

BAB V

CARA PENELITIAN

5.1. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian dilaboratorium ini ada beberapa macam antara lain, yaitu :

1. Tanah

Tanah yang digunakan pada penelitian ini adalah tanah yang berasal dari daerah Godean, Sleman (yogyakarta). Tanah tersebut diambil dalam keadaan asli dimana tanah tersebut belum dicampur limbah pupuk Za. Tanah tersebut dikeringkan dan ditumbuk kemudian disaring dengan saringan No 40 untuk mendapatkan tanah lempung.

2. Produk Sisa Pupuk Za.

Limbah pupuk Za sebagai bahan stabilisator dan diharapkan berfungsi untuk memberikan daya dukung tanah yang besar jika dicampur dengan tanah lempung. Limbah pupuk Za tersebut diperoleh dari Pabrik Pupuk Petrokimia Gresik (Jawa-Timur).

5.2. Rencana Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dalam tiga tahap, yaitu ; tahap persiapan,tahap pekerjaan lapangan dan tahap penelitian di laboratorium.

Tahap persiapan meliputi studi pendahuluan, konsultasi dengan beberapa nara sumber, pengajuan proposal dan mengurus perijinan untuk kegiatan penelitian. Pekerjaan lapangan adalah pengambilan sampel tanah dan limbah pupuk Za, sedangkan kegiatan laboratorium adalah pengujian sifat-sifat tanah asli dan campuran limbah.

Pekerjaan lapangan dilakukan dalam dua tahap ; pemilihan lokasi dan pengambilan sampel tanah. Lokasi sampel dipilih berdasarkan jenis tanah dan tebal lapisan lempung. Sedangkan untuk sampel tanah diambil tanah yang tak terusik dan tanah terusik.

Pelaksanaan laboratorium dilaksanakan dalam tiga tahapan, yaitu :

1. Untuk sampel tanah asli dilaksanakan pengujian kadar air, berat jenis, uji tekan bebas.
2. Tanah campuran limbah pupuk Za dengan kadar 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 % terhadap berat kering lempung. Kemudian dilakukan pemadatan dengan alat pemadat standar pada kadar air optimum tanah asli. Dilakukan pengujian tekan bebas terhadap campuran tanah yang telah dipadatkan tersebut guna mendapatkan persentase kadar limbah yang memberikan kekuatan untuk daya dukung tanah secara maksimal.
3. Pemeraman (*curing time*) terhadap sampel campuran tanah dan limbah untuk tiap kadar limbah yang telah dipadatkan (*remolded*), kemudian dilakukan pengujian tekan bebas pada umur 3,7 dan 14 hari.

5.3. Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Cawan

Cawan adalah suatu wadah yang digunakan untuk menempatkan sampel tanah dan biasanya diperlukan untuk pengukuran kadar air.

2. Timbangan .

Timbangan yang dipergunakan adalah timbangan dengan merk ohaus.

Dalam penelitian ini menggunakan timbangan yang mempunyai ketelitian 0.01 gram, 0,1gram dan 1 gram.

3. Oven

Oven merupakan suatu tempat yang digunakan untuk mengeringkan kadar air dalam sampel tanah, dengan suhu pengeringan antara 100° - 110° C.

4. Saringan

Saringan adalah alat yang digunakan untuk mengetahui diameter partikel tanah dan bahan campuran yang akan digunakan untuk pengujian, sehingga didapatkan ukuran partikel yang dikehendaki.

5. Gelas Ukur

Gelas ukur digunakan untuk menakar sejumlah air yang akan dibutuhkan dalam percobaan-percobaan benda uji. Gelas ukur yang mempunyai kapasitas 500 ml.

6. Mold

Mold adalah alat yang berbentuk tabung dengan ukuran tertentu yang digunakan untuk membuat sampel pada pengujian pemadatan maupun pengujian CBR. Satu set mould ini terdiri dari alas mold, mold [cetakan], dan leher mold.

7. Pikhometer

Pikhometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur Spesific gravity bahan penelitian. Pikhometer tersebut terbuat dari kaca yang berbentuk seperti botol dan mempunyai leher yang sempit serta tutup yang dilengkapi pipa kapiler.

8. Hidrometer

Hidrometer adalah alat yang digunakan untuk mengetahui ukuran partikel lolos saringan 200.

