sebagai ordinat.
 - c. Menghitung benda uji :
 - Tegangan normal yang diberikan :

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(4.11)$$

Keterangan :

P = gaya normal (kg).

A = luas penampang benda uji (cm²).

- Tegangan geser maksimum :

$$\tau = \frac{S}{A} \dots\dots\dots(4.12)$$

Keterangan :

S = gaya geser maksimum (kg).

A = luas penampang benda uji (cm^2).

d. Gambarkan kurva hubungan antar σ sebagai absis dengan tegangan τ sebagai ordinat. Cantumkan setiap data τ dan σ bagi setiap benda uji sebagai satu titik pada kurva ini. Maka kemiringan garis pada kurva ini terhadap sumbu σ (absis) adalah sudut geser dalam (Φ) dan perpotongan garis tersebut dengan sumbu τ (ordinat) adalah kohesi tanah (c), sesuai dengan rumus Mohr Coulomb :

$$\tau = c + \sigma \cdot \text{tg } \Phi \dots \dots \dots (4.13)$$

Keterangan :

c = kohesi.

Φ = sudut gesek dalam tanah.

Apabila dikehendaki hasil yang lebih teliti, maka data σ dan τ dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan regresi linear.

4.4.3.4 Pengujian CBR Laboratorium

Pengujian CBR laboratorium mengacu pada standar ASTM D 1883 – 73

1. Tujuan pengujian

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan nilai CBR tanah atau campuran agregat yang dipadatkan di laboratorium pada kadar air tertentu. Pengujian CBR (*California Bearing Ratio*).

2. Alat yang digunakan

a. Mesin penetrasi minimal berkapasitas 4,45 ton (10.000 lb) dengan kecepatan penetrasi sebesar 1,27 mm (0,05 inc) per menit.

- b. Cetakan logam berbentuk silinder dengan diameter dalam $152,4 + 0,6609$ mm ($6 \text{ inc} + 0,0026 \text{ inc}$).
 - c. Piringan pemisah dari logam (*spencer disk*) dengan diameter 150,8 mm dan tebal 61,4 mm.
 - d. Alat penumbuk sesuai dengan cara pemeriksaan kemadatan.
 - e. Alat pengukur pengembangan (*swell*) yang terdiri dari keping pengembangan yang berlubang-lubang dengan batang pengatur, tripot logam dan arloji penunjuk.
 - f. Keping beban dengan berat 2,27 kg (5 pound) dengan diameter 194,2 mm.
 - g. Torak penetrasi logam berdiameter 49,5 mm, luas 1935 mm dan panjang tidak kurang dari 101,6 mm.
 - h. Timbangan dengan ketelitian 0.1 gram dan 0.01 gram.
 - i. Peralatan bantu lainnya (talam perata, bak perendam dll).
3. Persiapan benda uji dan prosedur pengujian
- a. Benda uji
 - Ambil contoh tanah kering udara sebanyak 5 kg.
 - Campur tanah tersebut dengan air sampai kadar air optimum (nilai kadar optimum dilihat pada pengujian pematatan).
 - Untuk mencapai kadar air optimum tersebut diperlukan penambahan air dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Penambahan air} = 500 \times \frac{100 + B}{100 + A} - 1 \text{ (cc)} \dots \dots \dots (4.14)$$

Keterangan :

A = kadar air mula-mula.

B = kadar air optimum.

500 = berat contoh (gr).

- Setelah dicampur hingga rata, masukkan contoh tanah tadi ke dalam kantong plastik, diikat kemudian diamkan selama 24 jam.
- Timbang cetakan (*mold*) lalu catat beratnya. Pasang cetakan pada keping alas dan masukkan spencer disk di dalamnya kemudian pasang kertas filter di atasnya.
- Padatkan contoh tanah yang sudah dicampur air pada keadaan optimum ke dalam cetakan, kemudian laksanakan pemadatan sesuai dengan percobaan pemadatan. Jumlah tumbukan yang dibutuhkan adalah 56 kali. Untuk benda uji yang diperkuat dengan geotekstil jumlah tumbukan yang diperlukan sesuai dengan kebutuhan benda uji yang akan dibuat.
- Buka leher sambungan (*collar*) dan ratakan tanah dengan pisau.
- Tambal lubang-lubang yang mungkin terjadi karena lepasnya butir-butir kasar dengan bahan yang lebih halus. Timbang benda uji beserta cetakannya kemudian catat beratnya.