9. Penetrometer

Penetrometer adalah alat yang digunakan untuk mengetahui batas cair suatu sampel tanah. Penetrometer yang dipakai terdiri dari dial indikator 25 X 0,01 mm

10. Desikator

Desikator adalah suatu alat yang berbentuk tabung yang didalamnya diisi silika gel. Alat ini digunakan untuk membantu menurunkan suhu suatu sampel yang baru dikeluarkan dari oven sebelum dilakukan penimbangan.

11. Penggaris sudut.

Penggaris sudut berfungsi untuk mengukur sudut, terutama pada percobaan tekan bebas dimana benda uji setelah diuji dicari sudutnya pada benda pengujian itu.

12. CBR [*California Bearing Ratio*]

CBR adalah salah satu alat yang digunakan untuk mengetahui kekuatan tanah.

Satu set alat tersebut terdiri dari, yaitu :

- a. Mesin penetrasi [*loading machine*] berkapasitas 4,45 ton dengan kecepatan penetrasi 1,27 mm/menit.
- b. Torak penetrasi terbuat dari logam dengan luas 19,35 cm² dan panjangnya minimal 101,6 mm.
- c. Keping beban dengan berat 5 pound.
- d. Arloji pengukur penetrasi dan arloji penunjuk beban.

5.4. Jalannya Penelitian

Penelitian yang dilakukan penulis merupakan serangkaian pengujian yang terdiri dari :

1. Penelitian bahan
2. Pengujian benda uji meliputi :
 - a. Pengujian kepadatan [*Proctor test*]
 - b. Pengujian CBR
 - c. Kembang susut tanah [*Swelling*]
 - d. Batas Konsistensi

5.4.1. Penelitian Bahan

5.4.1.1. Pemeriksaan Kadar Air

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kadar air tanah lempung yang sudah kering udara, serta untuk mengetahui kadar air limbah pupuk ZA. Kadar air adalah nilai perbandingan antara berat air dalam suatu tanah dan limbah pupuk ZA sebagai bahan campur dengan berat kering dari tanah dan limbah pupuk ZA tersebut.

Peralatan yang digunakan :

1. Cawan
2. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
3. Oven
4. Desikator.

Jalannya percobaan:

1. Cawan dibersihkan terlebih dahulu dengan kain, kemudian ditimbang beserta tutupnya, w_1 [gram].
2. Contoh tanah yang akan diperiksa dimasukkan dalam cawan, kemudian beserta tutupnya ditimbang = w_2 [gram].
3. Dalam keadaan terbuka sampel tanah dimasukkan ke dalam oven, suhu oven diatur konstand antara $100^\circ - 110^\circ$ C selama 16-24 jam.
4. Setelah dioven, tanah didinginkan dalam desikator, kemudian bersama tutupnya ditimbang = w_3 [gram].

Hitungan yang dipakai, yaitu :

$$\text{Kadar Air [w]} = \frac{\text{Berat air}}{\text{Berat tanah kering}} \times 100\%$$

$$w = \frac{[w_2 - w_3]}{[w_3 - w_1]} \times 100\% \dots\dots\dots [5.1]$$

Dimana :

w_1 = Berat cawan

w_2 = Berat cawan + tanah basah

$$W_3 = \text{Berat cawan} + \text{tanah kering}$$

5.4.1.2 Pemeriksaan Berat Jenis [*Specific gravity*]

Pada pengujian berat jenis ini, peneliti mengadakan pengujian berat jenis tanah lempung dan pengujian berat jenis limbah. Berat jenis adalah nilai perbandingan antara berat butir-butir dengan berat air destilasi diudara dengan volume yang sama pada temperatur tertentu, biasanya diambil pada temperatur $27,5^{\circ} \text{C}$.

Alat-alat yang digunakan :

1. Piknometer
2. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
3. Oven dengan suhu yang dapat diatur
4. Air distilasi
5. Desikator
6. Termometer
7. Cawan porselin
8. Ayakan No 10
9. Kompor pemanas

Jalanya percobaan :

1. Piknometer dibersihkan bagian luar dan dalamnya kemudian ditimbang beserta tutupnya = W_1

2. Contoh tanah yang akan diperiksa dipersiapkan terlebih dahulu, yaitu contoh tanah yang sudah kering dari oven, kemudian ditumbuk dengan mortar kemudian disaring dengan ayakan No 10
3. Sampel tanah yang sudah dipersiapkan dimasukkan kedalam piknometer kemudian pada bagian luarnya dibersihkan dan ditimbang beserta tutupnya = W_2
4. Air destilasi dimasukkan kedalam piknometer sampai sepertiga dari isinya kemudian dibiarkan beberapa saat
5. Udara yang terperangkap diantara butir-butir tanah dikeluarkan dengan cara merebus piknometer selama 10 menit dengan sesekali dimiringkan untuk membantu keluarnya gelembung udara
6. Air didalam piknometer diukur suhunya = $t^{\circ} C$
7. Air destilasi ditambah sampai penuh dan ditutup setelah bagian luar picknometer dikeringkan, kemudian ditimbang = W_3
8. Selanjutnya picknometer dikosongkan kemudian diisi air sampai penuh dan bagian luar picknometer dikeringkan setelah itu ditimbang = W_4

Hitungan yang dipakai :

$$\text{Berat jenis tanah pada suhu } t^{\circ} C = \frac{\text{Berat tanah}}{\text{Volume tanah} \times \text{berat jenis air}}$$

$$G_s = \frac{[W_2 - W_1]}{[W_2 - W_1] - [W_3 - W_4]} \dots \dots \dots [5.2]$$

Berat jenis tanah pada temperatur $27,5^{\circ}\text{C}$ adalah :

$$G_s [27,5^{\circ}\text{C}] = G_s [t^{\circ}\text{C}] = \frac{B_j \text{ tanah pada } t^{\circ}\text{C}}{B_j \text{ air pada } 27,5^{\circ}\text{C}} \dots\dots\dots [5.3]$$

5.4.1.3. Distribusi Pembagian Butir Tanah

Percobaan Distribusi pembagian butiran ini bertujuan untuk menentukan persentase ukuran butir-butir tanah, gradasi tanah dan klasifikasi tanah.

Dua macam hal yang umum digunakan dalam menentukan butir tanah adalah pertama dengan menggunakan analisis saringan untuk tanah yang ukurannya lebih besar dari 0,074 mm. Ukuran butir ditentukan dengan nomor saringannya, dengan contoh saringan nomor 10 mempunyai arti perinci persegi saringan terdapat 10 lobang, sedangkan yang kedua adalah dengan menggunakan hidrometer.

Pada percobaan analisis hidrometer mempunyai dua prinsip. Pertama, butir-butiran tanah dalam suatu campuran dengan air yang disebut suspensi, akan menurun dengan kecepatan yang tergantung pada ukuran butirannya. Ukuran butir yang sama akan menurun dengan kecepatan yang sama. Kecepatan ini menurut hukum Stokes sebanding dengan pangkat dua dari ukuran butirannya.

Rumusnya :

$$V = [D / K]^2 \dots\dots\dots [5.4]$$

dengan V = Kecepatan turun butiran tanah [mm/menit]

D = Diameter butiran tanah [mm]

K = Konstanta yang tergantung kepada suhu dan berat jenis butir tanah.

Kedua, berat jenis suspensi tergantung kepada konsentrasi butiran-butiran yang terkandung didalamnya, sehingga dapat dihitung banyaknya tanah yang ada dalam campuran tersebut.

1. Analisa Hidrometer

a. Alat-alat yang dipergunakan, yaitu :

1. Hidrometer tipe 152.H atau 151.H
2. Mixer
3. Gelas ukur kapasitas 1000 cc
4. Tabung pengendapan kapasitas 1000 cc
5. Oven
6. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
7. Termometer
8. Larutan Na_2SiO_3 [*watter glass*]
9. Cawan pengaduk
10. Stop Watch

b. Pelaksanaan

1. Membuat larutan standar :

- a. Diambil reagen [*watter glass*] sebanyak 2 gram, kemudian larutkan dalam 250 cc air destilasi hingga larut.