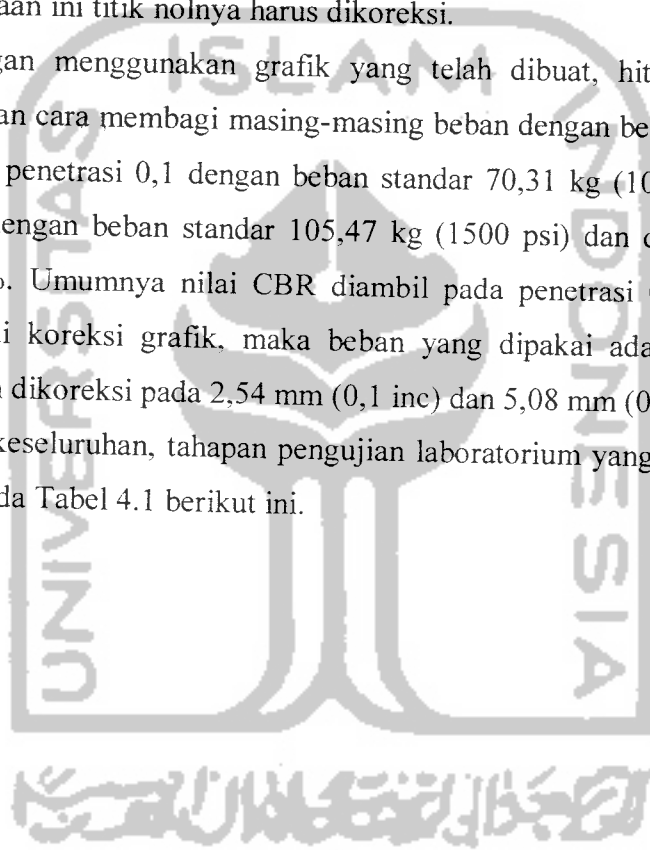
b. Prosedur pengujian

- Letakkan benda uji beserta keping alas di atas mesin penetrasi. Letakkan keping pemberat di atas permukaan benda uji seberat minimal 4,5 kg (10 pound).
- Pasang torak penetrasi dan diatur pada permukaan benda uji sehingga arloji beban menunjukkan beban permulaan sebesar 2 lbs. Pembebanan permulaan ini diperlukan untuk menjamin bidang sentuh yang sempurna antara permukaan benda uji dengan torak penetrasi.
- Berikan pembebanan secara teratur sehingga kecepatan penetrasi mendekati kecepatan 1,27 mm/menit (0,005 inc/menit). Pembacaan pembebanan dilakukan pada interval penetrasi 0,0035 inc (0,64 mm), hingga mencapai penetrasi 0,5 inchi.
- Catat beban maksimum dan penetrasinya bila pembebanan maksimum terjadi sebelum penetrasi 12,5 mm (0,5 inchi).
- Keluarkan benda uji dari cetakan dan tentukan kadar air dari lapisan atas benda uji setebal 25 mm.