- b. Larutan standar ini dibagi menjadi dua bagian, yang satu bagian dimasukkan ke dalam tabung dengan kapasitas 1000 cc sedangkan yang sebagian lagi tetap berada dalam gelas ukur semula.
2. Membuat suspensi [campuran sampel tanah dengan larutan standar]
- a. Diambil sampel tanah sebanyak kurang lebih 50 gram kering kemudian dimasukkan ke dalam gelas ukur yang berkapasitas 500 cc, rendam sampai kurang lebih 30 menit, kemudian di mixer selama 10 menit.
- b. Dimasukkan suspensi ke dalam gelas pengendapan kapasitas 1000 cc.
3. Pembacaan Hidrometer
- a. Pembacaan dilakukan pada setiap interval waktu 2, 5, 30, 60, 250 dan 1440 menit, dari waktu mula-mula $[T^0]$.
- b. Dilakukan pembacaan Hidrometer setelah suspensi dikocok sebanyak 60 kali, waktu meletakkan suspensi tersebut dianggap sebagai waktu mula-mula $[T^0]$.
- c. Cara melakukan pembacaan adalah sebagai berikut :
1. Kira-kira 20 atau 25 detik sebelum pembacaan, ambil hidrometer dari tabung gelas, celupkan secara hati-hati dan pelan-pelan sampai mencapai kedalaman taksiran yang akan dibaca, kemudian dilepaskan secara perlahan-lahan dan diharapkan jangan sampai terjadi guncangan. Kemudian pada saatnya bacalah skala yang ditunjukkan oleh puncak miniskus muka air = R_1 [pembacaan belum dikoreksi]

2. Setelah pembacaan Hidrometer selesai, dilakukan pengamatan suhu suspensi dengan termometer.

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

c. Perhitungan :

1. Dihitung ukuran butir terbesar D [mm] yang ada pada suspensi pada kedalaman efektif L [cm] untuk setiap pembacaan T [menit] dengan rumus :

$$D = K \sqrt{L / T} \dots\dots\dots [5.5]$$

dengan :

K = Konstanta yang besarnya dipengaruhi temperatur suspensi dan berat jenis butir tanah.

L = Kedalaman efektif, diukur berat jenis suspensi yang nilainya ditentukan oleh jenis Hidrometer yang dipakai.

T = Saat pembacaan dalam menit.

2. Dihitung persentase berat P dari butir yang lebih kecil dari D terhadap berat kering seluruh tanah yang diperiksa dengan rumus sebagai berikut :

a. Jika digunakan Hidrometer 151. H

$$P = \left\{ \frac{100.000}{W} \times \frac{G}{G - 1} \right\} \{ R - 1 \} \dots\dots\dots [5.6]$$

b. Jika digunakan hidrometer 152. H

$$P = \frac{R \times a}{W} \times 100 \dots\dots\dots [5.7]$$

dengan ; R = Pembacaan hidrometer terkoreksi

G = Berat jenis tanah

a = Angka koreksi untuk hidrometer 152 H terhadap berat jenis butir.

2. Analisa Saringan

a. Alat yang digunakan

1. Satu set saringan terdiri dari saringan no. 10, 20, 40, 60, 140, 200.
2. Kuas
3. Timbangan
4. Panci

b. Pelaksanaan

1. Dari analisis hidrometer kita sudah mendapatkan butiran tanah yang tertinggal pada saringan no. 200 yang sudah dikeringkan.
2. Ditimbang sisa butir tanah tersebut = W_s , kemudian dilakukan penyaringan dengan menggunakan saringan dengan urutan dari atas, no. 10, 20, 40, 60, 140, 200 dan pada tingkat bawah sendiri yaitu pan.

3. Ditimbang butir-butir tanah yang tertahan pada tiap saringan, dicatat dan dimasukkan dalam tabel hitungan.

Tabel 5.1 Perhitungan analisis butiran dan Hidrometer

Berat tanah kering [W] = 60 gram	$K_2 = \frac{a}{W} \times 100 = 1,7$ $P = K_2 \times R$
Berat jenis tanah [G] = 2,55 gr/cm ³	
Koreksi Hidro 152 H [a] = 1,02	
Kadar reagen Na ₂ SiO ₃ = 1000 ml/gr	
Koreksi miniskus hidrometer [m] = 1	

Tabel 5.2 Analisis Hidrometer

Waktu T menit	Pemb hidro meter dalam cairan	Pemb hidro dalam cairan	T e m p	Pemb hidro meter terko- reksi	*) Keda- laman	**) Kons- tanta	Diameter butiran $D = K \sqrt{L/T}$	Pemb hidro meter terko- reksi kecil	per sen be- rat lebih
	R1	R2	t	R = R+m	L [cm]	K	mm	R = R+R	P %
2	36	-2	26	37	10,2	0,01310	0,02958	38	64,60
5	33	-2	26	34	10,7	0,01310	0,01916	35	59,50
30	25	-2	26	26	12	0,01310	0,00829	27	45,90
60	23	-2	26	24	12,4	0,01310	0,00596	25	42,50
250	18	-2	26	19	13,2	0,01310	0,00301	20	34,00
1440	13	-2	25	14	14,2	0,01330	0,00132	15	25,50

Tabel 5.3. Analisis Saringan

No. Saringan	Diameter	Berat tertahan	Berat lolos	Persen berat lebih kecil	Keterangan
	mm	gr	gr	$P = [e/w] \times 100\%$	
10	2	0,16	59,84	99,73	$e_1 = W - d_1$
20	0,85	0,22	59,78	99,63	$e_2 = e_1 - d_2$
40	0,425	0,43	59,35	98,92	$e_3 = e_2 - d_3$
60	0,25	0,52	58,83	98,05	$e_4 = e_3 - d_4$
140	0,106	1,87	56,96	94,93	$e_5 = e_4 - d_5$
200	0,075	0,83	56,13	93,55	$e_6 = e_5 - d_6$

5.4.1.4 Pemeriksaan Batas-Batas Konsistensi Atterberg

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menggambarkan proses keadaan tanah apabila tanah itu dibiarkan mengering secara perlahan sampai tidak terjadi perubahan volume lagi, dengan melalui proses-proses tertentu. Adapun tujuan percobaan ini adalah untuk mengetahui jenis dan sifat-sifat fisik tanah dari bagian tanah yang mempunyai ukuran butir lolos saringan no 40.

Pada pemeriksaan batas-batas konsistensi [Atterberg] ini dibagi dalam tiga bagian pengujian, yaitu terdiri dari :

1. Pengujian Batas Cair Tanah

a. Alat alat yang digunakan :

1. Alat Penetrometer

2. Mortar [cawan porselin]
3. Pestel [Penumbuk berkepala karet/kayu]
4. Saringan No.40
5. Air destilasi
6. Satu set alat pemeriksa kadar air

b. Pelaksanaan :

1. Dimasukkan contoh tanah kedalam mangkuk porselin.
2. Ditambahkan air kedalam mangkuk tersebut sedikit demi sedikit sambil diaduk sampai merata [*homogen*]. Pada adukan pertama ini supaya tanah agak encer.
3. Dimasukkan tanah tadi kedalam mangkuk penetrometer digunakan spatel untuk meratakan dan menghilangkan gelembung udara yang terperangkap didalam tanah. diratakan permukaan tanah dengan permukaan mangkuk penetrometer, dan permukaan tanah harus horizontal.
4. Kerucut penetrometer kemudian dijepit dengan ujungnya tepat menyentuh tanah uji. Penjepit dilepas dan kerucut dibiarkan menembus tanah uji, setelah itu penjepit dipasang kembali. Besarnya penetrasi dibaca pada piringan ukur jarum [*deal gange*]
5. Diambil sebagian tanah pada cawan penetrometer dengan spatel, kemudian dicari kadar airnya dan diberi tanda.
6. Diulangi semua pekerjaan diatas dengan penambahan air suling secara berturut-turut pada contoh tanah uji dan dihubungkan antara kadar air dengan penetrasi

digambar pada suatu grafik. Batas cair tanah adalah kadar air yang diperoleh pada perpotongan garis penghubung tersebut dengan garis vertikal pada penetrasi 20 mm.

2. Pemeriksaan Batas Plastis Tanah

Pemeriksaan ini adalah untuk mengetahui batas plastis sampel tanah. Batas plastis tanah adalah kadar air tanah pada peralihan antara plastis dengan semi plastis.

a. Alat yang digunakan :

1. Plat kaca
2. Spatula
3. Cawan porselin
4. Seperangkat alat pemeriksaan kadar air.

b. Pelaksanaan :

1. Diambil sampel tanah kira-kira 100 gram yang lolos saringan no.40, lalu dimasukkan kedalam cawan porselin dan dicampur dengan air sedikit demi sedikit sambil diaduk dengan spatula hingga homogen. Campuran ini harus berada dalam keadaan plastis, dengan ciri-ciri sebagai berikut, yaitu :

1. Tanah tersebut mudah dibentuk
2. Tidak mengotori tangan bila dipegang
3. Tidak lengket terhadap kaca, dan apabila digiling kira-kira 3 mm tanah tersebut mulai kelihatan retak-retak.