4. Analisis hasil pengujian

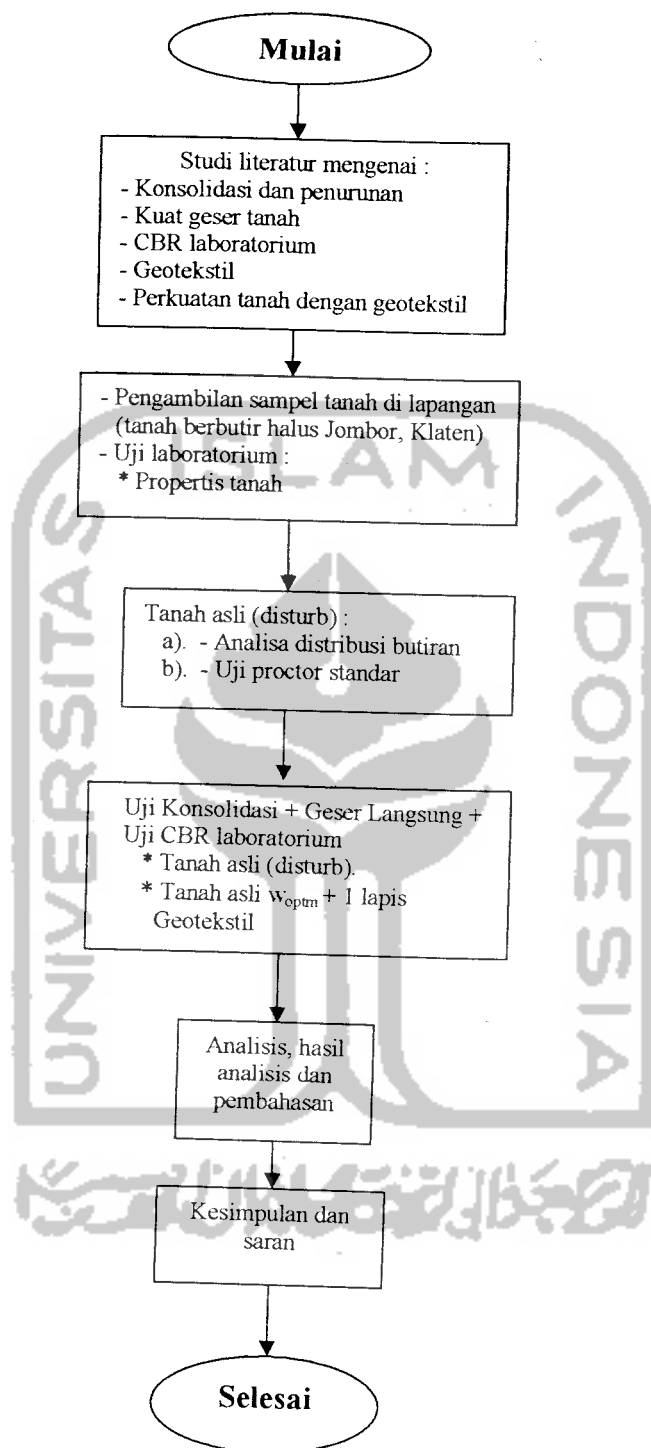
- Pengembangan (*swell*) adalah nilai perbandingan antar perubahan tinggi selama perendaman terhadap tinggi benda uji semula dinyatakan dalam persen.
- Hitung pembebanan dalam (lbs) dan gambar grafik beban terhadap kedalaman penetrasi. Pada beberapa keadaan permulaan kurva beban cekung akibat kurang ratanya pemadatan atau sebab-sebab lain. Dalam keadaan ini titik nolnya harus dikoreksi.
- Dengan menggunakan grafik yang telah dibuat, hitung harga CBR dengan cara membagi masing-masing beban dengan beban standar CBR pada penetrasi 0,1 dengan beban standar 70,31 kg (100 psi). Penetrasi 0,2 dengan beban standar 105,47 kg (1500 psi) dan dikalikan dengan 100%. Umumnya nilai CBR diambil pada penetrasi 0,1 inc. Apabila terjadi koreksi grafik, maka beban yang dipakai adalah beban yang sudah dikoreksi pada 2,54 mm (0,1 inc) dan 5,08 mm (0,2 inc).

Secara keseluruhan, tahapan pengujian laboratorium yang akan dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut ini.



Tabel 4.1 Jenis pengujian dan jumlah benda uji

No	Jenis Pengujian	Jumlah Sampel	Satuan
1	Pengujian jenis dan sifat fisik tanah asli :		
	- Analisa Hidrometer + Analisa Saringan	3	buah
2	Pengujian sifat-sifat mekanis tanah :		
	- Kadar Air (<i>w</i>)	3	buah
	- Berat Jenis (G_s)	3	buah
	Pengujian Batas-Batas Konsistensi (<i>Atterberg Limits</i>)		
	- Batas Cair (<i>LL</i>)	3	buah
	- Batas Plastis (<i>PL</i>)	3	buah
	- Batas Susut (<i>SL</i>)	3	buah
3	Pengujian Pemadatan Tanah		
	- Uji Proctor Standar	3	buah
4	Pengujian Konsolidasi		
	* Tanah asli	3	buah
	* Tanah asli w. optm + Geotekstil 1 lapis	3	buah
5	Pengujian Parameter Kuat Geser Tanah (Uji Geser Langsung)		
	* Tanah asli	2	buah
	* Tanah asli w. optm + Geotekstil 1 lapis	2	buah
6	Pengujian CBR laboratorium		
	* Tanah asli	2	buah
	* Tanah asli w. optm + Geotekstil 1 lapis	2	buah



Gambar 4.1 Diagram alir penelitian