2. Tanah tersebut digiling dengan tangan sampai mencapai retak-retak.

3. Dimasukkan gilingan tanah tersebut kedalam cawan timbangan sebanyak 2 buah

3. Batas Susut Tanah

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan batas susut tanah, angka susut tanah, susut volumetrik dan susut linier. Batas susut adalah kadar air dalam % tanah tepat pada kedudukan volume tanah tidak akan berubah.

a. Alat yang digunakan :

1. Cawan porselin
2. Spatel
3. Cawan susut
4. Gelas ukur
5. Air raksa dan perlengkapannya [gelas air raksa, mangkuk dan plat kaca berpaku
6. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.

b. Pelaksanaan :

1. Cawan susut disiapkan, ditandai dengan diberi nomor, diukur diameter, tinggi, berat dan volumenya
2. Benda uji ditambah air destilasi sedikit demi sedikit hingga merata dengan mempergunakan cawan porselin
3. Cawan susut tersebut diisi benda uji diatas, kemudian ditimbang
4. Dimasukkan kedalam oven ± 24 jam, sampai betul-betul kering dikeluarkan dan disimpan kedalam desikator
5. Ditimbang beratnya

6. Dihitung volume tanah keringnya, yaitu dengan cara :

Gelas ukur ditimbang beratnya, Tanah kering tanah cawan susut dicelupkan kedalam gelas air raksa dan ditekan atau diratakan dengan pelat kaca berkaki tiga, air raksa akan meluap dan tertampung dalam mangkuk, air raksa yang meluap tadi dimasukkan kedalam gelas ukur dan ditimbang beratnya.

4. Perhitungan Batas Batas Atterberg

Sebelum pengujian batas-batas konsistensi, dilakukan perhitungan untuk mencari berat basah limbah pupuk ZA terhadap berat basah tanah lempung yaitu dengan % pencampuran 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%.

$$\text{Berat tanah kering [Wk]} = \frac{Wb}{w + 1} = \dots\dots \text{ gram}$$

$$\text{Berat limbah kering [Wk}_k] = \% \text{ limbah campuran} \times \text{berat tanah kering}$$

$$\text{Berat limbah basah [Wb}_b] = Wk_k [1 + w_k] = \dots\dots \text{ gram}$$

Keterangan :

$$\text{Berat tanah basah [Wb]} = \text{gram}$$

$$\text{Kadar air tanah [w}_1] = \%$$

$$\text{Kadar air limbah [w}_k] = \%$$

Adapun nilai perhitungan pengujian batas batas konsistensi dapat dilihat pada bab vi tentang “ Hasil Penelitian dan Pembahasan ” .

5.4.2. Penelitian Benda Uji Sub Grade

5.4.2.1 Pemeriksaan Kepadatan Tanah

Alat yang digunakan :

1. Perlengkapan pemadatan
 - a. Tabung pemadatan [*mold*] \varnothing 4 “
 - b. Palu pemadatan \varnothing 2 “ berat 5,5 lb
2. Semprotan air
3. Ayakan No 4 [# 4,75]
4. Palu karet atau palu kayu
5. Cetok
6. Pisau
7. Wadah penampung tanah
8. Satu set alat pemeriksaan kadar air.

Persiapan benda uji :

1. Gumpalan-gumpalan tanah lempung yang sudah kering dihancurkan dengan palu kayu diatas wadah penampung.
2. Collar dipasang dan mur penjepitnya dieratkan dan ditempatkan pada tumpuan yang kokoh.
3. Salah satu sampel tanah diambil dari kantong plastik yang sudah dipersiapkan kemudian diisikan kedalam mold sampai setengah tinggi, kemudian ditumbuk

dengan palu standar [5,5 lb] sebanyak 25 kali tumbukan secara merata, sehingga setelah memadat tanah tersebut mengisi sepertiga tinggi mold.

4. Hal yang sama dilakukan untuk lapisan kedua dan ketiga, sehingga lapisan yang terakhir mengisi sebagian collar.
5. Collar dilepaskan dan kelebihan tanah diratakan dengan pisau perata.
6. Mold beserta tanah yang ada didalamnya ditimbang.
7. Contoh tanah dikeluarkan dengan menggunakan ekstruder lalu sebagian tanah pada bagian atas tengah dan bawah diambil untuk dicari kadar airnya.

5.4.2.2. Pemeriksaan CBR

Alat yang digunakan :

1. Mesin penetrasi berkapasitas 4,45 ton dengan kecepatan penetrasi sebesar 1,27 mm [0,05] permenit.
2. Cetakan logam berbentuk silinder
3. Piringan pemisah dari logam
4. Alat penumbuk
5. Alat pengukur pengembangan [*Swell*] yang terdiri dari keping pengembangan yang berlubang-lubang dengan batang pengatur, tripot logam dan arloji penunjuk
6. Keping beban dengan berat 2,27 kg [5 lb] dengan diameter 194,2 mm [21/8 “]
7. Torak penetrasi
8. Timbangan

9. Peralatan bantu lainnya

Persiapan penelitian :

1. Contoh tanah kering udara yang sudah dipersiapkan diambil sebanyak yang dibutuhkan
2. Contoh tanah dicampur dengan air sampai kadar air menjadi optimum. Penambahan air ini dapat dicari dengan rumus :

$$\text{Penambahan air} = C + \left[\frac{100 + B}{100 + A} - 1 \right] \dots [CC] \dots \dots \dots [5.8]$$

Dengan : A= Kadar air asli [%]

B = Kadar air optimum [%]

C = Jumlah air optimum [%]

3. Setelah diaduk sampai rata, contoh tanah dimasukkan kedalam kantong plastik dan diikat serta didiamkan selama 24 jam.
4. Cetakan [mold] ditimbang lalu dicatat beratnya. Cetakan dipasang pada keping alas dan dimasukan *specer disk* didalamnya.
5. Contoh tanah tersebut dipadatkan seperti pada percobaan pemadatan, tetapi dengan jumlah pukulan 56 kali.
6. Leher sambung atau [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 cetakannya ditimbang dan dicatat beratnya untuk menentukan berat volume tanah keringnya.

Jalannya percobaan :

1. Benda uji beserta keping alas diletakan diatas mesin penetrasi, kemudian diletakan keping pemberat diatas permukaan benda uji seberat $\pm 4,5$ kg [10 lb].
2. Torak penetrasi dipasang dan diatur pada permukaan benda uji sehingga arloji beban menunjukkan beban permukaan seberat $\pm 4,5$ 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 “ per menit]. Pembacaan pembebanan ini dilakukan pada interval 0,025 “ [0,64 mm].
4. Benda uji dikeluarkan dari cetakan dan ditentukan kadar airnya.

5.4.2.3. Pengujian Tekan Bebas

Kuat tekan bebas tanah adalah besarnya tekanan aksial [kg/cm^2] yang diperlukan untuk menekan suatu silinder tanah sampai pecah, atau besarnya tekanan yang memberikan perpendekan tanah sebesar 20 %, apabila perpendekan tanah sampai 20 % tanah tersebut dianggap pecah.

Maksud dari percobaan ini adalah untuk menentukan kuat tekan bebas tanah, besarnya sudut gesek dalam [ϕ] tanah dan kohesi tanah [c].

1. Alat yang digunakan :

- a. Mesin uji tekan bebas
- b. Alat pengeluar contoh tanah [*ekstruder*]
- c. Pengukur regangan
- d. Tabung cetak belah
- e. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
- f. Stop watch
- g. Satu set alat pemeriksa kadar air

2. Pelaksanaan :

- a. Benda uji dimasukkan kedalam tabung cetak belah dan ditumbuk sebanyak 56 tiap lapisan dan terdiri atas tiga lapisan setelah itu diratakan permukaannya, kemudian benda uji disimpan selama 3 hari, 7 hari, dan 14 hari, setelah itu barulah benda uji dikeluarkan dari cetaknya.
- b. Setelah waktu tersebut, benda uji diletakkan pada alat tekan bebas dan diatur sehingga pelat menekan atau menyentuh benda uji.
- c. *Profing ring* disetel pada pembacaan nol, demikian juga pada pengukur tegangannya.
- d. Alat pembebanan mulai digerakkan seiring dengan pembacaan stop watch, setiap waktu menunjukkan 30 detik harus sama pembacaan regangan

menunjukkan angka 35 dan kelipatannya. Untuk mendapatkan hasil yang relatif baik, pemutaran alat pada uji tekan bebas haruslah konstand dan teliti.

- e. Pembebanan dihentikan bila tampak beban yang bekerja mulai mengalami penurunan dua kali atau regangan mencapai 20 % tinggi benda uji.
- f. Kemudian dicatat sudut pecah tanah dan juga dicatat perubahan bentuk benda uji.
- g. Pelaksanaan dan pemeriksaan kadar air untuk benda uji ini harus dilaksanakan segera jangan ditunda, agar kadar airnya relatif tidak berubah.

5.5. 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. Data pembacaan arloji penetrasi

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

1. Nilai Kepadatan

Nilai kepadatan dapat diukur dengan menentukan berat volume tanah kering.

Untuk mendapatkan nilai kepadatan, terlebih dahulu harus dihitung nilai-nilai percobaan sebagai berikut :

a. Berat jenis benda uji

Berat jenis benda uji digunakan untuk menghitung *Zero Air Void [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 rumus :

$$G_s = \frac{[W_2 - W_1]}{[W_4 - W_1] - [W_3 - W_2]} \dots \dots \dots [5.9]$$

dengan :

W_1 = Berat piknometer [gram]

W_2 = Berat piknometer + tanah kering [gram]

W_3 = Berat piknometer + tanah + air [gram]

W_4 = Berat piknometer + air [gram]

b. Berat benda uji

Dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut ini :

$$X = Y - Z \dots \dots \dots [5.10]$$

dengan :

X = Berat beda uji [gram]

Y = Berat benda uji + cetakan [gram]

$$Z = \text{Berat cetakan [gram]}$$

c. Kadar air benda uji

Dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$W = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100 \% \quad \dots\dots\dots [5.11]$$

dengan :

$$W_1 = \text{Berat cawan kosong}$$

$$W_2 = \text{Berat cawan + tanah basah}$$

$$W_3 = \text{Berat + tanah kering}$$

d. Berat volume benda uji

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1 + W} \quad \dots\dots\dots [5.12]$$

dengan :

$$\gamma_d = \text{Berat isi kering [gr/cc]}$$

$$\gamma_b = \text{Berat volume benda uji basah [gr/cc]}$$

$$W = \text{Kadar air benda uji [%]}$$

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 rumus sebagai berikut ini :

a. Penetrasi 0,1”

$$\text{CBR} = \frac{\text{Tekanan Koreksi [lbs/inch}^2\text{]}}{1000} \times 100\% \quad \dots\dots\dots [5.13]$$

b. Penetrasi 0,2 “

$$\text{CBR} = \frac{\text{Tekanan Koreksi [lbs/inch}^2\text{]}}{1500} \times 100\%$$

5.6. Kesulitan dan Pemecahannya

Pada penelitian ini terjadi beberapa kesulitan yang menghambat jalanya penelitian. Kesulitan-kesulitan tersebut antara lain :

1. Kecepatan alat pemutar pada alat penetrasi pada penelitian CBR relatif kurang konstan, hal ini disebabkan karena pemutaran alat dilakukan secara manual. Hasil yang akan didapatkan akan lebih baik bila pemutaran dilakukan dengan menggunakan alat yang bersifat mekanis yang dapat memberikan kecepatan masuknya alat penetrasi secara konstan.
2. Kecepatan alat pemutar pada pengujian tekan bebas juga dilakukan secara manual, sehingga hasil yang didapatkan sedikit banyak relatif kurang tepat. Untuk

mendapatkan hasil pengujian tekan bebas yang relatif tepat diperlukan alat yang bekerja secara mekanis.

3. Terbatasnya waktu dan dana yang peneliti miliki, sehingga tidak dapat membuat sampel dan percobaan yang lebih banyak untuk mendapatkan hasil yang relatif ideal.
4. Disamping itu peneliti juga menemukan masalah-masalah teknis yang mengganggu pelaksanaan penelitian karena relatif kurangnya pengalaman peneliti, sehingga kekurang telitian peneliti sering kali menjadi masalah yang akhirnya memperlambat jalannya penelitian.

Persoalan-persoalan yang ditemui peneliti selama menjalankan penelitian ini serangkaian hambatan yang akhirnya memperlambat proses penelitian, namun seperti yang telah dikemukakan dimuka, bahwa kesabaran dan juga ketelitian penulis merupakan suatu jawaban untk mengatasi masalah-masalah tersebut, disamping itu tentu saja pengetahuan yang berkaitan tentang penelitian ini harus penulis miliki untuk dapat memahami sifat-sifat daripada tanah lempung tersebut.